

## Microdensitométrie sur arbres forestiers

<sup>1</sup> Frédéric Millier, Michel Verger, Philippe Rozenberg

**Résumé :** *La densité est une caractéristique importante du bois car elle va influencer sur ses propriétés mécaniques. La microdensitométrie est une technique d'étude des propriétés du bois qui vise à mesurer les variations de densité à l'intérieur du cerne. Le principe est d'analyser des clichés radiographiques numérisés d'échantillons de bois. La microdensitométrie a été utilisée pour sélectionner génétiquement des arbres sur des critères de qualité du bois. Le bois enregistrant les variations climatiques, elle permet également de mesurer l'activité cambiale et d'analyser les réactions de l'arbre soumis à des stress climatiques.*

**Mots clefs :** qualité du bois, densité, sélection, stress climatique

### Introduction

En climat tempéré, la croissance des arbres est rythmée par les saisons : cerne après cerne, le bois s'accumule dans le tronc. Chaque cerne est constitué de cellules, allongées, verticales et creuses : la proportion de parois (pleines) et de lumen (vides) dans un certain volume de bois est la densité. Les variations de la densité mesurées à petite échelle (quelques dizaines de microns) le long d'un rayon allant du cœur de l'arbre vers l'écorce en traversant tous les cernes accumulés constituent la microdensité. Elle peut-être vue à la fois comme :

- une propriété physique, déterminant des aspects importants de la qualité d'un matériau industriel,
- une trace des variations du fonctionnement de l'arbre au cours du temps, années après années.

En génétique des arbres forestiers, on améliore généralement sur des caractères d'adaptation et de croissance. Dans certains cas, par exemple l'épicéa commun, la sélection sur la vitesse de croissance a entraîné une diminution de la densité rendant le bois impropre à certains usages. Il est donc crucial d'au moins surveiller l'évolution des propriétés de base du bois comme la densité quand on sélectionne sur d'autres caractères.

## 1. Description de la méthode

### 1.1 Récolte des échantillons

Les analyses microdensitométriques nécessitent la récolte d'échantillons de bois qui sont obtenus par deux méthodes, destructive (i) ou non destructive (ii) de l'arbre :

- (i) Des rondelles de bois sont taillées dans un billon avec une tronçonneuse. Ce type de prélèvement peut être effectué au cours d'une éclaircie sylvicole, c'est-à-dire durant l'exploitation partielle d'un peuplement forestier. On effectue tout d'abord un trait de scie sur chaque rondelles, de l'écorce jusqu'au cœur, afin de libérer les contraintes internes du bois. Cette opération évite la formation de micro fissures qui nuisent ultérieurement à la

---

<sup>1</sup> INRA -Amélioration, génétique et physiologie forestières - Ardon BP 20619 45166 Olivet Cedex  
☎ 02 38 41 78 00 [frederic.millier@orleans.inra.fr](mailto:frederic.millier@orleans.inra.fr) , [verger@orleans.inra.fr](mailto:verger@orleans.inra.fr) , [Rosenberg@orleans.inra.fr](mailto:Rosenberg@orleans.inra.fr)

préparation des échantillons (**photo 1**). Les rondelles sont ensuite stockées dans un local bien aéré.

- (ii) Des carottes de bois récoltées à l'aide d'une tarière de Pressler (outil à main permettant de forer et extraire une carotte de bois à l'intérieur d'un tronc) à une hauteur de 1,30 mètre dans une orientation constante pour un même protocole, l'idéal étant de passer par le cœur de l'arbre. Elles sont placées dans une boîte de récolte (plaque alvéolée de polycarbonate) puis, au laboratoire, séchées 2 à 4 mois, dans des boîtes en bois prévues à cet effet, afin d'atteindre un taux d'humidité d'environ 12% (**photo 2**).

### 1.2 Préparation des échantillons en atelier

Dans chaque rondelle, un barreau (rectangle de bois de bord à bord passant par le cœur) est découpé au combiné bois (**photo 3**). Les barreaux et les carottes sont sciés avec une scie-fraise à lames jumelles (**photo 4**), pour obtenir des planchettes (**photo 5**).

La vitesse d'avancement du chariot et la vitesse de rotation des lames sont réglables, pour optimiser la qualité du sciage, donc l'état de surface des planchettes. Leur épaisseur doit être régulière (on tolère au maximum 1/10 mm entre chaque extrémité de la planchette).

### 1.3 Radiographie aux rayons X des échantillons

Une quinzaine de planchettes peuvent être radiographiées (**photo 6**) en même temps, ce nombre variant selon leur dimension. Dans un premier temps, elles sont posées sur un film radiographique de dimension 18 x 24 centimètres sensible aux rayons X avec une cale étalon en acétate de cellulose, un composé possédant des propriétés physiques d'absorption des rayons X proche de la matière ligneuse. La densité bois étant liée de façon linéaire à la densité optique, la cale étalon, constituée de douze paliers, correspondant chacun à un niveau de gris, va permettre la conversion des densités optiques de la radiographie en densité bois.

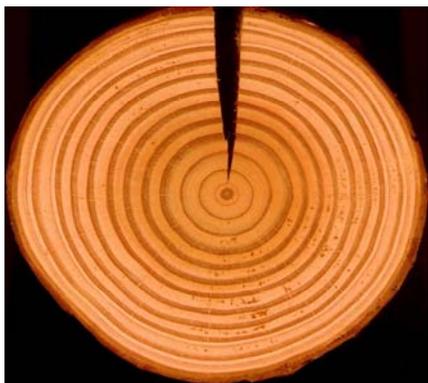
Planchettes et cale sont placées perpendiculairement à un flux de rayons X dans un caisson plombé. Une certaine quantité de ce flux va être absorbée par le matériau bois tandis que l'autre partie va venir frapper le film radiographique et l'impressionner. L'absorption, et donc la transmission du flux de rayons X varient en fonction de l'épaisseur de l'échantillon et de sa densité.

Le temps d'exposition est de 14 minutes. La distance source-film est de 1,6 mètre, l'intensité du flux de 10 mA et la tension de 9 Kv. Ces réglages peuvent varier en fonction de l'épaisseur des échantillons ou des espèces d'arbres.

### 1.4 Développement des radiographies

Le développement manuel est préférable au développement machine. Il nécessite cinq étapes, chacune est séparée par un rinçage de quelques secondes à l'eau courante.

- la révélation : 15 minutes sur agitateur,
- le bain d'arrêt : 5 minutes,
- la fixation : 12 minutes,
- le trempage dans une solution d'éthylène glycol : quelques secondes,
- le séchage à l'air libre : plusieurs heures.



**Photo 1** : Rondelle



**Photo 2** : carotte



**Photo 3** : barreau



**Photo 4** : scie à lame jumelle



**Photo 5** : planchette



**Photo 6** : radiographie



**Figure 1** : profil microdensitométrique

### 1.5 Numérisation des radiographies

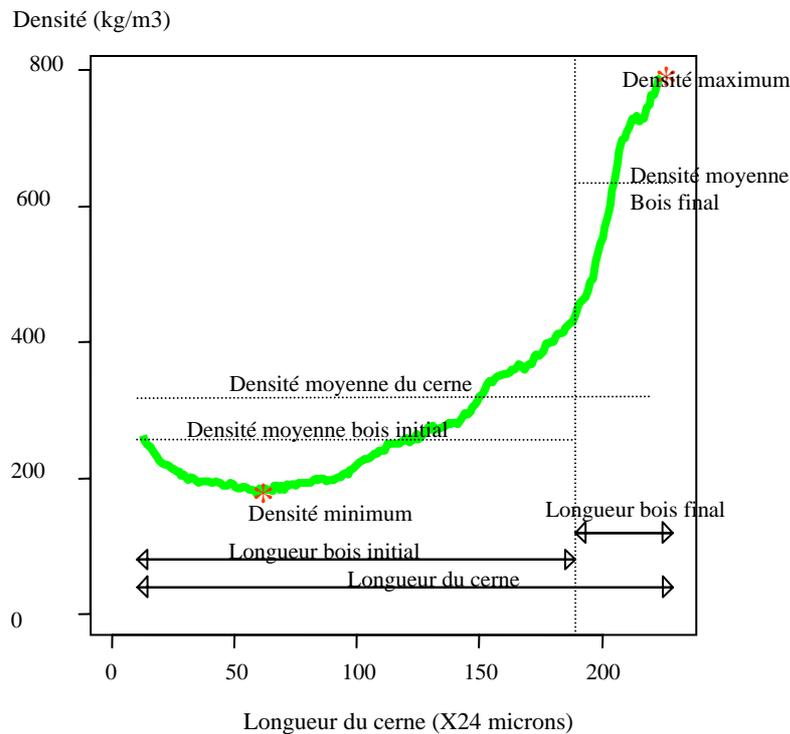
Pour cette étape nous utilisons un scanner commercial de bonne qualité et nous travaillons à une résolution de 1000 pixels par pouce, ce qui donne une mesure de densité environ tous les 25 microns. L'image est ensuite traitée à l'aide de Windendro, logiciel commercial Canadien.

Après calibrage par rapport à la cale étalon, le profil microdensitométrique est dressé le long d'un chemin dont la largeur est déterminée par l'opérateur. Le logiciel propose des limites de cerne qui peuvent être corrigées par l'opérateur. Ce profil de densité est ensuite sauvegardé dans un fichier informatique indiquant des valeurs de densité.

### 1.6 Réalisation du profil microdensitométrique

Les valeurs de densité sont exploitées avec un programme informatique qui permet de calculer certaines variables du cerne telles que : la densité moyenne du cerne, la densité maximum du bois d'été, la densité minimum du bois de printemps etc. (**figures 1 et 2**)

Ces variables servent à étudier la qualité du bois et/ou la réponse de l'arbre aux variations de son environnement, en particulier du climat.

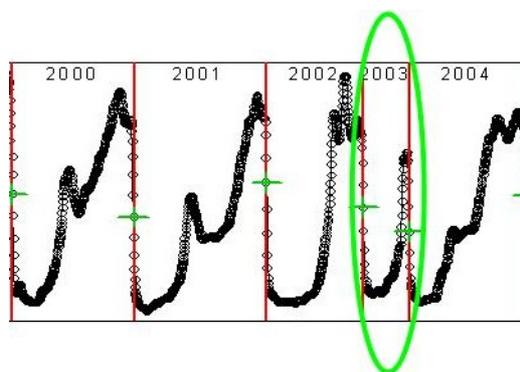


**Figure 2** : Principaux paramètres intra-cerne

## 2. Résultats et exemples d'application

Grâce à son excellent compromis quantité-qualité de l'information / coût d'obtention, la microdensité est utilisée en amélioration génétique des arbres forestiers. Les résultats accumulés depuis des dizaines d'années montrent que la densité moyenne du cerne est un caractère à la fois moins variable et plus fortement contrôlé génétiquement (plus héritable) que la croissance en diamètre ou hauteur. D'autres résultats mettent en évidence que, dans le cerne, la densité de la zone de bois initial est souvent plus héritable que la densité de la zone de bois final. Enfin, le niveau de densité atteint localement dans le cerne par le bois formé en réaction à des conditions climatiques changeantes (favorables ou défavorables) en cours de saison de végétation semble très inégalement héritable.

Par ailleurs, la microdensitométrie montre la réaction des arbres aux variations climatiques. Ainsi lors d'une étude sur des sapins de Douglas de la forêt d'Orléans, on a observé le côté atypique du cerne formé durant la canicule 2003. Ce cerne entouré, en vert sur la **figure 3** est nettement plus étroit que le précédent et le suivant. Son bois final est plus étroit et moins dense car, cette année-là, la croissance de cet arbre s'est arrêtée beaucoup plus tôt que les années précédentes et que les suivantes.



**Figure 3** : Profil microdensitométrique de sapin de Douglas ayant subi la canicule 2003

## Conclusion et perspectives

La technique de microdensitométrie pourrait être améliorée dans un proche avenir. Les échantillons de bois seraient numérisés grâce à un scanner incorporé à la source de rayons X. Nous supprimerions donc le développement de la radiographie et sa numérisation. A l'heure actuelle les appareils vendus dans le commerce ne répondent pas à notre attente.

## Bibliographie

- Mothe F, Duchanois G, Zannier B, Leban JM (1998) Microdensitometric analysis of wood samples: data computation method used at INRA-ERQB (CERD programme). *Annales des Sciences Forestières* 55 (3) : 301-313
- Rozenberg P, Franc A, Cahalan C (2001) Incorporating Wood Density in Breeding Programs for Softwoods in Europe: a Strategy, and Associated Methods, *Silvae Genetica*, 50, 1, 1-7.
- Polge H (1966) Etablissement des courbes de variations de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants. Application dans les domaines technologiques et physiologiques. Thèse de doctorat, Université de Nancy, 206 p