

Une file radiale de référence pour l'analyse de la xylogenèse chez les angiospermes

NOYER Estelle¹, STOJANOVIC Marko¹, HORÁČEK Petr¹

¹The Czech Academy of Sciences, Global Change Research Institute
noyer.e@czechglobe.cz

Mots clefs : xylogenèse ; file radiale ; vaisseaux ; *Quercus robur* ; *Fraxinus angustifolia* ; *Fagus sylvatica*

Contexte et objectifs

Principalement conduite chez les gymnospermes, l'analyse de la dynamique de la xylogenèse, ou formation du bois, permet de mettre en exergue l'influence du climat sur la séquestration du carbone et contribue à la compréhension des impacts d'épisodes climatiques extrêmes sur les traits anatomiques et fonctionnels du cerne annuel (De Micco et al. 2019).

Pour étudier la formation du cerne, les procédures de routine appliquées actuellement chez les gymnospermes consistent à évaluer le nombre de cellule xylémienne dans chaque phase de développement (élargissement, maturation et cellule mature) en suivant une ou plusieurs files radiales (file de cellule xylémienne produite par une cellule cambiale) durant la saison de croissance. Grâce à une indexation de l'ordre de formation des cellules au sein du cerne annuel final, il est alors possible de dater chaque cellule formée permettant ainsi de reconstituer sa phénologie et sa durée de résidence dans chaque phase de développement (Wodzicki 1971; Rossi et al. 2006; Cuny et al. 2013).

Chez les angiospermes, les études actuelles se focalisent sur le nombre de cellules cambiales, les accroissements radiaux des zones de phase de développement et leur phénologie (Prislan et al. 2013). Seules quelques études ont suivi la formation des premiers vaisseaux formés au cours de l'année (Kudo et al. 2015; Pérez-de-Lis et al. 2016; Kitin and Funada 2016) ou se sont focalisées sur les vaisseaux d'une seule partie du cerne (Giagli et al. 2016). En effet, l'instar des gymnospermes, le xylème des angiospermes présente différents types d'éléments cellulaires agencés non uniformément. De plus, la formation d'un vaisseau amorce un décalage spatial des autres cellules environnantes formées en même temps (Fig. 1). C'est notamment ce décalage spatial structurel qui limite l'identification des files radiales et l'automatisation des algorithmes d'analyse d'images.

Le travail présenté ici vise donc à proposer une première procédure d'analyse d'image de coupes anatomiques de bois d'angiospermes dans le but d'obtenir les dates de formation et de changement de phase de développement de chaque cellule xylémienne. L'un des critères prépondérants est l'utilisation d'une même méthode chez les espèces à pores diffus et à zone poreuse. Les résultats exposés se focalisent sur les vaisseaux, les plus grandes cellules xylémiennes formées dont leur taille et distribution spatiale fluctuent entre les espèces mais aussi au cours de l'année.

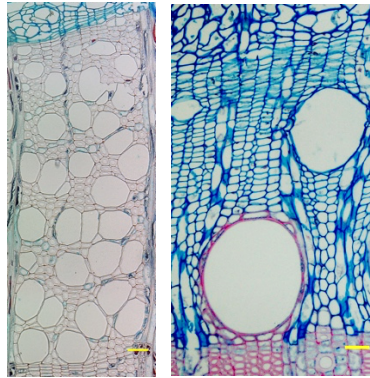


Fig. 1 : Coupes anatomiques de *Fagus sylvatica* L. (cellules matures, gauche) et de *Fraxinus angustifolia* (cellules en phase d'élargissement et cours de lignification, droite). barre jaune : 50 μ m.

Matériel et méthode

Jeu de données

Trois essences d'angiospermes (*Quercus robur*, *Fraxinus angustifolia* et *Fagus sylvatica* L.) présentant différentes structures microscopiques (zone poreuse vs. pores diffus) ont été sélectionnés. La formation du bois a été suivie sur des coupes anatomiques provenant de microcarottes prélevées hebdomadairement sur 6 arbres par espèce durant l'année 2018.

Pour chaque coupe, une zone de mesure comprenant au minimum 3 files radiales est délimitée. Le nombre de files radiales, puis de fibres, parenchymes axiaux et vaisseaux dans chaque phase de développement sont comptés par pointage manuel permettant d'accéder aux coordonnées X et Y de chaque cellule. Les fibres et parenchymes axiaux forment le groupe « APF » jusqu'au stade de cellule mature.

Analyse d'image

Le but de la procédure d'analyse d'image est d'acquérir deux données essentielles pour la réalisation des modèles : (i) le nombre de cellule produite par la file radiale et (ii) l'indexation du vaisseau au sein de la file radiale.

Pour cela, la méthode développée reconstitue une file radiale qui sert de référence à l'image traitée en terme de nombre de cellule et d'index. Cette file radiale de référence (FRR) est exclusivement définie à partir des fibres et parenchymes axiaux comptés et localisés sur l'image. Un nombre moyen de cellule APF produite par file radiale (axe x) et par couche temporelle (axe y) est estimé grâce à une sectorisation de l'image puis à une labellisation de chaque secteur. Une moyenne pondérée est ensuite calculée par couche temporelle en fonction du type de cellule présent par secteur. L'ajustement d'un modèle additif généralisé (GAM) sur la tendance intra-annuelle permet l'estimation la date de production pour chaque cellule de la FRR. Enfin, après l'identification des secteurs appartenant à chaque vaisseau de la zone étudiée, l'index d'un vaisseau est déterminé en regard du nombre d'APF de la FRR.

Résultats

Les premiers résultats montrent que le nombre de cellule estimé de la FRR peut varier en fonction de la taille de la zone sélectionnée : plus la zone est grande, plus le nombre de cellule de référence sera représentatif d'une file radiale sans vaisseaux. L'indexation des vaisseaux, quant à elle, est cohérente avec une indexation manuelle. Néanmoins pour que cette méthode

soit applicable, une lignée de cellule APF adjacente (et donc toute la file radiale correspondante) à chaque vaisseau compté doit être incluse dans la zone de mesure.

Enfin, deux améliorations sont à prévoir : (i) l'implémentation de la phase de développement des cellules APF de la FRR et (ii) l'obtention de la date de production des plus petites cellules du xylème (fibres et parenchymes axiaux).

Remerciements

This work was supported by Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences.

Références

Cuny H.E., Rathgeber C.B.K., Kiessé T.S., et al (2013) Generalized additive models reveal the intrinsic complexity of wood formation dynamics. *J Exp Bot* 64:1983–1994.

De Micco V., Carrer M., Rathgeber C.B.K., et al (2019) From xylogenesis to tree rings: Wood traits to investigate tree response to environmental changes. *IAWA J* 40:155–182.

Giagli K., Gričar J., Vavrčik H., et al (2016) The effects of drought on wood formation in *Fagus sylvatica* during two constrating years. *IAWA J* 37:332–348.

Kitin P., Funada R. (2016) Earlywood vessels in ring-porous trees become functional for water transport after bud burst and before the maturation of the current-year leaves. *IAWA J* 37:315–331.

Kudo K., Yasue K., Hosoo Y., Funada R. (2015) Relationship between formation of earlywood vessels and leaf phenology in two ring-porous hardwoods, *Quercus serrata* and *Robinia pseudoacacia*, in early spring. *J Wood Sci* 61:455–464.

Pérez-de-Lis G., Rossi S., Vázquez-Ruiz R.A., et al (2016) Do changes in spring phenology affect earlywood vessels? Perspective from the xylogenesis monitoring of two sympatric ring-porous oaks. *New Phytol* 209:521–530.

Prislan P., Gričar J., de Luis M., et al (2013) Phenological variation in xylem and phloem formation in *Fagus sylvatica* from two contrasting sites. *Agric For Meteorol* 180:142–151.

Rossi S., Deslauriers A., Anfodillo T. (2006) Assessment of cambial activity and xylogenesis by microsampling tree species: an example at the Alpine timberline. *IAWA J.*, 27:383–394

Wodzicki TJ (1971) Mechanism of xylem differentiation in *Pinus silvestris* L. *J Exp Bot* 22:670–687.