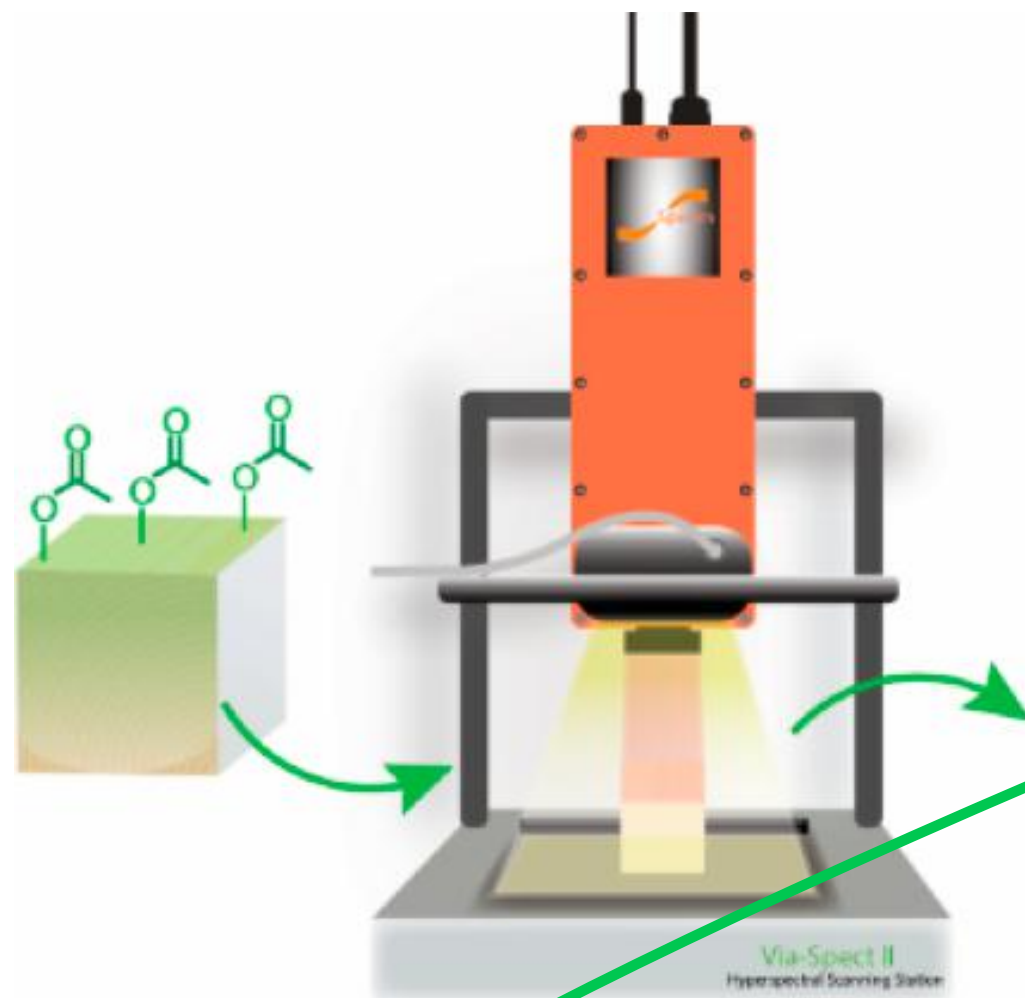


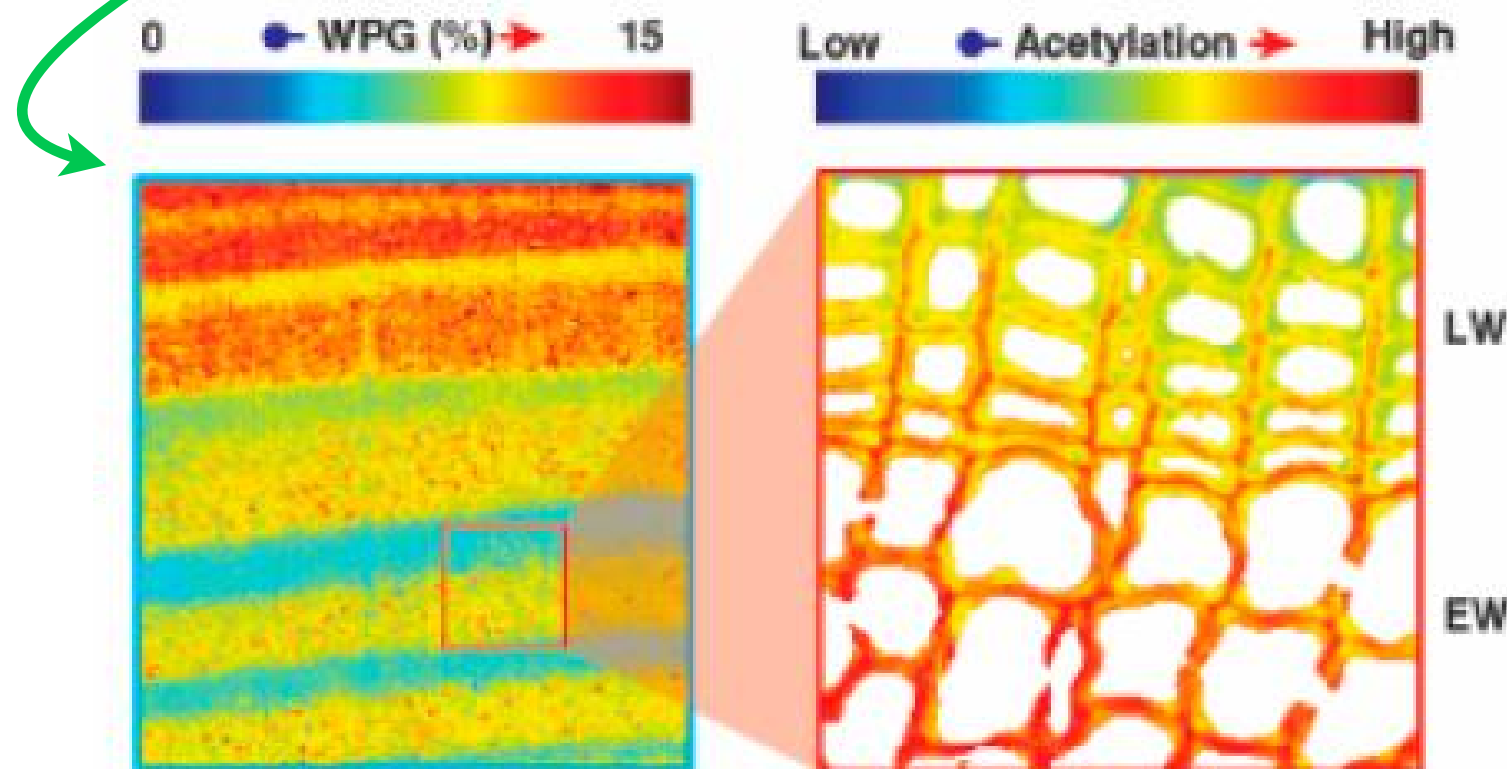
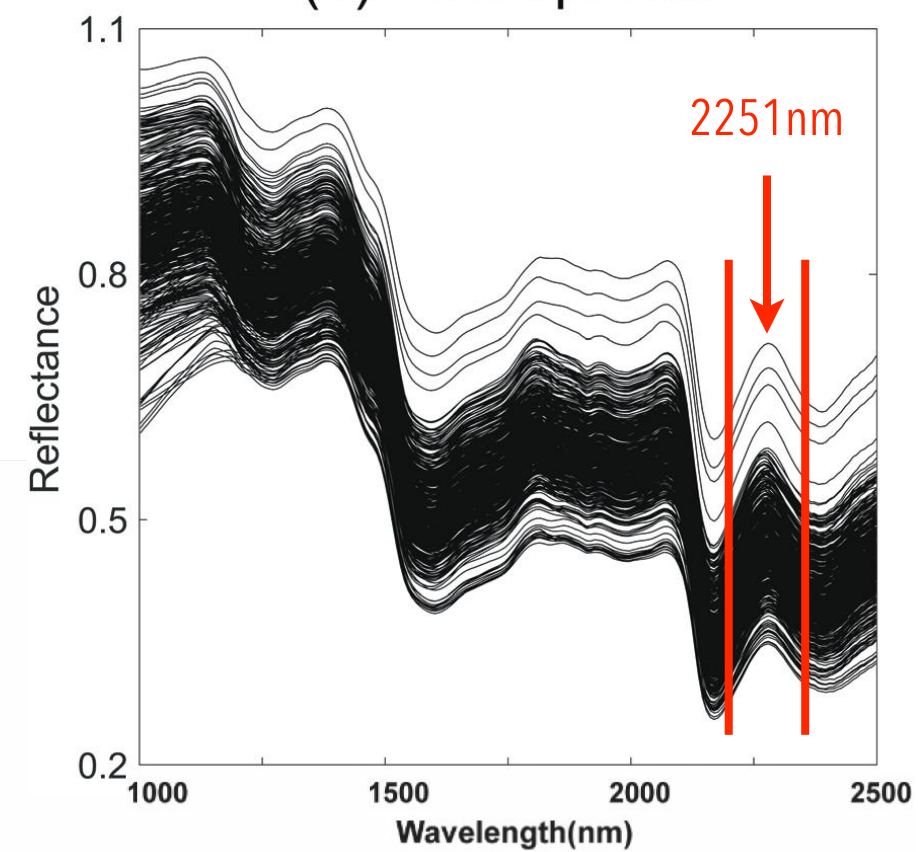
SYSTÈME D'IMAGERIE AVANCÉE PERMETTANT D'ÉTUDIER L'ÉTAT DE SURFACE DU BOIS

Idelette PLAZANET, Lucile ARROUY, Damien BOILDIEU, Erwan CAPTAINÉ, Christelle GADY, David HELBERT, Eric CHAMPION, Amandine MAGNAUDEIX, Philippe CARRE, Sabine LHERNOULD, Vincent RODRIGUEZ, Philippe LEPROUX, Guy COSTA,

© 2021 Guy COSTA



(a) Raw spectra



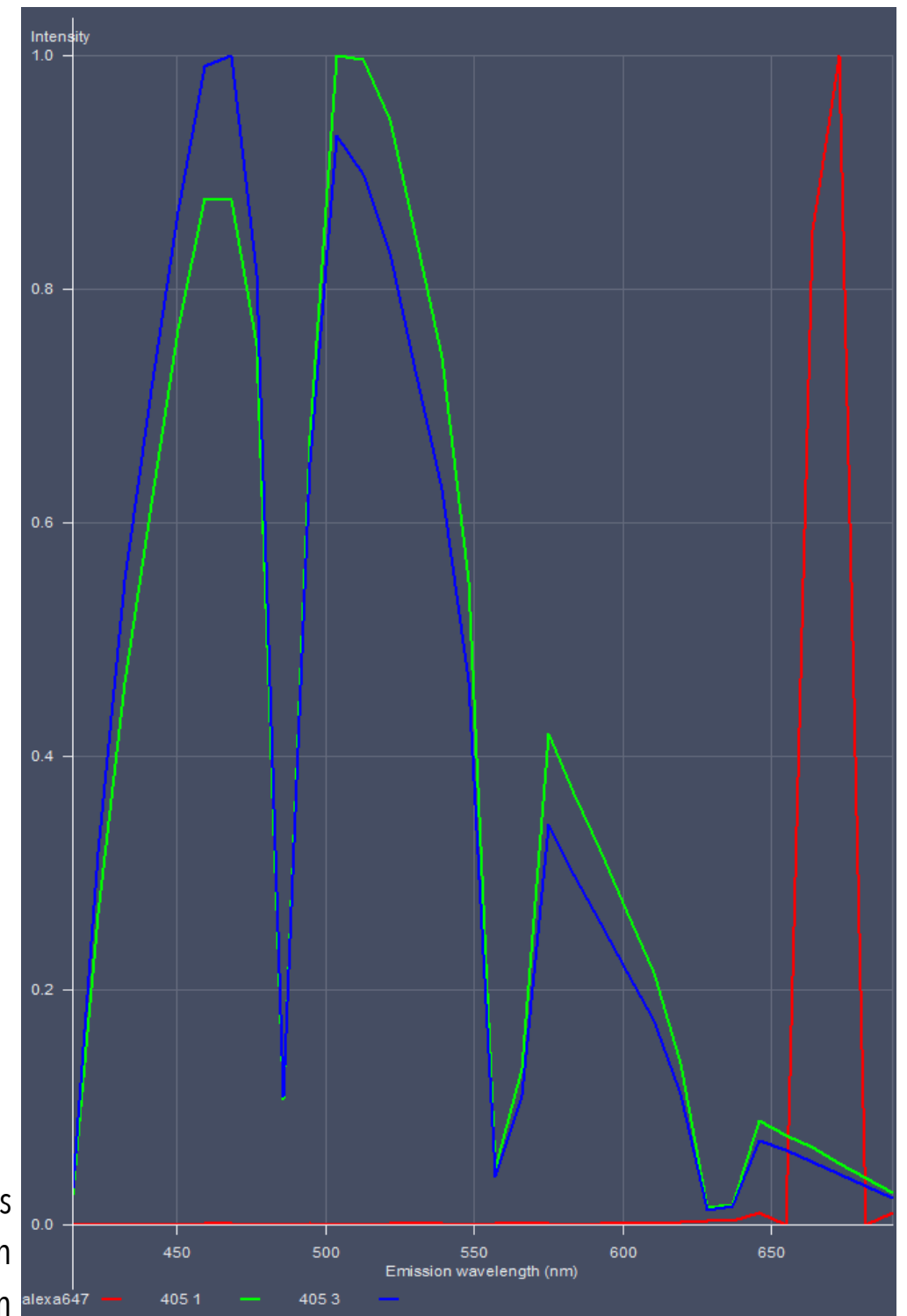
TYPE DE μ SCOPIE	ACRONYME	SIGNAL MESURÉ	INFORMATION
CONFOCALE	LCSM (<i>laser confocal scanning microscopy</i>)	Fluorescence	Structurelle et/ou fonctionnelle (présence de molécules fluorescentes endogènes ou exogènes)
MULTIPHOTONIQUE	SHG (<i>second harmonic generation</i>)	Lumière à la fréquence double de l'excitation	Structurelle (présence de molécules non centrosymétriques telles que collagène, actomyosine, tubuline)
MICRO(SPECTRO)SCOPIE RAMAN COHÉRENTE	CARS (<i>coherent anti-Stokes Raman scattering</i>)	Vibrationnel	Chimique => structurelle et/ou fonctionnelle (caractérisation de la composition moléculaire)
MICRO(SPECTRO)SCOPIE INFRAROUGE À TRANSFORMÉE DE FOURIER	FTIR (<i>Fourier-transform infrared spectroscopy</i>)	Vibrationnel	Chimique => structurelle et/ou fonctionnelle (caractérisation de la composition moléculaire)

La μ scopie FTIR, RAMAN, CARS forment un ensemble de technologies basées sur l'utilisation **d'une lumière susceptible de faire vibrer des liaisons chimiques intra ou intermoléculaires**. Elles sont partiellement complémentaires (cf règles de sélection définissant les modes vibrationnels actifs/inactifs pour chaque modalité).

μCOPIE CONFOCALE EN MODE SPECTRAL

L'imagerie spectrale combinée au démixage linéaire permet de séparer les informations spectrales recueillies sur un échantillon biologique en images individuelles pour chaque fluorophore (même dans le cas de chevauchement de spectres de fluorescence). Grâce à cette technique, nous avons pu isoler deux pics caractéristiques de l'autofluorescence de la lignine (et des métabolites spécialisés) : un dont le λ_{max} se situe aux alentours de 475 nm, l'autre aux alentours de 500 nm

Spectres d'émission de la lignine (en vert et bleu) après excitation à 405 nm et spectre d'émission de l'Alexa 647 (en rouge) après excitation à 633 nm

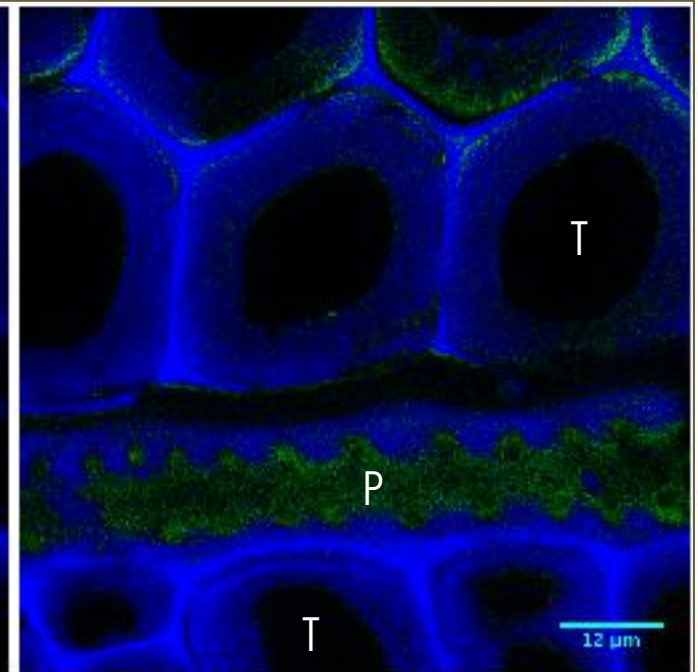
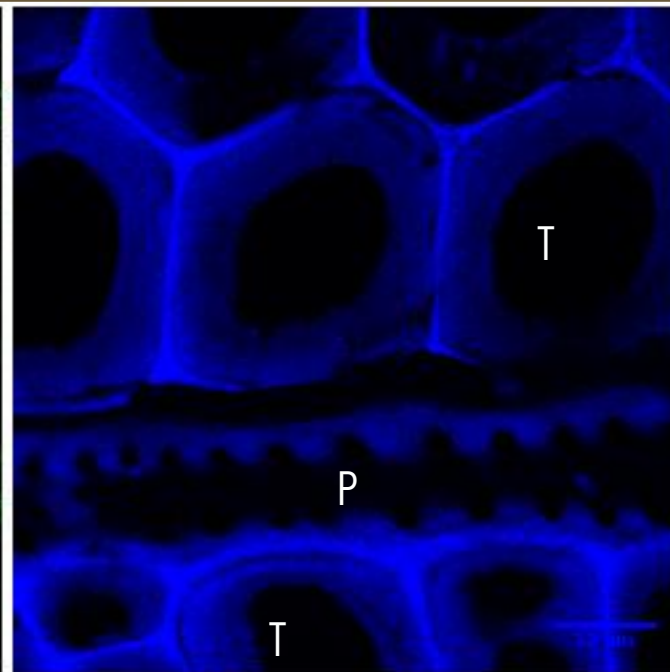
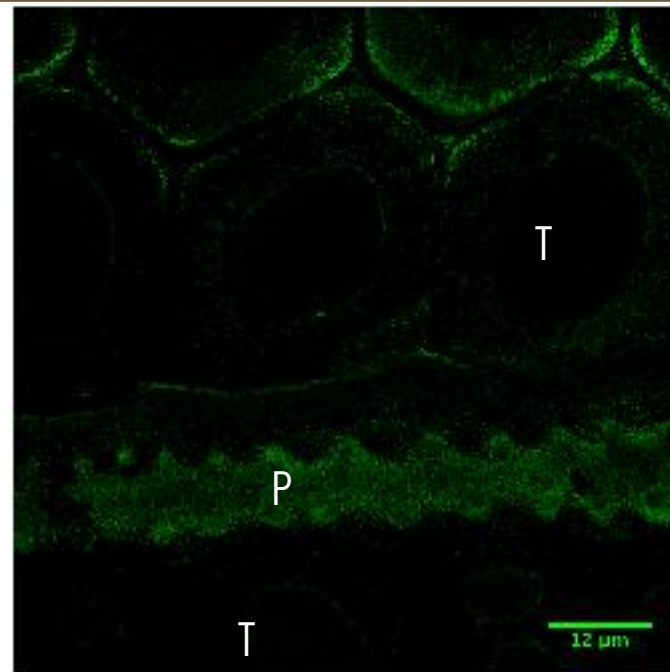


λ_{\max} 500 nm

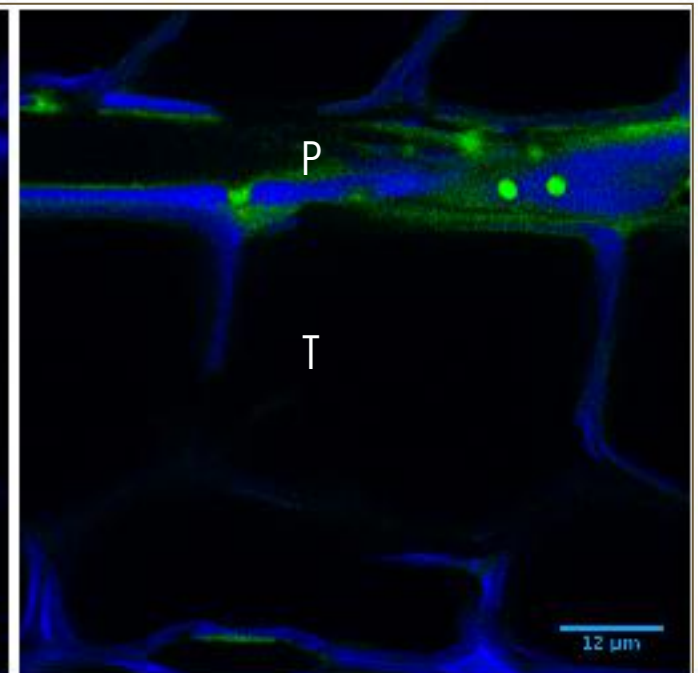
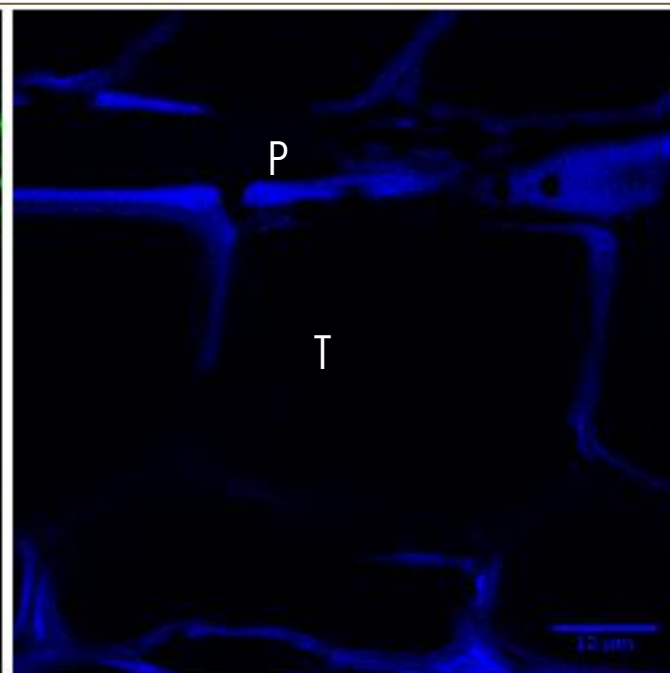
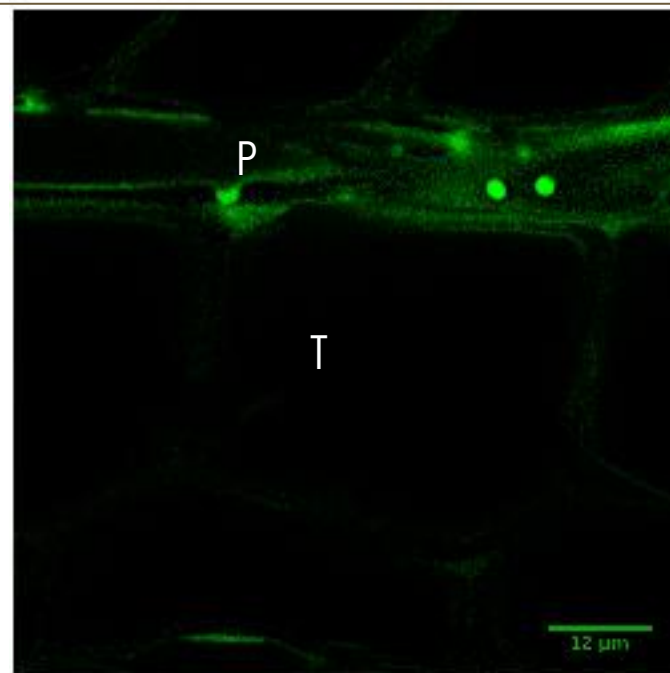
λ_{\max} 475 nm

λ_{\max} 475 nm + 500 nm

BOIS FINAL



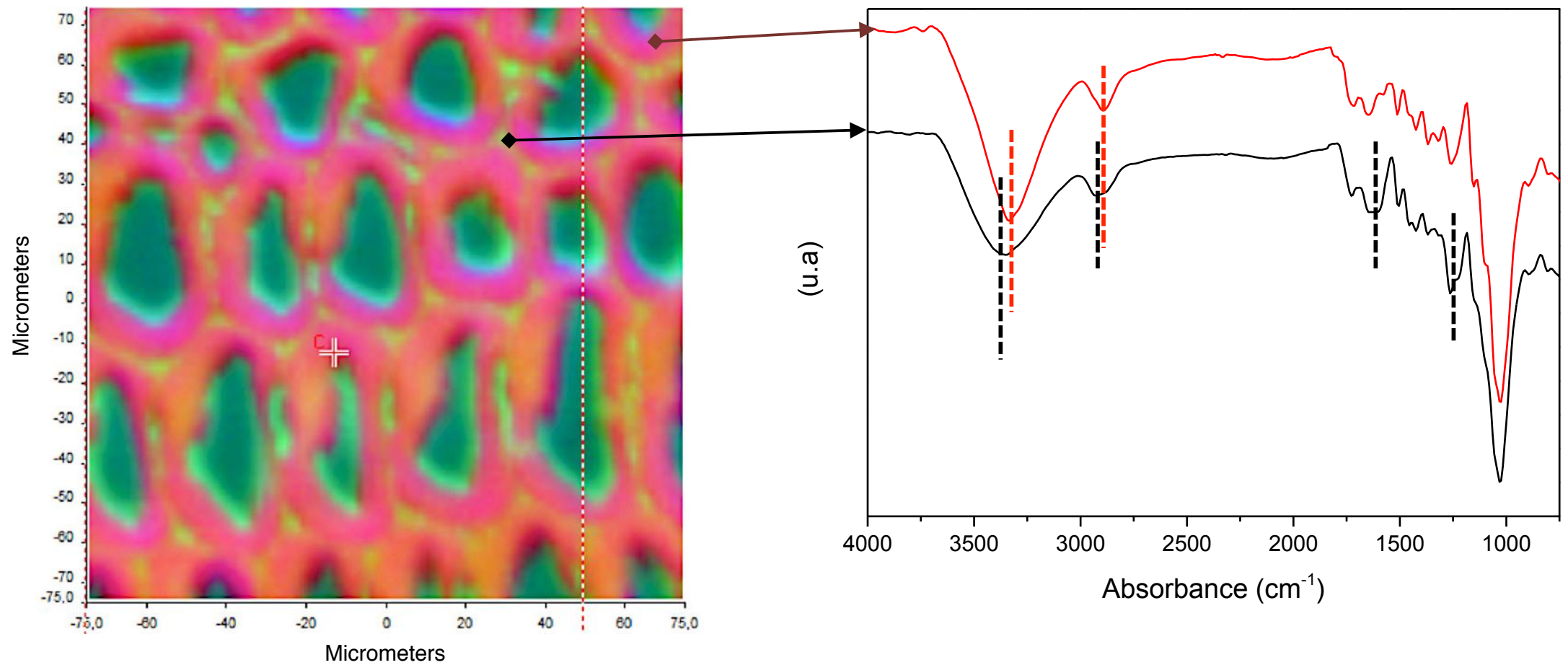
BOIS INITIAL



Observation en microscopie confocale de l'autofluorescence de la lignine du bois après **excitation à 405 nm**.

P, parenchyme ligneux; T, tracheide

AUBIER

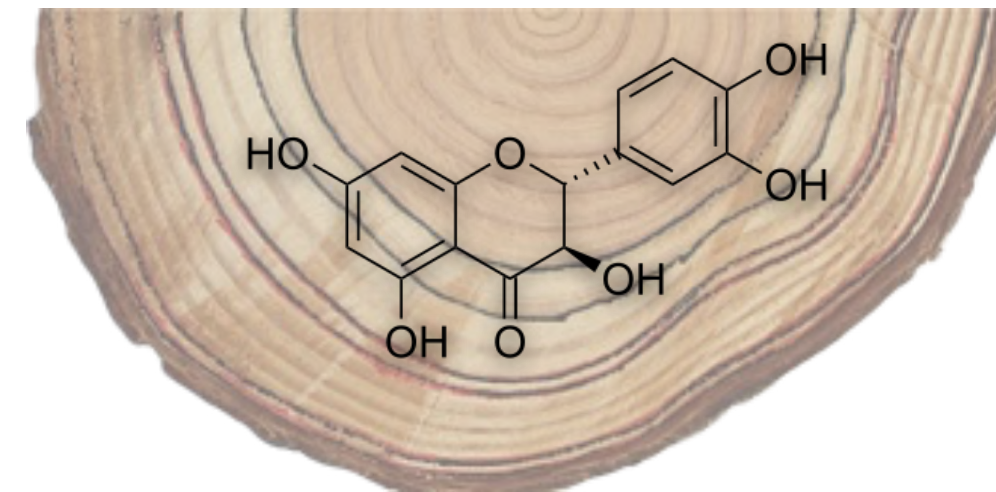


NOIR, bandes spécifiques
au spectre noir;
ROUGE, bandes
spécifiques au spectre
rouge,
BLEU, bandes communes

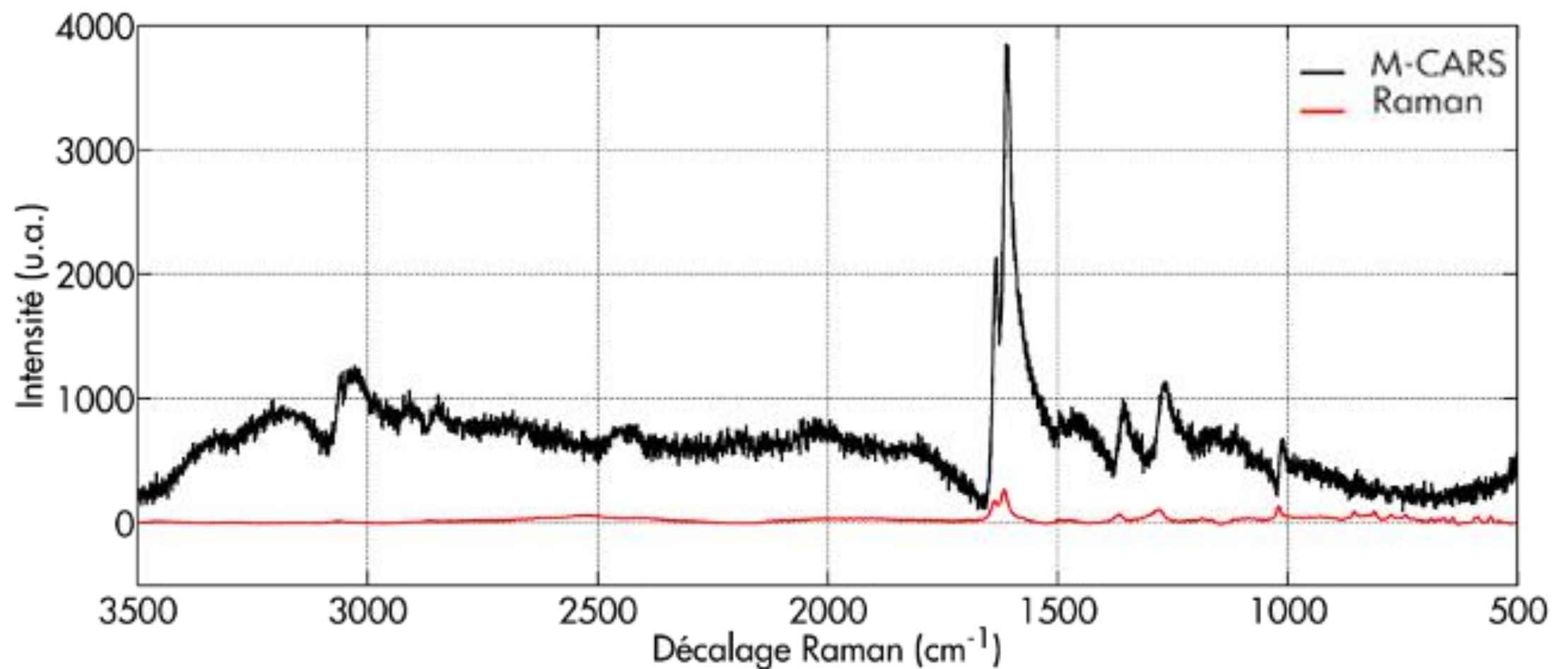
Position de la	Attribution
3350 / 3335	OH (Lignines et polysaccharides)
2925 / 2895	CH ₂ et CH aliphatiques (Lignines et polysaccharides)
1725 / 1715	C=O esters et/ou acides (Polysaccharides)
1645	C=O (aldéhydes sur cycle aromatique, lignines?)
1455-1600	C=C (Lignines)
1369-1425	CH (Lignines et polysaccharides)
1368	CH (Lignines et polysaccharides), OH phénolique (lignines)
1260	OCH ₃ sur cycle aromatique et C=C (Lignines)
1100	C-O (alcool secondaire)
1040	C-O (alcool primaire)
1028	C-O-C (Lignines et polysaccharides)

TAXIFOLINE DU DOUGLAS

- [Temps d'exposition court
- [Utilisation d'une seule source laser
- [Spectre ultralarge bande comparable à spectre Raman



SPECTRES RAMAN CORRIGÉ & M-CARS DE TAXIFOLINE

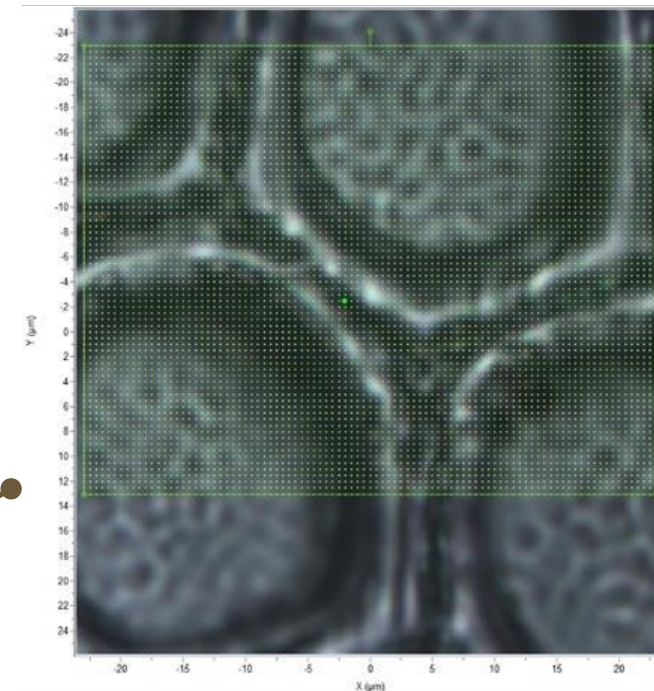


Temps d'exposition : 200 ms !

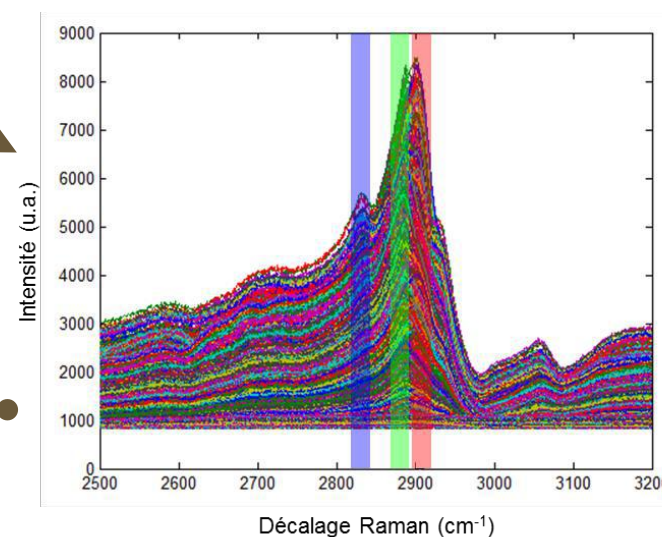
MICROSCOPIE CARS, BRUTE

Sans de traitement statistique

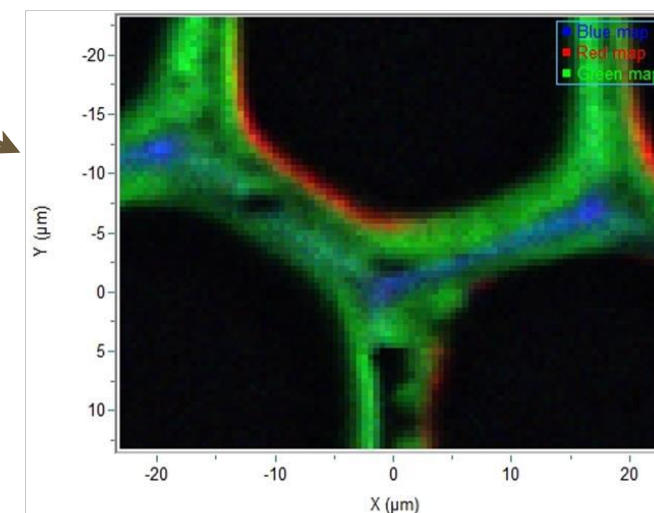
- **Cartographie** 96x73, 6789 spectres CARS
(1 spectre/pixel, plage spectrale 2500-3200 cm^{-1})



- **Sélection** spectrale dans différents canaux
(Un canal correspond à un mode vibratoire)

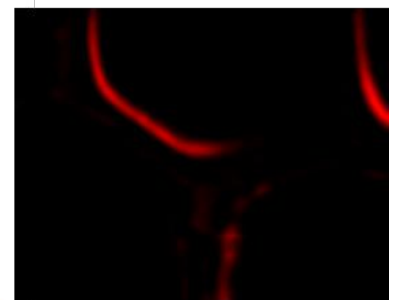
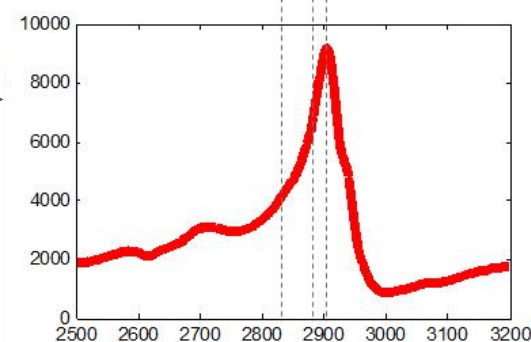
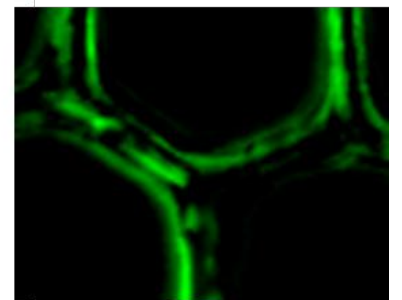
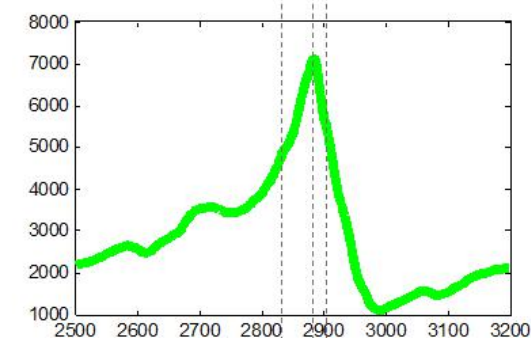
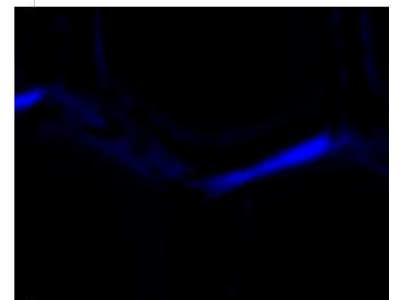
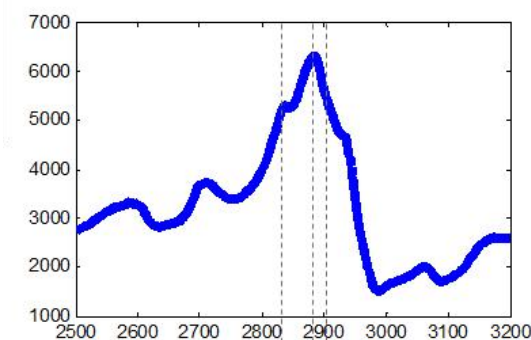
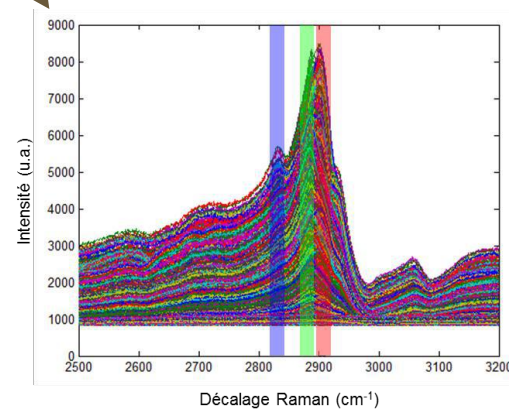
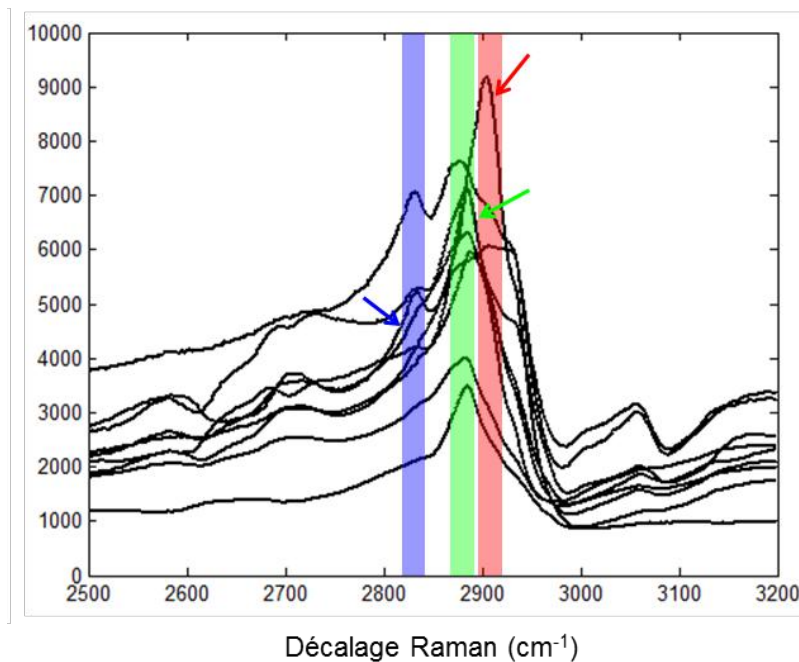
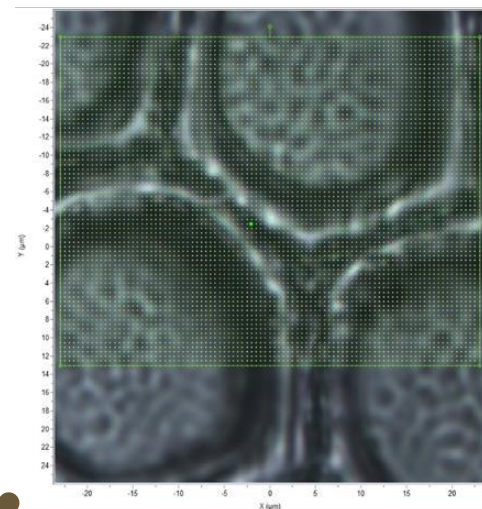


- **Reconstruction** d'image 2D en fausse image
(Un canal correspond à un mode vibratoire)



MICROSCOPIE CARS, AVEC TRAITEMENT

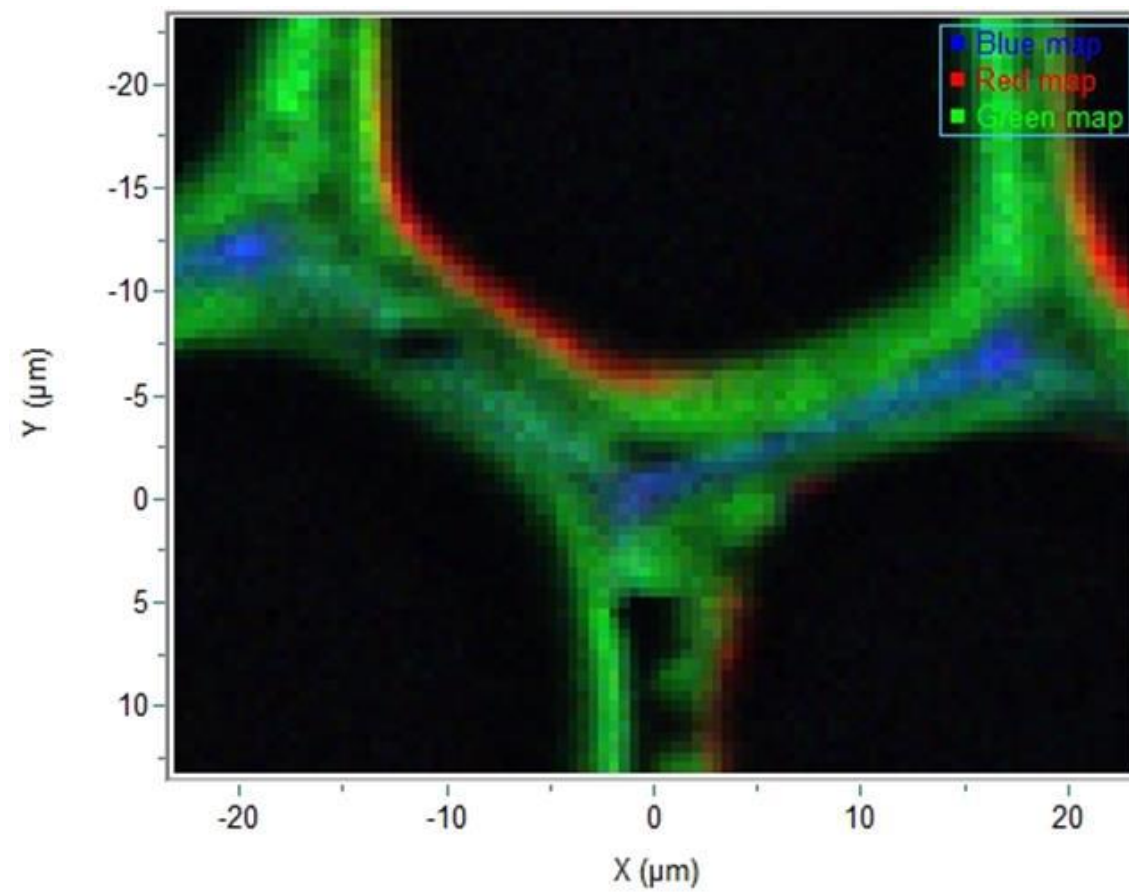
Extraction de n spectres « pur » par analyse statistique
(MCR, multivariate curve resolution)



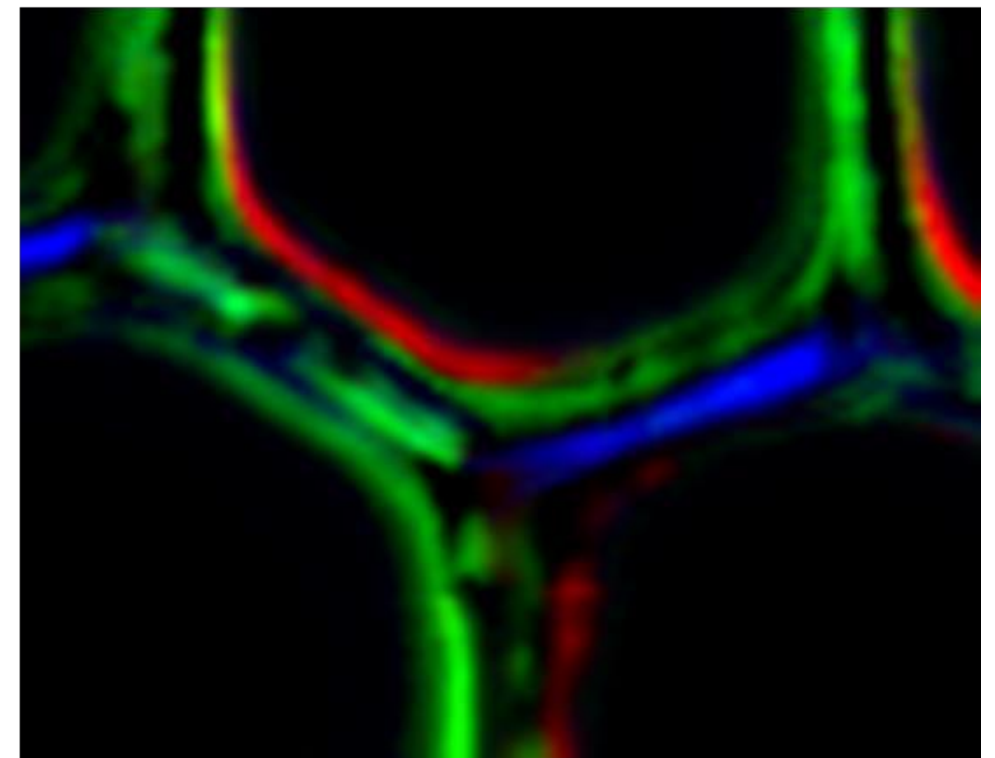
Identification des spectres correspondant aux canaux précédents
Reconstitution des images associées

MICROSCOPIE CARS SANS ET AVEC TRAITEMENT

SANS MCR



AVEC MCR

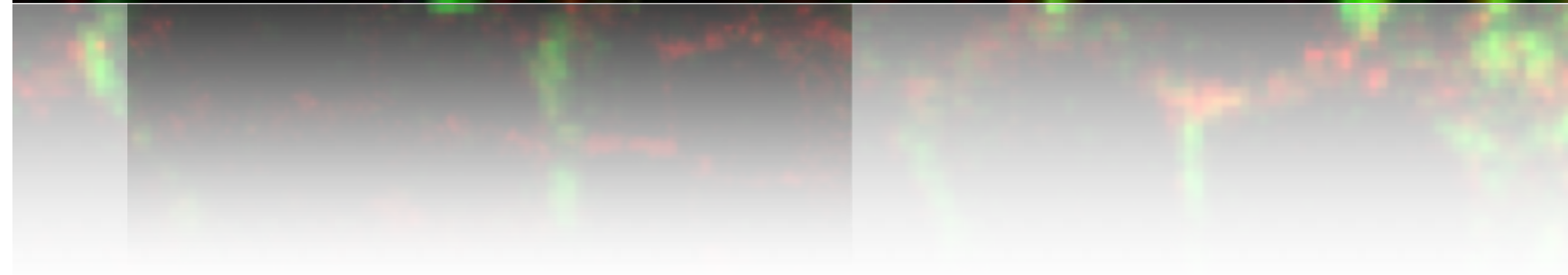
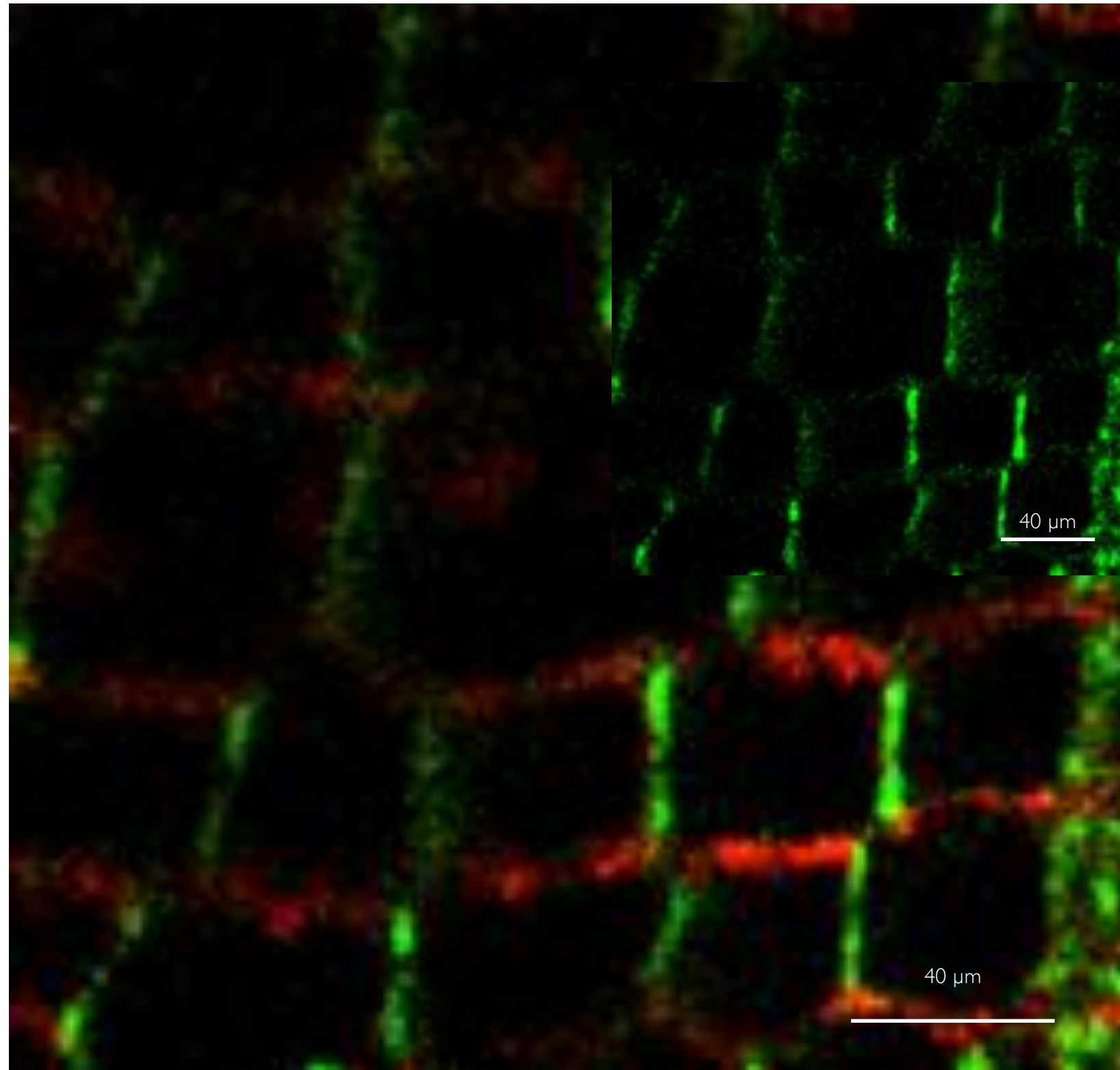





Présence de mannane au bord de la couche S3 des trachéïdes



μ SCOPIE OPTIQUE SHG



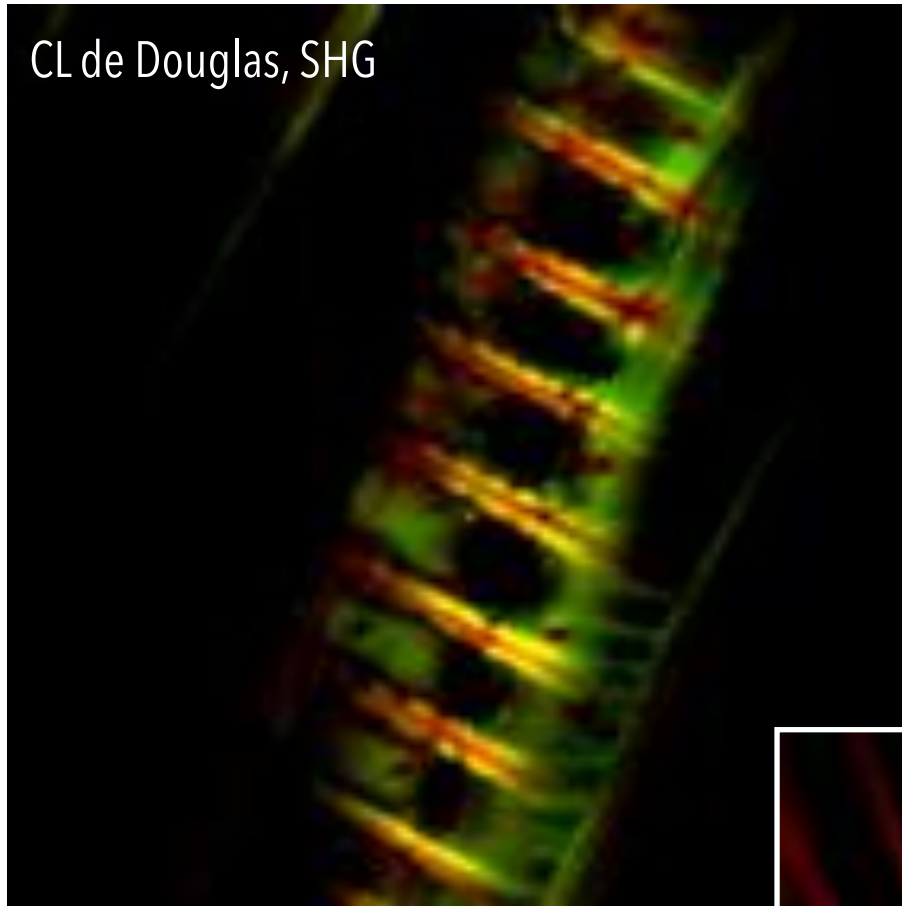
- 
- [Construction d'un démonstrateur en partenariat avec Leukos et AlphaNov
 - [Mise en place d'un réseau d'analyse d'image du bois via le GDR Sciences du bois
 - [Mise en place sur Limoges d'une plateforme d'imagerie CARS à haut débit



RECHERCHE → APPLICATIONS

- [*Recherche -Durabilité*]
- [*Quelles sont les autres applications possibles ?*]
- [*Quelles sont les questions sur la qualité du bois ?*]

CL de Douglas, SHG



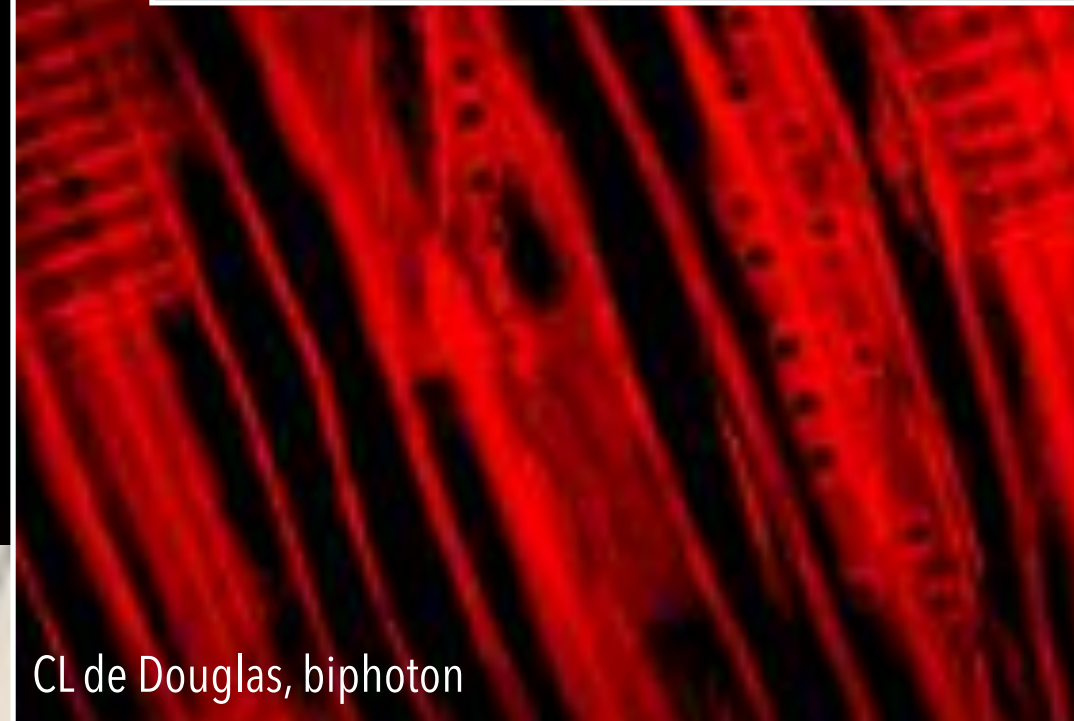
Limoges, Cessna 172



CL de Douglas, CARS



CL de Douglas, biphoton





12e Journées Scientifiques Limoges 22-24 novembre 2023

GDR *La durabilité, c'est tout
à la fois notre passé et
notre futur*
SCIENCES DU BOIS

LABCiS UR 22722
Laboratoire des Agroressources, Biomolécules
et Chimie pour l'innovation en Santé

MERCREDI 22

8:00 - Accueil

8:30 - Discours de bienvenue

09:30 Marie France THEVENON

10:00 Christian BRETON

PAUSE CAFÉ

10:30 Flashtalk

11:30 Poster

Durabilité naturelle

12:30

PAUSE MÉRIDIDIENNE

14:00 Joris Van ACKER

14:30 Sandrine BOUQUILLON

15:00 Flashtalk

PAUSE CAFÉ

16:00 Poster

Durabilité conférée

17:00 - Groupe de travail

19:00

TEMPS LIBRE

JEUDI 23

8:00 - Groupe de travail

09:00 Christophe CORONA

09:30 François BLONDEL

PAUSE CAFÉ

10:00 Flashtalk

11:00 Poster

Résilience temporelle

12:00

PAUSE MÉRIDIDIENNE

13:30

VISITE 1 -Ussel

CFBL & Panneau de Corrèze

VISITE 2 -Saint Junien

Sylvamo

VISITE 3 -Limoges

Guillaumie & Lacaux carton

VISITE 4 -Nedde

Hêtre en Forêt

19:00

REPAS DE GALA

VENDREDI 24

08:30 Romain RÉMOND

09:00 Arnaud BESSERER

09:30 Flashtalk

PAUSE CAFÉ

10:15 Table Ronde

11:15 Poster

Durabilité structurelle

12:00 - Bilan groupe de travail

12:30

PAUSE MÉRIDIDIENNE

13:30 - Remise des prix poster

13:45 - Cloture

14:00 Le bois dans Limoges

Sandrine PARADIS,

Christelle BELINGAd

Guy COSTA

16:00 Visite de la maison de la

boucherie



Innovation Durabilité
Biomasse Environnement
Adaptation Chataignier
Matériaux
Forêt
Managers moléculaires
Douglas Territoire
Bois
Climat
Chimie verte Filière
Chimio-enzymatique
Modélisation
Bioinspiré Génie civil



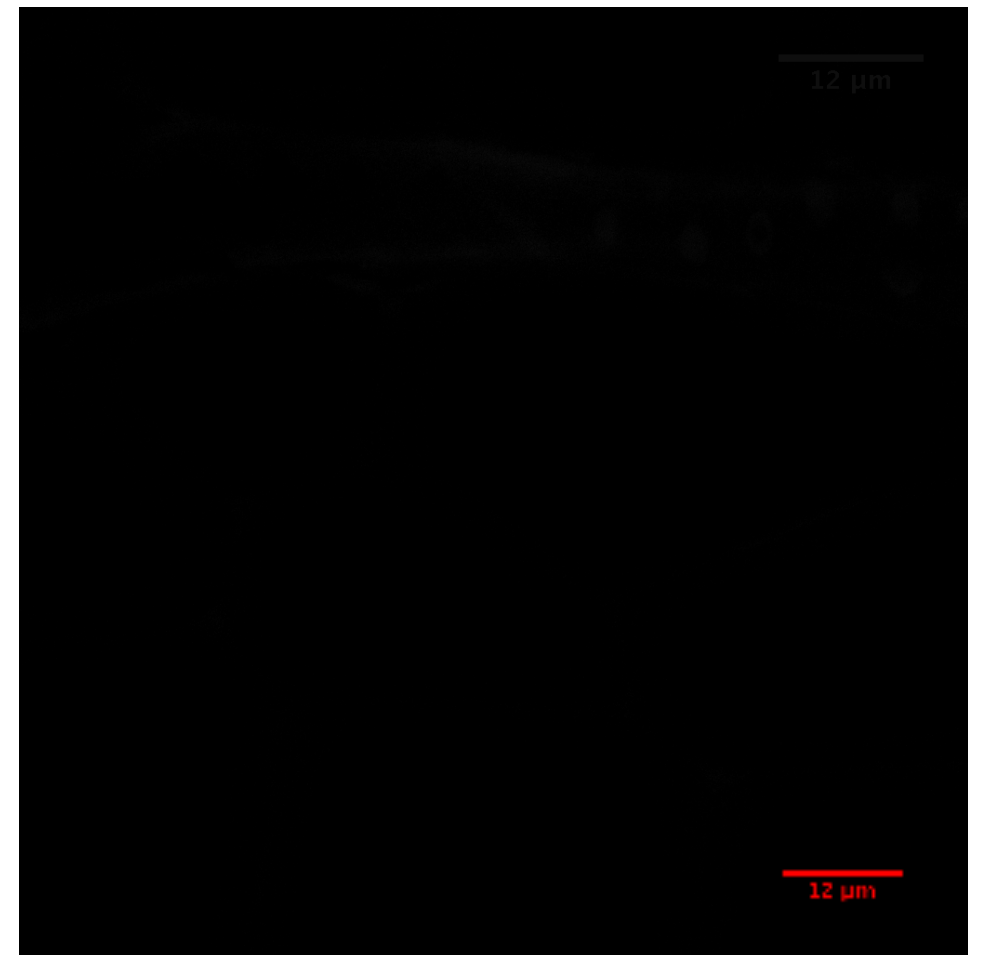
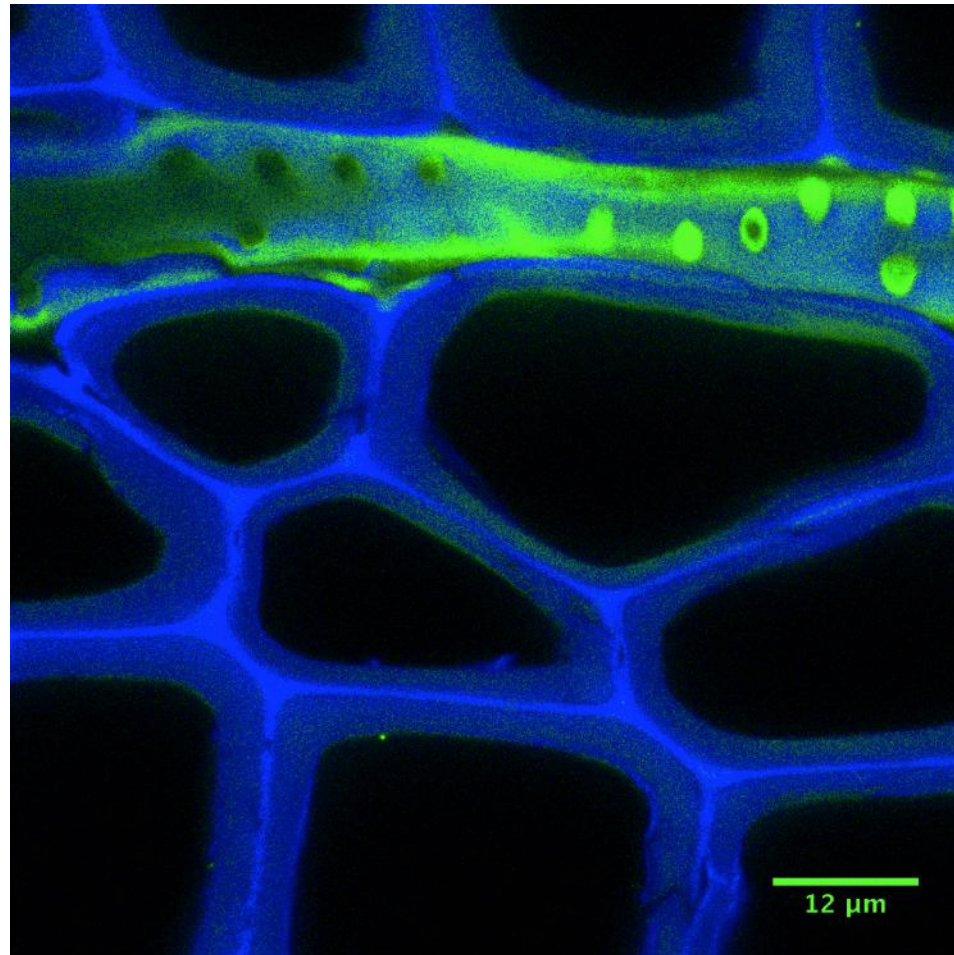
μSCOPIE CONFOCALE **AVEC** MARQUAGE

μCOPIE CONFOCALE IMMUNOMARQUÉE

λ_{\max} 475 nm + 500 nm

λ_{\max} 667 nm

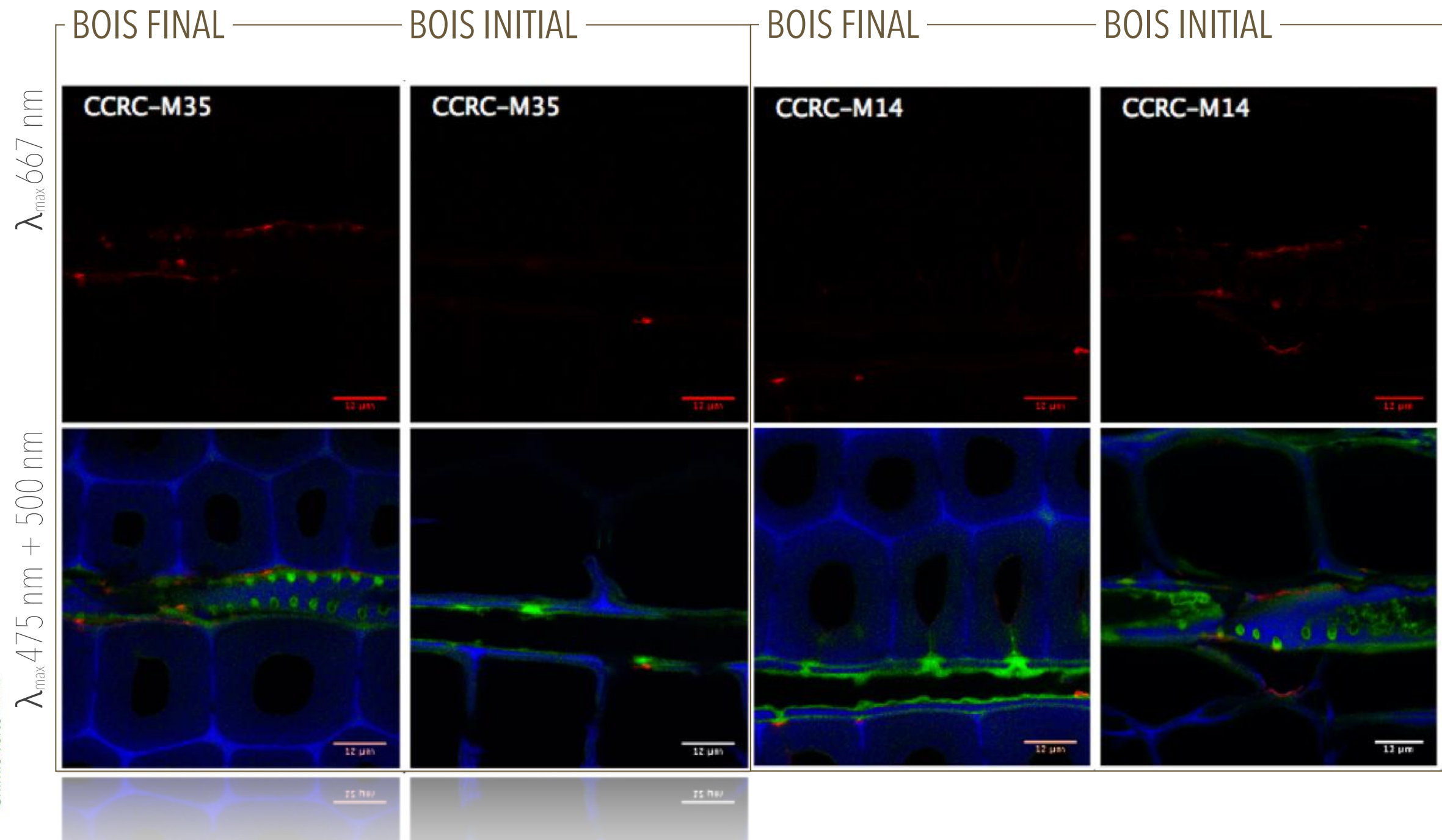
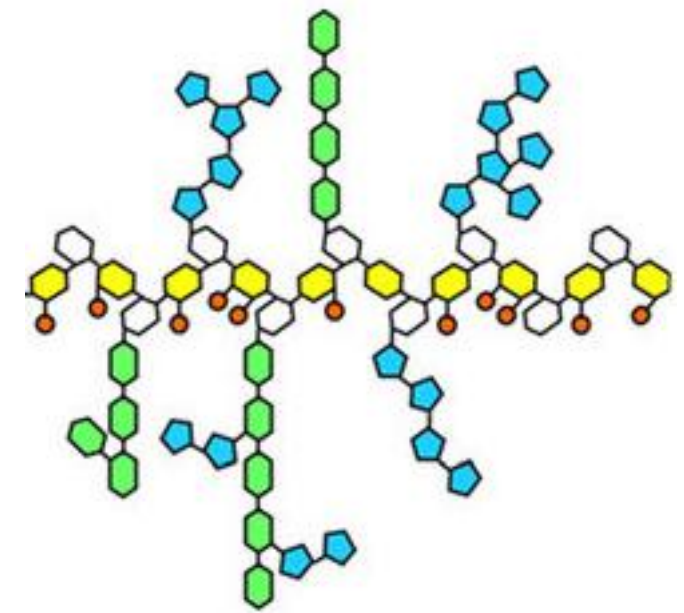
BOIS INITIAL



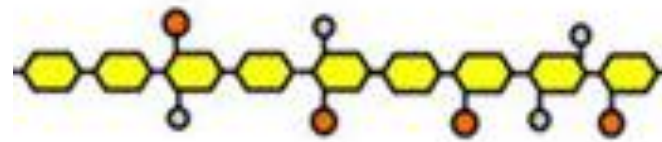
Spectres d'émission de la lignine (en vert et bleu) après excitation à 405 nm et spectre d'émission de l'Alexa 647 (en rouge) après excitation à 633 nm.

ZONE DE TRANSITION

ZONE DE TRANSITION – RG1



BOIS FINAL



Homogalacturonane
partiellement
methylestérifié, JIM7

- | | | | |
|-----------------------|-----------------|---------------|------------|
| = D-Galacturonic acid | = L-Arabinose | = D-Apiose | = O-Acetyl |
| = L-Rhamnose | = D-Galactose | = L-Fucose | = O-Methyl |
| = D-Glucuronic acid | = L-Aceric acid | = D-Xylose | = Borate |
| = Kdo | = D-Dha | = L-Galactose | |

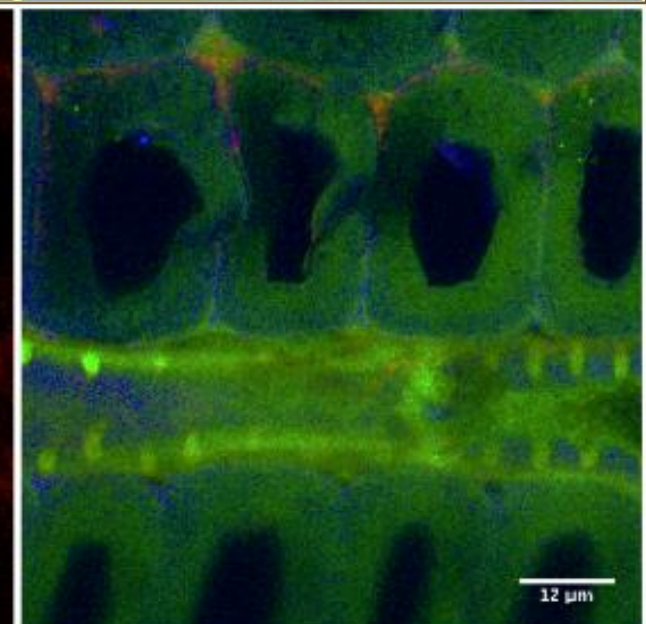
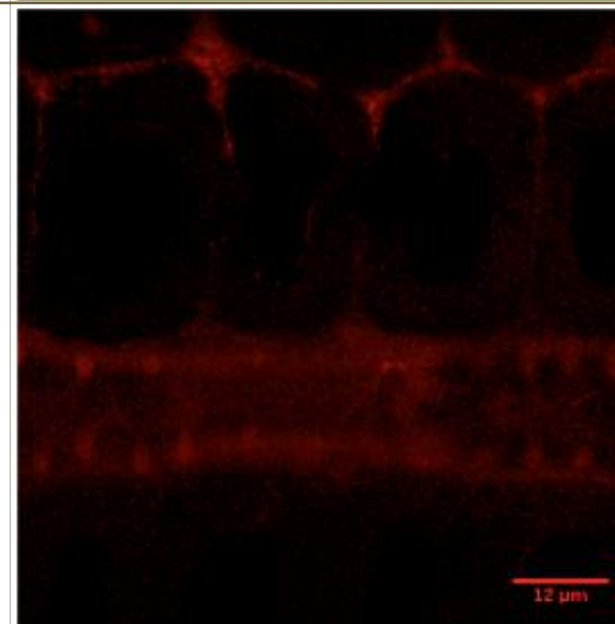
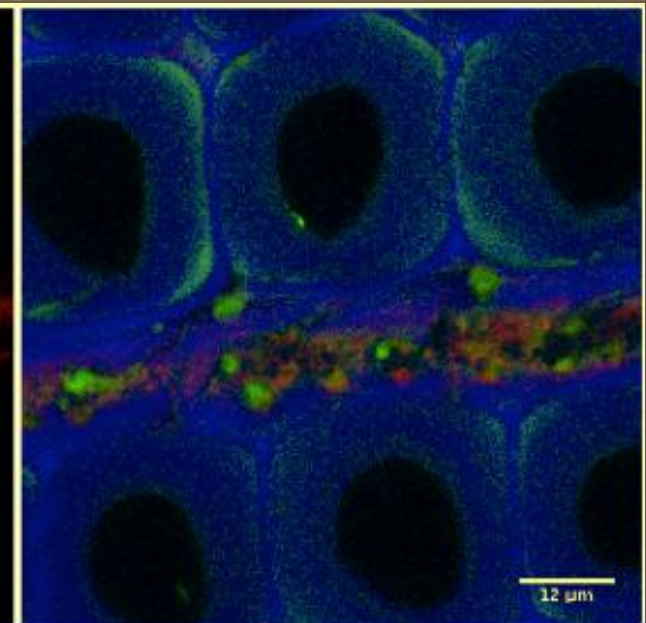
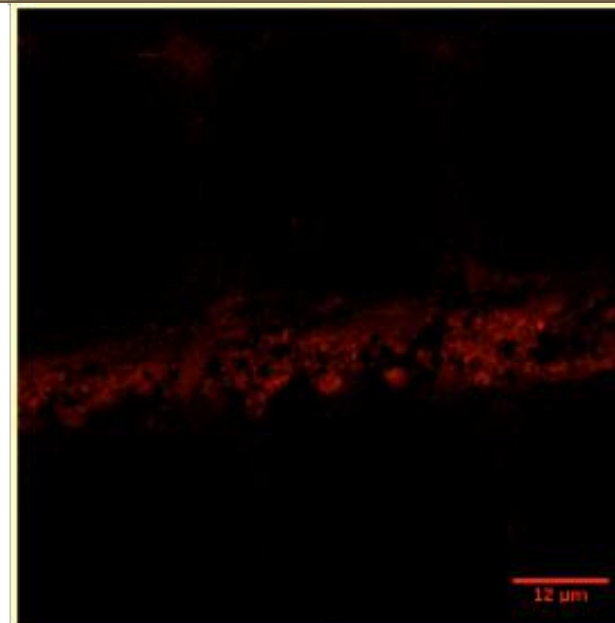
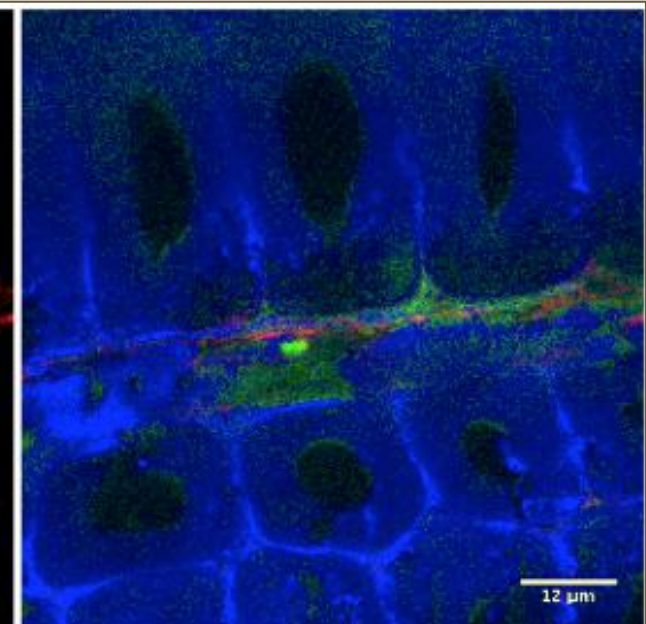
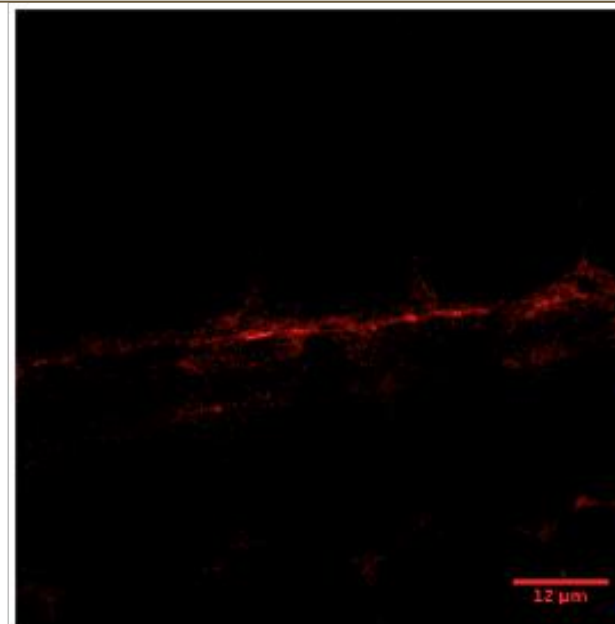
λ_{\max} 667 nm

λ_{\max} 475 nm + 500 nm

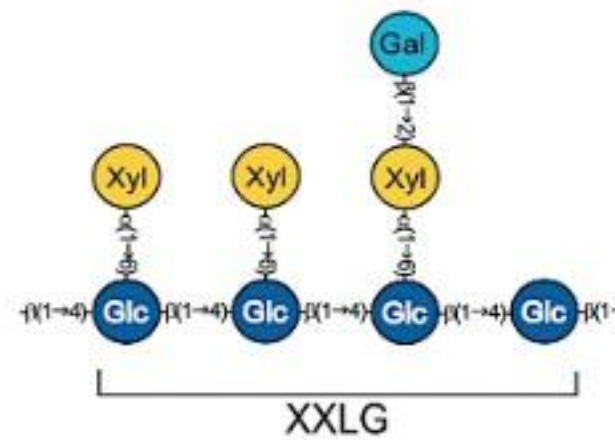
AUBIER

ZONE DE TRANSITION

DURAMEN



BOIS FINAL



Xyloglucane de type XXLG, LM25



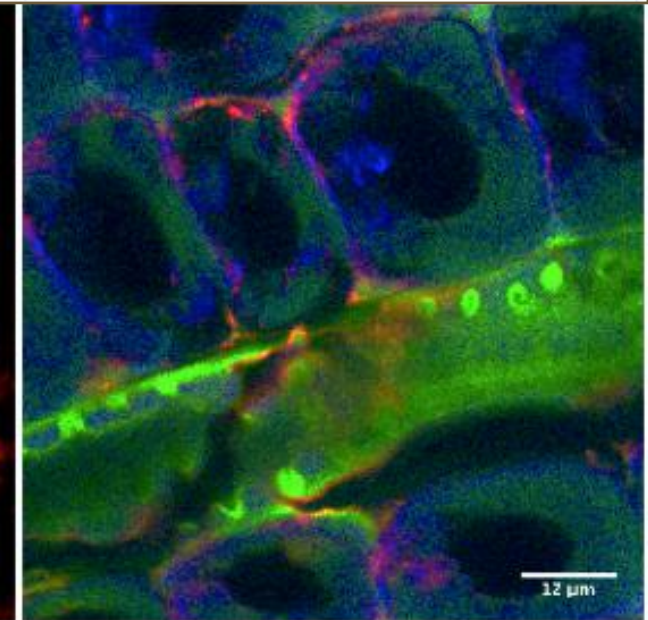
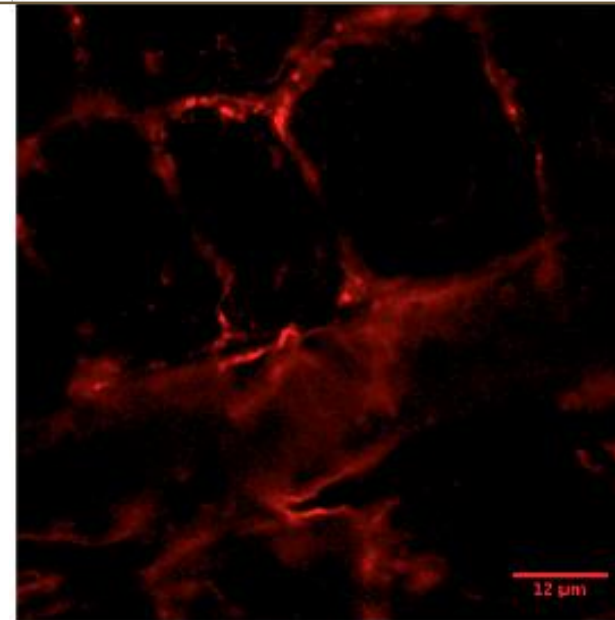
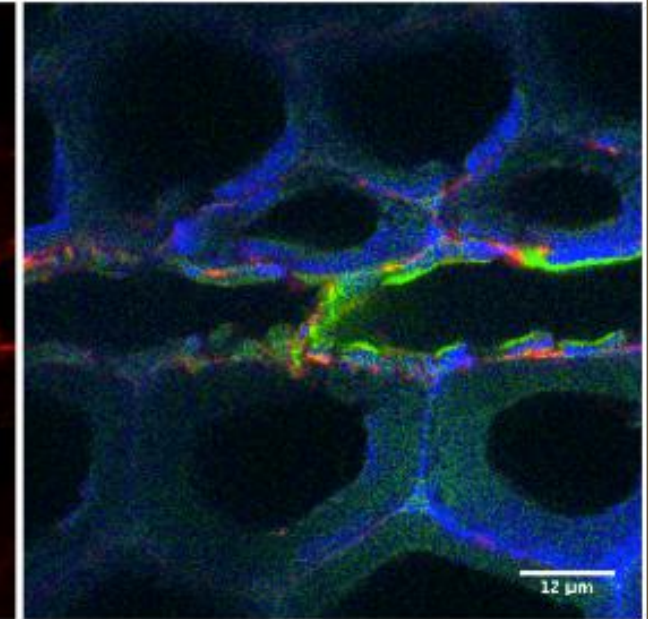
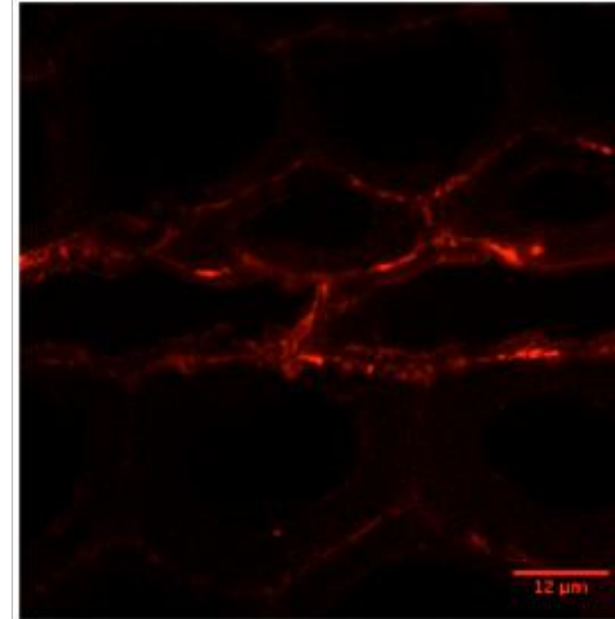
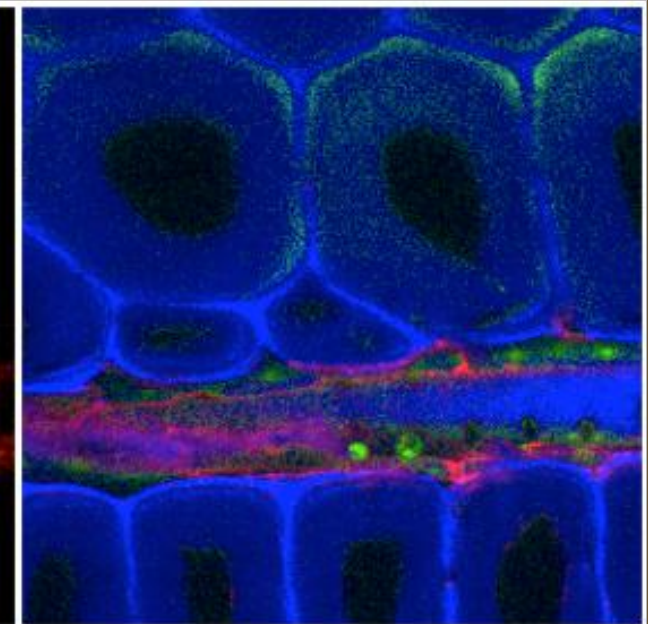
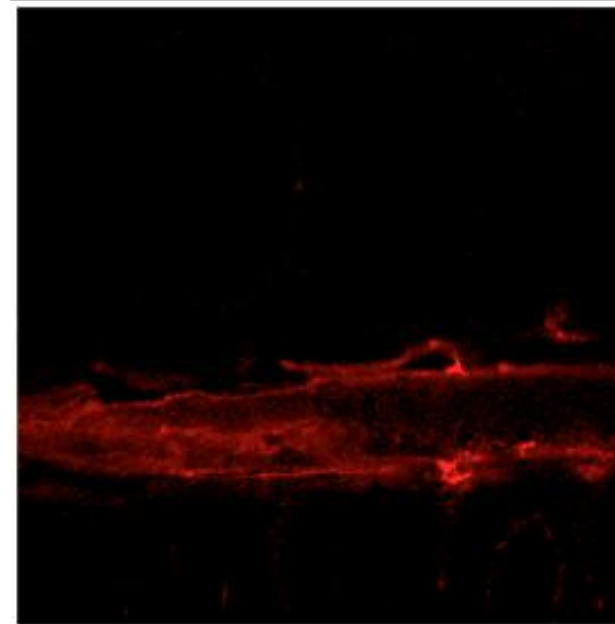
λ_{\max} 475 nm + 500 nm

λ_{\max} 667 nm

AUBIER

ZONE DE TRANSITION

DURAMEN



BOIS FINAL



Xylane substitué, LM11

- | | |
|---------|-----------|
| ● Glc | ◀ Kdo |
| ★ Xyl | ● Hexos |
| ● D-Gal | ◀ GlcA or |
| ▲ Fuc | ● Api |
| ★ Ara | ● Dha |
| ◀ GlcA | ● Ac |
| ● FerA | ● L-Gal |
| ◀ GalA | ● Acetyl |
| ▲ Rha | ● Methyl |
| ● Man | |

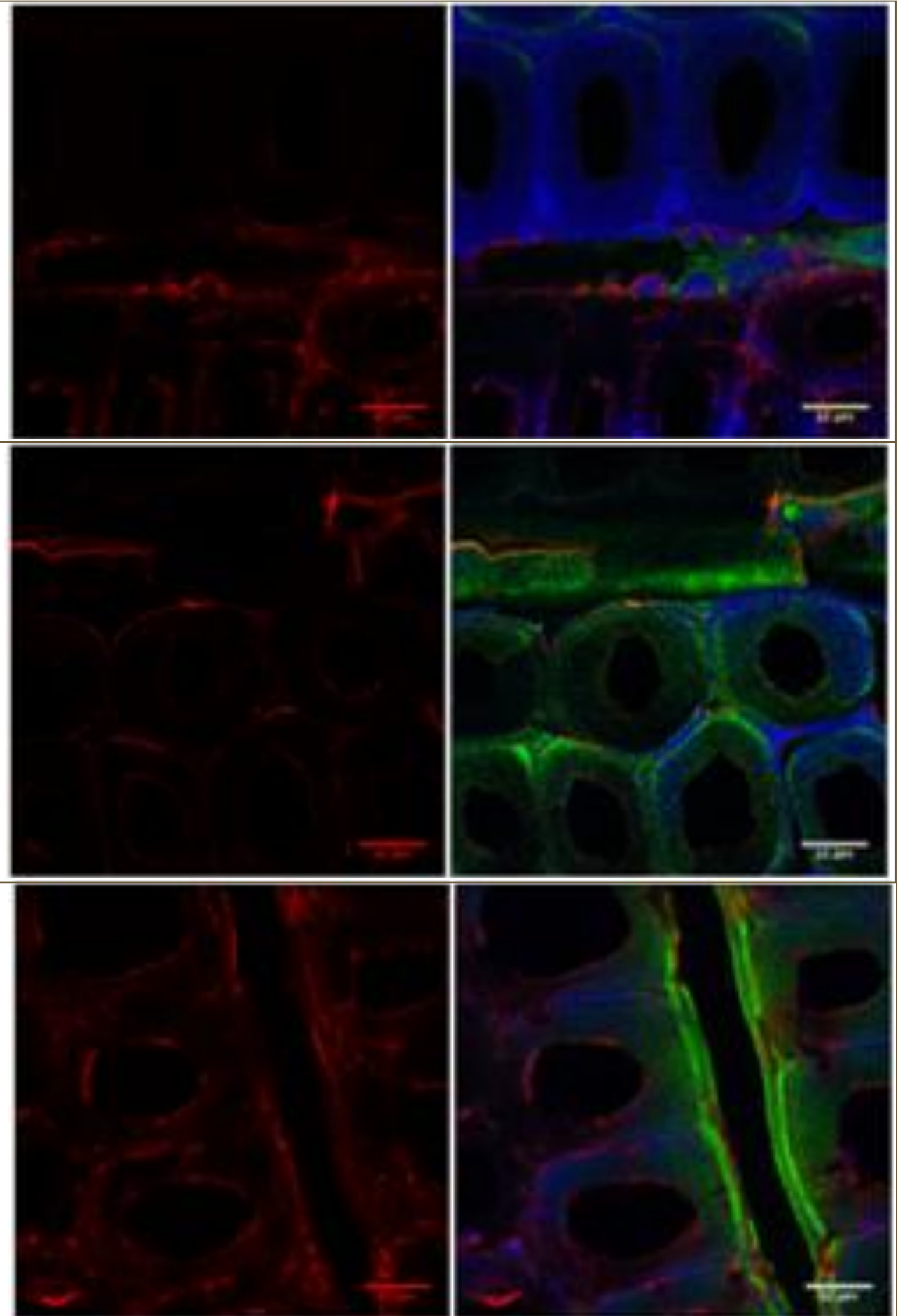
λ_{\max} 475 nm + 500 nm

λ_{\max} 667 nm

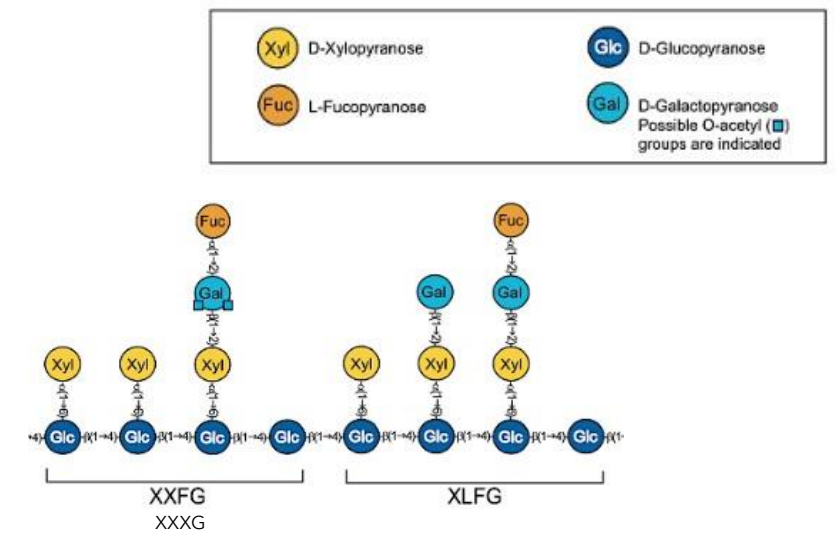
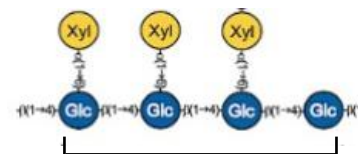
AUBIER

ZONE DE TRANSITION

DURAMEN



ZONE DE TRANSITION – XG



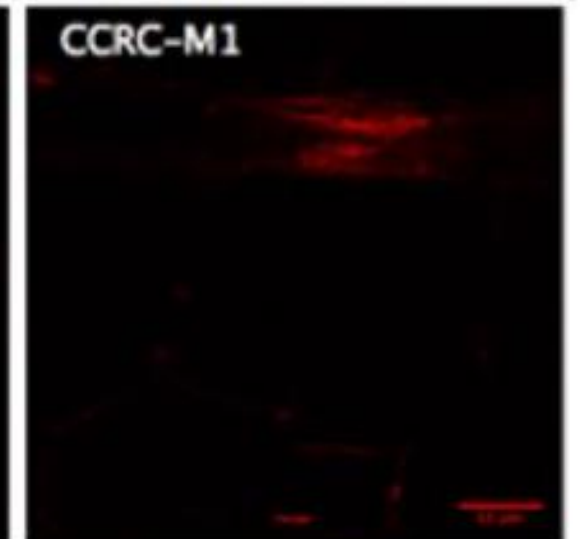
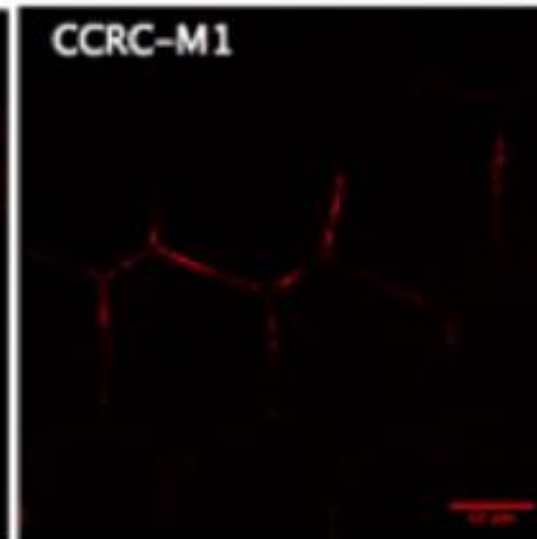
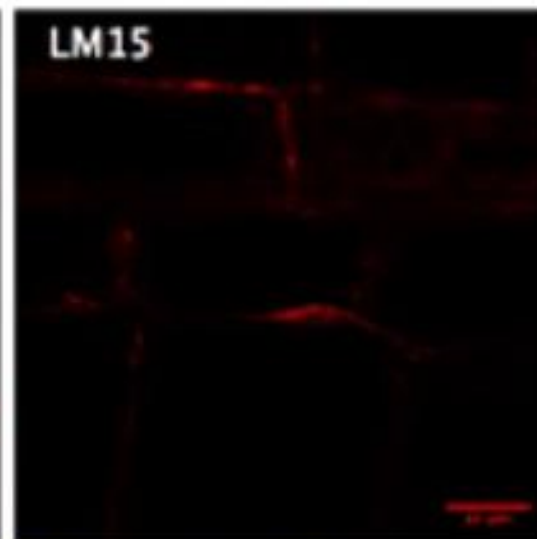
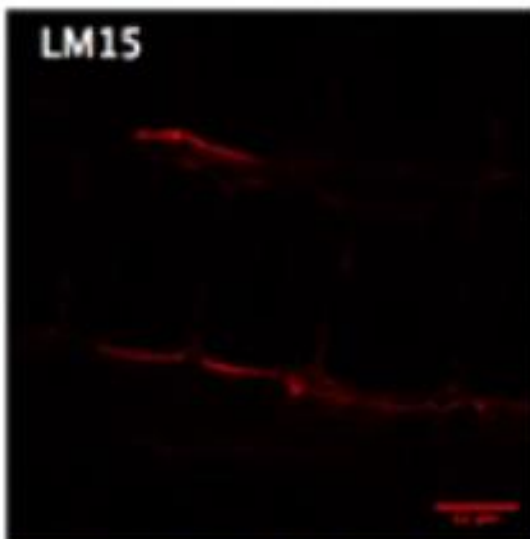
BOIS FINAL

BOIS INITIAL

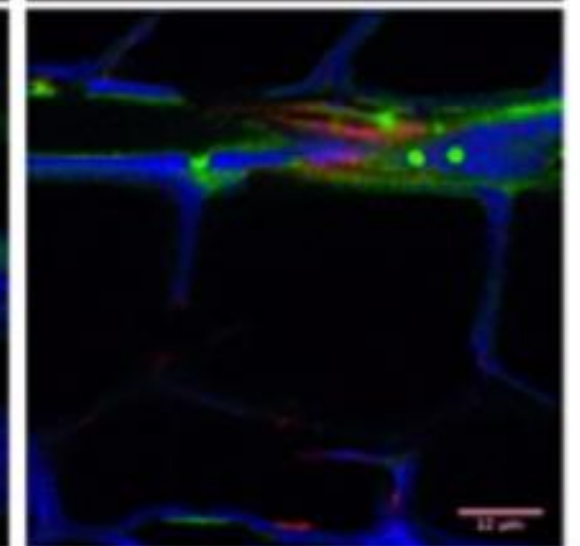
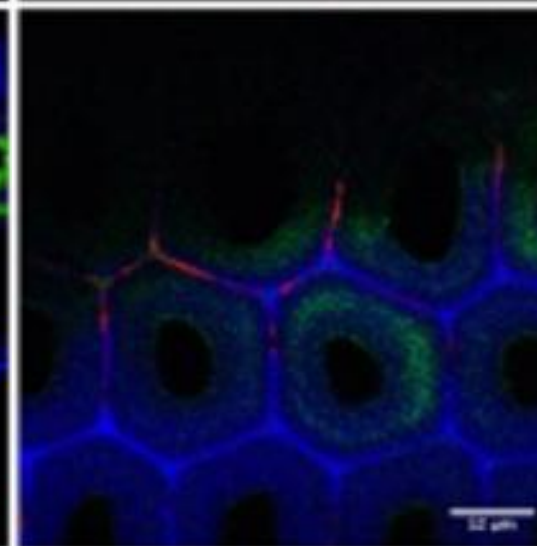
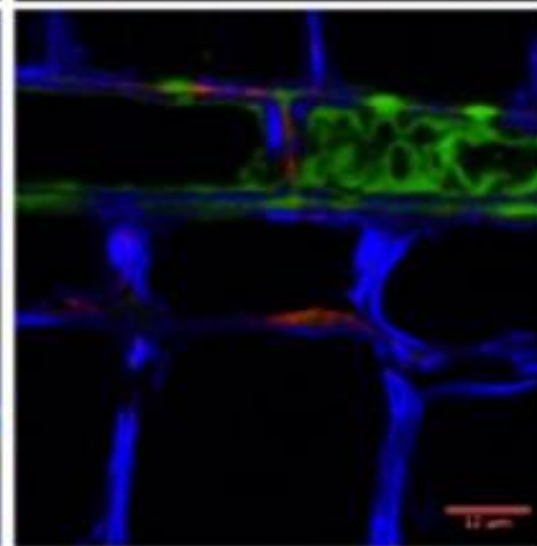
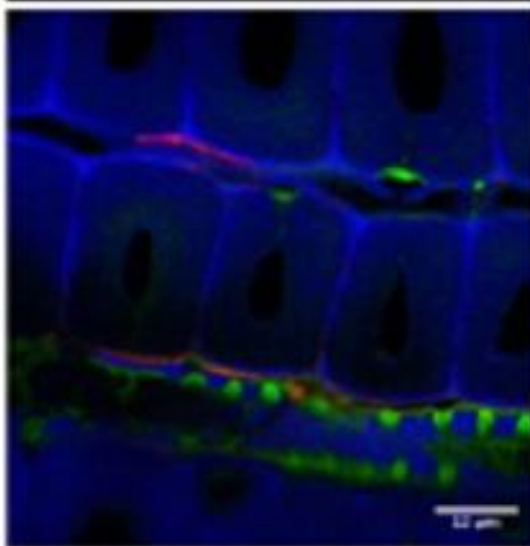
BOIS FINAL

BOIS INITIAL

λ_{\max} 667 nm



λ_{\max} 475 nm + 500 nm



ZONE DE TRANSITION – HG

