ROUISSAGE DU CHANVRE INDUSTRIEL (*Cannabis sativa* L.)

DYNAMIQUE SOUS ENVIRONNEMENT CONTRÔLÉ ET MODÉLISATION

Dr. Laurent BLEUZE
Médaille d'Argent Dufrenoy de l'Académie d'Agriculture de France, Section 5
Paris, 26 Septembre 2019

Directrices de thèse
Dr. Sylvie RECOUS, Dr. Brigitte CHABBERT, Dr. Gwenaëlle LASHERMES

UMR Fractionnement des AgroRessources et Environnement
INRA – Université de Reims Champagne- Ardenne
Ecole doctorale ED 547 Sciences Technologie Santé

Contexte du projet

©topnaturetextiles.com

Les Fibres Végétales

- **Grande diversité :** Bois, coton, jute, noix de coco, chanvre industriel, lin
- **Avantages :** Biodégradable, ressources renouvelables, faible densité

→ ***Renouveau de l'emploi des fibres végétales***

©maisonecomalin

©knacka

Le Chanvre Industriel (*Cannabis sativa* L.)

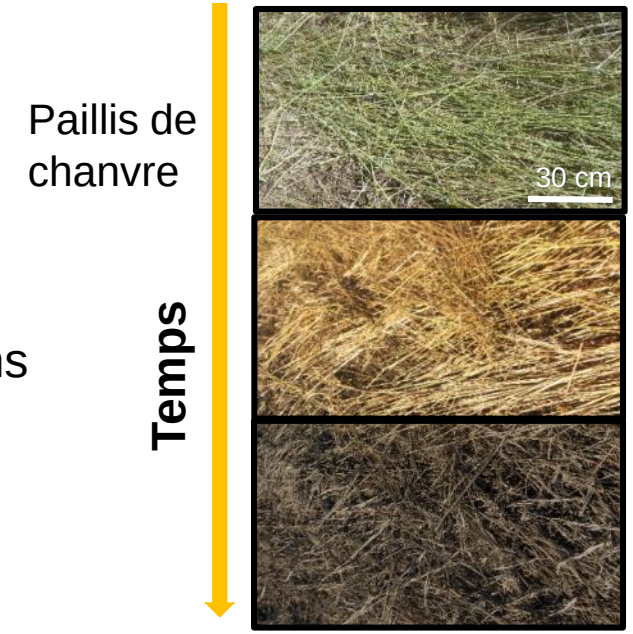
- **Culture à fibres majoritaire en Europe avec le lin (hors bois)**
- **Différentes valorisations pour l'ensemble des parties de la plante**
  écorce (fibres), partie centrale de la tige, graine, fleur
- **Filière Valorisation des Fibres longues (écorce):**

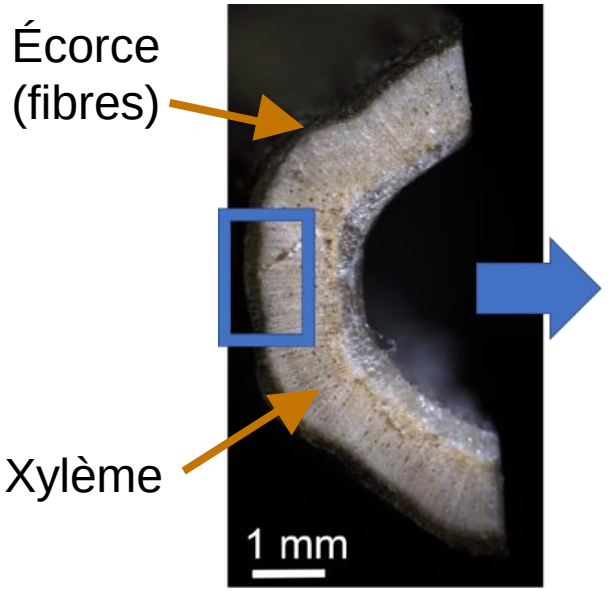
Culture → Récolte → **Rouissage au champ** → Défibrage & Transformation

Contexte du projet

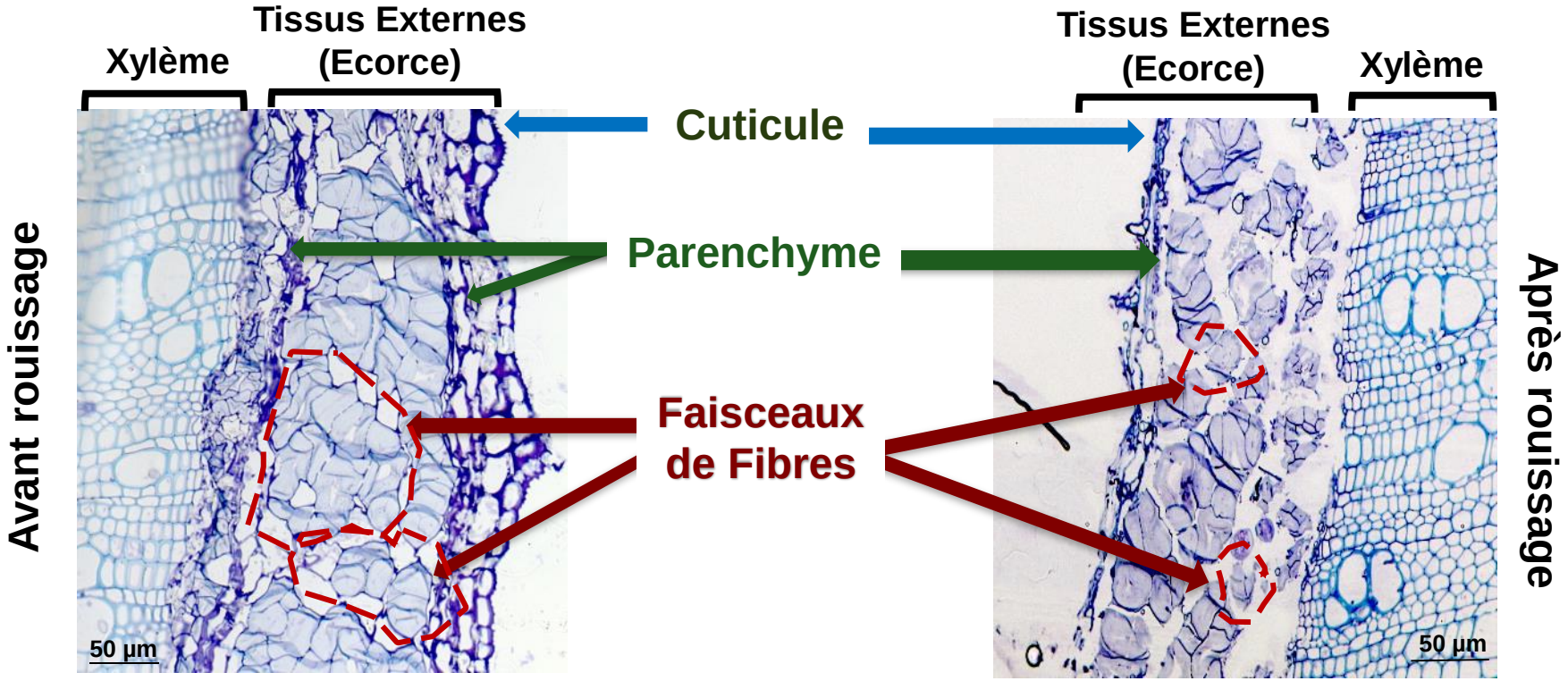
Le Rouissage au Champ

- **Définition:** Dégradation naturelle et sélective des tiges disposées en andains à la surface du sol après la fauche des tiges permettant de faciliter la séparation des fibres cellulosiques d'intérêts situées dans l'écorce des tiges
- Action combinée au champ des microorganismes principalement telluriques et des conditions climatiques locales





Coupe de tige de chanvre



Objectifs de la thèse

Enjeux globaux

- Amélioration de la gestion du rouissage

  Standardisation de la qualité des fibres

- Identification d'indicateurs de suivi du rouissage

  Mise en place d'outil d'aide à la décision

Objectifs scientifiques

- Caractériser et modéliser les processus physiques, chimiques et biologiques du rouissage

- Quantifier l'impact du stage de récolte (Qualité des tiges) sur le rouissage

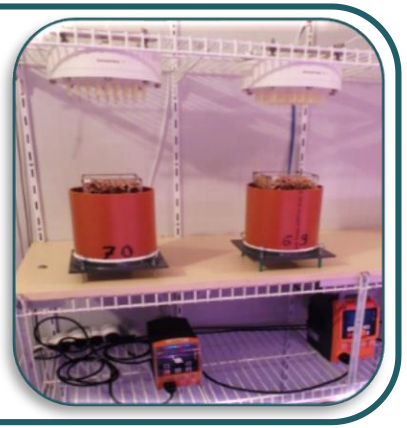
source : ITC

Rouissage

Dispositif d'étude

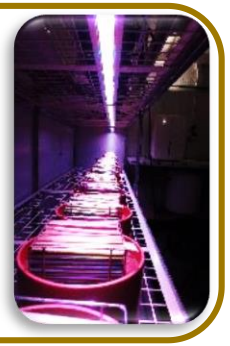
PLUIES

- Cumul et fréquence : 1 pluie par semaine (6 mm)
- Régime : 6 mm.h^{-1}



ECLAIRAGE

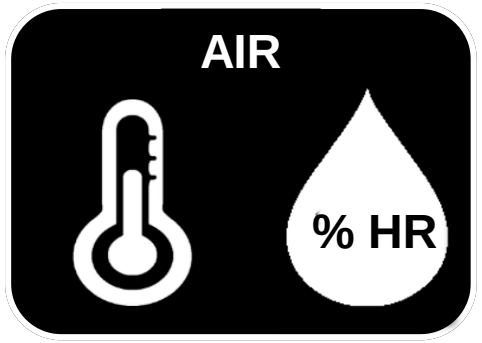
- Spectre : Visible
- Durée d'éclairage : 12 h.jour^{-1}



Rouissage en conditions contrôlées

PAILLIS

- Taux de couverture du sol : 55 %
- Position paillis : Affleurant au sommet
- Quantité : 50 g MS (26 t.ha^{-1})
- Structure : Tiges alignées



Température & humidité : 15 °C / 60 %

Caractérisation multimodale des processus et dynamique

Caractérisation du paillis

Evolution du paillis au cours du rouissage en conditions contrôlées

(42 jours / 15 °C / 60 % HR / 1 pluie par semaine / 12h d'éclairage par jour)

Jour 0

Jour 7

Jour 14

Jour 28

Jour 42

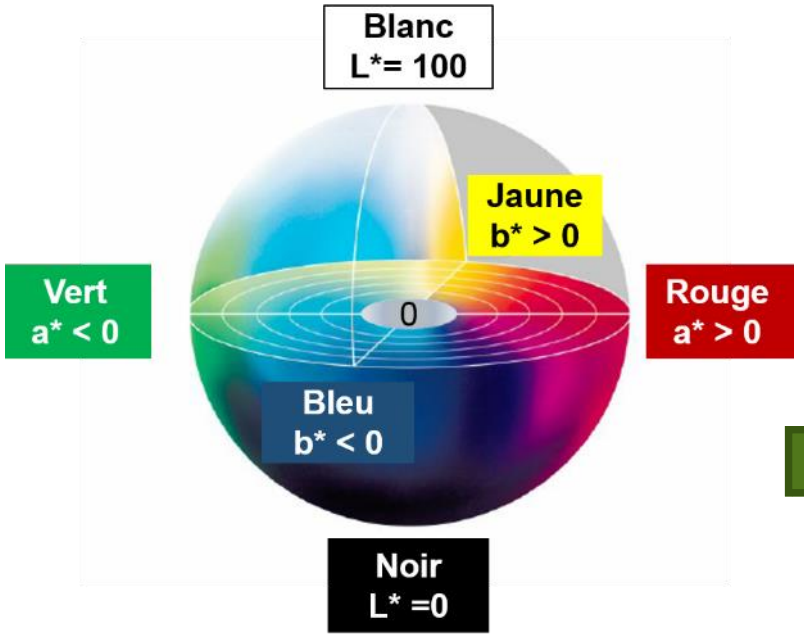
mycélium

→ **Apparition d'un mycélium au sein du paillis à la surface des tiges**

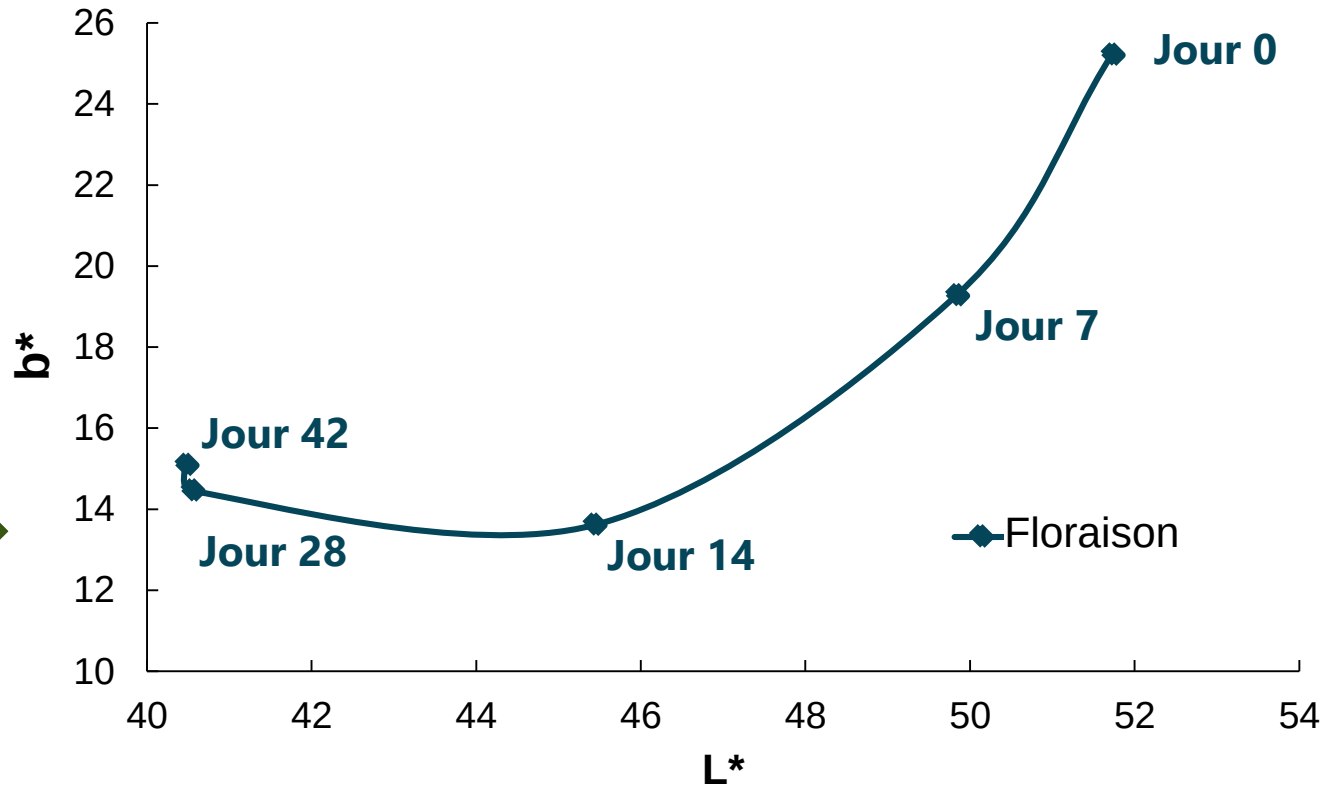
→ **Changement qualitatif de la couleur des tiges du paillis**

Caractérisation du paillis

Quantification de l'évolution de la couleur de la surface des tiges au cours du rouissage en conditions contrôlées



Espace colorimétrique CIELab en 3D (L*, a*, b*)



Évolution b* vs L* durant le rouissage

→ **Quantification de l'évolution qualitative de la couleur de la surface des tiges**

→ **Colorimétrie (CIELab) indicateur potentiel pour le suivi de la colonisation microbienne**

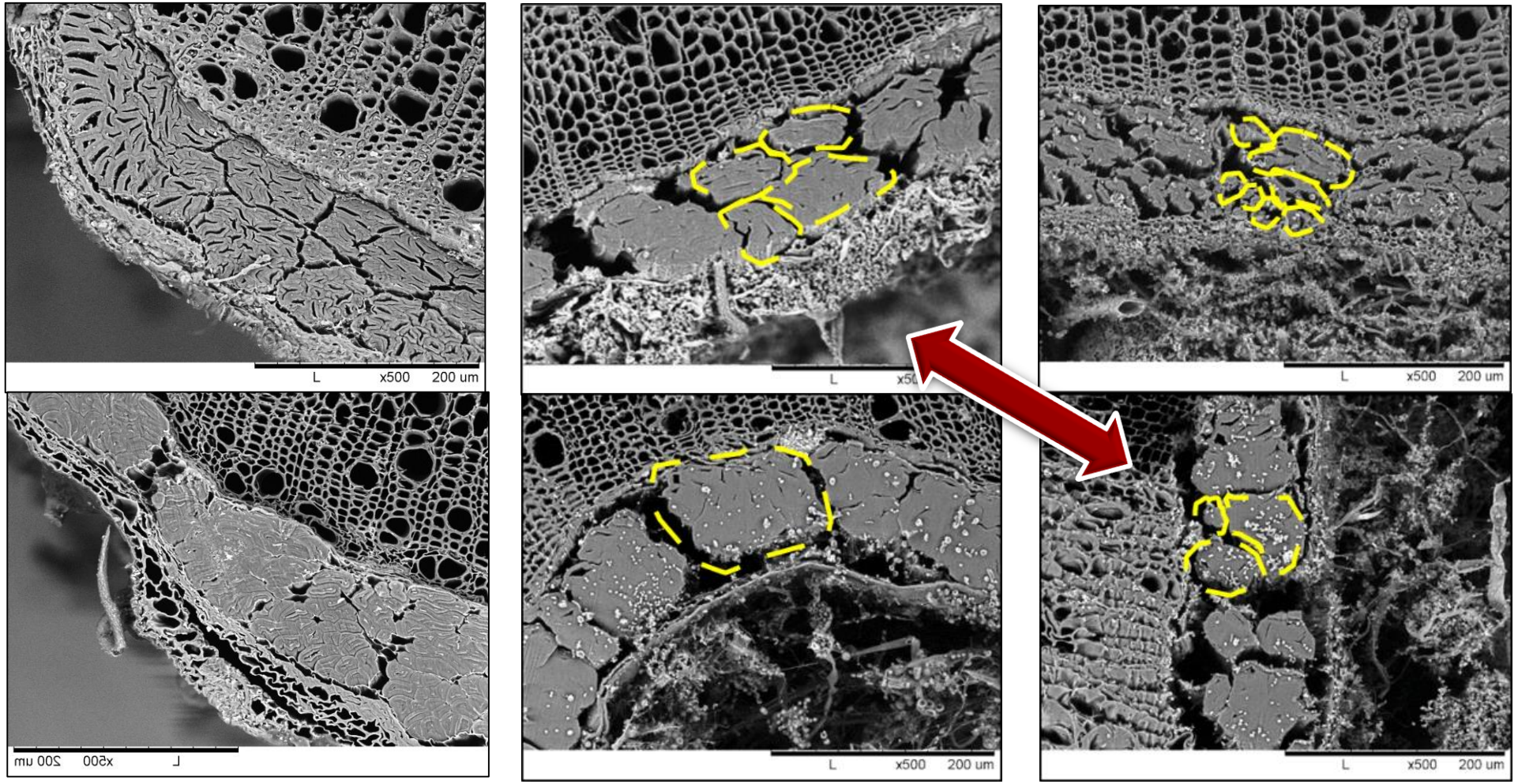
Caractérisation du paillis

Effet de la qualité initiale des tiges : évolution tissulaire en MEB

Jour 0 | **Jour 28** | **Jour 42**

FLORAISON

MATURITE



→ Impact de la qualité sur la dynamique du rouissage (durée de rouissage) mais pas sur les mécanismes impliqués

Modélisation du rouissage

Modèle de décomposition des paillis (PASTISmulch)

(Iqbal et al. 2014)

Module CANTIS

Carbone : C (t, z)
Azote : N (t, z)
$\frac{dC}{dt} = -K_i . C_i . f_T . f_W . f_N . f_B$

Couplage du carbone et de l'azote au cours de la décomposition des paillis

(Findeling et al. 2007)

Module Mulch

Mulch (non contact)
Mulch (contact)
Couche de sol (top soil)
Sol
Sol
Eau : θ_{mp} (t,z)
Température : T_{mp} (t, z)
Solutés : $[NO_3]_{topsoil}$ (t, z)

Effets physiques du paillis sur l'interception et l'évaporation de la pluie, le contact avec le sol

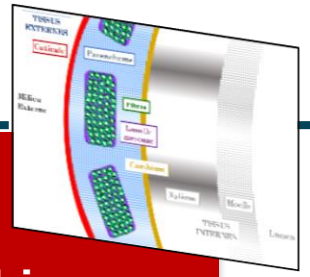
(Garnier et al. 2001)

Module Transfert (Sol)

Eau : θ (t,z)
Température : T (t,z)
Solutés : $[NO_3]$
$[NH_4](t,z)$

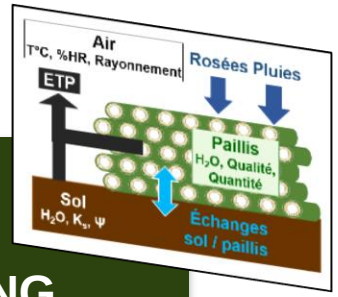
Teneur en eau du sol, transport du soluté, flux de chaleur

Plateforme Sol Virtuel



NOUVEAU
Module de dégradation microbienne BioRETTING

Biodégradation des tissus végétaux et colonisation microbienne



NOUVEAU
Module MulchRETTING

Simulation du comportement hydrique du paillis au cours du rouissage

(Garnier et al. 2001)

Module TRANSFERT

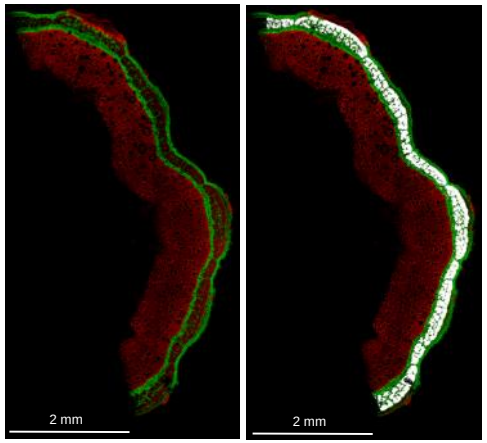
Teneur en eau
Caractéristiques du sol

Nouveau modèle conceptuel de rouissage RETTING

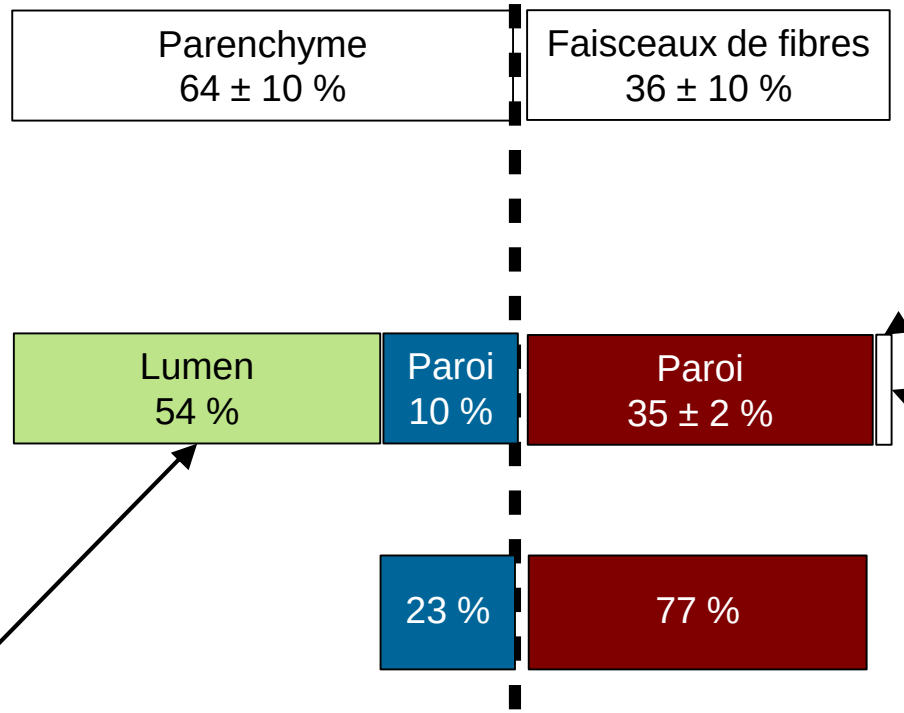
Modélisation du rouissage

Répartition des composés chimiques entre les compartiments des tissus externes : caractérisation chimique et microscopique

Observations de demi tiges en microscopie confocale (29 images)



Surfaces entre les tissus à maturité (faisceaux et parenchyme)

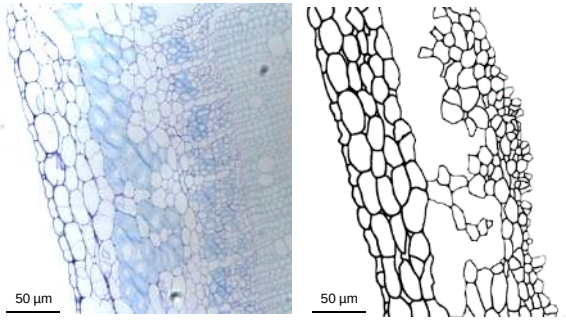


% de surface au sein des tissus externes

% paroi dans les tissus

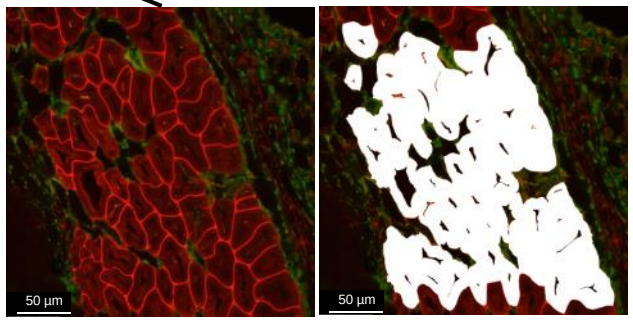
(faisceaux de fibres et parenchyme)

Parenchyme (surfaces)
84 % lumen / 16 % paroi



Observation en microscopie optique (1 image)

Faisceaux de fibres (surfaces)
4 % lumen / 96 % paroi



Observation en microscopie confocale (4 images)

Conclusions

- **Découplage des facteurs par l'approche en conditions contrôlées**

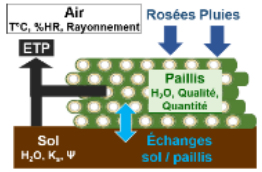
  → ***Durée de rouissage plus courte pour une récolte des tiges à floraison***

- ***Caractérisation multimodale de l'avancement du processus de rouissage***

  → ***Mise en évidence d'indicateurs potentiels de suivi du rouissage***

- **Création d'un modèle de rouissage**

  → ***Compréhension et conceptualisation des processus du rouissage des plantes à fibres***



Perspectives

- **Au laboratoire :**

  → ***Étude de l'impact d'un facteur pédoclimatique***

- **Au champ *:***

  → ***Validation du potentiel de la colorimétrie pour le suivi du rouissage***

- **Pour le modèle :**

  → ***Test et calibration du modèle RETTING complet* & Simulations de nouveaux scénarios pédoclimatiques**

Situation actuelle

CHARGÉ DE MISSION BIOÉCONOMIE

Prise de poste en avril 2019 au sein de Coop de France Hauts-de-France (Fédération régionale des coopératives agricoles)

■ Missions de la structure :

- Accompagner le développement économique des coopératives agricoles au travers de projets et actions collectives
- Veille scientifique et technique pour un apport d'expertise auprès des coopératives
- Organisation de réunions techniques et groupes de travail thématiques :

  QSE, Formation des salariés, agriculture durable et bioéconomie

■ Partenaires :

Situation actuelle

SERVICE BIOÉCONOMIE

- **Thématiques de travail**

Bioénergies	Protéines alternatives
Molécules biosourcées	Matériaux biosourcés

Bioéconomie

- **Missions**
  - Veille scientifique et technique
  - Accompagnement des coopératives pour le développement de projets Bioéconomie :

→*Développement d'une filière de granulats de paille de colza pour bétons biosourcés*

→*Valorisation des issues de silos pour l'extraction de molécules à haute valeur ajoutée*

  - Représentation des coopératives au sein des groupes de travail et instances étatiques

→***Animateur comité national Bioéconomie du réseau Coop de France***

Source : @MAA

Merci pour votre attention !

Remerciements

Mes encadrantes

Sylvie Recous, Brigitte Chabbert & Gwenaëlle Lashermes

Mes collègues de l'UMR FARE

Anouck Habrant, François Gaudard, Florian Philippe, Francis Million, Gonzague Alavoine, Margot Fournier

Miguel Pernes, Olivier Delfosse, Richard Voinot, Sylvie Million

François Lafolie (UMR EMMAH - INRA Avignon)

ROUISSAGE DU CHANVRE INDUSTRIEL (*Cannabis sativa* L.)

DYNAMIQUE SOUS ENVIRONNEMENT CONTRÔLÉ ET MODÉLISATION

Dr. Laurent BLEUZE
Médaille d'Argent Dufrenoy de l'Académie d'Agriculture de France, Section 5
Paris, 26 Septembre 2019

Directrices de thèse
Dr. Sylvie RECOUS, Dr. Brigitte CHABBERT, Dr. Gwenaëlle LASHERMES

UMR Fractionnement des AgroRessources et Environnement
INRA – Université de Reims Champagne- Ardenne
Ecole doctorale ED 547 Sciences Technologie Santé