

Quand bio-économie et économie circulaire riment  
avec développement de nouveaux marchés pour les  
industries du bois dans le domaine de la chimie, des  
molécules et des matériaux biosourcés

Philippe GERARDIN  
LERMAB, Université de Lorraine

**Une bioéconomie basée sur la forêt et le bois ?**  
Carrefours de l'Innovation Agronomique  
8 décembre 2016, Faculté des Sciences et Technologies  
Vandoeuvre les Nancy

# Filière Forêt Bois

- ✗ **Au cœur d'enjeux nationaux et internationaux dans le contexte du réchauffement climatique**
- ✗ **Filière stratégiquement importante**
- ✗ **Secteur économique important : 60 milliards d'euros de chiffre d'affaires**
- ✗ **Générateur d'emplois : 440 000 emplois directs et indirects**
- ✗ **Fort déficit de la balance commerciale**
  - 1 milliard d'euros/an pour la partie bois
  - 5,5 milliards d'euros/an (ameublement et papiers et cartons)
- ✗ **Faiblesse historique des coordinations entre acteurs**

## Bioéconomie, une nécessité ...

- ✗ **Un besoin de recherche et d'innovation pour appuyer la compétitivité et améliorer les performances du secteur**
- ✗ **Des aspects environnementaux évidents...**

# Bioéconomie, de nouvelles opportunités ...

**2012 - Rapport PIPAME - Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020**



**2013 - La nouvelle France industrielle avec les plans Industrie du bois, Chimie verte et biocarburant et Rénovation thermique des bâtiments**

**2015 - LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte**

**2015 - Etude ADEME – Etat de l’art sur la production de molécules chimiques issues du bois en France**



# Positionnement dans le contexte national Forêt Bois

#FBRI2025

Plan recherche & innovation 2025

## filière forêt~bois

Avril 2016

- A** Accroître les performances du secteur par des approches systèmes  
5 projets - 10 actions

---

- B** Développer les usages du bois et les nouveaux usages du bois dans une perspective bioéconomique en renforçant la compétitivité industrielle  
4 projets - 9 actions

---

- C** Adapter la forêt et préparer les ressources forestières du futur  
4 projets - 10 actions



# B

## Priorité B

Développer les usages du bois et les nouveaux usages du bois dans une perspective bioéconomique en renforçant la compétitivité industrielle

### PROJET B.1 : Moderniser et adapter l'appareil industriel dans la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> transformation

**ACTION B.1-1 : Développer la robotique dans les procédés industriels**

**ACTION B.1-2 : Déployer les outils numériques dans la filière bois et ameublement**

### PROJET B.2 : Valoriser la ressource nationale

**ACTION B.2-1 : Valoriser les ressources locales en bois construction**

**ACTION B.2-2 : Améliorer les process de transformation gros bois**

### PROJET B.3 : Développer la construction bois

**ACTION B.3-1 : Développer la construction et l'aménagement des espaces de vie pour un urbanisme durable vers une maîtrise d'usage et « grande hauteur »**

**ACTION B.3-2 : Vers des produits bois à haute technologie pour l'optimisation de la construction**

**ACTION B.3-3 : Développer de nouveaux matériaux, d'adjuvants éco-efficaces et des technologies associées pour l'industrie du bois et de l'habitat durable**

### PROJET B.4 : Développer les nouveaux marchés, procédés et produits

**ACTION B.4-1 : Structurer la recherche, le développement et l'innovation des procédés et produits**

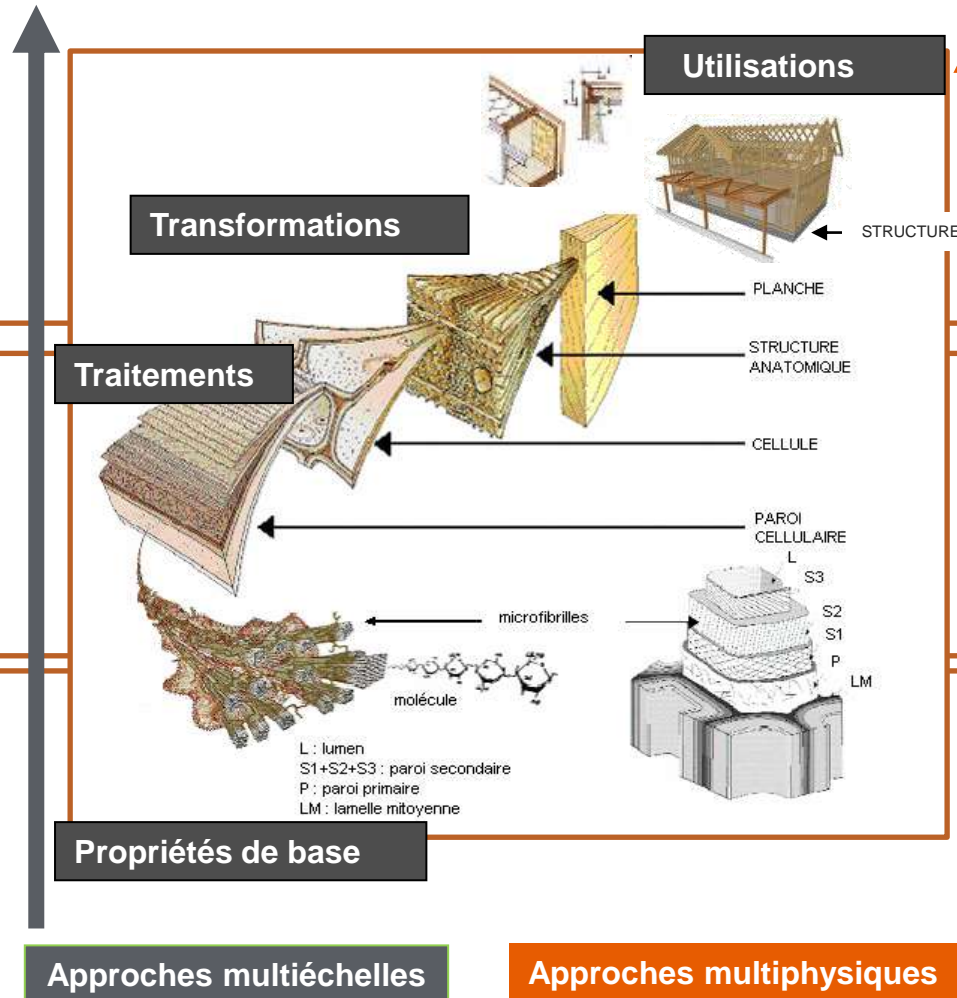
**ACTION B.4-2 : Réaliser des démonstrateurs de chimie biosourcée**

# Activités du LERMAB

**Axe Énergétique, Mécanique, Construction Bois**  
*Mise en œuvre du bois dans la construction*

**Axe Matériau et Procédés**  
*Optimiser les performances du matériau*

**Axe Valorisation Chimique, Énergie et Procédés**  
*Du carbone fossile vers le carbone végétal*



**Projet B3 : Développer la construction bois**

**Projet B1 : Moderniser et adapter l'appareil industriel de la 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> transformation**

**Projet B2 : Valoriser la ressource nationale**

**Projet B4 : Développer les nouveaux marchés, procédés et produits**

# Deux exemples de projets collaboratifs autour de la bio-économie et de l'économie circulaire



**Le Projet FURALOR**

**Le Projet LBS**

# Le projet FURALOR

Elaboration de bois composite à partir de hêtre par polymérisation *in situ* de monomères issus de déchets de bois





# Historique du projet

**× Avril 2011 - Premier projet soumis à l'AME, Elaboration d'une gamme de composés furaniques à partir du bois**

Partenaires: SEPAREX, LERMAB, LRGP, MINAFIN Group (PENNAKEM), SALVECO, PROGEPI

Abandon du projet suite au retrait de PENNAKEM

**× Juillet 2013 - Version définitive du projet FURALOR axé autour de la valorisation du bois de hêtre par furfurylation**

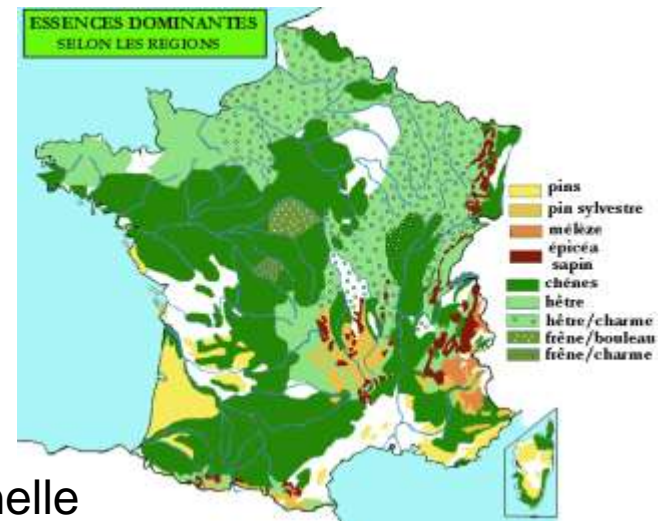
Partenaires: SEPAREX, MSL, LERMAB, CRITT Bois

**× Décembre 2013 – Démarrage du projet**

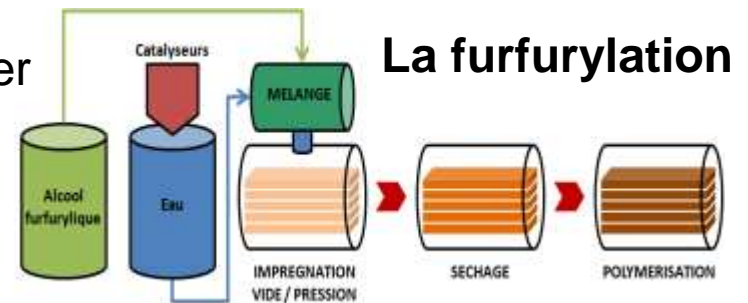
# Contexte



Ressource importante  
Globalement mal valorisée  
Faible durabilité naturelle  
Forte instabilité dimensionnelle



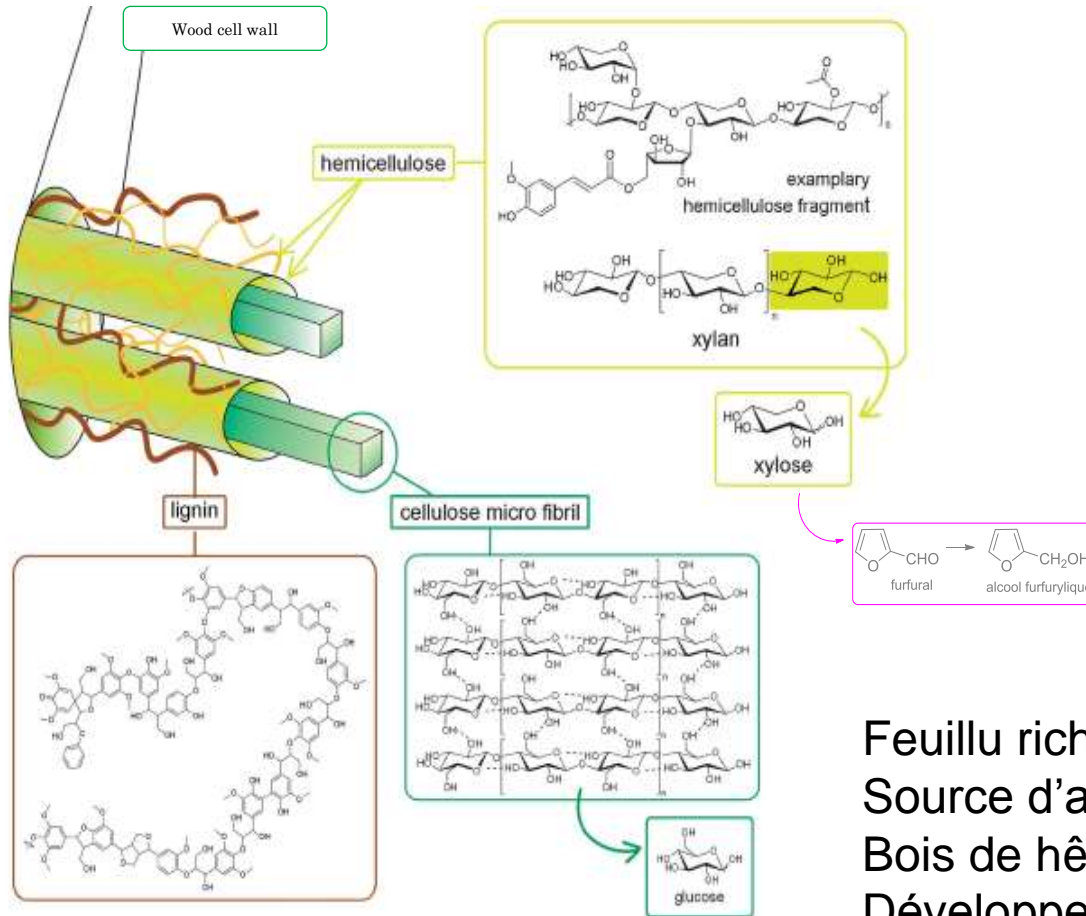
Nécessité de développer  
des traitements de  
protection et permettre  
son utilisation



Différentes espèces de pins facilement imprégnables  
Alcool furfurylique provenant de résidus agricoles  
Différentes production industrielles : KEBONY,  
NOBELWOOD



# Originalité du projet



Feuille riche en xylanes  
Source d'alcool furfurylique biosourcé  
Bois de hêtre facilement imprégnable  
Développement d'une filière locale  
Matières premières renouvelables  
Traitement non biocide

# Un projet répondant aux enjeux d'économie circulaire



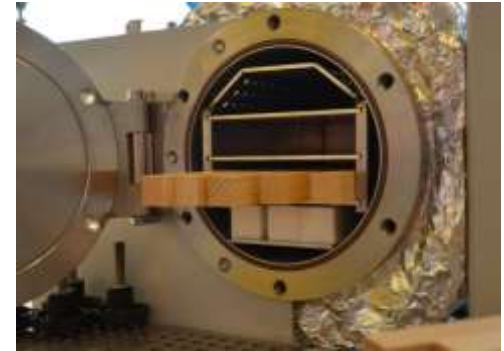
- Eco-conception et éco-efficience
- Ressource abondante et mal valorisée
- Approvisionnement durable
- Ecologie industrielle, emplois locaux
- Allongement de la durée de vie
- Réduction des déchets et valorisation des co-produits
- Consommation responsable, recyclage

⇒ **Un intérêt régional fort**

# Résultats marquants et perspectives

## A l'échelle laboratoire

- Mise au point de la production d'alcool furfurylique à partir de sciures de hêtre
- Optimisation des paramètres du procédé
  - Effet de la température
  - Effet de la concentration et du solvant
  - Effet du catalyseur
  - Effet de la phase de séchage intermédiaire
- Amélioration de la stabilité dimensionnelle
- Modification des propriétés de surface
- Pas de diminution des propriétés mécaniques
- Augmentation de la résistance aux attaques fongiques



# Résultats marquants et perspectives

## A l'échelle pilote

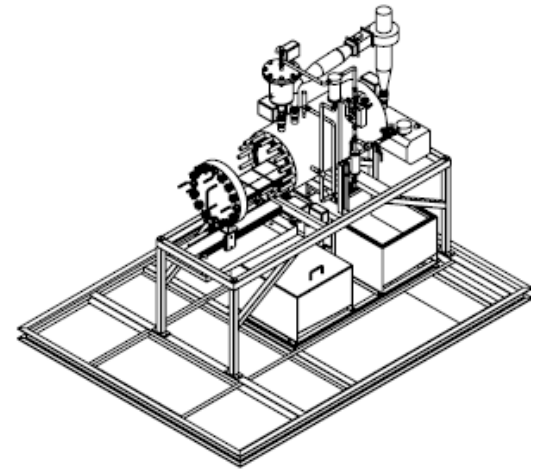
Essais d'imprégnation dans des conditions CO<sub>2</sub> supercritique réalisés par Separex

Conception et construction d'un pilote préindustriel d'imprégnation vide pression sur la base des résultats de laboratoire en partenariat avec MSL

Premiers essais prévus en fin d'année

Preuve de concept

Mise en en place d'un programme FURALOR II



# Le projet Le Bois Santé



# Genèse du projet

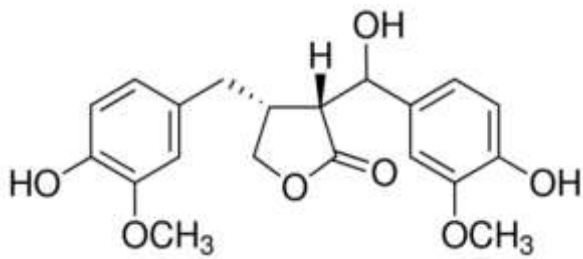
- Stage de M1 FAGE spécialité BF2E, septembre 2010 (LERMAB /NSG)  
Analyses des métabolites secondaires présents dans les nœuds d'épicéa  
*Objectif : étudier le potentiel des nœuds comme source de molécules d'intérêt*
  
- Stage de M2 FAGE, spécialité BF2E, septembre 2011 (LERMAB /NSG)  
Valorisation des extractibles contenus dans les nœuds issus de l'industrie papetière  
*Objectif : étudier l'effet de l'échantillonnage, des conditions de stockage, de la granulométrie et du solvant d'extraction sur les molécules extraites de nœuds provenant de NSG*
  
- Suite à différentes rencontres organisées le Pôle Fibres et Polybridge  
rencontre avec la startup Harmonic Pharma, aide au montage du dossier  
et démarrage du programme fin 2011



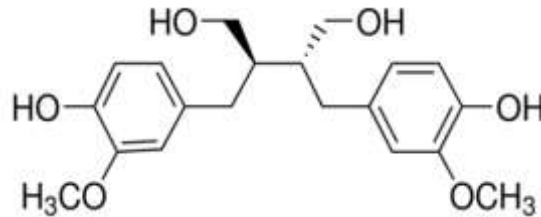
# Objectifs du projet

Valorisation des co-produits de l'industrie papetière pour améliorer la compétitivité de Norske Skog (NSG)

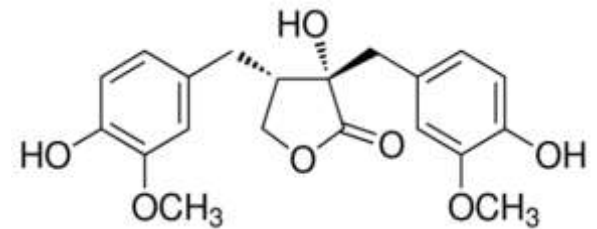
Travaux antérieurs avaient mis en évidence la présence de forts taux d'extraits dans les nœuds riches en molécules d'intérêt de la famille des lignanes



Hydroxymatairesinol



Secoisolariciresinol



Nortrachelogenin

# Activités biologiques des lignanes (Wilson et al., 2012)

Biological activity	Reference
Antiviral	(Charlton, 1998; Cos et al., 2008; McRae & Towers, 1984; Yousefzadi et al., 2010)
Anticancer	(McRae & Towers, 1984; Pan et al., 2009; Saleem et al., 2005; Yousefzadi et al., 2010)
Cancer prevention	(Huang et al., 2010; Webb & McCullough, 2005)
Anti-inflammatory	(Saleem et al., 2005)
antimicrobial	(Saleem et al., 2005)
antioxidant	(Fauré et al., 1990; Pan et al., 2009; Saleem et al., 2005)
immunosuppressive	(Saleem et al., 2005)
Hepatoprotective	(Negi et al., 2008)
Osteoporosis prevention	(Habauzit & Horcajada, 2008)

Large gamme d'activités biologiques faisant des lignanes une source de molécules d'intérêt pour Harmonic Pharma et NSG

## Différentes applications déjà commercialisées

✘ A partir de graine de lin (secoisolariciresinol) ou de noeuds d'épicéa en Norvège (7-hydroxymatairesinol)



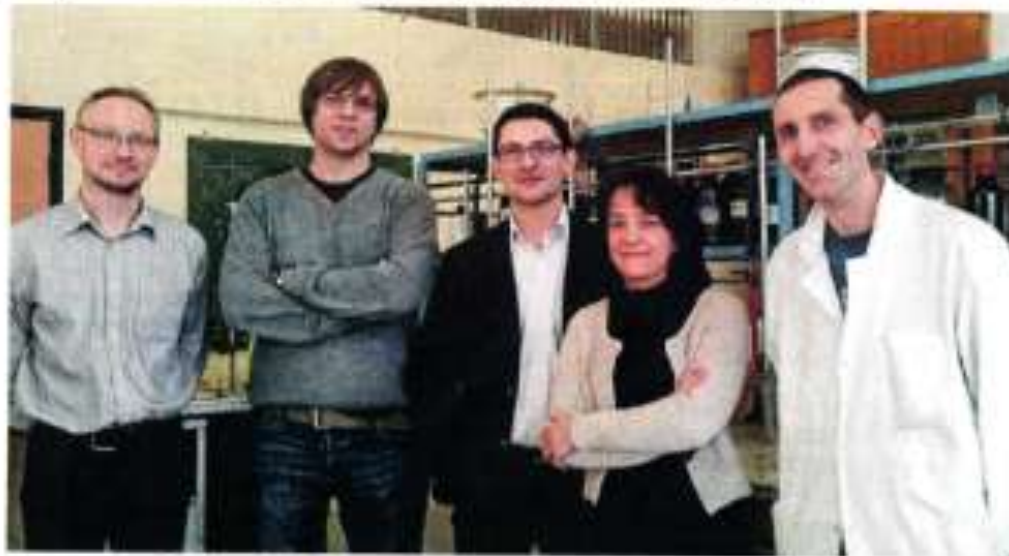
✘ Métabolisés par l'organisme humain en enterolactone possédant une vaste gamme d'activités biologiques permettant de limiter les risques de cancer du sein, de la prostate, du colon et cardiovasculaires, propriétés anti-oxydantes et anti-âge

✘ Etudes *in silico* réalisées par Harmonic Pharma pour identifier des pathologies capables d'être traitées par ces lignanes non couvertes par les brevets existant

# Harmonic Pharma. Faire du bois une source de molécules thérapeutiques

• **BIOTECHNOLOGIES** Avec « Le Bois Santé », Harmonic Pharma veut tirer des molécules thérapeutiques d'un coproduit du bois encore non valorisé.

La rencontre s'est faite dans le grand hall du Centre Pompidou-Metz, fin 2010, lors du Lorraine Innovation Marketplace : « Quand le représentant de Norske Skog est venu me saluer, au début, nous avons parlé de tout et de rien. Nos deux activités sont tellement éloignées... », se souvient Stéphane Dégout, directeur général d'Harmonic Pharma. Spécialisée dans la modélisation en 3D et dans le repositionnement de molécules, une start-up comme Harmonic Pharma n'a a priori aucun point commun avec le second producteur mondial de papier, le norvégien Norske Skog ; mais la discussion a abouti, et les deux sociétés sont aujourd'hui impliquées dans un projet baptisé LBS, pour « Le bois santé », grâce



Pour avancer sur le projet « Le Bois Santé », Harmonic Pharma bénéficie des connaissances des chercheurs de l'Université de Lorraine.

Un projet organisé autour de trois tâches

### Tâche 1

Sélection, préparation, broyage, étude de changement d'échelle et de rentabilité industrielle, analyse technico économique



### Tâche 2

Extraction, séparation, purification, caractérisation, hémisynthèse, synthèse, passage du gramme au kilogramme



### Tâche 3

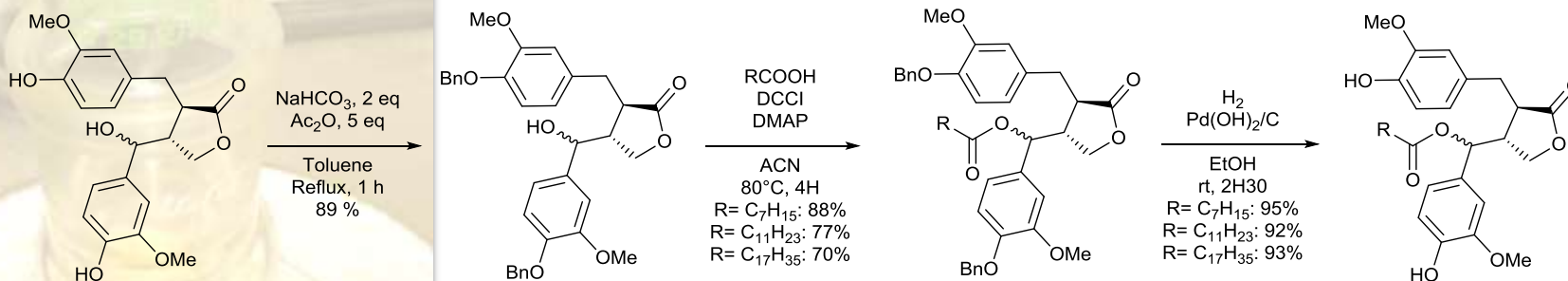
Activités biologiques des molécules, reconnaissance moléculaire, prises de brevets, analyse technico économique, marketing



- Extraction, caractérisation et séparation de molécules d'intérêt à petite échelle (gramme)



- Synthèse et héli synthèse des molécules nécessaires aux essais biologiques menés par HP, recherche de molécules présentant des propriétés améliorées



Domaines d'application : nutraceutique, vétérinaire, pharmaceutique...

# Conclusions

- Intérêt croissant autour de projets associant les thématiques économie circulaire, bioéconomie et filière Forêt bois
- Projets souvent passionnant du fait de leur double ancrage dans le domaine économique et fondamental
- Intérêts sociétaux forts permettant de mettre en avant des retombés à court termes de la recherche valorisant pour les chercheurs
- Collaborations amonts permettant d'établir des relations de confiance propices à la mise en place du projet
- Bien prévoir la gestion de la PI et de la valorisation pouvant parfois être source de difficultés
- Rôle de Pôles de compétitivités dans ce type de montage

## Remerciements

Aux membres du laboratoire ayant participé à ces projets

Aux partenaires institutionnels, industriels et académiques ayant participé au montage et à la réalisation de ces projets

Aux financeurs de ces projets