

Analyse fonctionnelle de l'anatomie du châtaignier (*Castanea sativa*) par nano-tomographie et traitement d'image 3D

MARTIN Benoît¹, FERREIRA DA SILVA Yuri² et PERRÉ Patrick^{2,3}

¹École Supérieure du Bois, Laboratoire d'Innovation Matériaux Bois et Habitat, Nantes, France

²Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, Laboratoire de Génie des Procédés et Matériaux, Centre Européen de Biotechnologie et de Bioéconomie (CEBB), 3 rue des Rouges Terres 51110 Pomacle, France

³Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, Laboratoire de Génie des Procédés et Matériaux, Gif-sur-Yvette, France

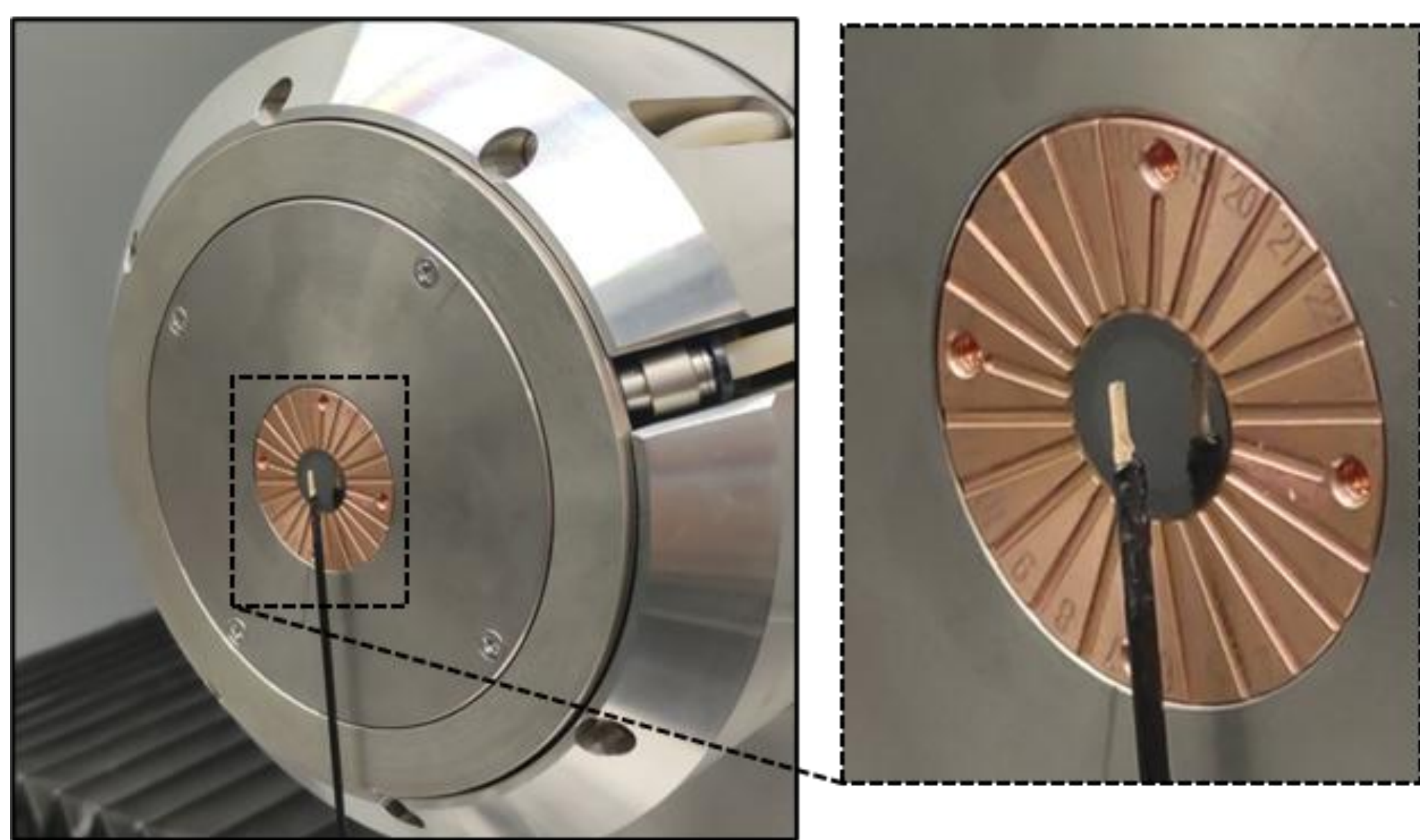
Contexte et objectif

Les premiers travaux s'intéressant à la structure anatomie du bois datent du 17^{ème} siècle. Tout d'abord effectuée à l'échelle macroscopique et de manière manuelle, le développement des outils optiques et numériques a progressivement permis d'accéder à l'échelle microscopique pour en dévoiler la complexité anatomique. Aujourd'hui, il est possible d'accéder à la structure tridimensionnelle à l'échelle nanométrique de manière non destructive et non invasive avec la tomographie X. Cette technique demande en parallèle le développement d'outils numériques capable d'exploiter pleinement ces données volumétriques. Ce couplage entre acquisition volumique et analyse numérique ouvre de nouvelles perspectives pour l'étude de la structure 3D des matériaux poreux.

Dans le cadre du bois massif, l'objectif principal de cette étude est d'affilier des marqueurs aux éléments anatomiques suivant leurs caractéristiques géométriques pour en effectuer une analyse fonctionnelle ainsi que de réaliser des mesures quantitatives.

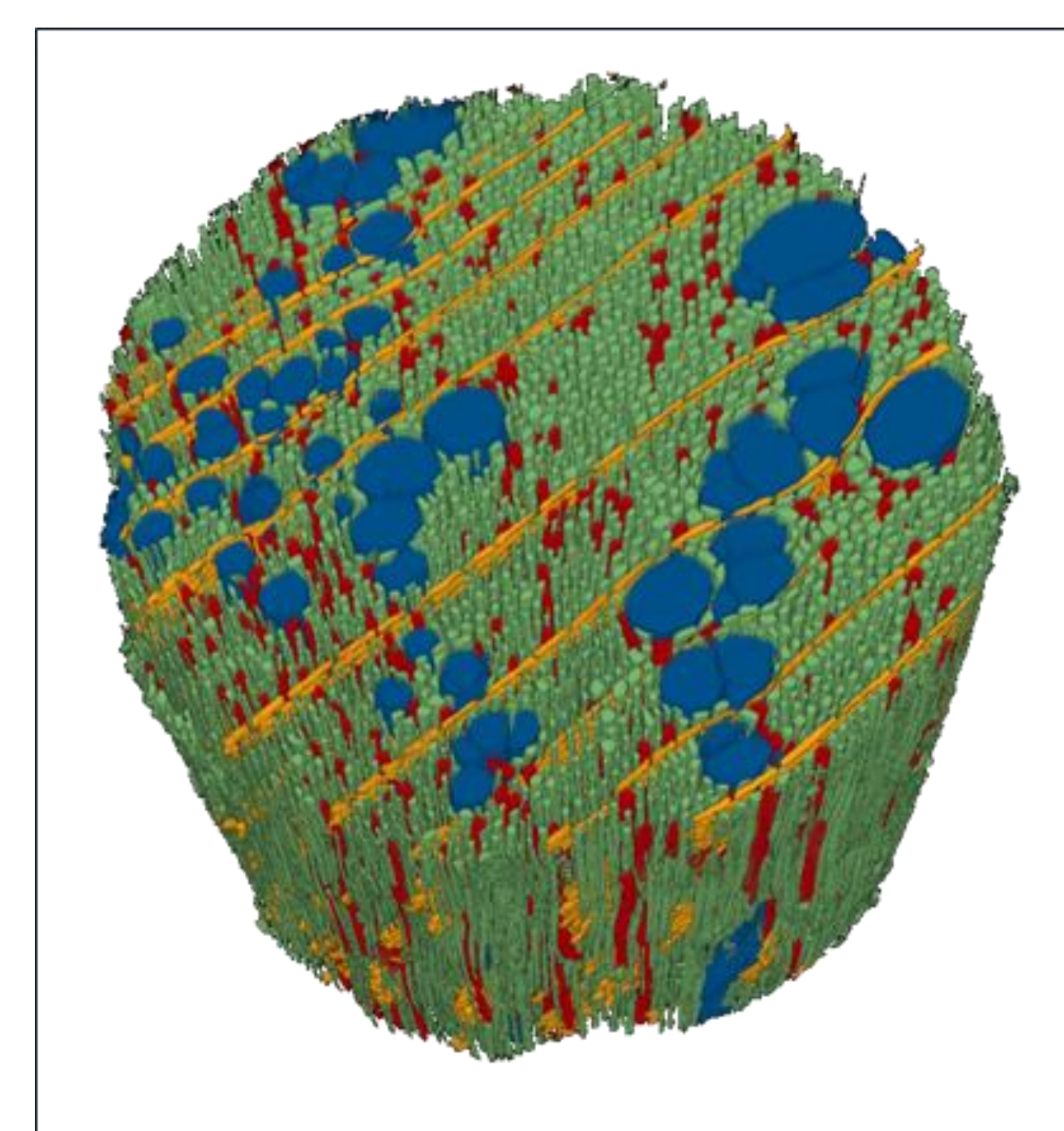
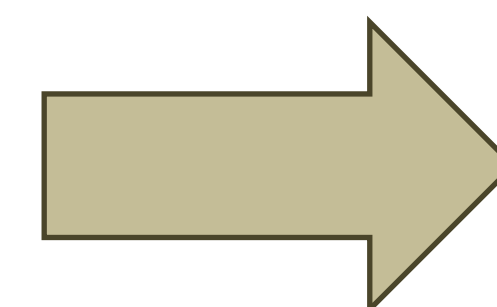
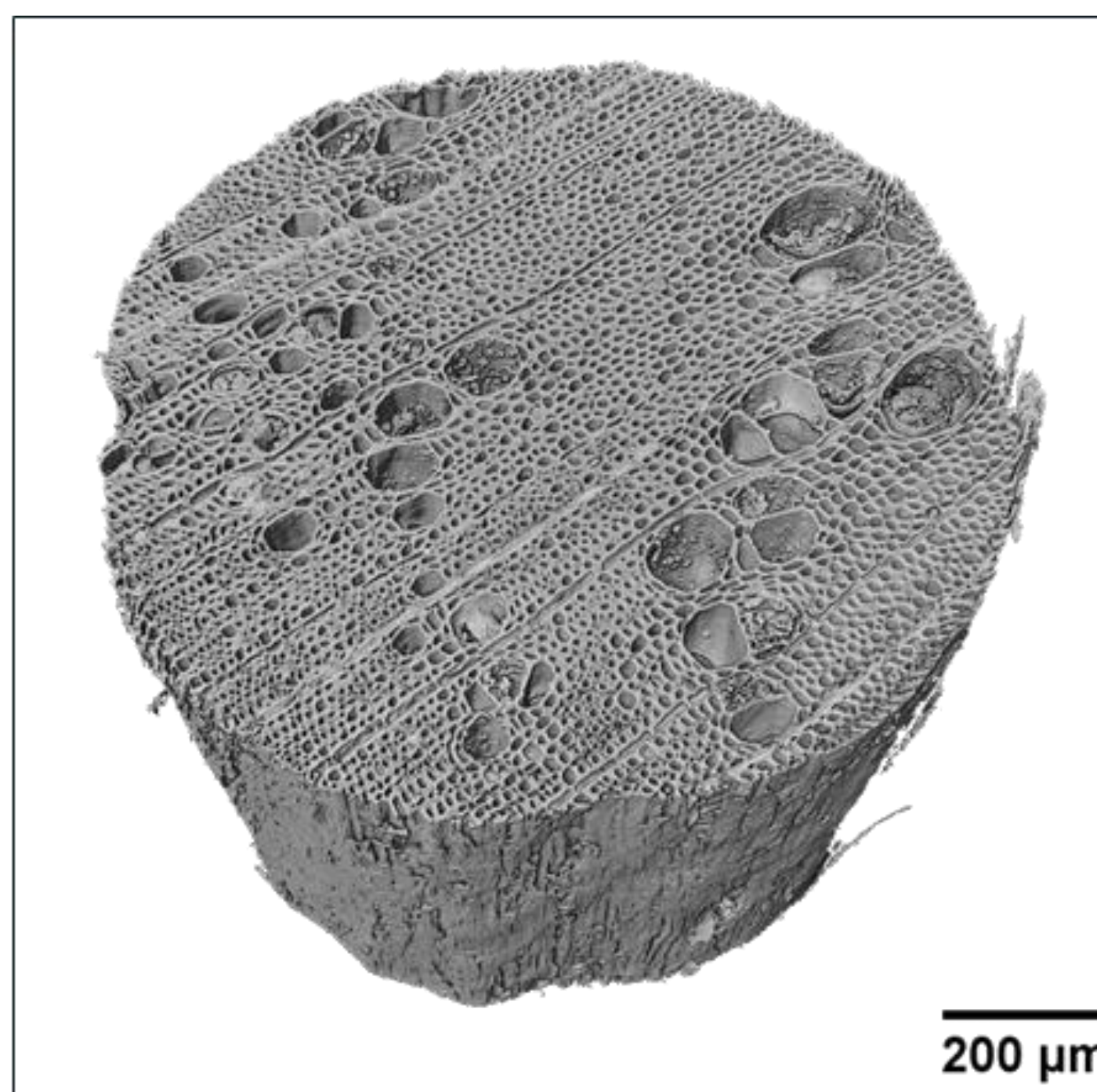
Acquisition et traitement des images

Scan 3D haute résolution (voxel 0,55 µm)



Echantillon cylindrique de châtaignier localisé dans le bois final positionné à l'extrémité d'un support en carbone au plus proche de la nano-source de rayons X.

Attribution de marqueurs aux éléments atomiques

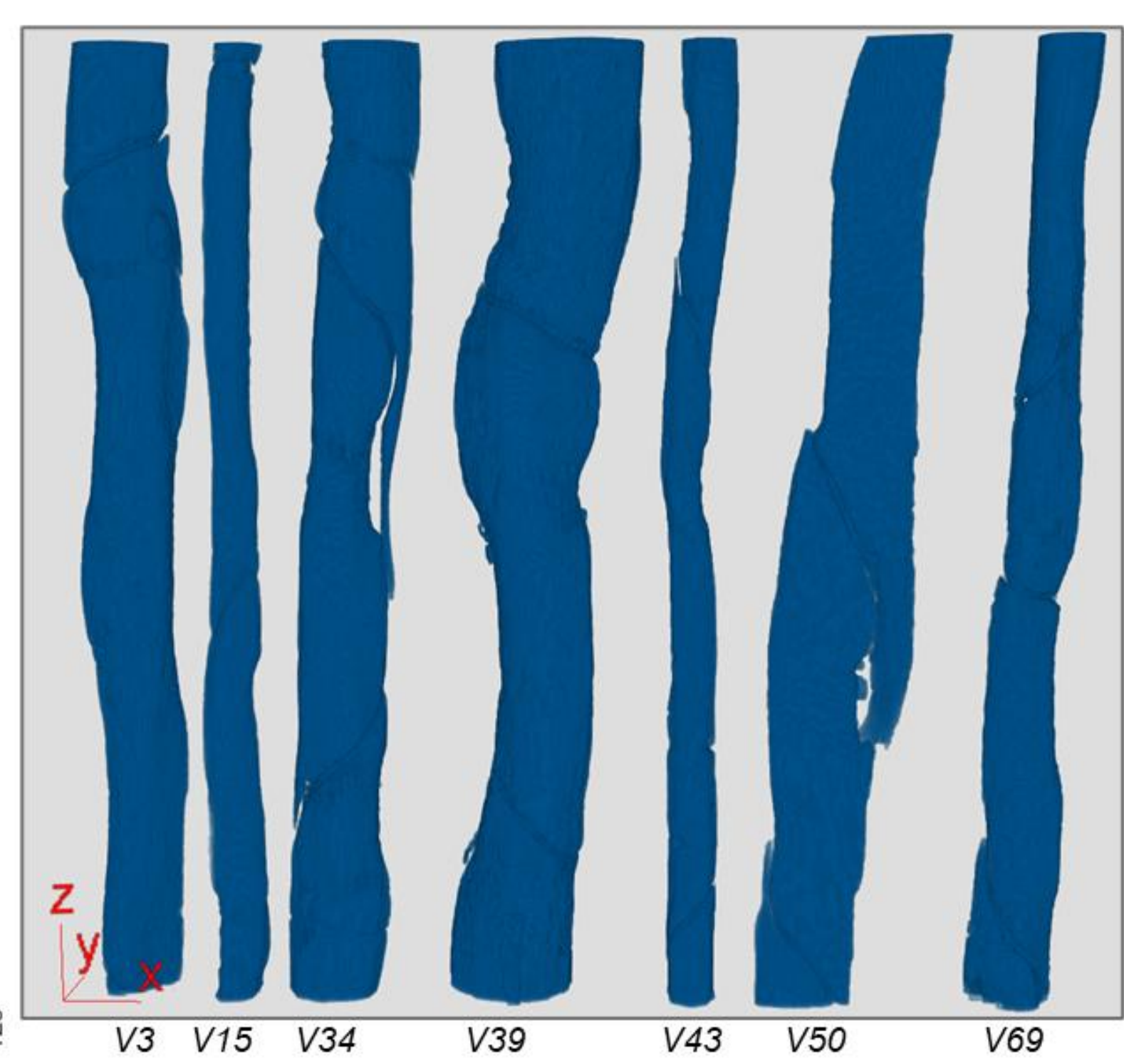
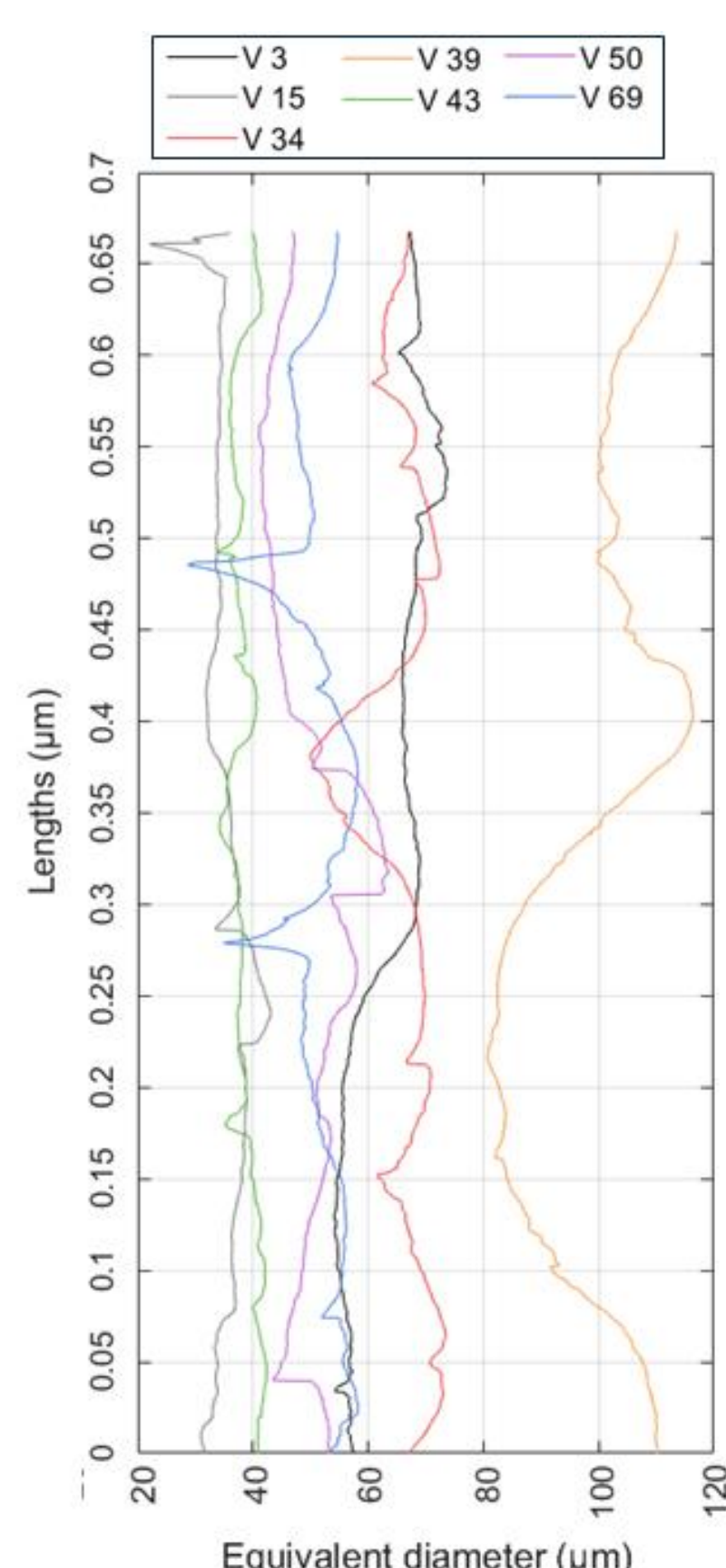


Reconstruction numérique 3D en niveau de gris à partir des projections 2D. Visualisation 3D après établissement de marqueurs de couleur suivant les typologies de cellule avec les vaisseaux en bleu, les fibres en vert, les cellules de parenchyme axiale en rouge et les rayons ligneux en ocre.

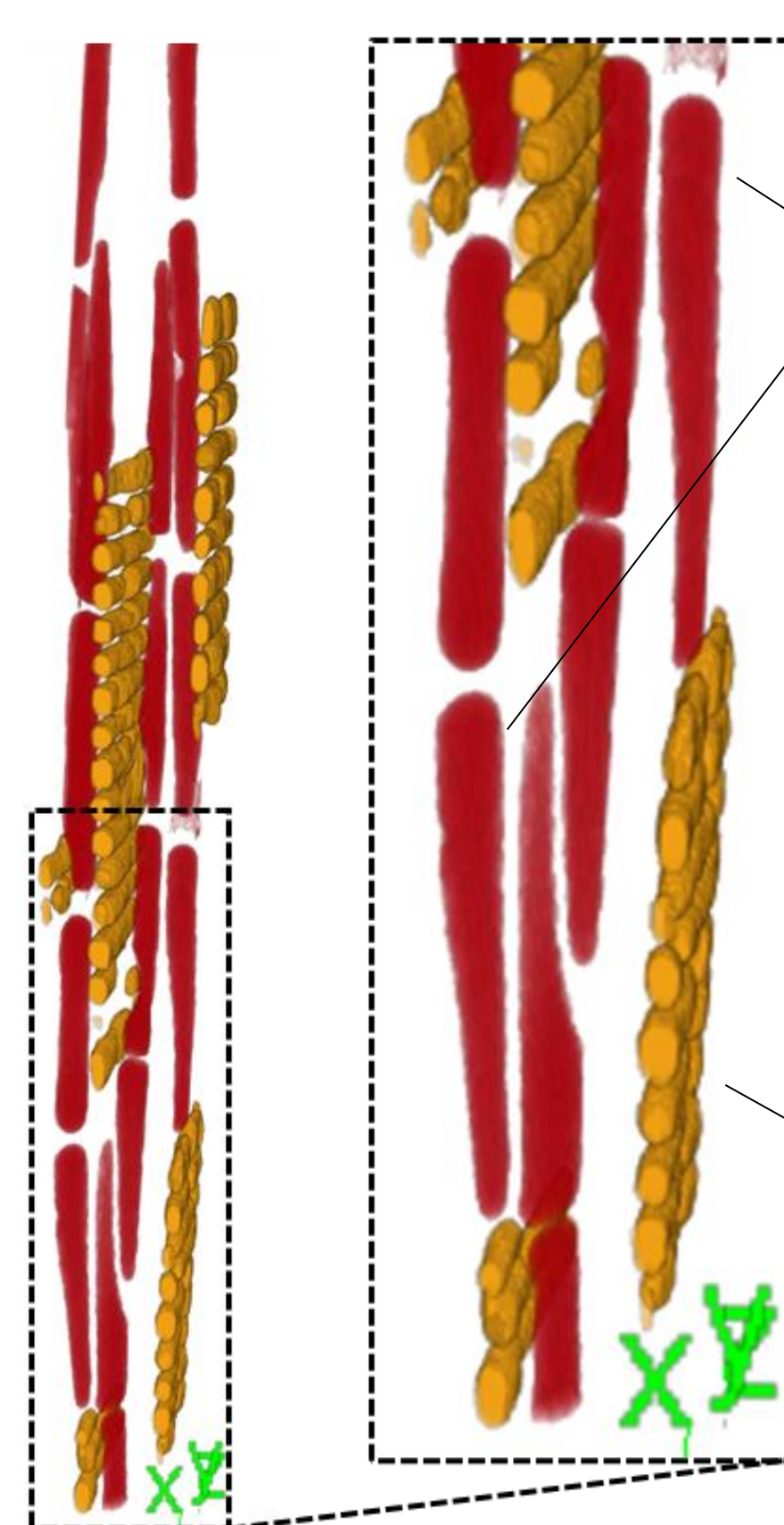
Résultats

Parmi les 48% de vide cellulaire dans la zone observée, 17,6% correspondent à des cellules conductrices de sève brute (vaisseaux) et 12,3% à des cellules de parenchyme.

La mesure du diamètre équivalent des éléments de vaisseaux indique une variation pouvant atteindre 11% sur une longueur de 660 microns.



Zoom sur une connexion entre deux éléments de vaisseaux (V34)



Cellules de parenchyme axial

Mise en évidence des interconnexions entre les cellules de parenchyme orientées suivant les directions axiales et radiales permettant une continuité fonctionnelle de transport de flux de sève et stockage de réserve.

Rayons ligneux

Conclusion et perspectives

- Affiliation de marqueurs aux éléments anatomiques
- Analyse qualitative et réalisation de mesures quantitatives
- Duplication à d'autres espèces bois
- Simulation sur morphologie réelle et analyse des effets locaux sur les propriétés physiques

Remerciements

La communauté urbaine du Grand Reims, le département de la Marne, la région Grand Est et l'Union Européenne (FEDER Champagne-Ardenne 2014-2020, FEDER Grand Est 2021-2027) sont remerciées pour leur soutien financier à la Chaire de biotechnologie de CentraleSupélec et au Centre Européen de Biotechnologie et de Bioéconomie (CEBB).