



**Figure 1.** Détermination des zones de formation du bois et de la zone de lignification en particulier. L'image du haut illustre la zonation classique des bandes de formation du bois : C, division cambiale ; E, élargissement ;  $W_{T+L}$ , épaissement secondaire de la paroi cellulaire et lignification ; et M, zones matures. L'image du bas illustre la nouvelle zonation proposée qui ajoute la lignification ( $W_L$ ) à l'épaissement de la paroi cellulaire ( $W_T$ ).

## Modélisation écophysiological de la phénologie de la formation du bois chez les arbres des forêts tempérées et boréales

Responsable scientifique : Cyrille RATHGEBER, UMR Silva

Partenaires Labex :

- Ignatius ADIKURNIA, Béatrice RICHARD (équipe EcoSilva, UMR Silva, INRAE Grand Est – Nancy)
- Emmanuel CORNU, Maryline HARROUE, Adeline MOTZ, Julien RUELLE (équipe SilvaTech, UMR Silva, INRAE Grand Est – Nancy)

Collaborations :

- Jianhong LIN, Nicolas DELPIERRE (ESE, Université Paris-Sud)

Action thématique concernée : WP2

**Contexte** — Le bois est le deuxième plus grand stock de biomasses continentales sur Terre. Sa production par les plantes ligneuses contribue à atténuer l'accumulation actuelle du  $CO_2$  d'origine anthropique dans l'atmosphère. La formation du bois est cependant un processus complexe dont il est maintenant établi que la saisonnalité ne dépend pas seulement des processus d'assimilation du carbone. En effet, les facteurs environnementaux et le développement des tissus ont une influence cruciale sur la dynamique de la formation du bois. Ces découvertes vont à l'encontre de la représentation courante de ce processus dans les modèles de végétation qui supposent que la xylogénèse ne dépend que de la photosynthèse.

**Objectifs** — Le projet ModPhenWood vise à approfondir nos connaissances concernant le rôle des contraintes environnementales et ontogénétiques sur la phénologie de la formation du bois. Un ensemble de modèles statistiques et écophysologiques simulant l'occurrence des étapes clés de la formation du bois (reprise des divisions du cambium, début et fin de l'élargissement des nouvelles cellules du xylème, début et fin du dépôt des parois secondaires et de la lignification) sera développé. Ces modèles exploreront à la fois le rôle des facteurs environnementaux (température, bilan hydrique, photopériode) et des caractéristiques des arbres (espèce, dimensions, vitalité).

**Démarche** — Les modèles seront développés et testés en utilisant une base de données existante, comprenant plus de 300 points de données (couples année-site) pour chaque date critique de la formation du bois et pour plus de 20 espèces de conifères situées dans l'hémisphère nord. En parallèle, la base de données sera étendue aux feuillus, avec un ensemble de plus de 30 points de données déjà identifiés pour le chêne sessile et le hêtre européen. D'autre part le projet visera également à améliorer les critères d'observations des différents stades de la phénologie du bois et de la dynamique de lignification des parois cellulaires en particulier (Figure 1).

#### **Résultats marquants** —

- L'utilisation de dendromètres à bande donne des informations fiables concernant la phénologie de la formation du bois chez les espèces à écorce lisse comme le hêtre et le sapin, mais pas chez les espèces à écorce écaillée ou fissurée.
- Les températures sont le déterminant principal de la phénologie du bois des angiospermes et des gymnospermes. Cependant, ces températures ne contrôlent pas le démarrage de la formation du bois à travers un simple effet seuil (comme cela est supposé dans de nombreuses publications), mais à travers un processus plus complexe qui fait intervenir aussi bien les températures chaudes du printemps (forçage) que les températures froides de l'hiver (vernalisation), durant des périodes particulières (effet de la photopériode) qui dépendent des espèces.
- Nos résultats indiquent que, même en forêt tempérée, le stress hydrique a un rôle important dans la cessation de l'activité cambiale, de la formation du bois et de la lignification plus particulièrement.

#### **Principales conclusions incluant des points-clés de discussion** —

- Les dendromètres à bande peuvent être utilisés pour suppléer à l'absence de suivi de la formation du bois par prélèvement de microcarottes dans certains cas bien particuliers, et c'est le cas justement de notre site emblématique de Hesse (peuplement de hêtre en condition hydrique favorable).
- Nous disposons d'un modèle écophysologique validé concernant le démarrage de la formation du bois pour les conifères.
- Nous n'avons pas réussi à développer un modèle écophysologique pour la cessation de la formation du bois.
- Nous sommes à présent capables de distinguer le dépôt de la cellulose de la lignification des parois lors de nos observations.

**Perspectives** — Nous allons intégrer les données des dendromètres à bande dans notre travail sur notre site de Hesse pour améliorer la caractérisation de la phénologie de formation du bois, étendre les séries et les mettre en relation avec les autres facteurs biologiques (phénologie foliaire, niveau de réserve, etc.) et le climat (effet de la sécheresse de 2018). Nous allons inclure le module de phénologie du bois (modèle écophysologique pour le début et statistique pour la fin) au modèle de végétation CASTANEA et faire une étude de sensibilité pour voir comment cela influence les sorties de CASTANEA. Nous allons explorer comment la sécheresse influence la dynamique du processus de lignification.

**Valorisation** — Ce projet adonnera lieu à plusieurs participations dans des conférences internationales (présentations acceptées à EGU2023 et TRACE2023) et à plusieurs articles scientifiques de haut niveau (1 article soumis, 3 articles en préparation) sur les thèmes principaux du projet qui sont très originaux (phénologie de la lignification du bois, influence du climat (et de la sécheresse) sur la lignification, modèle écophysologique de la phénologie du bois pour les gymnospermes, puis pour les angiospermes, etc.). Ce projet permettra également la

soutenance de deux thèses de doctorat, la thèse de Jianhong Lin à l'Université de Paris Sud et la thèse d'Ignatius Adikurnia à AgroParisTech.

**Effet levier du projet** — À l'aide du financement LabEx qui consistait en une demi-bourse de thèse, nous avons pu attirer un financement complémentaire du département INRAE ECODIV qui nous a permis de lancer un recrutement international. Nous avons attiré deux excellents candidats, dont un candidat chinois (Jianhong Lin), qui à travers un partenariat entre l'Université de Paris Sud et le ministère de la recherche chinois a pu bénéficier d'une bourse doctorale individuelle. Une demi-bourse de thèse financée par le LabEx, nous avons donc permis de lancer deux projets de thèse en parallèle. D'autre part ce projet nous permet de collaborer de façon active à un projet international (LEAF-FALL, piloté par Matteo Campioli de l'Université de Anvers en Belgique) sur la phénologie automnale (feuille et bois) chez les angiospermes et la relation avec la séquestration du carbone.