

**INSTITUT CARNOT POLYNAT**  
**RAPPORT D'ACTIVITÉ 2018**  
**2019**

**ÉCO-CONCEPTION DE MATÉRIAUX  
BIOSOURCÉS À HAUTE VALEUR AJOUTÉE**





L'extension thématique du périmètre de Polynat à de nouveaux partenaires académiques : le département de pharmacochimie moléculaire (DPM) et le département de chimie moléculaire (DCM) ainsi qu'à un centre technique, l'institut technologique forêt cellulose bois-construction ameublement (FCBA), a fortement contribué à renforcer et à diversifier le champ des applications potentielles de notre institut.

Par leurs expertises dans les domaines de l'industrie du bois, de la chimie pharmaceutique, de la bioélectrochimie et de l'ingénierie des macromolécules, ces nouveaux membres apportent des compétences complémentaires à celles du précédent consortium, permettant d'englober les matériaux de construction, de transport et d'ameublement en bois mais également d'étendre les champs d'applications à la santé, aux diagnostics et à la production d'énergie électrique.

Nous vous invitons à découvrir à travers les présentations des projets 2018-2019, la richesse et la diversité des actions collaboratives impliquant l'ensemble des partenaires. A partir des matériaux de base comme la lignine et la cellulose et des briques élémentaires telles que la nanocellulose, les nanocristaux et les microfibrilles de cellulose, les protéines, les carbohydrates et les polymères biosourcés, ces projets proposent des innovations et ruptures technologiques focalisées sur les matériaux biosourcés à haute valeur ajoutée comme substituts aux matériaux plastiques.

Parallèlement à des problématiques récurrentes traitées sur plusieurs projets successifs comme le blanchiment de la lignine, ces recherches s'étendent de la production de papiers et cartons à propriétés barrières (eau, O<sub>2</sub>, graisses, huiles minérales) ou conductrices ouvrant la voie à des emballages alimentaires, des matériaux compostables ou des dispositifs opto-électroniques pour les écrans ou les cellules solaires, à des mousses pour le développement de nouveaux matériaux comme substituts aux polymères pétro-sourcés.

Outre le moulage du bois comme thermoplastique, et le dosage non-destructif d'agents de préservation du bois, les réalisations englobent également les matériaux hybrides contenant des argiles comme nouveaux matériaux biosourcés de construction ou emballages pharmaceutiques, des plateformes microfluidiques pour des dispositifs médicaux auto-alimentés ainsi que des micronageurs mus par onde ultrasonore pour la vectorisation de médicaments.

Durant cet exercice, ces actions ont brillamment débouché sur la création de deux projets de maturation à la SATT : FunCell et BeFC.

Enfin, il faut également souligner les efforts croissants de notre Institut en terme de communication tant interne qu'externe. Ainsi, l'ouverture internationale de Polynat s'avère remarquable au sein des instituts Carnot, s'illustrant par la mise en place annuelle d'un Forum international privilégiant la participation d'industriels internationaux mais également par des réalisations industrielles pilote en Asie et des accords de coopération avec Taiwan.

En conclusion, il apparaît clairement que les matériaux biosourcés biodégradables élaborés à partir de procédés respectueux de l'environnement suscitent un engouement croissant voire exponentiel, je vous souhaite donc une bonne lecture de ce rapport et vous rappelle que l'avenir de Polynat repose sur l'action de chacun et que c'est votre soutien sans faille qui promeut notre Institut

**Serge Cosnier,**  
Directeur scientifique



# SOMMAIRE

## 1. Présentation de PolyNat p.5

- Gouvernance
- Compétences
- Marchés visés
- Objectifs
- Chiffres clés 2018
- PolyNat et son environnement

## 2. Réseau Carnot p.12

## 3. Recherche p.14

- Défis scientifiques
- Plateformes et équipements
- Projets financés en 2018 et 2019
- Success story

## 4. Temps forts p.37

- Temps forts
- RDV Carnot, Visiting Committee
- Journées PolyNat
- Forum International Industries

# 1. PolyNat Présentation

La recherche d'alternatives aux ressources fossiles encourage le développement de nouveaux matériaux et d'une chimie respectueuse de l'environnement.

PolyNat a pour ambition de tirer le meilleur parti de la biomasse pour concevoir des matériaux biosourcés fonctionnels et innovants.

Les domaines d'expertise complémentaires des 8 partenaires grenoblois permettent à PolyNat de s'engager en recherche partenariale sur toute la chaîne de valeur : de la fonctionnalisation de molécules biosourcées, de leur auto-assemblage contrôlé, à la mise en forme des matériaux obtenus jusqu'au prototypage à l'échelle pilote.



# GOVERNANCE

Afin d'assurer une gouvernance forte et équilibrée, PolyNat s'appuie sur trois comités directeurs travaillant en synergie, soutenus par l'équipe opérationnelle :



**COMITÉ DE DIRECTION**  
Présidé par Redouane Borsali  
Directeur de PolyNat

Le **Comité de direction** est composé, outre du directeur de PolyNat, d'un représentant de chaque structure partenaire de l'Institut Carnot PolyNat, et se réunit chaque mois. Ce comité a pour principales missions de piloter l'Institut, coordonner la recherche partenariale, valider les projets R&D et définir la stratégie de communication de l'Institut.

propose des axes stratégiques

## MEMBRES PERMANENTS DU COMITÉ DE DIRECTION

Redouane Borsali  
Laurent Heux (CERMAV)  
Gilles Lenon (CTP)  
Gérard Mortha (LGP2)  
Nadia El Kissi (LRP)  
Robert Peyroux (3SR)  
Serge Cosnier (DCM)  
Ahcène Boumendjel (DPM)  
Michel Petit-Conil (FCBA)

finance des actions



**COMITÉ DE COORDINATION SCIENTIFIQUE**  
Présidé par Serge Cosnier,  
Directeur scientifique

Ce comité est composé du directeur de l'Institut et de deux représentants scientifiques de chaque structure de PolyNat. Il se réunit deux fois par an, en autonome à l'occasion des auditions des projets déposés à l'appel à projets, et au printemps lors des journées PolyNat pour faire le bilan des projets de ressourcement financés.

valorise les résultats

## COMITÉ D'ORIENTATION STRATÉGIQUE

Présidé par Gilles Lenon  
Directeur des relations partenariales

Ce comité propose une stratégie de valorisation des résultats issus de projets R&D financés par le Carnot. Il développe une veille prospective en s'appuyant sur des outils d'intelligence économique afin de profiler les entreprises avec lesquelles PolyNat est susceptible de développer des relations partenariales.



**Sophie Renaud**  
Chargée de mission  
Coordination, gestion, communication

## ÉQUIPE OPÉRATIONNELLE

**François Portier**  
Chargé d'affaires  
Relations entreprises



# COMPÉTENCES

L'Institut Carnot PolyNat regroupe les compétences de huit partenaires Grenoblois couvrant un très large domaine d'applications:



# MARCHÉS VISÉS

## CHIMIE

- Chimie respectueuse de l'environnement
- Elaboration d'éco-procédés éco-responsables
- Exploitation de la diversité naturelle de la ressource lignocellulosique
- Traitement des effluents industriels



## SANTÉ ET COSMÉTIQUES

- Dispositifs médicaux
- Extraction de macromolécules fonctionnelles d'origine végétale
- Encapsulation et vectorisation de molécules bioactives



## EMBALLAGES ET SUPPORTS INNOVANTS

- Supports souples fibreux
- Emballages intelligents, fonctionnels, écologiques, et plus performants
- Propriétés barrières (eau, ondes, etc)
- Nanoélectronique flexible, électronique imprimée
- Bio-électronique et objets connectés



## CONSTRUCTION BOIS ET AMEUBLEMENT

- Colles et vernis biosourcés
- Contrôle du comportement thermo-hygomécanique des matériaux
- Mise en forme de biomatériaux
- Biocapteurs, Plastronique, Composites, Modélisation
- Propriétés barrières sélectives



## ÉNERGIE ET TRANSPORT

- Nouvelles sources d'énergie : Coproduits industriels, biopiles, batteries biosourcées
- Performances mécaniques (légèreté, robustesse...) dont renforcement par nano-micro fibres fonctionnalisées
- Propriétés fonctionnelles
- Diminution de l'impact environnemental



# CHIFFRES CLÉS 2018

**400**  
brevets détenus  
en portefeuille

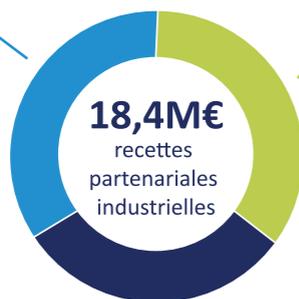
**200**  
publications  
de rang A

**400** personnels  
de recherche  
dont **110** doctorants

**6,1M€**  
Contrats collaboratifs  
subventionnés

**6,2M€**  
Contrats de recherche

**6,1M€**  
Prestations d'études et d'essais

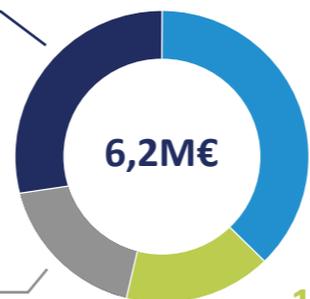


**31%**  
Entreprises étrangères

**38%**  
Grandes entreprises  
nationales

**15%**  
TPE/PME nationales

**16%**  
ETI nationales



# POLYNAT ET SON ENVIRONNEMENT



## 2. Le réseau Carnot

### Qu'est que le réseau Carnot?

Le réseau des Carnot est **un réseau de structures de recherche publique**, implantés dans chaque région française, pour **le transfert de technologies et l'innovation des entreprises**.

Le label Carnot, délivré par le ministère de la Recherche et de l'Innovation, garantit **l'excellence scientifique allée au professionnalisme de la relation partenariale** :

- Un haut niveau scientifique et technologique
- Une conduite professionnelle de la relation partenariale
- Un réseau structuré facilitant l'accès à l'ensemble des compétences et plateformes technologiques au niveau national
- Une offre sur mesure, quelque soit la taille de l'entreprise et son secteur d'activité

### Les chiffres clés du réseau Carnot en 2018

**38** Carnot qui représentent

**50%** de la R&D confiée par les entreprises à la recherche publique française

soit **9 000** contrats de recherche par an



Gestion professionnelle de la confidentialité



Politique de propriété intellectuelle et de transfert lisible et équilibrée



Prise en compte des contraintes réglementaires à chaque étape de développement

## 3. RECHERCHE



Pour soutenir sa stratégie de développement d'activité partenariale, le Carnot PolyNat finance chaque année des projets de recherche à potentiel industriel portés par des équipes issues d'au moins deux laboratoires membres de l'Institut.

Chaque projet doit avoir pour vocation la génération de nouvelles connaissances, la validation de concepts nouveaux pour la formulation d'offres technologiques ou de développement de produits, conformes aux attentes des entreprises et l'engagement d'industriels vers la bioéconomie dans des programmes collaboratifs ou des partenariats directs. Ces actions répondent à un ou plusieurs des quatre défis scientifiques identifiés par PolyNat :

### 4 défis scientifiques

**DÉFI 1** **Obtention et caractérisation de briques élémentaires biosourcées**

- ▶ Oligosaccharides, glycopolymères, biopolymères, nanocellulose, fibres de cellulose;
- ▶ Procédés d'extraction, de purification, et de séparation;
- ▶ Utilisation de solvants «verts» et procédés économes en énergie

**DÉFI 3** **Leur auto-assemblage contrôlé et nano-organisation**

- ▶ Auto-assemblage dirigé des briques élémentaires;
- ▶ Procédés innovants pour l'obtention de matériaux nanostructurés : nanoprécipitation, «spin et/dip-coating»;
- ▶ Développement de surfaces intelligentes, matériaux tridimensionnels, glyco-nanoparticules multi-compartimentées et fonctionnalisées

**DÉFI 2** **Leur fonctionnalisation pour de nouvelles propriétés originales**

- ▶ Modifications chimiques/enzymatiques ou traitements physiques des (macro)molécules biosourcées;
- ▶ Élaboration de dispositifs biosourcés aux propriétés innovantes : matériaux hydrophobes, antimicrobiens, bionano-électroniques, etc

**DÉFI 4** **La maîtrise des procédés d'élaboration et de mise en forme des matériaux biosourcés**

- ▶ Adapter ou développer des techniques favorisant le transfert industriel
- ▶ Étude des interactions aux interfaces pour une éco-conception des dispositifs biosourcés

### Une approche intégrée : de la preuve de concept du laboratoire à l'échelle pilote

PolyNat vise la démonstration à l'échelle pilote du potentiel de production des matériaux élaborés à travers les quatre défis. Les contraintes réglementaires et les enjeux environnementaux sont pris en compte à toutes les étapes de développement.

### Des moyens transversaux de modélisation, simulation, caractérisation

Pour chacun de ces défis, les recherches menées s'appuient sur le développement ou l'adaptation d'approches associant caractérisation expérimentale, modélisation et simulation.

# PLATEFORMES

# ET INSTRUMENTS



Des ressources technologiques de haut niveau dans le domaine des **nanosciences**

## TekLiCell

Des équipements à l'échelle industrielle autour du **papier intelligent/impression du futur**, et des **biomatériaux, bioénergies, bioprocédés**

## BioBiax

Machine de **traction-compression biaxiale** BOSE dédiée aux **matériaux biosourcés**

## InTechFibres

Des équipements pour la production de **fibres et particules lignocellulosiques fonctionnalisées** et la mise en forme de **panneaux de process**

## MaLiCs

Développer des solutions innovantes pour l'**emballage de demain**

## ImprimLab'

Un pôle d'innovation pour l'**électronique imprimée** pour les **imprimeurs transformateurs**



PolyNat est partie prenante dans différentes plateformes scientifiques sur le site grenoblois, et bénéficie d'un accès privilégié aux grands instruments pour l'imagerie et la modélisation jusqu'à l'échelle nanométrique

# PROJETS FINANCÉS

## BILAN RESSOURCEMENT

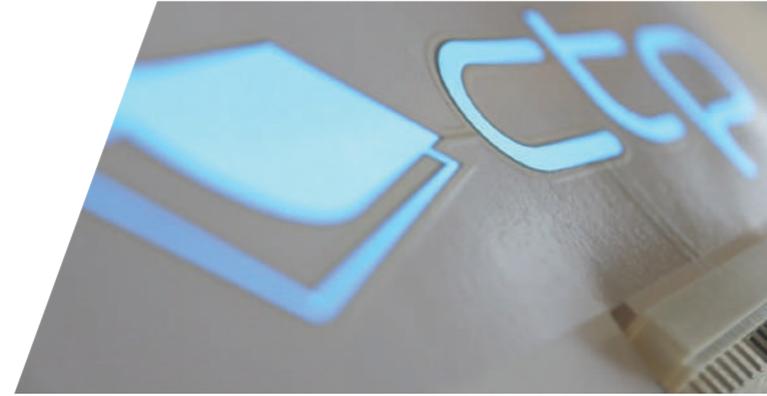
**2018** **11** projets financés  
Budget  
**745 300 €**

**2019** **10** projets financés  
Budget  
**750 500 €**

**PROJETS**  
2018

# GLYCOPV

Films nanostructurés biosourcés pour dispositif OPV



## LE PROJET

Un grand nombre d'applications d'électronique imprimée, tels que les écrans, les éclairages ou les cellules solaires, nécessitent d'avoir un substrat transparent.

Afin de promouvoir l'utilisation des matériaux bio-sourcés pour remplacer les plastiques issus du pétrole dans ces applications high-tech, notre objectif est de mettre au point des substrats celluloseux transparents et conducteurs, puis de démontrer des dispositifs opto-électroniques.

## LES RÉSULTATS

Nous avons d'abord réalisé des feuilles parfaitement lisses et transparentes en déposant des couches de polymères d'indice optique adapté sur des feuilles de nano-fibres de cellulose.

Parallèlement, nous avons développé 2 dispositifs opto-électroniques distincts pour mettre en avant les avantages des matériaux naturels issus des plantes.

Le premier démonstrateur est un écran électroluminescent imprimé sur différents types de papiers, opaques ou transparents.

Le second démonstrateur est une cellule solaire à Pérovskite, dont le rendement est optimisé grâce à l'utilisation de blocs copolymères à base de sucres, qui permettent une auto-organisation de la couche active à l'échelle nanométrique.

## LES SECTEURS D'APPLICATION



### Emballages et supports innovants

Électronique souple à grande surface : papiers peints interactifs, panneaux photovoltaïques, emballages intelligents ...

# SUBIOFOAMS

Développement de mousses pour élaborer de nouveaux matériaux alvéolaires



## LE PROJET

A travers trois projets financés par PolyNat, intitulés Microfoam, Cellufoam et SubioFoams, nos équipes cherchent à développer des mousses bio-sourcées avec des caractéristiques similaires aux mousses pétro-sourcées traditionnellement utilisées dans les emballages pour résister aux chocs, à la compression ou pouvant servir d'isolant thermique (polystyrène expansé, mousses de polyuréthanes).

## LES RÉSULTATS

Nous avons travaillé sur la génération de mousses en formulant des suspensions à base de cellulose micro-fibrillée (MFC), puis en identifiant la technique de foisonnement la plus adaptée.

Les projets ont permis la conception et la maîtrise de bancs pilotes générateurs de mousse permettant de produire en continu des mousses stables à taux d'aération contrôlé.

A ce jour, les équipes étudient les technologies de séchage appropriées afin d'obtenir un procédé de production de mousses bio-sourcées reproductible et transposable à l'échelle industrielle.

## LES SECTEURS D'APPLICATION



### Emballages et supports innovants

Emballages résistants aux chocs, à la compression et isolants thermique

## L'ÉQUIPE PROJET



### LE PORTEUR

Redouane Borsali - Directeur de recherche CERMAV

### LES PARTENAIRES

CTP- Davy Soysouvanh

## L'ÉQUIPE PROJET



### LE PORTEUR

Emeline Talansier - maître de conférences LRP

### LES PARTENAIRES

LGP2 - Davide Beneventi, Martine Rueff, Evelyne Mauret, CTP- Elisa Zeno, Bruno Carré

# DISSOLUCELL

Dissolution de la Cellulose



## LE PROJET

Dans un contexte où la demande mondiale en fibres textiles augmente, les fibres bio-sourcées constituent une alternative sérieuse aux fibres synthétiques pétro-sourcées.

Ce projet vise ainsi à développer un procédé de solubilisation de la cellulose en milieu aqueux à température ambiante et respectueux de l'environnement pour remplacer les procédés existant Viscose et LyoCell, en vue de l'obtention de fils textiles biosourcés à partir de la cellulose du bois.

## LES RÉSULTATS

Afin d'améliorer la solubilité de la cellulose dans l'eau, cette dernière a été fonctionnalisée avec des groupements acides COOH par oxydation.

En effet, en milieu aqueux alcalin, l'ionisation des COOH favorise l'individualisation des chaînes de cellulose. L'oxydation de la cellulose par NaIO<sub>4</sub>/NaClO<sub>2</sub>, associée à une mercerisation préalable, a permis d'obtenir sa dissolution complète en milieu aqueux alcalin (5 % de pâte, 10 % NaOH) et à température ambiante. La dégradation des chaînes de cellulose est restée modérée pour un taux de greffage des COOH très faible (0,08%).

Les fils ensuite obtenus par régénération dans l'acide sulfurique et sans aucun étirage présentent une bonne résistance à la traction. Ce procédé a été appliqué avec succès sur des celluloses d'origine différente.

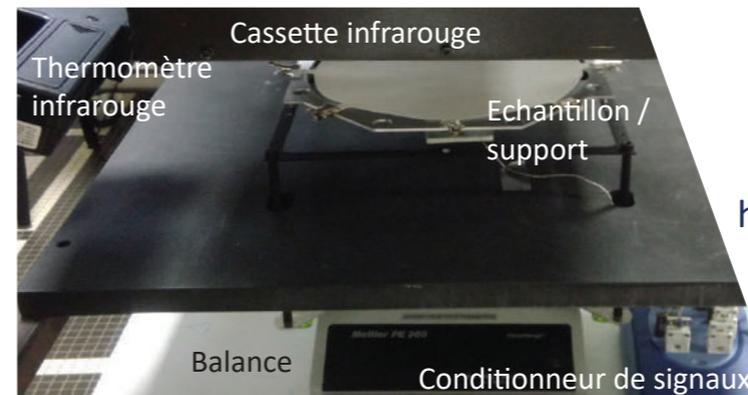
## LES SECTEURS D'APPLICATION



**Emballages et supports innovants**  
Industrie textile, Industrie papetière

# THERMIC

Propriétés thermiques des films humides de microfibrilles de cellulose et stratégie de séchage de cartons laminés humides



## LE PROJET

Les microfibrilles de cellulose (MFC) présentent un fort potentiel pour la réalisation de couches barrières à l'oxygène, à la graisse et aux huiles minérales avec des applications dans le domaine de l'emballage en remplacement de couches pétrosourcées.

Le CTP et le CNRS ont développé un procédé alternatif pour déposer et fixer une couche de MFC sur un support papier-carton. La nature du matériau déposé s'apparente à un hydrogel dont les propriétés diffèrent de celles des couches pigmentaires déposées dans la fabrication des papiers couchés.

Le projet TherMiC a pour but final de déterminer quels sont les moyens pertinents pour sécher un tel matériau stratifié. Pour cela, une étude des phénomènes mis en jeu a été réalisée. Cette étude a été basée sur l'expérimentation en laboratoire et comparée à des essais sur pilote.

## LES RÉSULTATS

Le projet TherMiC a permis de conduire des travaux fondamentaux pour apporter les connaissances nécessaires au choix des technologies de séchage pertinentes.

Les mécanismes principaux mis en jeu ont été identifiés et les valeurs des coefficients des grandeurs physiques associées ont été déterminées. On observe par exemple, à l'échelle laboratoire, que ce sont les conditions externes et non le matériau qui limitent la cinétique de séchage dans la gamme de conditions opératoires explorée.

Une stratégie de séchage du complexe film de MFC laminé sur un support carton a ainsi pu être proposée.

## LES SECTEURS D'APPLICATION



**Emballages et supports innovants**

## L'ÉQUIPE PROJET



### LE PORTEUR

Bruno Carré - Responsable de l'équipe «structuration des matériaux»  
CTP

### LES PARTENAIRES

CTP - Elisa Zeno  
LGP2 - Dominique Lachenal

## L'ÉQUIPE PROJET



### LE PORTEUR

Arnaud Aubigny - Responsable Projet Energie  
CTP

### LES PARTENAIRES

LGP2 - Davide Beneventi,  
Martine Rueff, Evelyne Mauret,  
CTP - Elisa Zeno, Bruno Carré

# VALONOIX

Identification des voies de valorisation des coques de noix



## LE PROJET

L'objectif du projet VALONOIX est d'identifier les voies de valorisation de la coque de noix, une biomasse, encore peu exploitée et présente en quantité importante dans la région grenobloise.

Il convenait ainsi d'établir les voies de valorisations possible d'extraits de coques de noix de deux manières : en déterminant sa composition chimique et les propriétés biologiques de ses composés extractibles ainsi que d'évaluer l'intérêt des poudres résiduelles d'extraction comme charge de renfort ou charge fonctionnelle dans des matériaux de type panneaux de bois ou papiers.

## LES RÉSULTATS

L'évaluation sur différents tests pharmacologiques de ces extraits a démontré leur absence de toxicité mais n'a pas abouti à une activité biologique notable.

L'utilisation de coques de noix dans les matériaux type panneaux, conserve ou améliore les propriétés mécaniques, le gonflement à l'eau est plus faible et des résultats préliminaires laissent envisager un comportement au feu intéressant.

Enfin, l'ajout de coques de noix finement broyées dans du papier (10% m/m) n'altère pas les propriétés mécaniques du papier sans toutefois augmenter les propriétés barrières à l'eau liquide.

## LES SECTEURS D'APPLICATION

### Construction bois et ameublement

Production de matériaux mixtes bois/coques de noix pour l'industrie ou la construction

# FILHYBAR

Films hybrides barrières nanocristaux de cellulose/nanoplaquettes de gibbsite

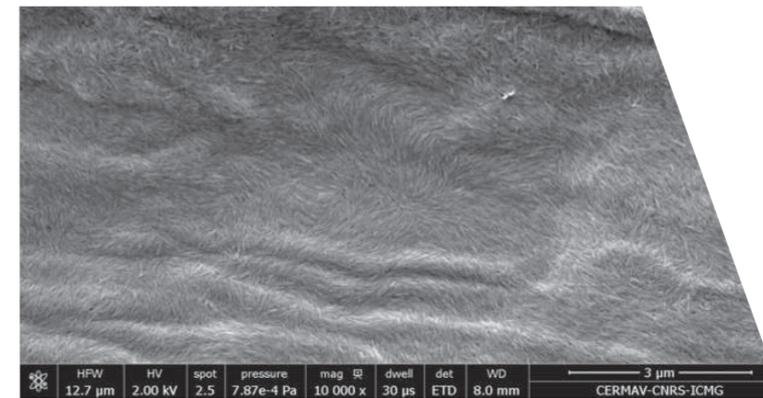


Image : Surface d'un carton recouverte d'un film multicouche hybride GNP/NCC terminé par une couche de NCC observée en MEB

## LE PROJET

Les nanocelluloses sont appelées à jouer un grand rôle dans le secteur de l'emballage par leur capacité à former des revêtements barrières aux gaz. Par ailleurs, leur combinaison avec des nanoplaquettes inorganiques via l'utilisation de la méthode d'assemblage couche par couche (LbL) permet de réaliser des structures denses et cohésives qui présentent une forte tortuosité.

Dans ce contexte, le projet FILHYBAR a eu pour objectif d'étudier la possibilité de recouvrir des substrats commerciaux (papiers ou cartons modifiés ou non, films plastiques) par des films minces hybrides multicouches composés de couches alternées de nanocristaux de cellulose (NCC) et de nanoplaquettes minérales de gibbsite (GNP) afin d'en améliorer les propriétés barrière à l'oxygène et à la vapeur d'eau.

## LES RÉSULTATS

Dans un premier temps, le procédé LbL par trempage, initialement développé pour des surfaces rigides et lisses de petites dimensions, a été adapté à l'utilisation de substrats souples et de grande taille.

Grâce à l'utilisation de méthodes de caractérisation structurale avancées (ellipsométrie, AFM, microscopie électronique à balayage), nous avons ensuite prouvé que des films multicouches (GNP/NCC) pouvaient être déposés à la surface de tous les substrats testés, quelle que soit leur composition, morphologie de surface, rugosité et hydrophilicité avec une architecture dense et homogène identique à celle obtenue sur les substrats modèles.

Enfin, pour les substrats commerciaux ne présentant pas initialement de défaut, nous avons pu obtenir grâce à ces dépôts une amélioration significative des propriétés barrière à l'oxygène allant jusqu'à une réduction de la perméabilité de 75% par rapport au substrat nu.

## LES SECTEURS D'APPLICATION

### Emballages et supports innovants

Emballages alimentaires et pharmaceutiques

## L'ÉQUIPE PROJET



### LE PORTEUR

Benjamin Boucherle - Maître de conférences DPM

### LES PARTENAIRES

FCBA- Sandra Tapin-Lingua  
CTP- Valérie Meyer,  
Mohammed Krouit

## L'ÉQUIPE PROJET



### LE PORTEUR

Bruno Jean - Chargé de recherche CERMAV

### LES PARTENAIRES

CTP- Laura Crowther-Alwyn,  
David Guérin

# DISOLI

Contrôle et optimisation de la dispersion/dissolution des particules de lignines



## LE PROJET

Les lignines Kraft sont les principaux sous-produits des usines de pâtes chimiques. Encore principalement valorisées en énergie, elles possèdent pourtant une structure tridimensionnelle phénolique et des propriétés physico-chimiques intéressantes pour le développement de matériaux/produits bio-sourcés.

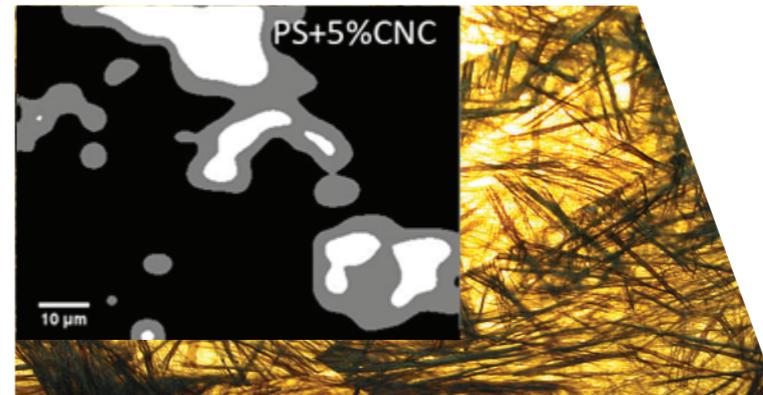
Se présentant sous la forme de poudre fine, pulvérulente et hygroscopique, les lignines Kraft sont classées ATEX, ce qui limite grandement ses applications, notamment sa solubilisation/remise en suspension dans l'eau.

Le projet DISOLI s'est intéressé à l'amélioration des propriétés d'usage des lignines Kraft, en optimisant la taille et la structure des particules. Il a eu pour objectif de développer un procédé de granulation par voie humide de la poudre fine de lignine Kraft, en privilégiant un liant favorisant sa dispersion ultérieure.

## LES RÉSULTATS

Les lignosulfonates (lignines produites par les procédés sulfite), d'ores et déjà utilisés comme liants, ont été avantageusement mis en œuvre sur des lignines Kraft de résineux (particules ~20 µm, coulabilité passable) et de feuillus (particules ~3 µm, coulabilité mauvaise), pour produire des grains 100% lignines.

La granulation a été particulièrement efficace sur les lignines kraft de feuillus, et a conduit à des grains homogènes de taille ~ 3 mm, d'excellente coulabilité, tout en conservant les propriétés initiales des lignines kraft.



Observation de l'orientation des nanocristaux de CELLulose lors du procédé d'extrusion : effet de la MATrice Polymère

## LE PROJET

Les nanocristaux de cellulose (CNC) sont des charges issues de la biomasse qui, ajoutées à des matrices polymères, permettent une nette amélioration de leurs propriétés mécaniques.

Pour cela, il est nécessaire d'avoir une dispersion homogène des CNC. Si cela est aisé par voie solvant, la réalisation par des procédés industriels offre un des défis intéressants de ces dernières années. Toutefois, il n'existe pas à ce jour de méthode satisfaisante pour cartographier les CNC à l'intérieur d'une matrice polymère. Or il est primordial pour comprendre les phénomènes de dispersion et d'orientation de pouvoir visualiser ces charges.

Dans cette étude on s'attachera donc à travailler sur l'échantillonnage et les techniques de visualisation par spectroscopie Raman afin de cartographier ces composites.

## LES RÉSULTATS

Les spectres Raman obtenus nous ont permis de faire une analyse différenciée de nos échantillons et d'en proposer une image contrastée : les intensités les plus élevées témoignent de la présence de cellulose, les zones les plus sombres étant quant à elles représentatives de la matrice polymère. La superficie et le pourcentage de zone occupée par chacun des composants de l'échantillon ont pu ensuite être estimés par un logiciel développé au LRP.

Cette étude révèle l'existence de deux processus antagonistes qui se déroulent lors de l'incorporation de CNC ; le processus d'agrégation et le processus de mélange. Ces processus sont quantifiables et un nouvel indicateur d'agrégation a ainsi pu être défini : le rapport des CNC agglomérés aux CNC mélangés avec la matrice polymère.

## L'ÉQUIPE PROJET



### LE PORTEUR

Frédérique Bertaud - Ingénieur projets CTP

### LES PARTENAIRES

FCBA - Sandra Tapin-Lingua  
CERMAV - Sonia Molina-Boisseau

## LES SECTEURS D'APPLICATION



### Chimie / Construction bois et ameublement

Matériaux/produits bio-sourcés à base de lignines

## L'ÉQUIPE PROJET



### LE PORTEUR

Nadia El Kissi- Directeur de Recherche LRP

### LES PARTENAIRES

LGP2 - Alain Dufresne

## LES SECTEURS D'APPLICATION



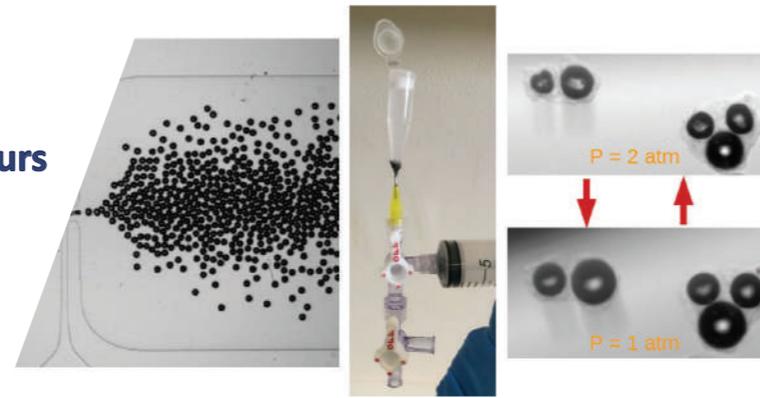
### Emballages et supports innovants / Santé et cosmétique

Emballage- Energie

# CELLUSWIM



Fabrication de micronageurs biosourcés et mus par ondes ultrasonores



## LES RÉSULTATS

Nous avons pu mettre au point un protocole reproductible pour enrober des bulles d'air micrométriques avec une coque de nanocristaux de cellulose (CNC) et de xyloglucane (Xg).

Les bulles micrométriques sont formées dans un circuit microfluidique, puis couvertes d'un certain nombre de couches de CNC ou de Xg par mise en contact avec les suspensions d'intérêt, puis rinçage. Lorsque la pression extérieure augmente, les objets obtenus se dégonflent en se déformant d'une manière qui signe la nature solide de la coque. De plus, la déformation est réversible, indiquant un caractère élastique.

L'obtention de tels objets permet d'envisager des cycles dégonflement-regonflement sous l'effet d'une onde ultrasonore, condition sine qua non pour induire à distance un mouvement de nage pilotable.

## LES SECTEURS D'APPLICATION

### Santé et cosmétique

Microrobots pilotables à distance en milieu aqueux, vectorisation de médicaments.



## LE PROJET

Les stratégies de ciblage médicamenteux couramment utilisées reposent sur des concepts de reconnaissance moléculaire que l'on pourrait qualifier de « passifs ». Les acteurs du secteur pharmaceutique sont très demandeurs de solutions innovantes dans ce domaine.

Ce projet propose d'explorer les possibilités offertes par certains phénomènes physiques pour piloter la délivrance de manière active. D'un point de vue technologique, il vise à propulser des coques remplies d'air en milieu liquide, via des instabilités mécaniques générées par des cycles de pression induisant dégonflement (« flambage ») et regonflement.

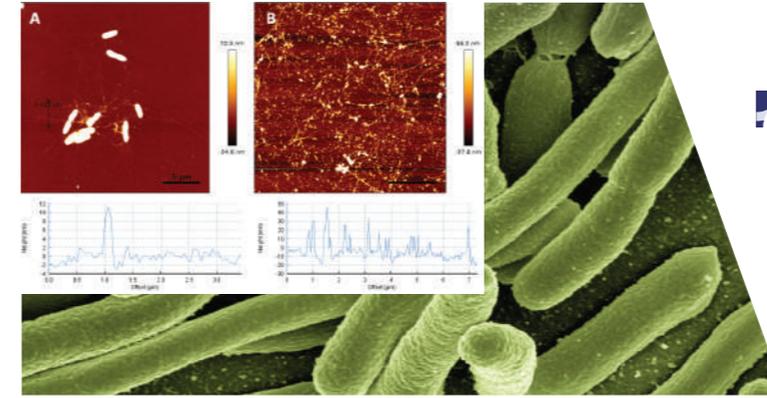
## L'ÉQUIPE PROJET

### LE PORTEUR

Catherine Quilliet - Maître de Conférences LIPhy

### LES PARTENAIRES

LIPhy - Gwennou Coupier, Elise Lorenceau, Philippe Marmottant CERMAV - Laurent Heux, Yotam Navon



# PSEUDOLECTINS

Elucider le rôle des lectines dans la virulence bactérienne

## LE PROJET

Le pathogène opportuniste commun *Pseudomonas aeruginosa* exerce souvent sa virulence via la formation aux interfaces de biofilms, structures organisées où une matrice extracellulaire lie et protège les bactéries. *P. aeruginosa* produit deux lectines (protéines liant les sucres de façon spécifique) tétravalentes ; bloquer ces lectines grâce à des composés glycomimétiques diminue fortement la virulence, mais les mécanismes impliqués sont peu clairs.

Le but de ce projet est d'utiliser la microscopie à force atomique (AFM) et la spectroscopie de force pour élucider le rôle des lectines dans la construction du biofilm, en mesurant directement les interactions lectines-matrice.

## LES RÉSULTATS

Le travail comprend deux phases : nous devons d'abord imager par AFM les bactéries et leurs dépôts de matrice après quelques heures. Puis nous entamerons la spectroscopie de force en molécule unique, pour laquelle la pointe AFM sera fonctionnalisée par des lectines, et amenée au contact de la matrice pour mesurer les forces d'adhésion.

L'imagerie in situ, en milieu liquide, des bactéries non fixées est délicate, mais nous avons obtenu de premiers résultats encourageants (figure). La fonctionnalisation de pointes AFM par les lectines est en cours.

## L'ÉQUIPE PROJET

### LE PORTEUR

Sigolène Lecuyer Jean- Chercheur LIPhy

### LES PARTENAIRES

CERMAV- Annabelle Varrot



## LES SECTEURS D'APPLICATION

### Santé et cosmétique

Santé, matériaux pour la médecine (catheters, implants), industrie pharmaceutique.



# PROJETS 2019

# PROJETS FINANCÉS 2019



## APTABOIS

Développement d'**Aptamères** pour la caractérisation in-situ de molécules dans le **bois**

Pour la préservation du bois, des pesticides, tel le tébuconazole, sont utilisés. Les techniques employées jusqu'à présent pour leur détection font appel à des méthodes destructrices (ex : HPLC, CPG). Des méthodes immunocytochimiques basées sur l'utilisation d'anticorps ont été testées mais ont montré leurs limites. Le projet Aptabois propose de développer une méthode de caractérisation innovante, basée sur le développement d'aptamères pour la détection d'agents de préservation, in situ, dans le matériau bois.



## BIOWET

**Biobased solutions for wet strength additives**

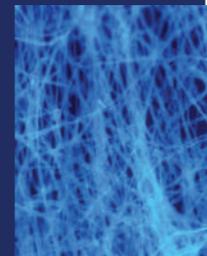
L'un des verrous à l'utilisation du papier dans de nombreuses applications est l'effondrement de ses propriétés mécaniques en présence d'eau. Les additifs utilisés actuellement dans l'industrie pour donner de la résistance à l'humidité sont des produits pétrosourcés, toxiques pour l'environnement et de mise en œuvre compliquée. Le projet BIOWET a pour objectif d'explorer les mécanismes et les propriétés d'usage conférées à différents types de substrats celluloseux par ces additifs dans le contexte de leur utilisation dans les procédés papetiers.



## CHEM-MFC

Nouvelle **Plateforme Chimique** pour le Pré- ou Post-Traitement de **MFC Fonctionnelles**

La production de microfibrilles de cellulose (MFC) à faible coût est aujourd'hui un réel enjeu économique et dont les perspectives d'applications sont multiples (composites, papeterie, emballage, textile, etc.). Le projet CHEM-MFC propose de fonctionnaliser les fibres de cellulose oxydées par la réaction de condensation de Knoevenagel à l'aide d'une plateforme chimique modulable. Ainsi, nous grefferons différentes fonctions utiles pour la (re) dispersion des MFC, pour améliorer leur compatibilité dans des matrices de polymères ou encore pour présenter une activité biologique.



# PROJETS FINANCÉS 2019

## CODEMFC

Evaluation des contraintes lors du **séchage de cartons laminés** avec une **couche humide de MFC** et **modélisation** de la structure poreuse de la couche

Le CTP et le CNRS ont breveté le concept de lamination humide d'une couche de MFC sur un support cellulosique qui permet d'assembler, sans colle, une couche de MFC sur les papiers et cartons et apparait comme une alternative intéressante aux couches barrières actuelles. Cependant, plusieurs phénomènes restent encore mal compris (le retrait du film au séchage, son adhésion au support cellulosique et l'origine de ses performances barrières exceptionnelles en dépit de la structure poreuse), créant ainsi des verrous au développement de cette technologie.



## LAMCELL-μPAD

Plate-forme **micro-fluidique** pour **dispositifs d'analyses bio-médicales** avec **bio-pile** intégrée

Les dispositifs analytiques à base papier classiques comprennent en général un substrat papier qui est ensuite modifié pour tracer un chemin capillaire : celui-ci permet d'acheminer une goutte de liquide corporel vers une zone de test. L'innovation majeure proposée est d'utiliser un film de MFC (micro-fibrilles de cellulose) en tant que barrière à l'eau pour délimiter un chemin capillaire. Ainsi, la plateforme sera constituée majoritairement de cellulose non modifiée. L'objectif du projet est de proposer une plate-forme pour micro-fluidique low-tech/low-cost à base cellulose.



## NACECO

Valorisation des **nanocelluloses** à haute **concentration**

Les développements récents dans la recherche sur les nanoparticules cellulosiques ont donné lieu à une vaste littérature consacrée à la nanocellulose qui n'est plus seulement un sujet d'actualité mais une réalité industrielle. Leur production industrielle a fait un grand pas ces 2 dernières années avec de plus en plus d'entreprises dans le monde qui annoncent produire et vendre ces matières. C'est pourquoi ce projet se focalisera sur un nouveau «type» de nanofibrilles développées par PolyNat et Tec21 (projet CERISE) et qui peuvent se définir comme des nanocelluloses à Haute concentration (20%).



# PROJETS FINANCÉS 2019

## POLYCELL

Procédé de **production de celluloses** polyvalentes par **oxydation non-conventionnelle**

Le projet PolyCell vise à produire, à partir d'un même procédé, de la pâte kraft blanchie mais également des celluloses de haute valeur ajoutée (pâte à dissoudre et pâte pour MFC), en enrichissant en groupements carboxyles (COOH) les pâtes à papier industrielles lors du dernier stade de blanchiment. L'innovation réside dans l'utilisation d'un oxydant, classiquement employé dans les lignes de blanchiment de pâte à papier, le ClO<sub>2</sub>, en étudiant des conditions opératoires totalement inédites pour l'industrie papetière.



## SUBWAT-MFC

**Pré-traitement** de **fibres cellulosiques** en **eau sous-critique** pour la **production de microfibrilles de cellulose**

L'objectif du projet est d'utiliser un nouveau procédé de pré-traitement éco-conçu de fibres cellulosiques pour la production de microfibrilles de cellulose (MFC) en utilisant l'eau sous-critique. Actuellement divers procédés ont été optimisés pour prétraiter les fibres cellulosiques afin de fragiliser leur structure en vue de la libération des microfibrilles mais ils présentent encore de nombreux inconvénients. L'utilisation de l'eau sous-critique comme nouveau procédé de pré-traitement des fibres pourrait permettre de s'affranchir de ces limitations.



## BROCOLI

**Controlled Bulk production of Cellulose Oligomers**

La faible masse moléculaire (MW) des oligomères de cellulose permet de fortement faciliter leur processabilité. Associée à leur caractère amphiphile, elle leur confère un réel potentiel applicatif (Additifs alimentaires, composés amphiphiles biosourcés, etc.). Cependant, l'utilisation d'oligomères de cellulose est aujourd'hui largement limitée en raison du coût élevé de leur production ainsi que de leur faible disponibilité. L'objectif de BroCOli est de produire, de manière contrôlée (MW et distribution), des oligomères de cellulose en grande quantité par hydrolyse acide de la cellulose de haut MW.



# PROJETS FINANCÉS 2019

## TERRANOVA

**Terre**, fibres végétales et bioplomymères pour de **nouveaux éléments de construction**



La terre a toujours été utilisée comme matériau de construction, souvent associée à des fibres naturelles pour lui conférer de meilleures propriétés. Les différentes cultures constructives locales ont donné lieu à des matériaux biosourcés et des procédés de mise en œuvre qui permettent d'avoir des matériaux de construction aux propriétés remarquablement adaptées à leur environnement ; de fait ces technologies anciennes sont devenues des sources d'inspiration dans notre quête d'aujourd'hui pour un développement plus durable. Pour autant, peu d'études scientifiques ont été menées pour analyser et comprendre le fonctionnement de ces matériaux sur les plans mécanique, hygro-thermique ou acoustique.

## TWM

**Thermo-hydrromechanical Wood Molding**



Le bois est un nano-composite fait de cellulose cristalline enrobée dans une matrice amorphe composée de lignine et d'hémicellulose. Cette structure confère des propriétés mécaniques et une résistance chimique intrinsèquement élevées, qui en fait un matériau adapté pour des applications structurales, du petit coffrage au bâtiment. En revanche, le bois est cassant en traction. Sa rigidité et sa fragilité sont des obstacles pour les procédés industriels. Inspiré par le procédé artisanal de cintrage du bois qui le plastifie par la vapeur chaude, nous étudions le comportement du bois sous sollicitation mécanique à température élevée pour optimiser le procédé de moulage du bois.

## LIGN'OR

**Lignines fonctionnalisées par des réactifs oxydants ou réducteurs**



L'intérêt d'utilisation de la lignine comme matière première s'est considérablement accru. Cependant, son utilisation est souvent rendue difficile par le manque de réactivité ainsi que la forte coloration, engendrée lors de la production industrielle de pâtes à papier. Dans ce projet, nous cherchons à mettre au point des procédés de fonctionnalisation de lignines industrielles par des approches oxydantes ou réductrices. Ces différents traitements étant susceptibles de modifier la structure des lignines, celles-ci seront caractérisées de manière approfondie et testées dans plusieurs applications.

SUCCESS  
STORY



# BeFC

## Réinventer la manière dont nous alimentons les appareils électroniques jetables pour un avenir durable

### LE PROJET

Ce projet financé en 2018 par PolyNat sous le nom de BigPad avait pour but le développement d'un bio-générateur d'électricité respectueux de l'environnement et capable d'alimenter des capteurs électrochimiques à usage unique ou jetables (type test de grossesse ou d'ovulation).

Aujourd'hui la start-up est en maturation SATT Linksiium (Société d'Accélération du Transfert de Technologies) sous le nom BeFC. Un contrat est déjà en cours avec Swiss Precision Diagnostics (Clearbue), et trois demandes de brevets ont été soumises. BeFC vient de remporter le Leyton sustainable start-up challenge et l'opportunité de participer au CES : le plus grand salon mondial dans le domaine de la technologie.

### LE PRODUIT

Les biopiles sont constituées de composants non-toxiques et biodégradables, et le carburant est même comestible. Ces générateurs d'énergie électrique peuvent être alimentés par des fluides utilisés au quotidien tels que l'eau du robinet ou les fluides biologiques. Ils représentent donc une alternative durable et écologique aux batteries pour les dispositifs jetables.

De nombreuses applications sont envisagées, telles que l'alimentation de tests d'ovulation/grossesse, de tests pour le suivi des patients à domicile (POCT), ou encore l'Internet Of Things (IoT, capteurs connectés).



Source d'énergie ultra-mince à base de papiers



Eco-conçu et biosourcé



Disponible dans une large gamme de formats et de performances



# TEMPS 4. FORTS

11<sup>ème</sup> édition des  
Rendez-Vous Carnot  
**17-18 OCTOBRE 2018**

Showroom de l'innovation, Congrès de l'ATIP,  
Alpexpo Grenoble

Les 4èmes rencontres de l'Union Papetière ont eu lieu en novembre à Grenoble lors du 71<sup>e</sup> Congrès de l'Association Technique de l'Industrie Papetière (ATIP). Ces rencontres organisées en collaboration avec le CTP et le LGP2/Pagora avaient pour thème « défis technologiques pour l'industrie papetière du futur ». Gilles Lenon (directeur du CTP) et Didier Chaussy (directeur du LGP2) ont présenté les éco-procédés et les éco-produits de demain.

**20-21 NOVEMBRE 2018**



5<sup>ème</sup> édition du Forum Internationale Industries et du Visiting Committee



**14-15 MAI 2019**

Julien Bras reçoit le NanoDivision  
Mid-Career Award 2019



**3-7 JUIN 2019**

Ce prix lui a été décerné par TAPPI NanoDivision pour sa contribution exceptionnelle à la recherche sur les nanomatériaux renouvelables, en moins de vingt ans de carrière.

12<sup>ème</sup> édition des Rendez-Vous  
Carnot  
**16-17 OCTOBRE 2019**

**20 NOVEMBRE 2018**

Redouane Borsali et Wen-Chang Chen lauréats du prix franco-taiwanais de l'Académie des Sciences



C'est sous la Coupole de l'Institut de France que le directeur de l'Institut Carnot PolyNat et Wen-Chang Chen, Distinguished Professor à la National Taiwan University, ont reçu le prix franco-taiwanais pour leur travail commun sur les dispositifs de mémoire à transistors.

**5-8 MARS 2019**

Global Industrie

PolyNat était présent au salon Global Industrie sur le pavillon 'Carnot', à la rencontre des entreprises afin de présenter les compétences de ses partenaires.



**24 MAI 2019**

Biosourced and innovative materials  
Grenoble Tour

Les industriels participants au salon Plant Based Summit ont été invités à visiter le CTP, le LGP2, le CERMAV et le 3SR lors d'une journée co-organisée par PolyNat, PBS, Grenoble-Alpes Métropole et le pôle Axelera.



**26-27 JUIN 2019**

7<sup>ème</sup> édition des Journées PolyNat



## LES RENDEZ-VOUS CARNOT

Les Rendez-Vous Carnot sont un évènement incontournable pour rencontrer des entreprises, tous secteurs confondus et souhaitant initier un projet de recherche partenariale.

### BILAN 2018

Participants  
**2 700**

**94%** de visiteurs satisfaits

RDV d'affaires  
**10 000**

## LE VISITING COMMITTEE

Chaque année PolyNat sollicite l'avis de ses partenaires industriels et institutionnels sur ses orientations stratégiques lors du « Visiting Committee ».

Cet évènement, à l'initiative du Comité de coordination stratégique, rassemble des industriels de toute taille, organismes de tutelles, pôles de compétitivité, SATT Linksiium de Grenoble, AiCarnot. PolyNat présente les différentes actions et projets financés dans le cadre de son appel à projet, et le comité fait part de ses avis et recommandations sur le positionnement stratégique du Carnot.

Ce rendez-vous annuel est un véritable atout pour PolyNat : il permet de définir son orientation stratégique du Carnot tout en ayant à l'esprit les besoins industriels de demain dans le domaine des matériaux biosourcés.

Lors de l'édition 201, les différents acteurs ont débattu autour d'une question d'actualité : Du mono-matériau au composite, quelle alternative au plastique ?

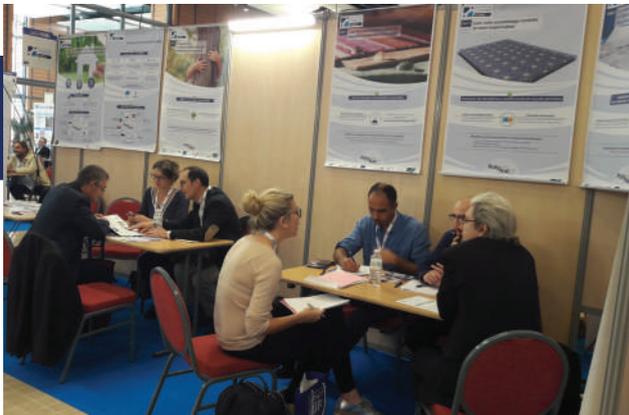
## LES JOURNÉES POLYNAT

Pour ses journées scientifiques de 2018 et 2019, PolyNat a réuni ses équipes de recherche lors de deux journées sous le signe de la cohésion. L'occasion pour les chercheurs, ingénieurs, post-doctorants, doctorants et stagiaires du Carnot de se mettre au vert en quittant la métropole grenobloise.

Chaque année au mois de juin, ces deux jours permettent de faire le bilan des projets financés par PolyNat et d'identifier les complémentarités pour de futurs projets.

Les porteurs des projets présentent les avancées scientifiques devant l'ensemble du Comité Scientifique de PolyNat (CCS), afin de faire une revue des projets de ressourcement à mi-parcours, et le bilan des projets terminés et des suites envisagées.

Après le lac d'Aix-les-Bains en 2018, les équipes de PolyNat se sont réunies au pied des côteaux de l'Hermitage les 26 et 27 juin 2019, une manière agréable d'échanger ensemble sur les projets scientifiques de PolyNat et de fédérer encore plus les équipes !





# LE FORUM INTERNATIONAL INDUSTRIES

L'international faisant partie intégrante de sa stratégie, PolyNat met un point d'honneur à entretenir et développer ses relations avec le paysage industriel international. Le **Forum International Industries PolyNat** est en ce sens l'événement annuel incontournable du Carnot.

Le Forum a pour objectif de développer un dialogue constructif entre les structures de recherche de PolyNat et les industriels présents. L'objectif est de laisser la parole aux entreprises afin de partager leurs perspectives et leurs défis R&D. L'enjeu des matériaux biosourcés de demain est le thème fédérateur des échanges entre industriels de différents secteurs et scientifiques de PolyNat.

En 2019, pour la cinquième année consécutive, les équipes de PolyNat ont uni leurs forces pour attirer à la fois des startups et de très jeunes entreprises, ainsi que des entreprises nationales et internationales de tout horizon engagées dans la promesse d'une bioéconomie.

Cette édition a été marquée par la participation du Représentant de Taiwan en France, Mr François Chih-Chung WU, qui nous a fait l'honneur d'ouvrir le Forum. Durant son discours, il a notamment rappelé l'intérêt des industriels taïwanais de participer à cet événement international.

La richesse des échanges, de la PME aux leaders mondiaux a donné la mesure de l'envergure partenariale de PolyNat et des opportunités de collaboration offertes par ses équipes de chercheurs et d'ingénieurs.

Hormis démontrer les complémentarités scientifiques des laboratoires de PolyNat, cet événement a été l'occasion de resserrer les liens entre chercheurs et industriels, pour imaginer ensemble les matériaux de demain !

Fier de ce succès, PolyNat souhaite continuer sur sa lancée et organisera d'autres éditions pour les années à venir.

## LE FORUM EN CHIFFRES

4 jours de forum

36 conférences en anglais

30 entreprises

210 participants

2018  
2019

Merci à tous les intervenants du Forum International Industries PolyNat en 2018-2019 :





**Édition :** Institut Carnot PolyNat, CERMAV-CNRS CS40700, 38041 Grenoble Cedex 9

**Directeur de la publication :** Redouane Borsali, directeur de l'institut Carnot PolyNat

**Rédaction et mise en page :** Sophie Renaud, chargée de mission, François Portier, Chargé d'affaires, Laure De Bonis, stagiaire communication, Charlène Efligenir, chargée de mission

**Photos :** @PolyNat - Alexis Chézière | @PolyNat - RiGando | Pixabay - @Fotograf Gabriel | @Académie des Sciences | @BeFC | @Free-Photos | @Picography | Freepik - @photoangel | Burst - @Nicole De Khors

**Pictogrammes :** Flaticon - @Freepik | @srip | @Pixel perfect | @CC3 0BY. | @Gregor Cresnar | @monkik | @Those Icons | @Wichai.wi



**Institut Carnot PolyNat**

Domaine Universitaire, 601 rue de la chimie, 38610 Gières  
Adresse postale : CERMAV-CNRS CS40700 38041 Grenoble Cedex 9



contact@polynat.eu



04.76.03.76.32



www.polynat.eu



@carnot\_polynat



Institut Carnot PolyNat

