



**HAL**  
open science

**Analyse de la largeur d'aubier et de ses variations intra-  
et inter-arbres chez l'Epicéa commun (*Picea abies* (L.)  
Karst.) sur la base de données acquises par tomographie  
à rayons X**

Fleur Longuetaud

► **To cite this version:**

Fleur Longuetaud. Analyse de la largeur d'aubier et de ses variations intra- et inter-arbres chez l'Epicéa commun (*Picea abies* (L.) Karst.) sur la base de données acquises par tomographie à rayons X. 9. Réunion CAQ (Croissance, Amélioration, Qualité des bois), Mar 2006, PARIS, France. 26 p. hal-02824663

**HAL Id: hal-02824663**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02824663v1>**

Submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Analyse de la largeur d'aubier et de ses variations intra- et inter-arbres chez l'Épicéa commun (*Picea abies* (L.) Karst.) sur la base de données acquises par tomographie à rayons X

*Fleur Longuetaud*

## Référence :

Longuetaud, F., Mothe, F., Leban, J.-M., Mäkelä, A. 2006. *Picea abies* sapwood width: Variations within and between trees. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21, 41-53.

# **PLAN DE LA PRESENTATION**

- 1. Introduction**
- 2. Matériels & Méthodes**
- 3. Résultats & Discussion**
- 4. Conclusion**

# 1. Introduction

- ***Contexte de l'étude***

La connaissance de la **distribution du duramen et de l'aubier** dans un arbre ainsi que les **variations** observées entre arbres et entre peuplements peuvent être utilisées soit en **recherche** soit en **industrie** :

- ***en industrie*** :

pour améliorer la transformation et l'utilisation du bois

différences de propriétés physiques et technologiques entre l'aubier et le duramen (ex : couleur, durabilité naturelle, imprégnation, teneur en eau)

- ***en recherche*** :

pour l'étude et la compréhension d'aspects physiologiques

exemple du "pipe model" (Shinozaki, 1964) : relation de proportionnalité entre la surface d'aubier (dans le tronc ou dans les branches) et la quantité de feuillage (biomasse foliaire) qu'il alimente

- **Objectifs**

Analyse des **variations de la quantité d'aubier** (largeur, surface, nombre de cernes annuels de croissance) à la fois **intra-arbre**, **inter-arbres** et **inter-peuplements** en relation avec des **mesures externes** (ex : diamètre à 1,3m, hauteur de la couronne)

Objectif sous-jacent :

démontrer le potentiel de **l'analyse d'images tomographiques** pour l'investigation de caractéristiques internes du bois (ici l'aubier et le duramen)

## 2. Matériels & Méthodes

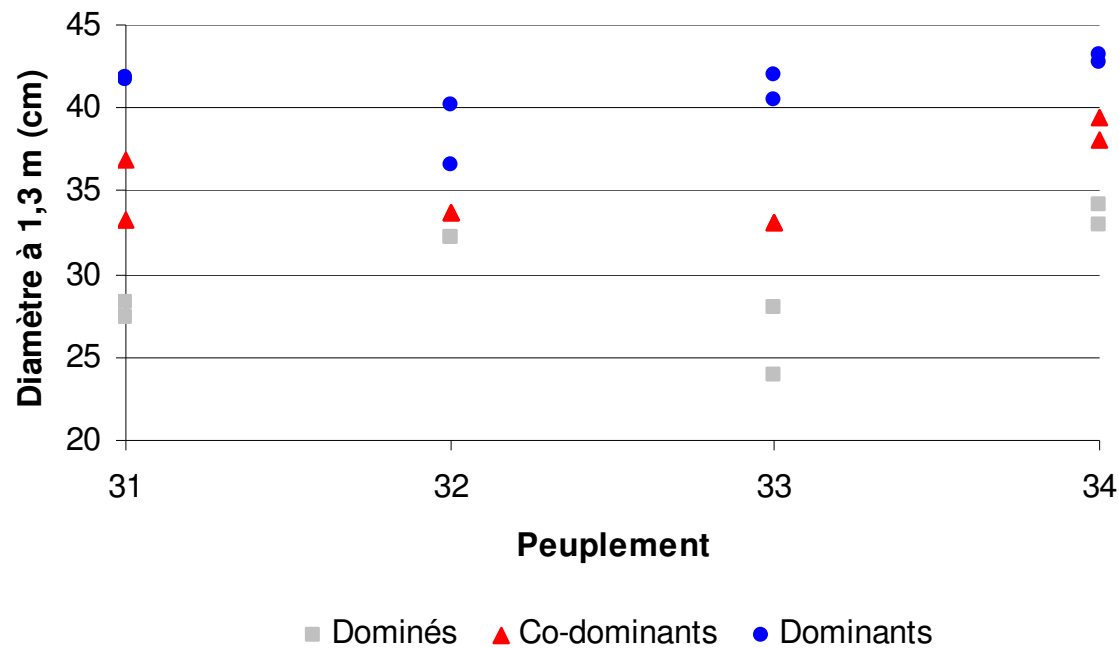
- *Les arbres de l'échantillon*

4 peuplements d'Épicéa commun équiennes monospécifiques du nord-est de la France (Vosges) :

<i>Peuplement</i>	<i>Age</i>	<i>Fertilité (Décourt)</i>	<i>Densité (tiges/ha)</i>	<i>Localisation</i>	<i>Altitude (m)</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Hauteur dominante à 100 ans (m)</i>
31	64	4	510	Saint Amé	750	48°02'18'' N	- 6°38'40''	33.0
32	90	2	520	Le Puid	605	48°23'46'' N	- 7°03'08''	36.1
33	67	2	800	Le Puid	625	48°23'30'' N	- 7°03'50''	38.3
34	130	4	520	Moussey	860	48°27'24'' N	- 7°05'31''	31.1

**6 arbres / peuplement (soit 24 arbres au total) représentant 3 classes de diamètre à 1,3m (2 arbres / classe)**

**Les classes de diamètre correspondent aux 3 cas suivants :  
arbres **dominants**, **co-dominants** et dominés**



- **Mesures réalisées sur les arbres**

- a) Variables dendrométriques :

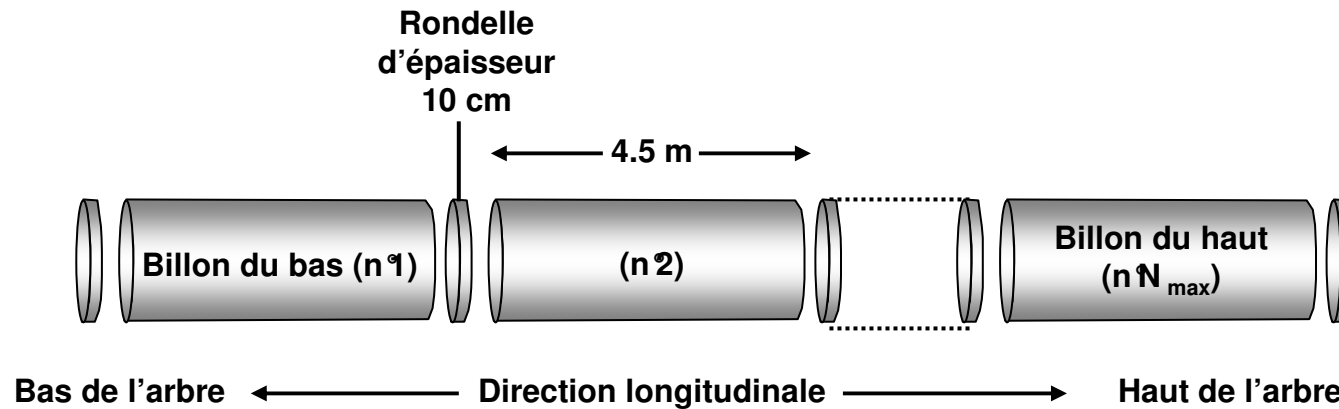
- diamètre à 1,3m (dbh)
    - âge
    - hauteur de la 1<sup>ère</sup> branche morte
    - hauteur de la 1<sup>ère</sup> branche vivante
    - hauteur du 1<sup>er</sup> verticille vert (base de la couronne)
    - hauteur totale de l'arbre

Le Ø des branches et leur statut (morte ou vivante) pour une UC sur 2

⇒ calcul de la **surface totale des sections de branches vivantes**  
comme indicateur de la taille de la couronne vivante



## Plan de découpe des billons et des rondelles

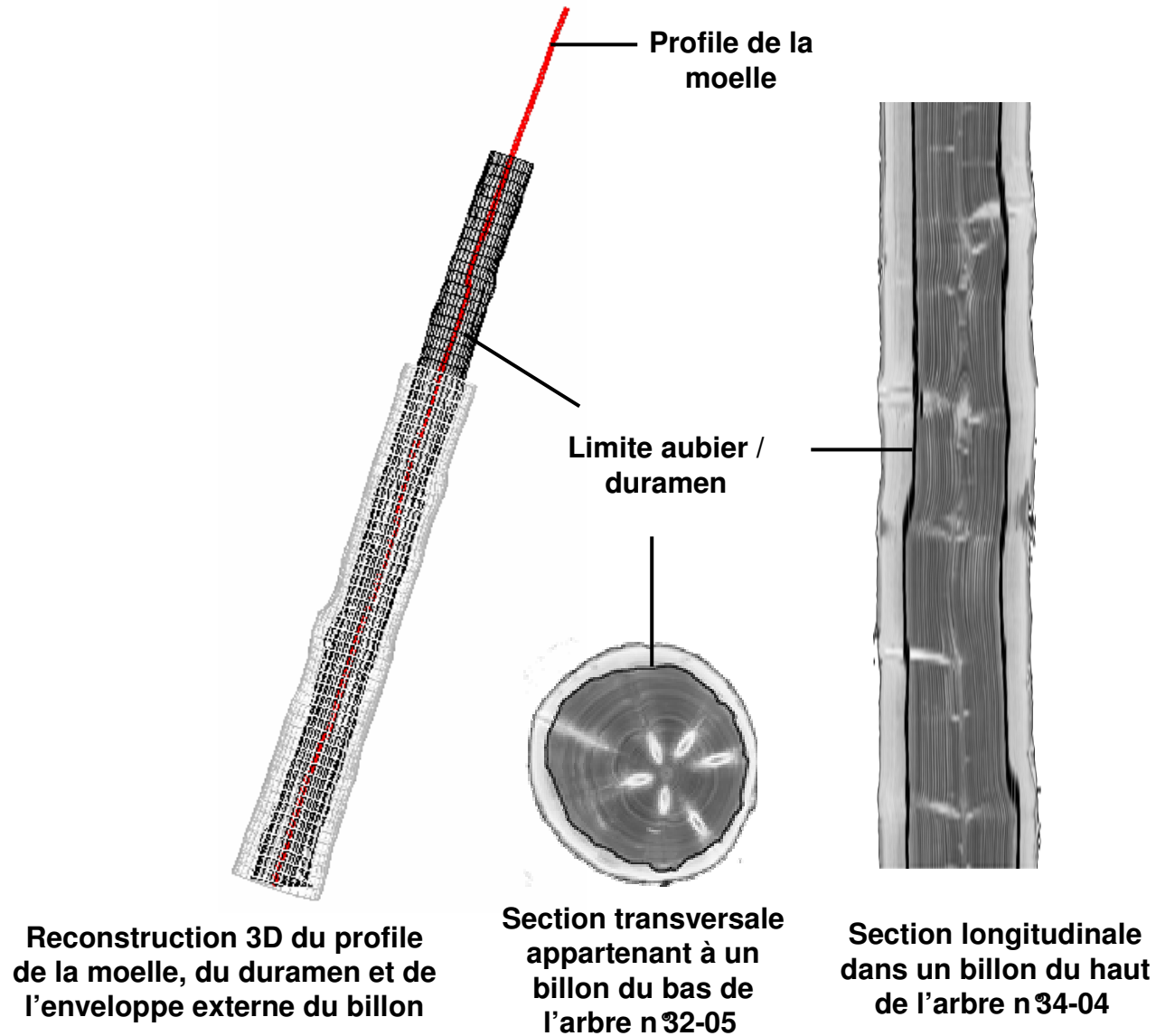


***b) Mesures réalisées à partir du scanning (rayons X) des billons :***  
**Scanning des billons à l'état vert (1 image / cm en longitudinal)**

**Détection automatique de la limite aubier / duramen basée sur une différence de teneur en eau (38903 images traitées)**

⇒ **Distribution 3D de l'aubier et du duramen dans les arbres**

- rayon du duramen
- largeur d'aubier
- surfaces du duramen et de l'aubier
- proportion d'aubier



**c) Mesures réalisées à partir des rondelles échantillonnées entre les billons :**

Pour chaque paquet de 5 cernes consécutifs : mesure de la **largeur moyenne des cernes**, de l'**âge moyen** et de la **distance moyenne à la moelle**

⇒ Ces données associées à celles obtenues par tomographie ont permis l'estimation du **nombre de cernes dans le duramen et dans l'aubier**

### 3. Résultats et discussion

- Variation intra-arbre de la largeur d'aubier*

Au dessus de l'empatement (~2,5 m) et en dessous de la base du houppier :

- la **largeur d'aubier** à peu près constante dans l'arbre

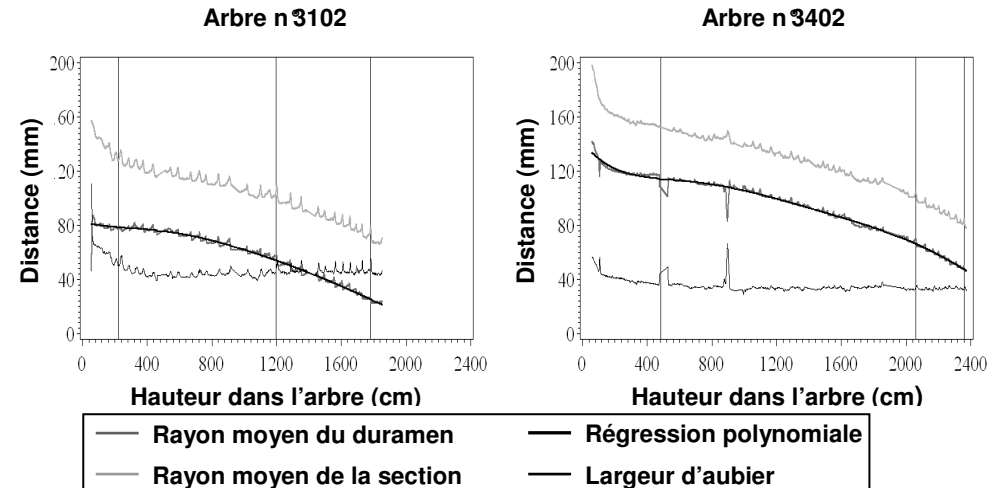
- la **surface d'aubier** ↘ avec la hauteur dans l'arbre

- la **proportion d'aubier** ↗ avec la hauteur dans l'arbre

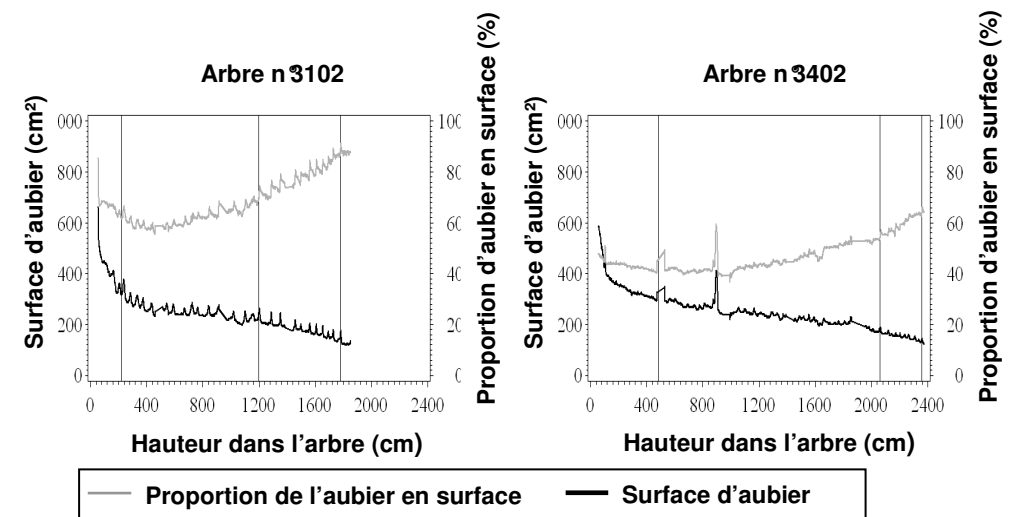
Peuplement n°31

Peuplement n°34

a)



b)



Ajustement du modèle suivant (estimation d'un intercept et d'une pente pour chaque arbre) pour  $H_{a,s} \geq 2,5$  m :

$$LA_{a,s} = \mu_a + \alpha_a H_{a,s} + \varepsilon_{a,s}$$

a = 1 à 24, identifiant de l'arbre; s = identifiant de la coupe tomographique

LA = largeur d'aubier

H = hauteur dans l'arbre

Sur les 24 pentes estimées ( $\alpha_a$  pour a = 1 à 24), 12 étaient < 0 et 12 étaient > 0

La pente maximale ( $\max \alpha_a$ ) correspondait à une variation de la largeur d'aubier de 0,1 mm / m

**Largeur d'aubier constante**  $\Rightarrow$  surface d'aubier qui diminue avec la hauteur dans l'arbre (en dessous de la base du houppier) dû au défilement

diminution de 52% de la surface entre 1,3 m et la base du houppier

diminution de 42% de la surface entre 2,5 m et la base du houppier

$\Rightarrow$  Calcul d'une variable **largeur d'aubier** propre à chaque arbre qui sera utilisée pour l'analyse de la variabilité inter-arbres



**A) Relation entre largeur d'aubier et quantité de branches vivantes :****- ajustement d'une droite de régression par peuplement :**

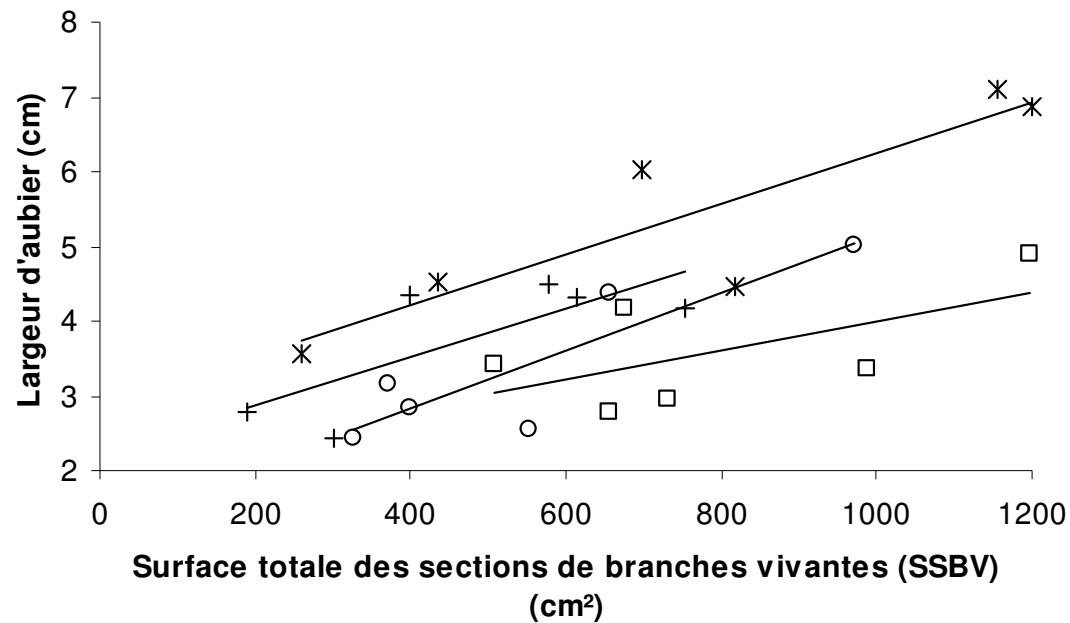
$$LA_{p,a} = \mu_p + \alpha_p SSBV_{p,a} + \varepsilon_{p,a}$$

$$R^2=0.82$$

p = identifiant du peuplement; a = identifiant de l'arbre

LA = largeur d'aubier

SSBV = surface totale des sections de branches vivantes



\* n31 o n32 + n33 □ n34

**La largeur d'aubier est fortement positivement corrélée à la quantité de branches**

**La quantité de branches ne suffit pas à expliquer la variabilité inter-peuplements**

- ajustement d'un modèle plus général intégrant (en plus de la surface des sections de branches) des variables représentatives de la variabilité inter-peuplement :

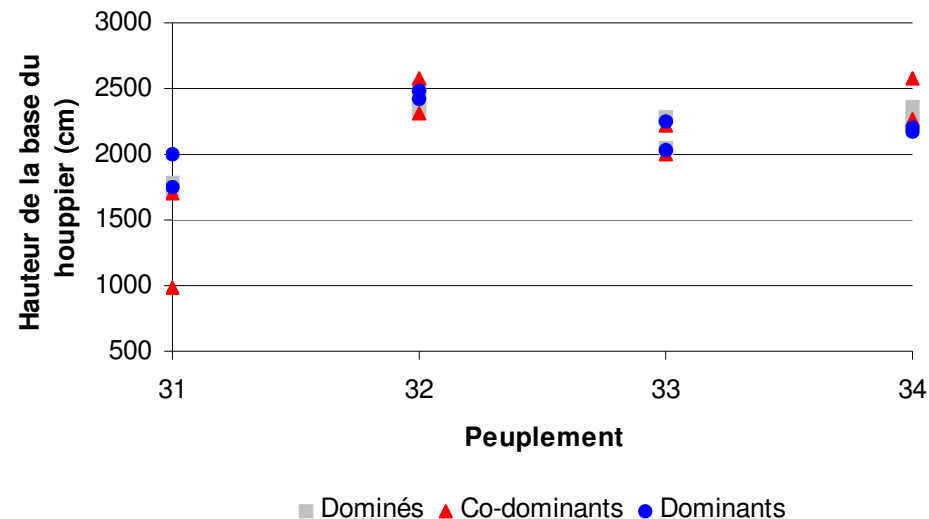
$$LA_a = \sqrt{SSBV_a} (\alpha + \beta \cdot HBH_a) + \varepsilon_a$$

a = 1 à 24, identifiant de l'arbre

SSBV = surface totale des sections de branches vivantes

HBH = hauteur de la base du houppier

Ce modèle a été obtenu à partir d'hypothèses formulées dans la littérature et faisant notamment état d'une relation de proportionnalité entre la surface totale des sections de branches vivantes (SSBV) et la surface du tronc mesuré à la base du houppier



Effet négatif de la hauteur de la base du houppier (HBH) sur la largeur d'aubier



**B) Ajustement d'un modèle pour la prédiction de la largeur d'aubier à partir de mesures externes (plus faciles à mesurer que la quantité de branches)**

$$LA_a = \mu + \alpha \cdot \frac{H_a}{D_a} + \beta \cdot \frac{HBH_a}{H_a} + \varepsilon_a \quad R^2=0,72$$

a = 1 à 24, l'identifiant de l'arbre

H = hauteur de l'arbre

D = diamètre à 1,3 m

HBH = hauteur de la base du houppier

La largeur d'aubier décroît à la fois avec la valeur de H/D et avec la hauteur relative de la base du houppier

*Au niveau intra-peuplement :*

- H/D est représentatif du statut social de l'arbre

*Au niveau inter-peuplements :*

- Les peuplements n°31 et 34 avaient des valeurs de H/D plus faibles que les peuplements n°32 et 33

- Le peuplement n°31 avait une hauteur relative de la base du houppier plus faible que les autres

### 3. Résultats & Discussion

- ***Evolution du nombre de cernes d'aubier et de duramen en fonction de l'âge cambial des sections***

**Augmentation du nombre de cernes de duramen avec l'âge cambial**

{ Largeur d'aubier constante dans le tronc  
+  
Largeur de cernes augmentant avec la hauteur dans l'arbre (c.a.d. diminuant avec l'âge cambial des cernes)

⇒ on s'attend à une **augmentation du nombre de cernes d'aubier avec l'âge cambial**

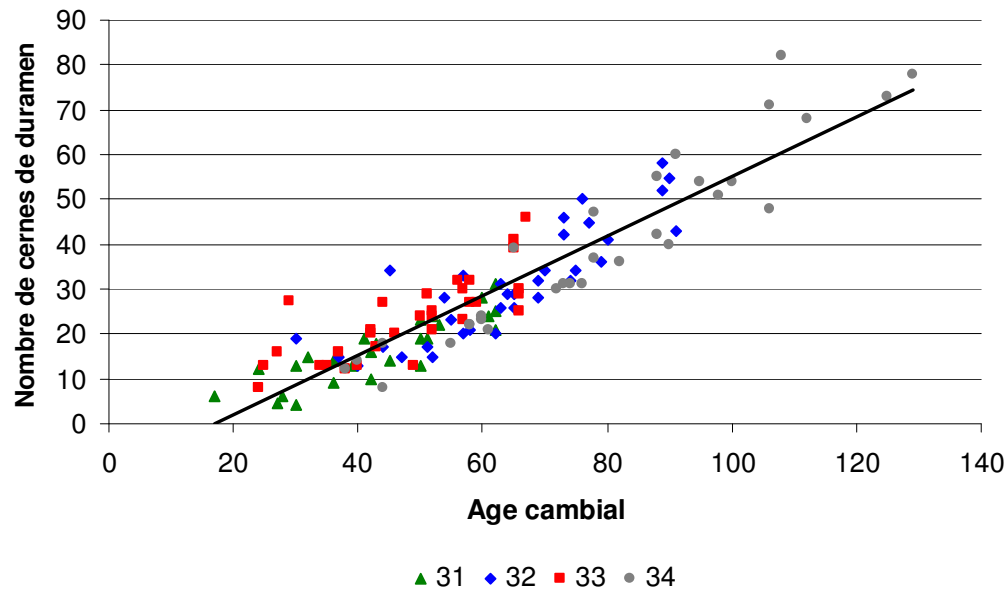
**Nombre de cernes dans le duramen :**

**Relation croissante**

$$\text{NbCernesDuramen}(k) = 0,6615 \cdot k - 11,077$$

$$R^2=0,84$$

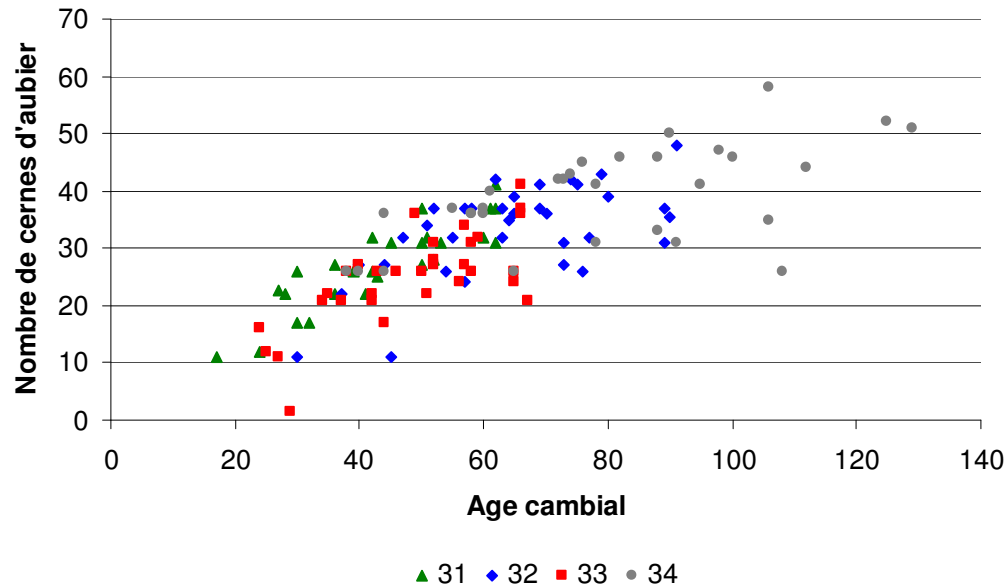
**Estimation de l'âge d'initiation du duramen : 17 ans**



**Nombre de cernes dans l'aubier :**

**Relation plutôt non linéaire (croissante) avec une asymptote horizontale**

**Il semble que l'on tende vers un équilibre du nombre de cernes d'aubier à partir d'un certain âge = durée de vie moyenne des cernes d'aubier**



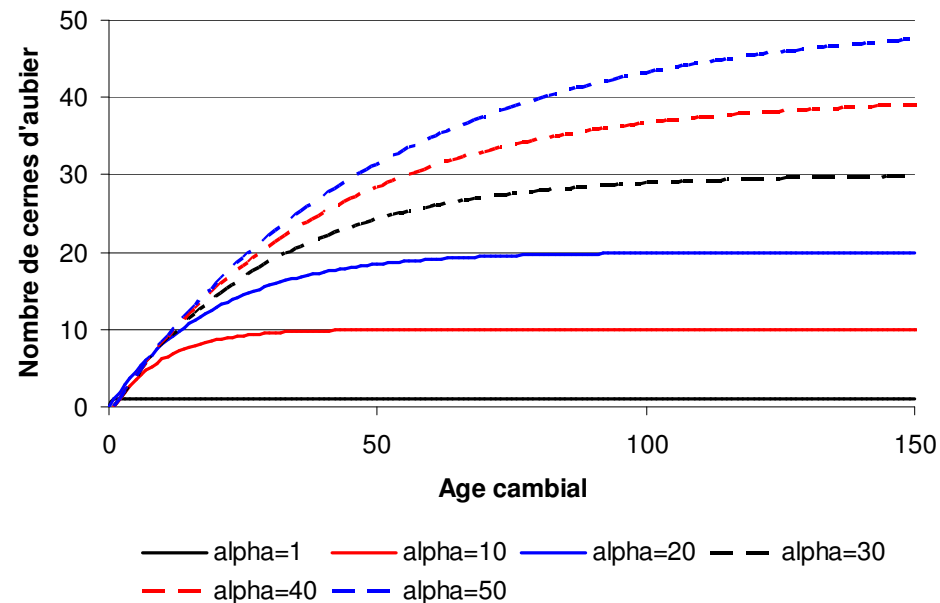
Un **modèle dynamique** du nombre de cernes dans l'aubier :

$$\text{NbCernesAubier}(k+1) = \text{NbCernesAubier}(k) + 1 - \frac{\text{NbCernesAubier}(k)}{\alpha}$$

où  $1/\alpha$  est la proportion du nombre de cernes d'aubier qui se duraminise chaque année

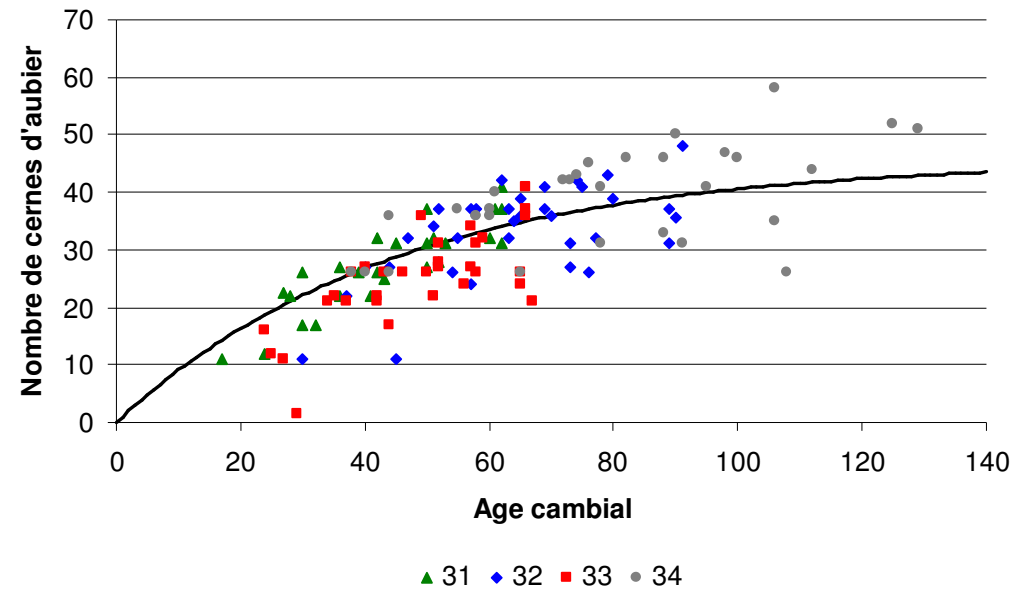
Suite récurrente linéaire. En posant  $\text{NbCernesAubier}(0) = 0$ , on obtient :

$$\text{NbCernesAubier}(k) = \frac{\alpha^k - (\alpha - 1)^k}{\alpha^{k-1}} \quad \text{et on a : } \lim_{k \rightarrow \infty} \text{NbCernesAubier}(k) = \alpha$$



**Ajustement du modèle sur l'ensemble de nos arbres :**

**on trouve  $\alpha = 45$  (durée de vie moyenne des cernes d'aubier)**



## 4. Conclusion

- **Largeur d'aubier constante et surface d'aubier décroissante** avec la hauteur dans l'arbre

(Soulèvement de la question du “pipe model” de Shinozaki faisant l'hypothèse d'une surface d'aubier constante sous le houppier vert. Ces résultats confirment ceux précédemment obtenus par d'autres auteurs.)

- **Forte corrélation entre la largeur d'aubier et la quantité de branches**

- **Ajustement de différents modèles permettant de prédire la largeur d'aubier** (pour les arbres de nos peuplements)

Le modèle obtenu à partir de variables d'inventaires (H/D + hauteur relative de la base du houppier) intègre notamment un effet du H/D tel que les arbres dominants avec des valeurs de H/D plus faibles auront des largeurs d'aubier plus grandes.

Les variations inter-peuplements sont à la fois expliquées par les valeurs de H/D (plus faibles chez les peuplements n°31 et 34) et par la hauteur relative de la base du houppier (plus faible dans le peuplement n°31 montrant les largeurs d'aubier les plus importantes).

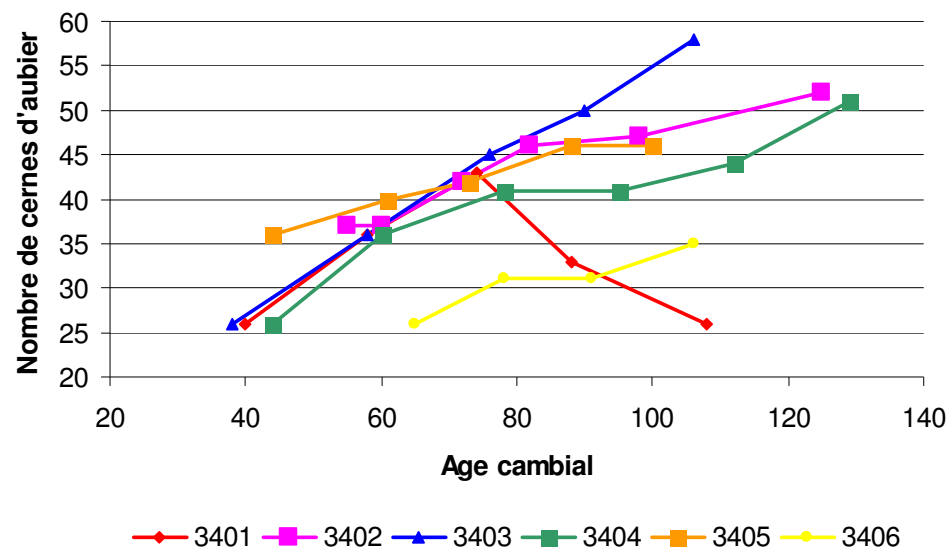
- Le peuplement n°31 ayant une largeur d'aubier significativement plus importante est le plus jeune, le moins dense mais il est également caractérisé par le taux de croissance le plus élevé

- **Analyse du nombre de cernes dans le duramen et dans l'aubier**

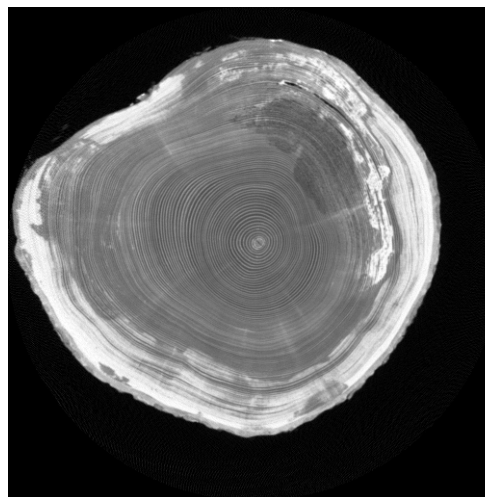
Le nombre de cernes dans l'aubier et dans le duramen ne dépend que de l'âge cambial

**Merci pour votre attention**

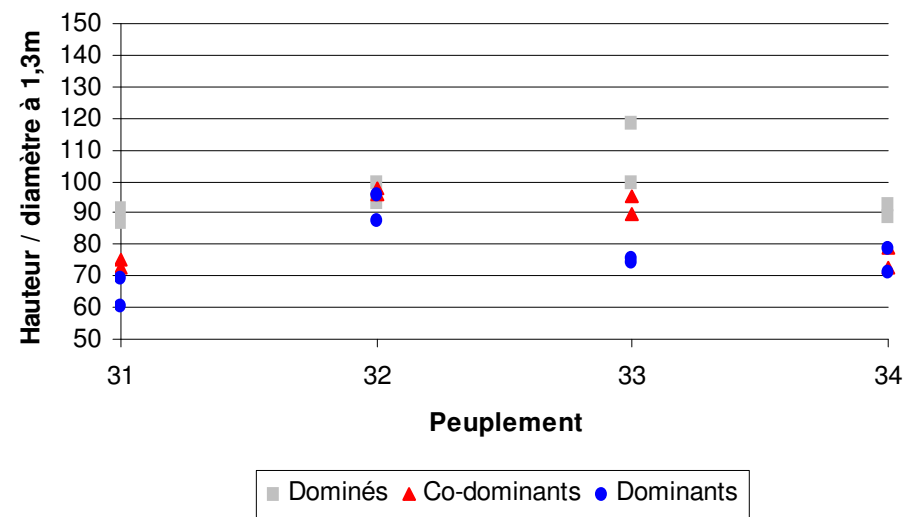
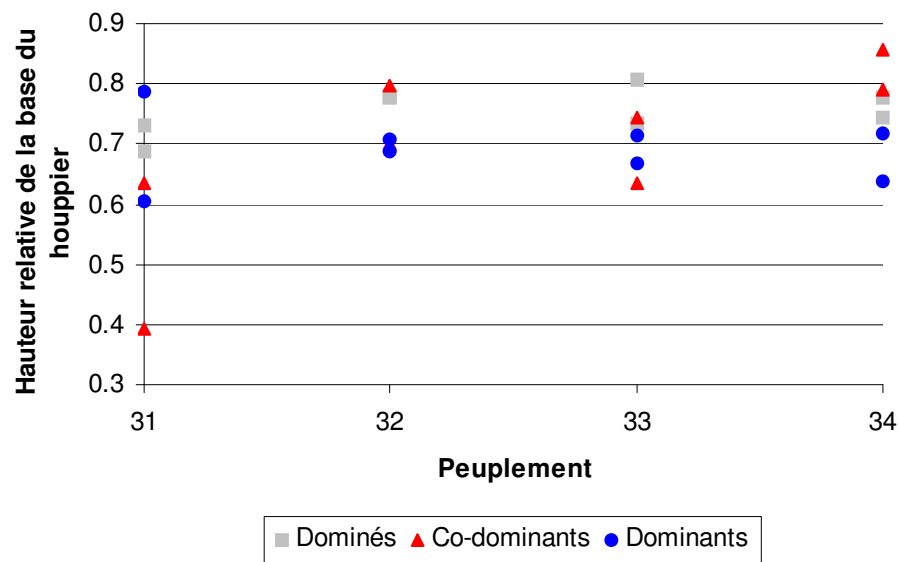
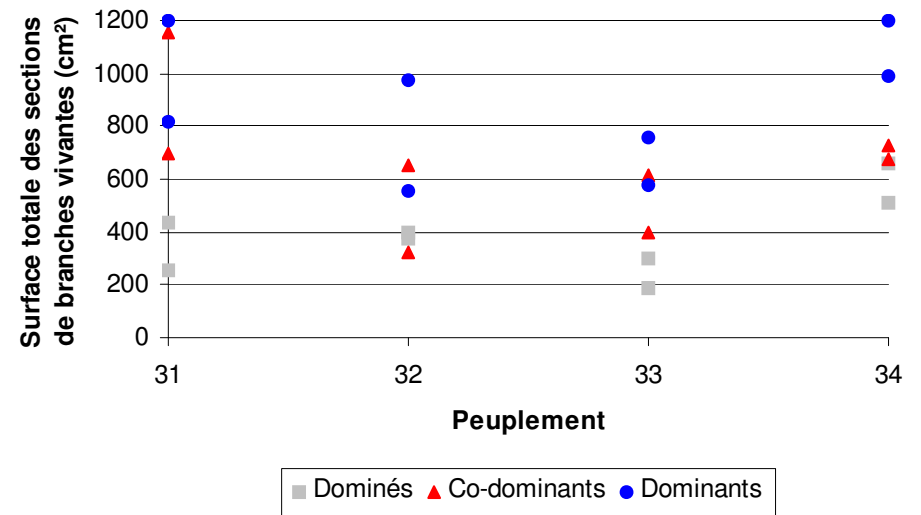
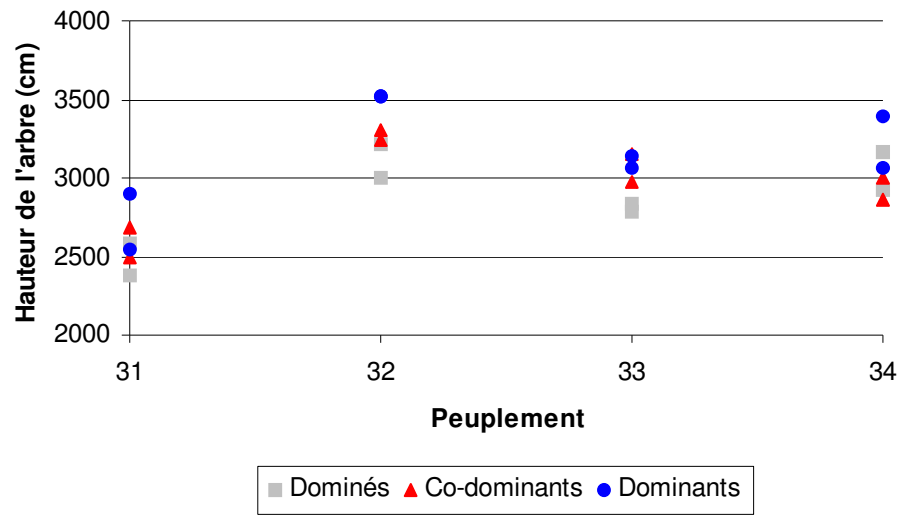
**Exemple de l'arbre 3401 appartenant au peuplement n°34 qui montre une tendance décroissante pour le nombre de cernes dans la zone d'aubier (courbe rouge)**

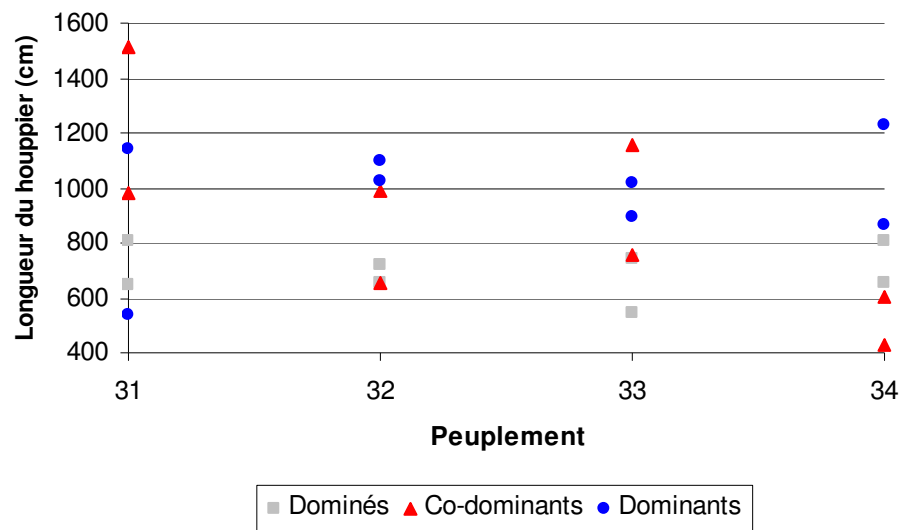


**Coupe prise dans le base de l'arbre 3401 : la dégradation de l'aubier est bien visible**









## Illustration de la variabilité intra- et inter-arbres des quantités d'aubier et de duramen

