



**Centre INRA de Nancy-Lorraine**  
**Site de Champenoux**  
**Rue d'Amance - 54280 Champenoux**





# Programme général

## Lundi 8 septembre

<b>8h30 - 9h00</b>	Accueil des participants
<b>9h00 - 10h40</b>	<b>Présentations :</b> <b>Session 1 – Perturbations en forêt : compréhension, modélisation, décision (1<sup>ère</sup> partie)</b>
<b>10h40 - 11h10</b>	Pause Café
<b>11h10 - 12h30</b>	<b>Présentations :</b> <b>Session 1 – Perturbations en forêt : compréhension, modélisation, décision (2<sup>e</sup> partie)</b>
<b>12h30 - 14h</b>	Déjeuner
<b>14h - 15h</b>	<b>Conférence invité : Jean-Marc Galan – CNRS</b> <b>“Les objectifs et les difficultés de la médiation scientifique pour les chercheurs”</b>
<b>15h - 15h15</b>	Pause Café
<b>15h15 - 17h30</b>	<b>Ateliers</b>

## Mardi 9 septembre

<b>9h - 10h20</b>	<b>Présentations :</b> <b>Session 2 – Améliorer la compétitivité de la filière bois : innovations et impacts</b>
<b>10h20 - 10h50</b>	Pause Café
<b>10h50 - 12h30</b>	<b>Présentations :</b> <b>Session 3 - Interactions arbres-microorganismes : vers une stratégie évolutive d’adaptation</b>
<b>12h30 - 14h</b>	Déjeuner
<b>14h - 15h30</b>	<b>Restitution des ateliers et clôture du séminaire</b>

## Programme détaillé

### Lundi 8 septembre : 9h – 10h40

#### Session 1 (1<sup>ère</sup> partie) - Perturbations en forêt : compréhension, modélisation, décision

Salle de conférence

Modératrices : Emeline Hily, Estelle Noyer

<b>Ruben Manso</b>	Integrating stochastic extrem events and competition in empirical single-tree mortality models for mixed stands
<b>François Bizet</b>	Root apex response to obstacle encountering: pushing forward
<b>Mathilde Royer</b>	Impact du déficit hydrique sur la croissance racinaire du peuplier : étude cinématique et transcriptomique
<b>Michael Pernaci</b>	Traits d'histoire de vie de <i>Melampsora larici-populina</i> , agent de la rouille du peuplier
<b>Claudio Petucco</b>	Forest health economics and the management of forest pathogens: work in progress from two case studies in France

### Pause Café : 10h40 – 11h10

### Lundi 8 septembre : 11h10 – 12h30

#### Session 1 (2<sup>e</sup> partie) - Perturbations en forêt : compréhension, modélisation, décision

Salle de conférence

Modérateurs : Yoran Bornot, Henri Cuny

<b>Nathaniel Osborne</b>	Predicting branch angle and implied knot curvature from conventional tree measurements
<b>Vivien Bonnesoeur</b>	Modeling growth using the wind-induced strain regime of beech in an even-aged stand
<b>Julien Wolfersberger</b>	The dynamics of deforestation and reforestation in a developing economy
<b>Jean-Pascal Burochin</b>	Fertilité et accroissement en hauteur de peuplements forestiers à partir de clichés aériens historiques

### Déjeuner : 12h30 – 14h

## Lundi 8 septembre : 14h – 15h

### Conférence invitée

Salle de conférence

Jean-Marc Galan – CNRS

“Les objectifs et les difficultés de la médiation scientifique pour les chercheurs”

## Pause café : 15h – 15h15

## Lundi 8 septembre : 15h15 – 17h30

### Ateliers

- |                  |  |
|------------------|--|
| <b>Atelier 1</b> | <b>Changements climatiques et qualité du bois : quels impacts ? Quelles gestions ?</b><br><b>Animateurs :</b> Yoran Bornot, Henri Cuny, Estelle Noyer<br>Salle châtaignier                             |
| <b>Atelier 2</b> | <b>Comprendre les interactions arbres-microorganismes dans une optique d’amélioration de la production et de valorisation.</b><br><b>Animateurs :</b> Aurélie Deroy, Maxime Toussaint<br>Salle tilleul |
| <b>Atelier 3</b> | <b>Changements climatiques et phénomènes de migration des espèces en forêts</b><br><b>Animateurs :</b> Alexandre Fruleux, Emeline Hily<br>Salle de conférence  |

## Mardi 9 septembre : 9h – 10h20

### Session 2 - Améliorer la compétitivité de la filière bois : innovations et impacts

Salle de conférence

Modérateurs : Alexandre Fruleux, Maxime Toussaint

**Emila Akroune**

MOS long-term monitoring network: elaboration and characterization of initial state of MOS network

**Joel Hamada**

Effects of the differences within a same tree on the wood thermal degradation

**Aurélia Imbert**

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

**Thomas Moraux**

Valorization of wood waste from paper mill industry

## Pause Café : 10h20 – 10h50

## Mardi 9 septembre : 10h50 – 12h30

### Session 3 - Interactions arbres-microorganismes : vers une stratégie évolutive d'adaptation

Salle de conférence

Modérateurs : Aurélie Deroy, Maxime Toussaint

**Henri Pégeot**

Structural and enzymatic study of glutathione transferases of the Phi class in *Populus trichocarpa*

**Sebastian Wittulsky**

Let's play JAZ! The *Laccaria MiSSP7* effector interacts with *Populus* JAZ Co-receptors

**Maira de Freitas Pereira**

Transcriptome analyses during basidiocarp formation in the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus microcarpus*

**Herminia de la Varga**

Investigating truffle life-cycle by multidisciplinary approaches

**Nicolas Valette**

Caractérisation fonctionnelle de petites protéines sécrétées chez les champignons lignolytiques

## Déjeuner : 12h30 – 14h

## Mardi 9 septembre : 14h – 15h30

### Restitutions des ateliers et clôture du séminaire

Salle de conférence

## Résumés des ateliers



## Atelier 1

---

### **Changements climatiques et qualité du bois : quels impacts ? Quelles gestions ?**

Le bois est le composé biologique le plus abondant de la planète, joue un rôle majeur dans le fonctionnement des arbres et des écosystèmes et fournit une ressource essentielle pour l'Homme. La qualité est un aspect important du bois car elle conditionne le fonctionnement de l'arbre et les propriétés finales du matériau. Aujourd'hui, un enjeu crucial de la recherche scientifique est donc de comprendre et de prédire l'impact des changements environnementaux sur la qualité du bois. Cet atelier propose d'aborder cette thématique en réfléchissant aux questions suivantes :

- Quelle est l'utilité du bois pour l'arbre, les écosystèmes et pour l'Homme ?
- Qu'est-ce que la qualité du bois ?
- Que sait-on de l'influence du climat sur la formation et la qualité du bois ? Qu'en déduire en termes d'impact des changements climatiques sur la qualité du bois ?
- Comment tenir compte de ces changements attendus dans la gestion sylvicole ?



## Atelier 2

---

### **Comprendre les interactions arbres-microorganismes dans une optique d'amélioration de la production et de valorisation.**

Le bois représente une des ressources en polymère les plus abondantes de notre écosystème terrestre. Les interactions arbres-microorganismes jouent un rôle important dans le développement des milieux forestiers. En effet les microorganismes peuvent avoir des effets positifs sur la production de biomasse forestière mais également entraîner la dégradation de celle-ci. Les rôles très diverses des microorganismes et leurs interactions directes avec les écosystèmes forestiers ont un impact au niveau du bois, tant sur le plan production que sur le plan qualité induisant ainsi une augmentation ou au contraire une dépréciation de sa valeur. De plus les microorganismes, de par leur très forte activité lors des interactions sont et pourraient être de bons acteurs économiques au niveau industriel pour le développement de nouvelles biotechnologies. Dans cet atelier nous aborderons les points suivants :

- Interactions des écosystèmes forestiers : mycorhizes et MHB, comment améliorer la biomasse ? phytopathologie, quels effets sur la production ?
- Bois matériau : quelles préservations face aux dégradeurs ?
- Industrie : vers une utilisation des interactions arbres-microorganismes ? (dépollution, enzymes, chimie verte...)





## Atelier 3

### Changements climatiques et phénomènes de migration des espèces en forêts.

Les changements climatiques globaux constituent un des problèmes majeurs de notre époque. On prédit des modifications rapides des patrons de températures et de précipitations. Face à des changements des conditions écologiques les espèces peuvent répondre de trois façons différentes : s'adapter, migrer ou s'éteindre. Les organismes vivants sont capables d'évoluer et de s'adapter en réponse à des changements de leurs milieux, cependant ce processus prend du temps et les modifications induites par l'activité humaine depuis le début de l'ère industrielle sont extrêmement rapides sur l'échelle évolutive.

Un nombre croissant de modèles écologiques ont été développés depuis le début des années 2000s afin d'étudier les phénomènes de migration des espèces forestières (animales et végétales) liés au réchauffement climatique. De façon générale, les modèles prédisent un déplacement des aires de répartition vers le Nord et en altitude et estiment que le potentiel de migration des espèces végétales pourrait être de l'ordre de plusieurs centaines de kilomètres au cours des cent prochaines années. Ce phénomène de migration sera plus important dans les zones boréales et tempérées que dans les zones tropicales.

La migration des espèces sous l'influence du réchauffement climatique permettrait à moyen terme de répondre aux enjeux de conservation de la biodiversité et de pérennisation de la production de bois. Cependant, le succès de la migration des espèces forestières est remis en question, entre autres, par la fragmentation des milieux forestiers liée notamment au développement humain.

Cet atelier propose d'aborder cette thématique en s'appuyant sur les questions suivantes :

- Quel avenir pour les espèces peuplant actuellement nos forêts?
- Quelles essences peupleront nos forêts dans le futur?
- De quelle(s) façon(s) les instruments de gestion sylvicole et de l'économie de l'environnement peuvent-ils répondre à l'enjeu de migration des espèces végétales? La faciliter ?

# Résumés des communications

Session 1.....	10
Ruben Manso .....	10
François Bizet .....	10
Mathilde Royer.....	11
Michael Pernaci.....	12
Claudio Petucco.....	13
Nathaniel Osborne .....	13
Vivien Bonnesoeur .....	14
Julien Wolfersberger .....	14
Jean-Pascal Burochin.....	15
Session 2.....	16
Emila Akroume .....	16
Joël Hamada .....	17
Aurélia Imbert .....	17
Thomas Moraux .....	18
Session 3.....	19
Henri Pégeot.....	19
Sebastian Wittulsky.....	19
Maíra de Freitas Pereira .....	20
Herminia De la Varga.....	21
Nicolas Valette .....	21



## Session 1

### **Perturbations en forêt : compréhension, modélisation, décision**

**Ruben Manso** – INRA/AgroParisTech, LERFoB

#### **Integrating stochastic extreme events and competition in empirical single-tree mortality models for mixed stands**

Tree mortality is a serious concern for forest managers, especially in view of future climate uncertainty. Tree mortality is attributable to competition among individuals, senescence and the occurrence of extreme events such as severe drought and windstorms. While the influence of these factors has been separately addressed, few studies consider mortality as an integrated process. In addition, these partial approaches rarely lead with mixed stands. We propose an empirical single-tree model for French managed beech-oak mixtures where all these factors are taken into account. Major advantages of our approach are that (i) the model distinguishes between the effect of intra- and inter-specific competition, and that (ii) a level of damage for extreme events can be provided in form of probability of damage occurrence. Concerning competition, our results reveal beech strategy as an intense competitor in the overstory and a shade-tolerant species in the understory. On the one hand, competition affects mainly suppressed trees, more intensely in beech-dominated stands. On the other hand, the effect is more evident in oak trees than in beech trees. However, the occurrence of extreme events is the main factor driving mortality. Oversized beeches and, in general, all small trees are more susceptible to severe wind and drought damages. It is over the 95-percentile of damage distribution that these effects are noticeable. For example, the 99-percentile for windstorm, equivalent to Lothar storm impact in Northeastern France in 1999, boosts 5-years mortality rates over 0.8 for all social status. Our findings reveal the importance of taking all causes of mortality into account when designing management strategies. Empirical models, as the one presented here, can provide valuable and accessible information on tree mortality by integrating the stochasticity of extreme events and intra- and inter-specific competition effects.

**François Bizet** – INRA/Université de Lorraine, EEF

#### **Root apex response to obstacle encountering: pushing forward.**

Understanding how soil mechanical properties impact root growth is of interest to plant breeding and growers. For example, the presence of physical barriers in soils can impede root growth, leading to lower water and nutrient uptake and thus decreasing yields. In this

project, we worked with poplar roots cultivated in hydroponics to study how root apex responds to obstacle encountering.

The spatio-temporal response to obstacle encountering involved a physical displacement of the obstacle, a mechanical compression of the root as well as a biological impact on root growth. The use of time-lapse imaging, 3D growth kinematics and custom made load sensor allowed us to measure simultaneously live and in situ (i) 3D root shape and deformation, (ii) elemental elongation rate along the root, (iii) mechanical force exerted by the root apex. We used our system to characterize key root mechanical properties such as young's modulus, root curvature and critical Euler buckling force. We tested the hypothesis that a mechanical anchorage preventing roots from buckling increases the maximum force root apices can exert on obstacles. Finally, we had a closer look at root's buckling and showed that it is essentially a mechanical process which can be predicted by simple mechanical theories.

In this project, it was possible for the first time to obtain simultaneous measurements of local elongation rates and mechanical forces exerted by plant roots. It constitutes an important step leading to a comprehensive framework of how structural shapes of roots, including diameters or growth zone lengths, can modulate their capacity to by-pass obstacles and to grow in hard soils. Such findings will be used to develop better biomechanical models that predict root growth as a function of soil strength.

**Mathilde Royer** – INRA/Université de Lorraine, EEF

### **Impact du déficit hydrique sur la croissance racinaire du peuplier : étude cinématique et transcriptomique**

Le projet européen WATBIO a pour objectif de trouver des solutions pour optimiser la production de biomasse à usage énergétique tout en évitant la concurrence avec la production alimentaire. Cela nécessite le développement de cultures pérennes poussant sur des terres marginales, plus sujettes aux aléas hydriques, ne convenant pas à la production alimentaire. Le peuplier est un candidat sérieux pour la production de biomasse à usage énergétique. Plutôt sensible au déficit hydrique, il existe cependant une forte diversité au sein de ce genre. Le maintien de la productivité sous sécheresse suppose le maintien du potentiel hydrique et dépend entre autres de l'exploration du sol par les racines, cette dernière étant favorisée par le maintien de la croissance racinaire sous déficit hydrique.

L'objectif de cette étude est d'analyser les interactions entre les voies de signalisation « déficit hydrique » et « croissance » au sein de l'apex racinaire. Une approche cinématique caractérise spatialement et temporellement les paramètres de croissance (activité de division et d'élongation) et sera suivie d'une analyse transcriptomique donnant accès à la régulation de l'expression des gènes dans la zone de croissance de l'apex racinaire.

L'étude est réalisée sur des racines de boutures de *Populus nigra* cv 6J-29 poussant en hydroponie. Un stress osmotique est appliqué via du polyéthylène glycol à 160 g/l de

solution nutritive (-0.35 MPa) Les images séquentielles prises en lumière infrarouge de l'apex de la racine sont analysées avec le logiciel Kineroot pour obtenir des profils de vélocité. La dérivée de ces profils correspond à la vitesse de croissance relative le long de l'apex racinaire.

Nous avons montré que le stress osmotique diminue fortement la vitesse de croissance des racines dans les 30 minutes qui suivent l'application du stress. A ce temps de prélèvement, la taille de la zone de croissance n'est cependant pas réduite. Trois heures après le début de l'application du stress, la vitesse de croissance de la racine est diminuée à 30 à 40% de celle en condition témoin. A ce stade, la longueur de la zone d'élongation est aussi réduite, alors que la taille de la zone de division n'est pas affectée.

Un séquençage des ARN sera réalisé sur chacune des deux zones de l'apex racinaire (division et élongation) en condition témoin, et 1/2 heure et 3 heures après application du stress osmotique. Les informations obtenues nous permettront d'identifier des gènes fortement exprimés dans chacune des deux zones de l'apex racinaire (division et élongation) en condition témoin et d'analyser les gènes dont l'expression est régulée par le déficit hydrique dans chacune de ces zones et aux deux temps considérés. Ce jeu de données nous permettra d'analyser les interactions complexes entre la voie moléculaire contrôlant la croissance et celle de signalisation de la sécheresse.

**Michael Pernaci** – INRA/université de Lorraine, IAM

### **Traits d'histoire de vie et fitness de *Melampsora larici-populina*, agent de larouille du peuplier**

Les variations des traits d'histoire de vie (THV) au sein d'une population d'agent pathogène conditionnent fortement sa fitness en réponse à la variabilité de résistance de l'hôte, ainsi que les stratégies adaptatives des individus dans des contextes de compétition et/ou de dispersion avec ses semblables. En effet, le potentiel adaptatif d'un agent pathogène est d'autant plus grand que la variabilité des THV observée au sein de la population est grande. De plus, les trade-offs (compromis évolutifs) entre THV peuvent refléter des stratégies d'adaptation du pathogène à l'hôte (compétition et /ou dispersion) suivant les THV sur lesquels les individus investissent, et peuvent donc jouer un rôle primordial au cours des processus épidémiques. Au cours de cette étude, la variabilité des THV morphologiques des spores et des THV d'agressivité de *Melampsora larici-populina* et les relations entre THV ont été explorées au sein d'une descendance S1 obtenue par autocroisement d'une souche de référence. Dans ce contexte, il nous a été possible d'estimer le niveau de variabilité créé par un seul évènement de reproduction sexué dans un fond génétique très restreint. Nous avons ainsi pu observer une variabilité allant de 95%-106% de la moyenne de la souche mère à 45%-355%, selon les THV. De plus, les trade-offs observés sont cohérents avec les stratégies de dispersion vs. compétition décrites dans la littérature : plus un individu a une efficacité d'infection élevée, plus son temps de latence est court et plus sa capacité de

sporulation est faible (stratégie de compétition) et inversement (stratégie de dispersion). Cette étude a permis de mettre en évidence le haut niveau de variabilité des THV ainsi que les relations fines qui les gouvernent, conférant à *M. larici-populina* un potentiel adaptatif élevé et des stratégies adaptatives diverses.

**Claudio Petucco** - INRA/AgroParisTech, LEF

### **Forest health economics and the management of forest pathogens: work in progress from two case studies in France**

Forest pests are one of the most evident signs of an “unhealthy” forest. On one hand, global change contributes to the pest diffusion and impacts harming the forest ecosystems capacity of satisfying human needs. On the other hand, certain management practices as the extensive use of forests are favouring the emergence of pest. This PhD work aims to analyse the problem of forest pathogens and pest from an economic standpoint, through a bioeconomic approach taking into account both the biological behaviour of the forest pathogens as well as the economic behaviour of the forest owners. The work in progress related to two case studies is briefly presented. The first case study deals with an invasive species, *Chalara fraxinea*, and aims at the quantification of the costs caused by *C. fraxinea* in France. These costs will essentially include: losses deriving from degraded ash timber which cannot be sold; losses in terms of future ash timber (removed before optimal time); and the cost of removal infected trees. The cost quantification is important piece of information for pest management. The second case study is instead related to a native pathogen, pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*), in the extensive pine plantation in the Landes region, France. The analysis investigates the profitability of adding a second broadleaved species in monoculture as a control option to reduce the negative impacts of pine processionary moth on timber supply.

**Nathaniel Osborne** – The Center for Intensive Planted-Forest Silviculture, Oregon State University

### **Predicting branch angle and implied knot curvature from conventional tree measurements**

The distribution and size of knots is one of the most important factors in value recovery from logs. Formation of knots is largely dependent on the silvicultural practices applied to a forest. In the Pacific Northwest, mill studies have helped link silvicultural practices to knot size and expected lumber recovery. The possibility to integrate lumber recovery models from mill studies in forest growth and yield models has already been demonstrated by many authors. To fully realize the ability of forest models to predict lumber recovery potential, the interior structure of logs should be completely described. Such a description could be referred to as a glass-log. Many components of the Douglas-fir glass-log, like the juvenile wood core, sapwood rind and heartwood shell, have been modeled over the last thirty

years. A new model for branch pith curvature is proposed based on a chronosequence of branch angles at the point of insertion. The proposed model is essential to characterizing knot shape and location in Douglas-fir glass-logs.

**Vivien Bonnesoeur** – INRA/AgroParisTech, LERFoB

### **Modeling growth using the wind-induced strain regime of beech in an even aged stand.**

Climate change stresses the need of climate-dependent growth models. Wind is an important climate factor well known to influence plant growth. More precisely, standing trees can sense wind-induced strains and adapt their growth to, which is known as thigmomorphogenesis (Mouliat et al., 2011).

This talk will present the design of a long term-experiment which aim to model the wind effect on tree growth by monitoring longitudinal strain and secondary growth of beech (*Fagus sylvatica*) stem from a 30 years-old even-aged stand in North-east of France. The general framework of the growth model as a function of wind-induced strains will be presented, as well as the first results about the wind-induced strain regime. An objective is to check the validity of the assumption that wind-induced strains remain constant between trees and during growth, so that an higher stem stiffness of less sheltered trees would be controlled by thigmomorphogenesis and wind strains during growth. Then, between trees variations of longitudinal strain regime (in terms of frequency and magnitude) of a broadleaved species will be analyzed, with a particular focus on dominant trees versus suppressed trees, more sheltered but also more slender and so less stiff.

The longitudinal strains at breast height of 30 beeches (15 dominants and 15 suppressed trees) have been monitored for 6 months, using homemade strain transducer with high frequency of acquisition.

As cambial growth is simultaneously monitored using dendrometers, the results could be also used to calibrate a model of growth as a function of wind strains, whatever the validity of a uniform strain regime hypothesis.

**Julien Wolfersberger** – INRA/AgroParisTech, LEF & Chaire Economie du Climat

### **The dynamics of deforestation and reforestation in a developing economy**

Forest transition theory is often used to describe the long term evolution of forest cover in a country as it develops, yet previous theoretical work has considered only net forest cover change when describing deforestation. However, little work exists describing the dynamics involved in forest cover change, particularly the relationship between reductions in primary native forests commonly associated with deforestation and concomitant reforestation and establishment of secondary forest plantations. We examine this distinction and formulate a new forest transition hypothesis. Our approach recognizes that primary and secondary forests are imperfect substitutes in terms of ecosystem services, but also in the costs

associated with securing tenure. The latter is important given the property rights insecurities that have led to deforestation in many tropical countries. Our model allows a study of both the length of a forest transition and the speed at which net forest depletion eventually ends in the long run. Understanding the forest transition as we describe it could be important for future climate change mitigation policies.

**Jean-Pascal Burochin - INRA BEF**

## **Fertilité et accroissement en hauteur de peuplements forestiers à partir de clichés aériens historiques**

### **Contexte**

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet ANR FoResEE qui vise à fournir les outils d'évaluation des caractéristiques et de la dynamique de la ressource forestière en biomasse, à l'échelle de bassins d'approvisionnement, et adaptés aux différents contextes du territoire français.

L'utilisation de séries temporelles de photos aériennes stéréoscopiques, associées à un modèle numérique de terrain précis (MNT issu de la technologie lidar), permet de déduire les accroissements en hauteur de peuplements forestiers. Or, pour un peuplement forestier donné, la relation, qui existe entre sa hauteur dominante et son âge est souvent utilisée par les gestionnaires comme indicateur de cette productivité. Cette combinaison d'informations s'avère donc intéressante pour caractériser la ressource en bois-énergie, à la fois en termes de stocks mais aussi de disponibilité dans le temps.

### **Résumé**

Le protocole adopté pour cette tâche est le suivant :

1. Géo-référencement des clichés historiques ;
2. Modélisation, pour chaque année, de la canopée ;
3. Cartographie d'indices de fertilité à partir de l'accroissement estimé entre les années.

L'amplitude spatiale des images est d'ordre kilométrique. La série temporelle présentée ici s'étend de 2012 jusqu'aux années 1950 et concerne la forêt domaniale de Haye (Ouest de Nancy) qui compte différentes espèces de peuplements (feuillus et résineux).





## Session 2

### Améliorer la compétitivité de la filière bois : innovations et impacts

**Emila Akroume** – INRA/Université de Lorraine, IAM & BEF

#### **MOS long-term monitoring network: elaboration and characterization of initial state of MOS network**

MOS network is an 18 sites network for long-term monitoring about French forest ecosystems. It focuses on impacts of logging residues removal on forest soil fertility and biodiversity. Indeed, current energy policies are characterized by combined willing to reduce fossil energy consumption and to develop renewable energies market, particularly woodfuel sector. In such environment, wood harvesting is expected to increase for next years.

This study is focusing on two aspects: the interactions between carbon and nitrogen cycling in forest soils and impacts of this forest management on soil microbial communities. Four management treatments will be studied on each site with 3 repetitions by treatments: current managing, remnant removal, remnants and leave litter removal, remnants removal and ashes fertilization. Three tree species will be studied: oak, beech and douglas fir.

Eleven sites in deciduous forests have been set up during last year, with an important prospecting work for initial characterization. In particular, choice of treatments positions on each site has been determined by random drawing, based on soil mid/near infra-red spectroscopy analysis. MIRS/NIRS data provide a precise and global mapping of soil heterogeneity at site scale. It permits to develop an efficient method to get quickly a global view of site plot.

At the same time, soil microbial diversity analyses have been initiated this year, focusing on taxonomical diversity of fungi communities, before the management treatments, in particular wood export. Objectives of this microbial metagenomics study are to determine the diversity and the composition of soil fungal assemblages in relation with biogeographical gradients and plant host (beech versus oak). Fungal community compositions of each forest site, diversity indices, and correlations with environmental parameters will be presented to highlight the patterns of fungal distribution along these natural edaphic and climatic gradients.

**Joël Hamada** – INRA/Université de Lorraine, LERMaB

### **Effects of the differences within a same tree on the wood thermal degradation**

Wood is promoted as an excellent building material. Unprotected, the wood exposed to outdoor conditions undergoes a variety of degradation induced essentially by fungi attacks. Heat treatment of wood by mild pyrolysis ( $180^{\circ}\text{C} < T < 240^{\circ}\text{C}$  under inert atmosphere) is a preservation process with a weak environmental impact, viewed as an interesting alternative to the chemical impregnation methods. Previous studies have shown that conferred properties strongly depend on the heat treatment intensity (couple temperature – time). A quality control marker based on mass loss has been developed. Nowadays, the main difficulties of industrial processes are to obtain final products with a constant quality (durability, dimensional stability, mechanical properties and colour). These difficulties may be due to the heat transfert or the inter-specific or intra-specific wood heterogeneity. The aim of this study is to better understand the effect of the initial intrinsic wood properties: density, chemical composition, kind of tissues, on the level of thermo-degradation recorded for similar treatment conditions and consequently on the conferred properties to the final products.

A previous study with European Oak based on X-ray tomography on a macro thermo-gravimetric device did not allow finding a clear relation between the initial density variability and thermal degradation kinetics. Nevertheless, emphasis was put on the different behaviour of heartwood and sapwood. The aim of the intra-ring study is to evaluate the behaviour of small European oak (*Quercus petraea* Liebl) wood samples taken within annual rings of the same cross section of trunk. The sampling is made for different part of the wood: sapwood versus heartwood, early wood versus latewood, different positions within the heartwood and sapwood, and different heights of the tree. Heat treatment is performed on small samples of sawdust using thermo-gravimetric analysis in order to evaluate the behaviour of each kind of tissues to thermal degradation. Relationships between the intra-ring wood density and rings width assessed by X-ray microtomography and thermal degradation sensibility of the different part of the wood cross section are investigated. The results show that mass losses due to thermal modification of wood are more important in earlywood than in latewood.

**Aurélia Imbert** – INRA/Université de Lorraine, LERMaB

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

Le travail présenté s'insère dans le projet FURALOR qui implique divers partenaires dont le LERMaB, le Critt Bois à Epinal ainsi que la société Separex. Ce projet, soutenu par l'Agence de Mobilisation Economique de la Région Lorraine, s'inscrit dans le contexte général de la préservation du bois à travers des techniques innovantes comme le traitement thermique

ou la modification chimique. Le sujet de recherche vise plus particulièrement l'utilisation de déchets de bois de feuillus pour produire des monomères furaniques biosourcés, ainsi que l'amélioration de la durabilité et la stabilité dimensionnelle du bois de hêtre grâce à une polymérisation *in situ* de ces monomères furaniques (furfurylation). L'objectif final est de permettre de déterminer la faisabilité de la production d'alcool furfurylique biosourcé à partir des xylanes extraits du bois de hêtre et de celle de bois de hêtre furfurylé à partir de ce composé à l'échelle laboratoire et pilote préindustrielle.

**Thomas Moraux** – INRA/Université de Lorraine, LERMaB

### **Valorization of wood waste from paper mill industry**

Paper mill industry is experiencing a drastic decrease in production because of the change in consumption habits (impact of the internet on everyday life). The Vosges company Norske Skog Golbey (NSG) is diversifying activities to meet circular economy. The "LBS project" (standing for "Le Bois Santé") aims to develop an integrated plant based on renewable resources to valorize sub-products of paper mill industry. Therefore this optimization of wood processing would lead to an improvement in competitiveness. LERMaB is part of this cooperating program as well as pharmaceutical Harmonic Pharma.

Recent work from LERMaB showed the presence in high quantity of extractives in knotwood of various species (up to 35 % of dry wood). Knotwoods of local coniferous used for paper mill are rich in polyphenolic compounds such as lignans (5-20 % of dry wood). They exert mainly anti-oxidative properties, source of anti-inflammatory effects or enzymes inhibitions. The project involved the extraction and the analysis of a complex natural products mixture by various methods (percolation/maceration). Extracts were then purified on an automated preparative HPLC system and the method was optimized for a pre-industrial scale-up (multigram scale).

In parallel, a total synthesis toward lignans is in development. This will allow future chemical modifications on lignans structures.

The molecules may be valorized in highly valuable markets, from functional food, or cosmetics to pharmaceuticals. Therefore, the project constitutes clearly a major research challenge by enhancing the valorization of local wood waste.



## Session 3

### Interactions arbres-microorganismes : vers une stratégie évolutive d'adaptation

**Henri Pégeot** – INRA/Université de Lorraine, IAM

#### **Structural and enzymatic study of glutathione transferases of the Phi class in *Populus trichocarpa***

**Background:** Plant glutathione transferases (GSTs) constitute a superfamily of multifunctional enzymes forming at least eleven classes with essential roles in cellular detoxification and secondary metabolism. In most GSTs including those of the Phi class, a conserved catalytic serine residue, stabilizing glutathione (GSH) under thiolate form, is required for conjugation reactions (1). However, the physiological roles of Phi GSTs (GSTF) are unclear. **Methods:** *Populus trichocarpa* GSTFs have been characterized through molecular, biochemical and structural approaches. **Results:** The transcript analysis of the 8 poplar GSTF genes showed that they were mostly expressed in female flowers, petioles and fruits. Recombinant GSTFs displayed glutathione conjugation activity toward 2,4-dinitrochlorobenzene, benzyl and phenethyl isothiocyanate, 4-nitrophenyl butyrate and peroxidase activity toward cumene hydroperoxide. Besides, in accordance to analytical gel filtration, the resolution of PtGSTF1 structure showed a dimeric organization with one glutathione molecule bound to each monomer. **Discussion/conclusion:** The gene expression patterns and the enzyme kinetic parameters do not allow differentiating all isoforms. Nevertheless, the observed catalytic activities suggest important roles for stress response and xenobiotic detoxification. Moreover, considering the demonstrated capacity of GSTF orthologs to bind hormones, anthocyanins or flavonoids (2), and the recurrent expression of poplar GSTFs in female flowers and fruits, two organs rich in these molecules, we can speculate that they may also have ligandin properties. To definitely assess whether a functional redundancy between poplar Phi GSTs exists and to identify their mode of action (catalytic vs ligandin functions), we sought to isolate and identify physiological substrates.

**Sebastian Wittulsky** -INRA/Université de Lorraine, IAM

#### **Let's play JAZ! The *Laccaria MiSSP7* effector interacts with *Populus* JAZ Co-receptors**

Mutualistic ectomycorrhizal interactions (ECM) that exist between soil fungi and tree fine roots are essential to forest sustainability. The molecular cross-talk taking place between the symbiotic partners is fundamental for the timing, establishment and maintenance of beneficial mutualistic relationships. However, very little is known on how the ECM symbiosis is initiated in both partners. The colonization of the root rhizodermis and cortex by the

fungal hyphae is precisely tuned and tightly controlled to allow the massive proliferation of hyphae in the host roots and avoid plant defense reactions. The ECM fungus *Laccaria bicolor* secretes the mycorrhiza-induced small secreted protein MiSSP7 which is required for the intraradicular Hartig net development and subsequent symbiosis development (Plett et al., 2011). In the present study, we aimed to characterize the targets of MiSSP7 in planta. Using yeast two hybrid (Y2H) assays, we identified PtJAZ6 and PtJAZ5, two Jasmonate-ZIM-domain proteins (JAZ; also known as TIFY domain proteins) as direct interactors of MiSSP7. JAZ proteins are involved in hormonal homeostasis, and more specifically can act as jasmonic acid co-receptors. JAZ proteins mediate signaling pathways in response to biotic and abiotic stresses and act to modulate the development of plant organs, such as roots. Thus, these two JAZ proteins are likely targets of *Laccaria* MiSSP7 for manipulating poplar root cells to allow fungal colonization. Here, we present the results of protein-protein interaction studies using bimolecular fluorescence complementation (BIFC) assays, as well as Y2H assays, to decipher the roles of both MiSSP7-targeted JAZ proteins in root development, i.e. the identification of their interaction partners within the JA-signaling cascade. Further, we will discuss the effects of RNAi knock-down and overexpression of those proteins in poplar.

**Maíra de Freitas Pereira** – INRA/Université de Lorraine, IAM et Université Fédérale de Viçosa

### **Transcriptome analyses during basidiocarp formation in the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus microcarpus***

The basidiomycete fungus *Pisolithus microcarpus* is a gasteromycete of wide distribution in eucalypt plantations worldwide. This fungus produces a complex basidiocarp composed of peridioles at different developmental stages (Campos & Costa, 2010a,b). Inside the basidiocarps, a large number of spores is produced that can be routinely used for seedling inoculation in eucalypt nurseries. The use of ectomycorrhizal fungi in eucalypt nurseries is paramount for achieving sustainable forestry production. Despite the progress achieved in the understanding of basidiosporogenesis in this species, nothing is known about the transcriptional patterns that occur along basidiocarp development and the identity of the RNA molecules stored inside the basidiospores soon after basidiosporogenesis. Taking advantage of the recently sequenced *Pisolithus microcarpus* genome and by using RNA-Seq technology we analyzed the transcriptome of all compartments of the *Pisolithus microcarpus* basidiocarp: unconsolidated, young and mature peridioles and as well as internal and mature spores.

A set of 737 transcripts grouped in seven clusters was significantly regulated in minimum one of the compartments. Several genes involved in cell cycle, replication, transcription, sugar transporters were strongly regulated in all the peridioles. However, in internal spores and mature spores, genes related energy production were expressed. These results will be

important for the understanding of *Pisolithus* biology and ecology and for its use in forestry production.

**Herminia De la Varga** – INRA/Université de Lorraine, IAM

### **Investigating truffle life cycle by multidisciplinary approaches**

Truffles are ascomycetes fungi belonging to the genus *Tuber* and forming ectomycorrhizal associations with trees and shrubs. The black truffle (*Tuber melanosporum* Vittad.) is one of the most popular species because of its organoleptic qualities. Due to the plantation effort of seedlings previously inoculated with truffle in nurseries, truffle orchards actively contribute to transform the agricultural landscape into sustainable productive agro-forestry ecosystems, as well as maintaining local activities in poor soil regions and promoting landscape management in fire-prone regions. This is particularly true for *T. melanosporum*, which is mainly produced (> 80 %) on man-made plantations.

It is currently commonly understood and well documented that truffle production is tightly linked to climate changes. In order to respond to truffle industry requests of innovative tools, to overcome drought effects and adapt truffle cultivation to climate change, we are developing multidisciplinary approaches combining genomic, population genetic, microbial ecology, microbiology, modelling and ecophysiology.

The aim of this presentation is to give an overview of the projects SYSTRUF (ANR SYSTERRA) and ControlTruf and ClimaTruf financed by the LabEx ARBRE. Among the main results a particular highlight will be made on the *T. melanosporum* sexual reproduction and mainly on the distribution of both mating type strains investigated on the root system of nursery-inoculated seedlings in ControlTruf and *in situ* in SYSTRUF. The experiments planned in the ClimaTruf focused on the link between truffle life cycle and climate will also be presented.

Finally, being popular and fascinating to many people, truffles are an efficient way to broadly communicate scientific messages in relation to climate change, adaptation and biodiversity worldwide.

**Nicolas Valette** – INRA/Université de Lorraine, IAM

### **Caractérisation fonctionnelle de petites protéines sécrétées chez les champignons lignolytiques**

*Phanerochaete chrysosporium* et *Trametes versicolor* sont des champignons possédant la capacité de décomposer la lignine, un polymère complexe du bois. Ce processus fait intervenir des enzymes extracellulaires, en particulier des lignines peroxydases et des manganèse-peroxydases. Au cours de la dégradation, des composés toxiques sont libérés. Pour répondre à ce stress, les champignons ont développé des stratégies d'adaptation. Des études préliminaires menées au laboratoire sur les SSP (Small Secreted Protein) laissent envisager qu'elles peuvent avoir un rôle dans les mécanismes d'adaptation des

champignons à leur substrat. La caractérisation de deux ces protéines a été réalisée. Les protéines recombinantes ont été produites et caractérisées au niveau biochimique et fonctionnel. De plus, la mise au point de la transformation génétique de *P.chrysosporium* permettra de mieux appréhender leur rôle au sein des champignons lignolytiques lors de la dégradation du bois.