



La recherche fondamentale dans le cadre du Programme national de recherche PNR 66 «Ressource bois»

Philippe Thalmann

Membre du comité de direction

Déroulement du programme



- Enveloppe financière 2012 – 2017: 18 millions CHF
- Coopération avec la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI→Innosuisse)
- 2 phases de recherche: phase I 2012 - 2014 (bases), phase II 2015 - 2016 (approfondissement / mise en œuvre)
- 126 chercheurs/euses et 75 requérant-e-s soutenus – plus de 25 nationalités
- 2 « universités d'été » avec env. 80 participant-e-s

Les buts du PNR 66 « Ressource bois »

Augmenter l'attractivité de l'emploi du **bois dans la construction**

- Processus de fabrication et propriétés des matériaux (7 projets)

Développer de **matériaux innovants** à base de bois pour de nouvelles applications

- Excellentes propriétés et procédés techniques industriels (8 projets)

Renforcer les bases et les technologies pour le **bioraffinage** du bois

- Produits chimiques et carburants tirés du bois (11 projets)

Acquérir une connaissance approfondie (1) des **flux de matières** autour du bois et (2) du **marché** du bois

- Meilleure disponibilité et utilisation plus durable du bois (4 projets)



EPFZ, EPFL, Empa, WSL, PSI, Uni Bâle, Uni Fribourg, Uni Neuchâtel, BFH, HES Fribourg, FHNW, HES Lucerne, Soundtherm SARL

Entreprises privées



Associations + Autorités



KWL Konferenz für Wald, Wildtiere und Landschaft
CFP Conférence pour forêt, faune et paysage
CFP Conferenza per foresta, fauna e paesaggio



Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie
OFEN



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service des forêts et de la faune SFF



Forstbetrieb



WaldSchweiz
Verband der Waldeigentümer



Swiss • Wood • Innovation • Network



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Statistik BFS



Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de
l'environnement OFEV



SCS
Swiss Chemical
Society



science**INDUSTRIES**
SWITZERLAND

holzindustrie schweiz
industrie du bois suisse

holzbauschweiz

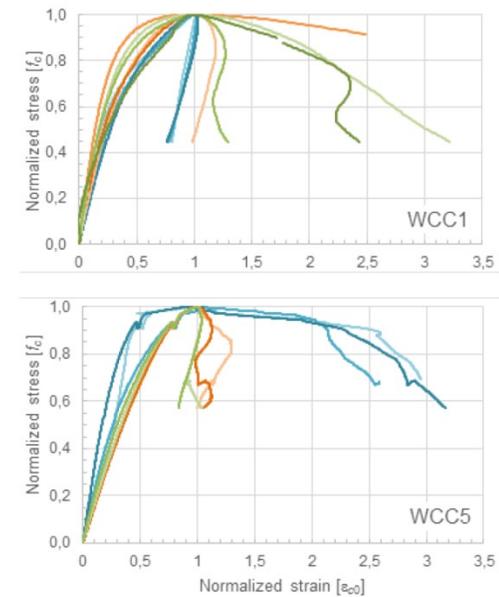
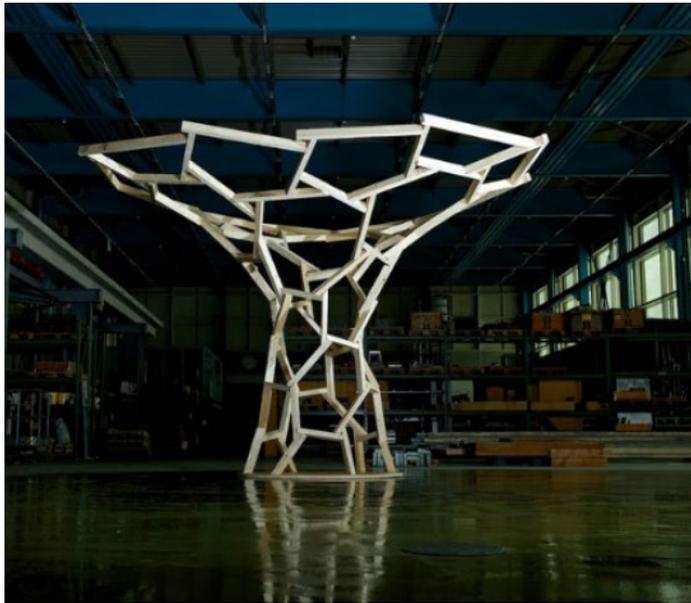


FORSTUNTERNEHMER SCHWEIZ
ENTREPRENEURS FORESTIERS SUISSE





Résultats dans les quatre domaines du PNR 66



Avancées dans la construction en bois

Andrea Frangi et Jutta Glanzmann

Objectifs du domaine « Construction en bois »

- Poser des **bases scientifiques** menant à de nouvelles approches et solutions en étroite collaboration avec les partenaires industriels
- Développer les **techniques de collage et d'assemblage**, essentielles pour la construction en bois moderne
- Élaborer des **produits de haute qualité en bois de feuillus**
- Évaluer le potentiel de la **fabrication numérique** dans la construction en bois
- Améliorer la **fiabilité et la rentabilité** du bois comme matériau de construction pour les applications existantes
- Ouvrir de **nouveaux champs d'application** pour la construction en bois grâce à des pièces et processus novateurs



Liste des projets

Assemblage par collage d'éléments de structures porteuses en bois de feuillus

Niemz, Peter et al., EPF Zurich

Dimensionnement des assemblages par collage dans la construction en bois

Vasilopoulos, Anastasios et al., EPF Lausanne

Éléments porteurs en béton de bois allégé

Zwicky, Daia et al., École d'ingénieurs et d'architectes, Fribourg

Bois de hêtre en placage stratifié pour structures porteuses

Frangi, Andrea et al., EPF Zurich

Construction de planchers en bois dur à l'acoustique optimisée

Krajči, Luboš, Soundtherm GmbH

Ouvrage porteur en bois résistant aux séismes pour bâtiments à plusieurs étages

Steiger, René et al., Empa

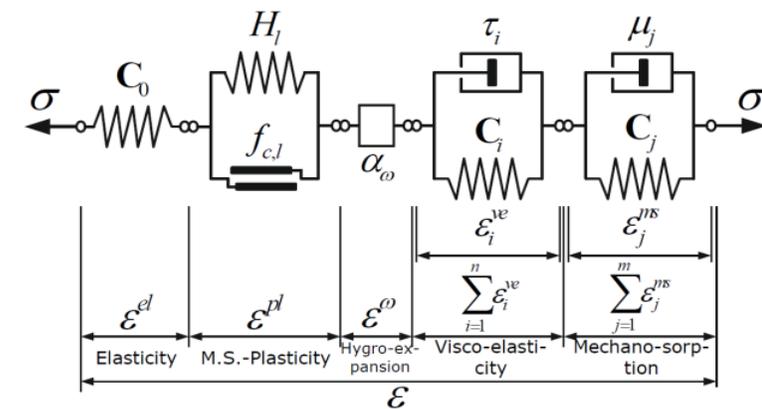
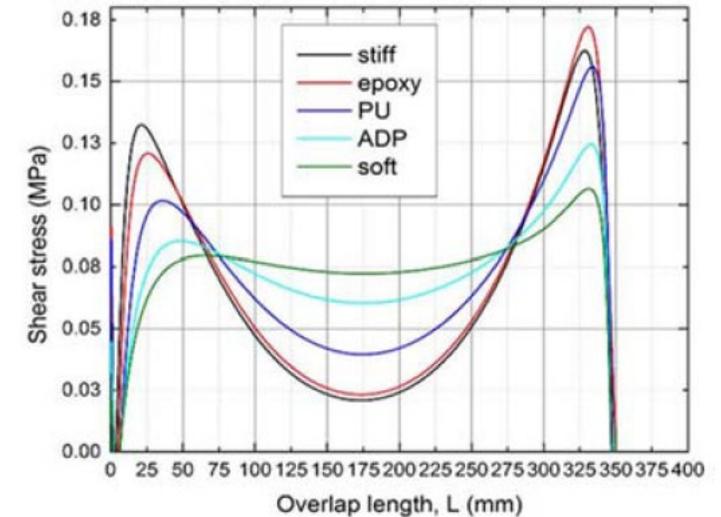
Assemblage assisté par robot de structures porteuses complexes en bois

Kohler, Matthias et al., EPF Zurich

Résultats des projets

Bois et types d'assemblage

- Caractérisation de la résistance des assemblages collés bois-bois, par ex. pour la formation d'éléments de jonction des charpentes
- Résine acrylique: colle à fort potentiel pour les assemblages ductiles (bien dilatable, déformable)
- Élaboration d'une colle injectée à prise ultrarapide pour optimiser la technique d'assemblage en vue d'une fabrication automatisée
- Fiabilité accrue de la modélisation et de l'optimisation des assemblages collés pour le bois de feuillus
- Développement et optimisation de pièces de construction collées et hybrides à base de bois



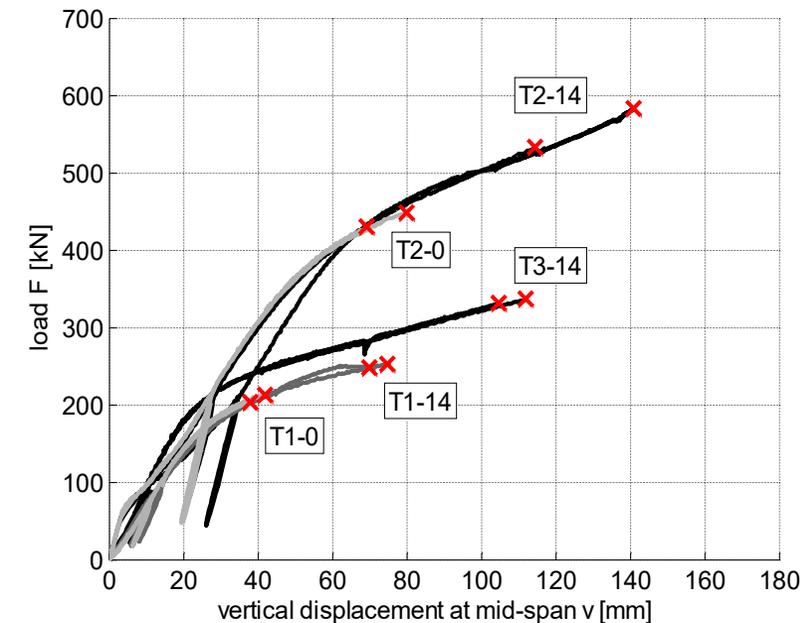
Résultats des projets

Des produits de grande qualité en bois de feuillus

Mise au point de

- structures porteuses résistantes en placage stratifié de hêtre
- planchers composites bois-béton à partir de planches en placage stratifié de hêtre servant de coffrage et d'armature pour le béton et réduisant les coûts
- planchers en bois de hêtre lamellé tourillonné aux propriétés améliorées quant aux bruits d'impact, même dans les basses fréquences (comparables aux planchers conventionnels en béton armé)

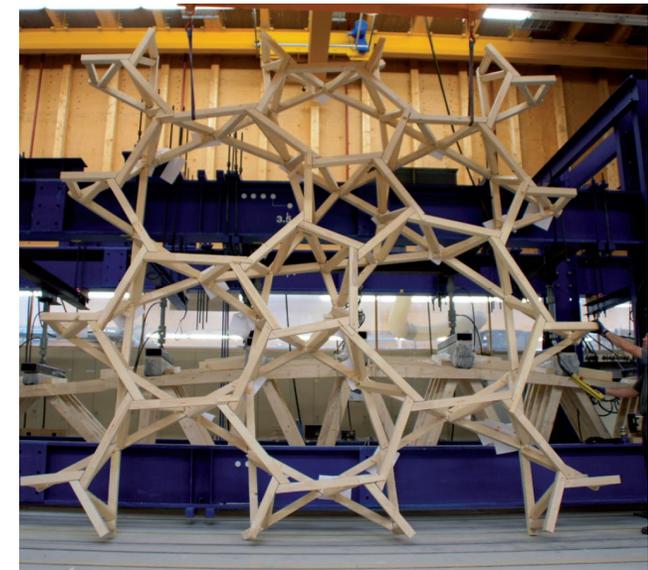
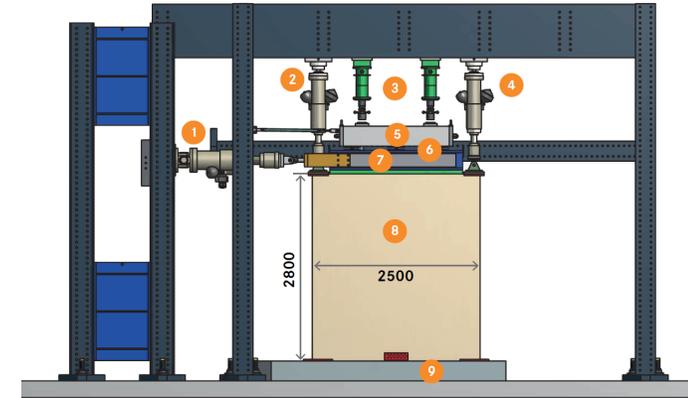
Mise en évidence du potentiel du bois de feuillus comme matériau de construction



Résultats des projets

Nouveaux éléments et systèmes de construction

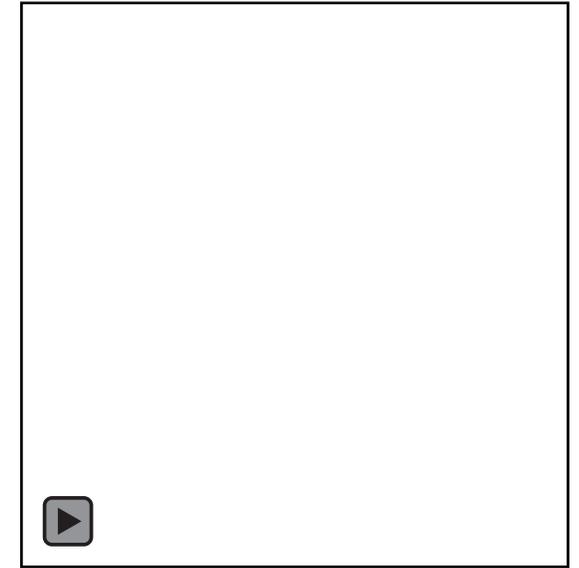
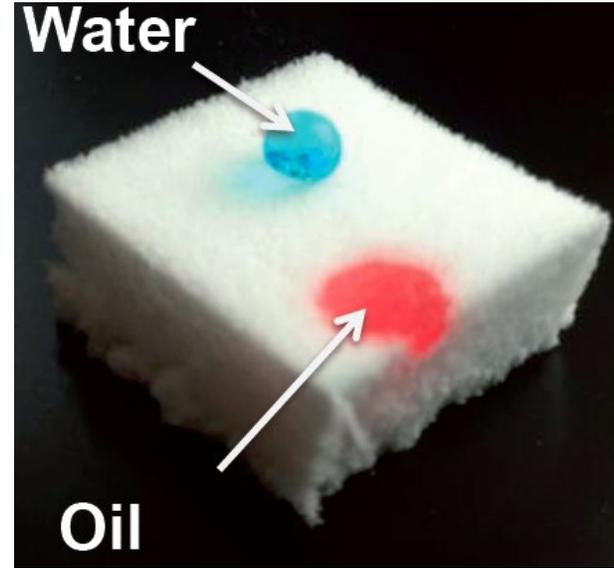
- Nouvelles formules de béton de bois allégé
 - excellente capacité à emmagasiner la chaleur
 - bonnes propriétés d'isolation thermique
 - idéal aussi pour les chapes
- Fiabilité accrue de la modélisation et de l'optimisation des éléments de renforcement (vents forts et séismes) pour les bâtiments à plusieurs étages
 - meilleure rentabilité
 - meilleure sécurité de planification
 - fiabilité accrue
- Bases de calcul pour la conception assistée par ordinateur et l'assemblage robotisé de structures porteuses complexes
 - nouvelles possibilités d'application pour la construction en bois



Application pratique



Nouveau
bâtiment
Arch Tec Lab,
EPF Zurich



Innovations dans les matériaux à base de bois

Ingo Burgert et Oliver Klaffke

Objectifs du domaine

« Innovations dans les matériaux à base de bois »

- Mettre à profit les avancées en matière de **nanotechnologie** et de recherche des matériaux pour apporter des **modifications** ciblées au bois
- Dans la **fabrication des panneaux**, l'effort porte sur un allègement du matériau, une économie de matériaux et l'utilisation de biocolles
- Développer les connaissances sur les propriétés, la fonctionnalisation et la technologie des processus mais aussi les nouvelles applications possibles de la **nanocellulose**
- **Améliorer les usages possibles** du bois et des ouvrages en bois dans les applications existantes et ouvrir de nouveaux champs d'application grâce à des associations de matériaux innovantes

Liste des projets

La nanotechnologie au service de la conservation du bois

Fink-Petri, Alke Susanne et al., Université de Fribourg

Profils de propriétés du bois améliorés pour les ouvrages en bois

Burgert, Ingo et al., EPF Zurich

Autoprotection contre les UV des surfaces de bois grâce aux fibres de cellulose

Volkmer, Thomas et al., Haute école spécialisée bernoise

Traitement des surfaces en bois à l'aide de photo-initiateurs

Grützmacher, Hansjörg et al., EPF Zurich

Panneau en bois ultraléger à base bio et au cœur de mousse

Thömen, Heiko et al., Haute école spécialisée bernoise

Extraction de tanins de l'écorce de résineux indigènes

Pichelin, Frédéric et al., Haute école spécialisée bernoise

Nanofibrilles de cellulose (NFC) dans les revêtements pour surfaces en bois

Zimmermann, Tanja et al., Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (EMPA)

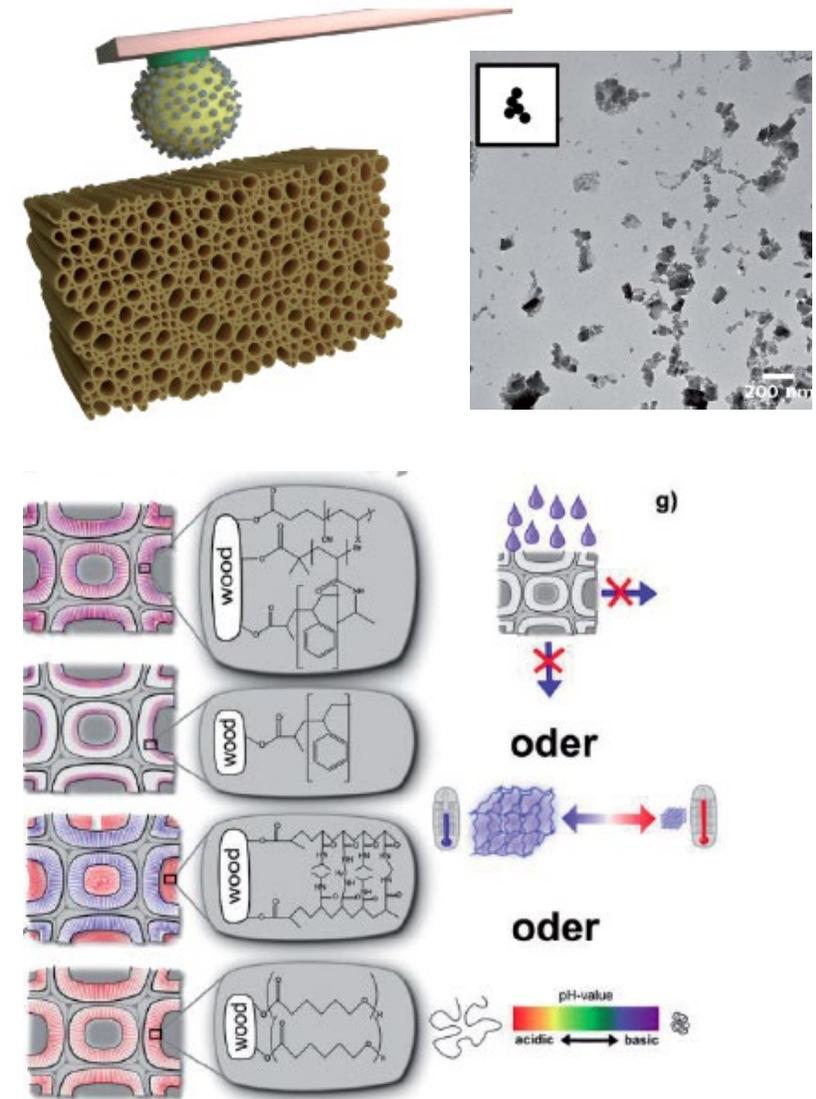
Nouvelles méthodes de production de nanocomposites à base de cellulose

Weder, Christoph et al., Université de Fribourg

Résultats des projets

Modification du bois

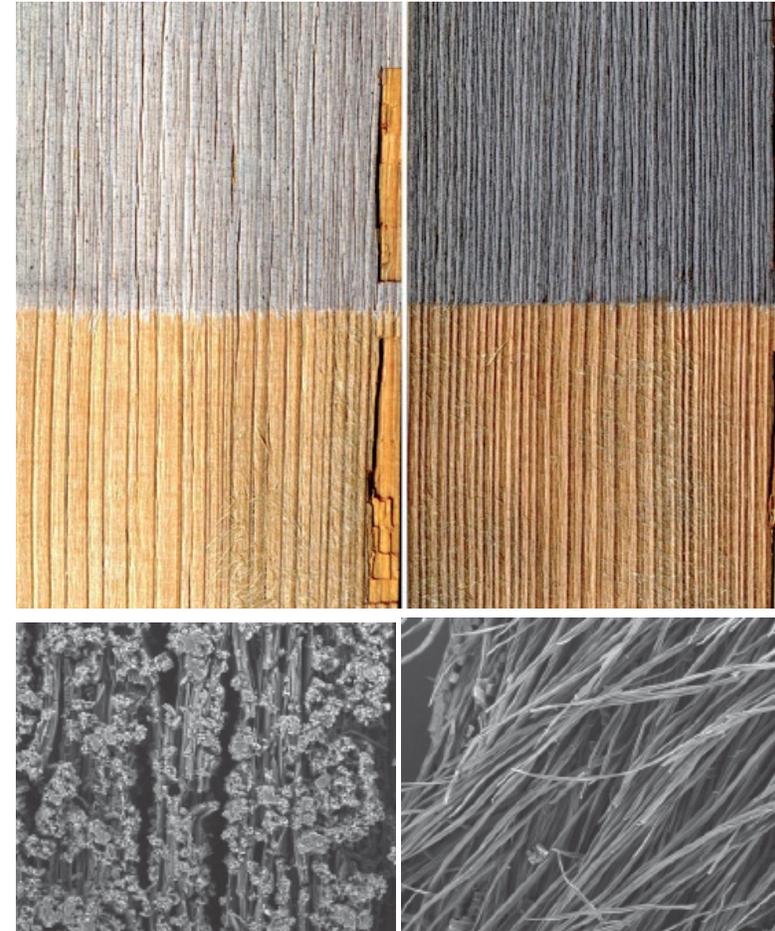
- Traitement du bois à l'aide de nanoparticules et polymères facilitant un contrôle plus précis au niveau de la nanostructure
- Caractérisation rapide et précise des nanoparticules de bois utilisables dans la protection du bois (profondeur d'imprégnation, répartition des tailles, propriétés de surface des particules)
- Élaboration de nouveaux matériaux fonctionnels à base de bois grâce à la polymérisation in situ
- Répartition contrôlée des polymères dans la paroi cellulaire (méthode à haute résolution)



Résultats des projets

Modification de la surface du bois

- Nouveaux résultats quant à la protection UV par le biais de la délignification de la surface du bois
- Fonctionnalisation ciblée des surfaces en bois à l'aide de photo-initiateurs
- Nouvelles approches de modification de la surface du bois pour une meilleure stabilité UV



Résultats des projets

Optimisation des panneaux

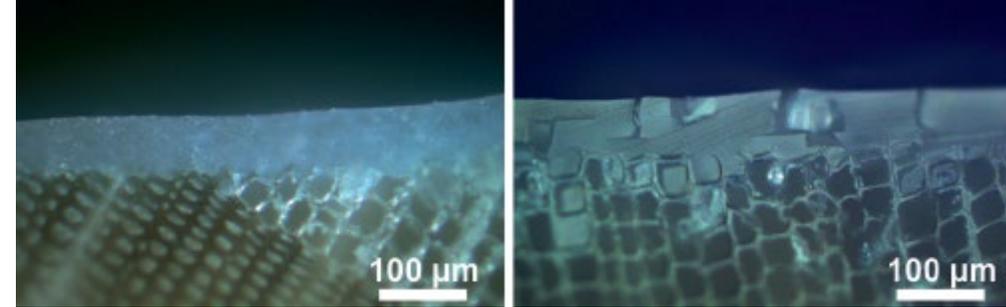
- Faisabilité démontrée d'un procédé de fabrication continu de panneaux d'aggloméré ultralégers à base biologique avec cœur en mousse extrudable.
- Mise au point d'un processus d'extraction des tanins à partir de l'écorce d'arbres indigènes. Intégration possible dans les procédés existants des scieries et de l'industrie de transformation du bois.



Résultats des projets

Nanocellulose

- Amélioration des propriétés des revêtements pour surfaces en bois et des matériaux composites.
- Les revêtements pour surfaces en bois sont moins susceptibles de se fissurer.
- Répartition homogène des particules absorbant les UV dans le revêtement.
- Transformation selon des processus robustes, universaux et aisément exploitables à plus grande échelle pour la production de nanocomposites de cellulose.





Nouvelles voies dans le bioraffinage du bois

Michael Studer et Pieter Poldervaart



Objectifs du domaine

« Nouvelles voies dans le bioraffinage du bois »

Élaboration de **nouveaux procédés** à base de bois pour produire

- des substances chimiques
- de l'énergie sous forme liquide ou gazeuse
- de la chaleur et de l'électricité

Instrument d'**évaluation de la rentabilité et de l'impact environnemental**
des options de valorisation envisageables

Résultats des projets

Plateforme gaz synthétique

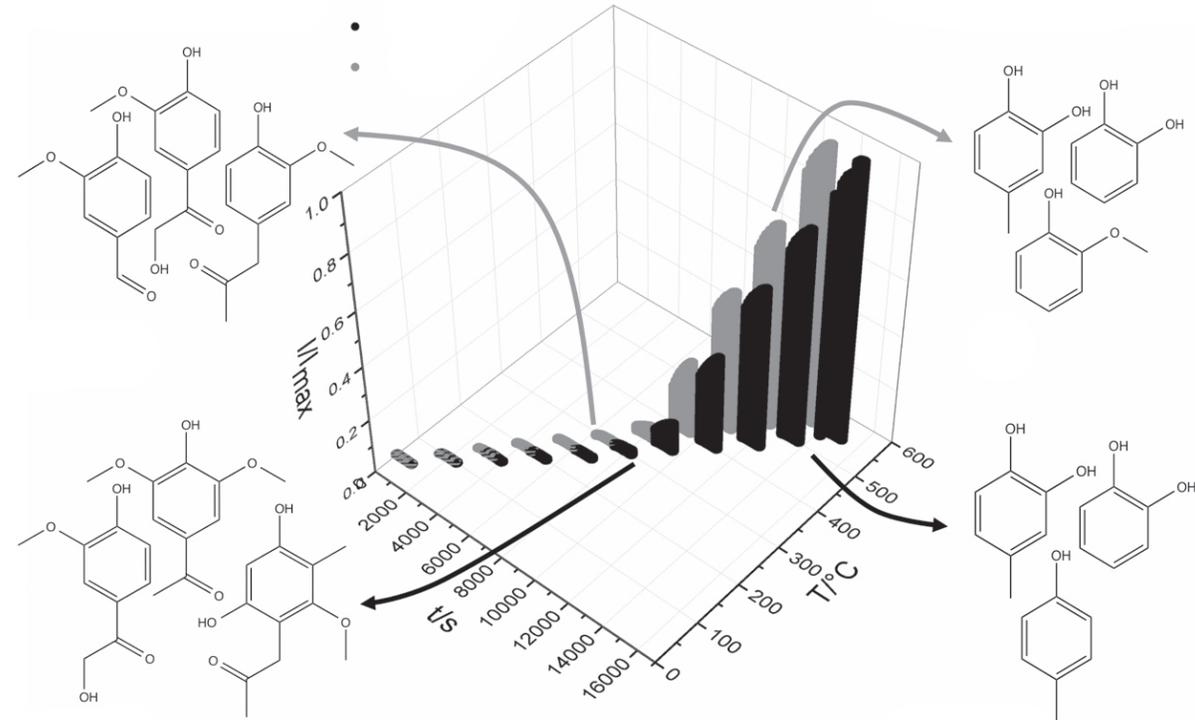
- De nouveaux procédés ultra-sensibles de détection des impuretés dans le gaz de synthèse favorisent le développement d'un procédé *d'épuration des gaz à haute température*
- Des modèles informatiques très réalistes de méthanisation du gaz de synthèse dans un réacteur à lit fluidisé facilitent *l'application des processus à l'échelle industrielle*
- Le nouveau procédé redox permet la production décentralisée d'*hydrogène de grande pureté* à partir de bois



Résultats des projets

Plateforme Huile pyrolytique

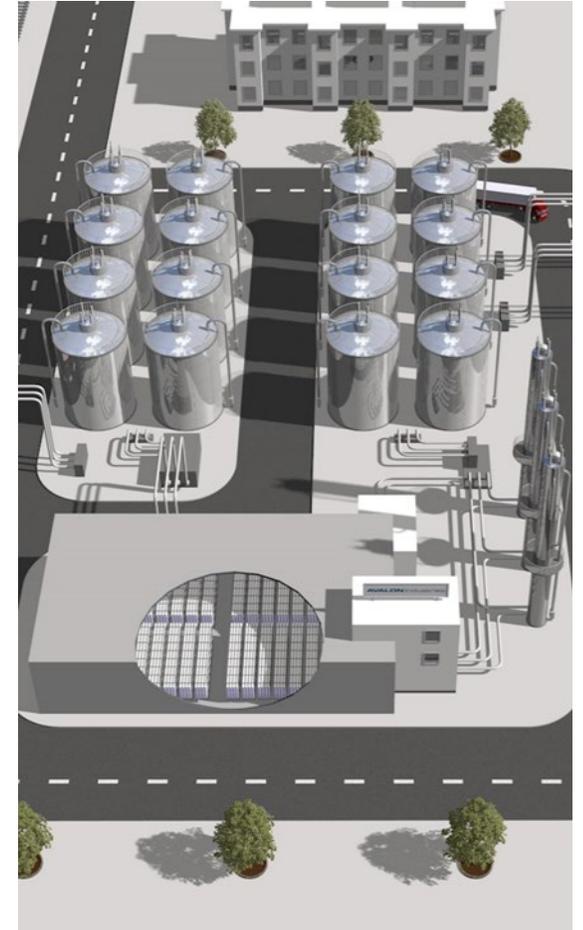
- La méthode d'extraction de la lignine et la température de la pyrolyse sont déterminantes pour *le rendement et la variété des produits*, l'origine botanique de la lignine ne jouant ici qu'un rôle secondaire



Résultats des projets

Plateforme Lignocellulose

- L'ajout de 2-naphtol lors du prétraitement à la vapeur du bois de résineux a pour effet de *multiplier par trois le rendement en sucre* lors de la dépolymérisation enzymatique de la cellulose
- L'utilisation de liquides ioniques élaborés sur mesure permet la production directe à haut rendement de la *molécule plateforme 5-HMF à partir de la cellulose*
- L'association de la délignification, de la saccharification et de la fermentation en un seul nouveau réacteur constitue une *solution alternative moins coûteuse et moins complexe* que les processus conventionnels de production d'éthanol



Résultats des projets

Plateforme Lignocellulose

- Les processus chimiques et enzymatiques de transformation de la lignine font de cette substance une *matière première utilisable pour l'élaboration de produits chimiques aromatiques*
- L'optimisation d'un nouveau type d'enzyme pouvant casser les liaisons stables, C-H se révèle être *un outil pratique pour la production de protéines modifiées*
- Le recours à un milieu de réaction biphasique *augmente le rendement en vanilline* lors de la dépolymérisation oxydative de la lignine

Résultats des projets

Plateforme chaleur et électricité

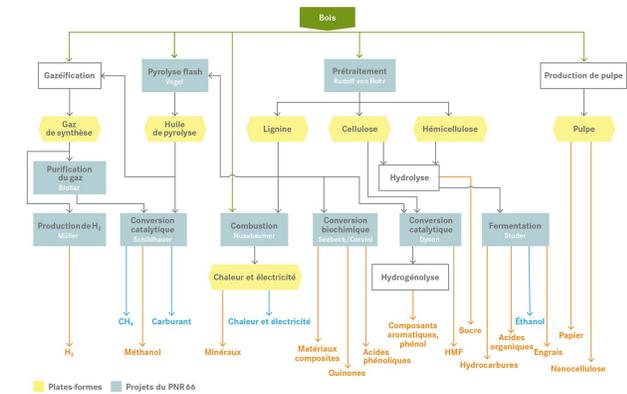
- L'amélioration des techniques de chauffage à grille permet de *brûler du bois de qualité inférieure* tout en minimisant les émissions polluantes



Résultats des projets

Analyse des options de transformation

- La plateforme informatique sert d'instrument destiné à *la conception d'une bioraffinerie* tenant compte des aspects énergétique, économique et écologique
- Performance économique : *production combinée d'acide succinique* par l'intermédiaire de la plateforme lignocellulosique *et de diméthyléther* par l'intermédiaire de la plateforme gaz de synthèse
- Performance écologique : le potentiel de réduction des gaz à effet de serre atteint son niveau le plus élevé dans la production de *substances chimiques et de carburants*





Approvisionnement et utilisation durable du bois

Lucienne Rey et Philippe Thalmann



Objectifs du domaine

« Approvisionnement et utilisation durable du bois »

- Contribuer à répondre aux exigences de la **politique forestière suisse**
- Expliquer **pourquoi le bois suisse n'est pas davantage exploité**
- Décrire les **conditions** à réunir pour une **exploitation accrue** de la forêt et du bois suisse et proposer des pistes de solutions
- Identifier des questions en suspens et des lacunes de connaissances

Liste des projets

« **Comprendre le marché du bois : entre approvisionnement et multifonctionnalité** »

Responsables : **Milad Zarin**, Andrea Baranzini, Mehdi Farsi

« **MOBSTRAT : stratégies de mobilisation du bois issu des forêts suisses** »

Responsables : **Peter Brang**, Edgar Kaufmann, Roman Rudel, Esther Thürig

« **Analyse économique du marché du bois en Suisse** »

Responsables : **Roland Olschewski**, Oliver Thees, Urs Fischbacher, Lorenz Hilty, Bernhard Pauli

« **Exploitation écologique des ressources de bois en Suisse** »

Responsables : **Stefanie Hellweg**, Michael Bösch, An De Schryver, Peter Hofer, Holger Wallbaum

Résultats et constatations principales des projets: La sous-exploitation des forêts

- Réserves de bois considérables à exploiter
- La sous-exploitation de la forêt peut tout aussi bien favoriser que défavoriser la biodiversité et le stockage de CO₂
- Difficile d'exploiter les forêts en gagnant de l'argent surtout si les forêts doivent être exploitées de manière à garantir le principe de multifonctionnalité



Résultats et constatations principales des projets: La valeur des forêts

- La population est prête à payer pour protéger les forêts
- Les forêts protectrices fournissent des prestations de valeur quantifiables
- Pour les autres forêts il faut des processus d'exploitation plus efficaces



Résultats et constatations principales des projets: Propriété forestière fragmentée et peu orientée vers le marché

- La propriété forestière suisse est extrêmement morcelée
- A cela s'ajoute une orientation insuffisante sur le marché, des attentes de prix élevées et des exigences contradictoires envers la forêt
- Avec les entreprises forestières se présente un potentiel de rationalisation
- Il ne faudrait pas que les restructurations nécessaires soient freinées par des soutiens financiers

A qui appartiennent les forêts?

98,5% des propriétaires sont des personnes privées

Qui ne possèdent que 29,4% de la surface forestière totale

Communes politiques: 29,5%

Communes bourgeoises: 29,0%

Le propriétaire privé moyen possède 1,5 ha, le propriétaire public moyen 255 ha

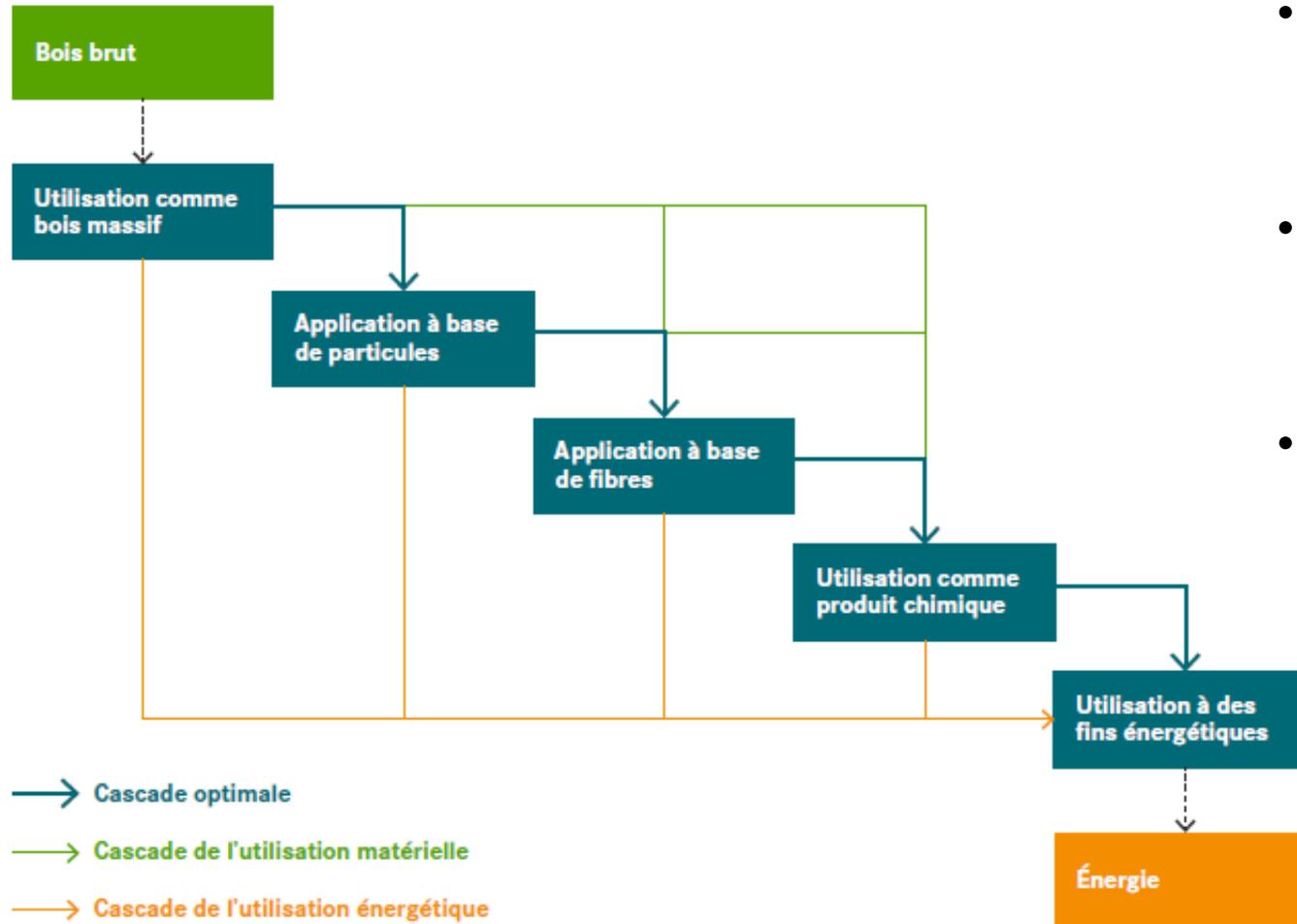
Les exploitations forestières assurent la gestion pour les grands propriétaires forestiers (ou pour plusieurs propriétaires qui se sont regroupés)

Résultats et constatations principales des projets: Le bois et son marché

- Des mesures s'imposent aussi bien du côté de la demande que de l'offre
- Avantages écologiques et techniques du bois
- Valoriser énergétiquement les résidus uniquement
- Utiliser le bois en cascade (slide suivant)



Résultats et constatations principales des projets: L'utilisation en cascade (projet Hellweg)



- Les avantages écologiques de l'utilisation en cascade du bois sont bien réels
- L'utilisation en cascade pose des défis économiques de taille
- Il faudrait plus d'acheteurs importants à plusieurs étapes d'utilisation



Synthèse

Résultats dans le domaine « Construction en bois »



- La construction en bois a le vent en poupe ; elle demeure la principale industrie consommatrice de bois
- La révolution numérique engendre de nouveaux domaines d'activité
- La planification et la construction numériques (BIM) nécessitent toutefois une adaptation des contenus et formes de cours dans les écoles
- Orientés vers la pratique, les divers résultats des projets du PNR 66 favorisent largement l'industrialisation des processus liés aux matériaux et à la construction
- Le potentiel du bois reste toutefois sous-exploité ; d'autres innovations sont nécessaires
- Pour cela, il faut développer le secteur de la construction en bois dans les hautes écoles

Résultats dans le domaine « Matériaux à base de bois »



- Fondements destinés à une nouvelle génération de matériaux à base de bois
- Vaste potentiel pour une utilisation accrue, convenant aux applications à forte création de valeur (technologies de pointe)
- Rôle crucial du bois comme matière première pour remplacer les matériaux à base de pétrole par des produits à base biologique
- Outre d'excellentes propriétés, des procédés techniques efficaces sont essentiels en vue d'un succès commercial et sont au centre des recherches poursuivies
- Pour une prompte mise en application des résultats scientifiques, la recherche et l'économie sont d'égale importance

Résultats dans le domaine « Bioraffinage du bois »



- Bases théoriques et pratiques élaborées pour divers procédés de transformation
- Outil de dimensionnement / d'optimisation pour le bioraffinage du bois
- L'industrie chimique a commencé à remplacer les plateformes fossiles par des plateformes à base bio
- Possibilité de combler les lacunes de valorisation entre la construction en bois et la combustion, particulièrement intéressante pour le bois de feuillus
- Installations décentralisées envisageables dans les régions où les exploitations classiques du bois sont insuffisantes
- Création d'associations professionnelles et de commissions au-delà de l'industrie du bois
- Cycle de formation Bioraffinage, accent sur l'encouragement de la recherche

Résultats dans le domaine « Approvisionnement et utilisation durable »



- L'analyse de toute la chaîne de création de valeur et de l'intégralité du cycle de vie met en évidence les formidables atouts écologiques du bois
- Connaissances approfondies du marché du bois, de l'influence pouvant être exercée sur les acteurs et des réalités de la forêt suisse
- Le changement structurel de l'économie forestière doit impérativement se poursuivre
- Les innovations et l'utilisation accrue du bois doivent engendrer une création de valeur supérieure et ainsi accentuer l'appel d'air nécessaire à la ressource bois
- L'utilisation systématique en cascade du bois nécessite d'autres usages de la matière, d'où l'importance du bioraffinage

Messages du PNR 66



Meilleure disponibilité du bois

- Exploitation accrue compatible avec la biodiversité et les autres services de la forêt
- Insuffler l'esprit d'entreprise et agrandir les unités de gestion de la forêt
- L'innovation et la forte création de valeur dans des industries de transformation diversifiées stimulent la croissance de la demande de bois

Meilleure utilisation

- Continuer de promouvoir la construction en bois, véritable locomotive de la filière (industrialisation/numérisation)
- Les matériaux innovants à base de bois percent dans les technologies de pointe
- Le bois devient une ressource importante pour l'élaboration de produits chimiques
- L'utilisation accrue du bois comme matériau permet une utilisation en cascade

Profiter des opportunités encore inexploitées en Suisse

- Mise en œuvre des recommandations par la recherche, l'économie et la politique

Synthèse du programme



Résultats scientifiques de chaque projet

+ connaissances issues des ateliers des plateformes de dialogue

+ contexte politique, économique et scientifique

= **synthèse du PNR 66**

4 rapports de synthèse thématiques en ont résulté:

_ Avancées technologiques dans la construction en bois

_ Nouvelles voies dans le bioraffinage du bois

_ Innovations dans les matériaux à base de bois

_ Approvisionnement et utilisation durable du bois





Merci pour votre attention