



EXTRAFORREST

Compte rendu de la 4^{ème} réunion publique

4 avril 2019

Table des matières

L'EMERGENCE D'UNE FILIERE CHIMIE-BOIS	2
EXTRAFORREST PARTICIPE A L'EMERGENCE D'UNE FILIERE CHIMIE DU BOIS DANS LE GRAND EST.....	2
QUANTIFIER ET QUALIFIER LA RESSOURCE.....	4
EXTRAFORREST RASSEMBLE ET ANALYSE LES DONNEES POUR IDENTIFIER QUELLES SERONT LES MEILLEURS GISEMENTS DE MOLECULES EXTRACTIBLES DANS LES FORETS ET LES CONNEXES INDUSTRIELS DE NOS REGIONS	4
ZOOM SUR L'ETUDE DE LA BIODIVERSITE DES EXTRACTIBLES DU BOIS	5
EXTRAFORREST CARACTERISE LA VARIABILITE DES TAUX D'EXTRACTIBLES CONTENUS DANS LES ECORCES, LE BOIS ET LES NŒUDS SELON 3 APPROCHES :	5
L'APPROCHE ANALYTIQUE EN LABORATOIRE.....	5
L'APPROCHE « NON DESTRUCTIVE »	6
L'APPROCHE PAR ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE	6
LE POTENTIEL DE MOLECULES A HAUTE VALEUR AJOUTEE ?	7
EXTRAFORREST ESTIME LE « POTENTIEL PRODUCTIF » DES FORETS DU GRAND EST EN TERMES DE QUANTITES DE MOLECULES A HAUTE VALEUR AJOUTEE.....	7
LA DISPONIBILITE EN EXTRACTIBLES POUR L'INDUSTRIE CHIMIQUE. LES FACTEURS QUI INTERVIENNENT SUR CETTE DISPONIBILITE	8
EXTRAFORREST SE DOTE D'UN OUTIL D'ANALYSE STRATEGIQUE, D'EQUIPEMENTS ET D'INVESTISSEMENTS.	8
CONTACT	9



L'EMERGENCE D'UNE FILIERE CHIMIE-BOIS

EXTRAFOR EST PARTICIPE A L'EMERGENCE D'UNE FILIERE CHIMIE DU BOIS DANS LE GRAND EST

Quel est le contexte ? D'une part la société demande de plus en plus de bio-molécules ou molécules naturelles. D'autre part, il existe des molécules d'avenir dans les arbres, qui pour l'instant ne sont pas valorisées, alors que la ressource forestière en France est particulièrement abondante.

Nos objectifs ?

1. Mieux connaître :

- **la diversité régionale de la ressource forestière** et en connexes industriels (écorce, nœuds, sciures, plaquettes...) tant en taux qu'en quantité, afin d'en repérer les fractions les plus riches ;
- **les marchés des composés contenus dans le bois et l'écorce** tant en termes de volumes, de prix et de secteurs, afin de repérer les extraits les plus prisés ;

2. Diffuser les connaissances acquises de manière à faire dialoguer les acteurs des filières forêt-bois avec les industriels de la chimie souhaitant tirer profit de la biomasse. Il est notamment envisagé de motiver l'installation d'un démonstrateur régional de plateforme d'extraction chimique.

3. Créer un outil d'aide à la décision régionale d'équipement et d'investissement dans une filière forêt-chimie

Qu'allons-nous étudier ? 5 espèces forestières seront étudiées car elles sont bien représentées et transformées dans les deux régions, Grand Est et Bourgogne Franche Comté : sapin, épicéa, douglas, chêne, hêtre.

Qu'allons-nous livrer concrètement ?

- Des connaissances sur les ressources et les marchés
- Des articles, des interventions, des échanges et un document de synthèse sur la biodiversité chimique, les process et les marchés



- Un **outil d'aide à la décision**, intégrant toutes les connaissances acquises sur la dynamique des composantes ressources, filières et marchés, afin d'être en mesure de simuler l'effet de perturbations dans l'une des composantes, sur les autres composantes, et d'accompagner des choix stratégiques d'investissement et d'équipement.



EXTRAFORREST EN CHIFFRES CLES

- **1 500 000 euros** de subventions
- **5 sources** de financement : MAA, FEDER Lorraine, LABEX Arbre, ADEME et Région Grand Est
- **6 laboratoires** de R&D mobilisés : Inra-Silva, LERMAB, BETA, CRITTBois, FCBA, IGN
- **3 doctorants** et **3 post-doctorants** impliqués
- **3 comités consultatifs** composés d'acteurs des filières forêt-bois et de la chimie du végétal
- **5 espèces forestières** étudiées : sapin, épicéa, douglas, chêne et hêtre
- **2 régions** concernées : Grand Est et Bourgogne Franche Comté
- **3,5 millions d'hectares** de forêt
- **54 mois de travail** : juillet 2017 – décembre 2021
- **1 site web** : <https://www6.inra.fr/extraforest>



QUANTIFIER ET QUALIFIER LA RESSOURCE

EXTRAFOR EST RASSEMBLE ET ANALYSE LES DONNEES POUR IDENTIFIER QUELLES SERONT LES MEILLEURS GISEMENTS DE MOLECULES EXTRACTIBLES DANS LES FORETS ET LES CONNEXES INDUSTRIELS DE NOS REGIONS

Les extractibles forestiers sont des molécules que l'on peut extraire des structures de l'arbre par des solvants organiques ou par l'eau, selon différentes modalités. Ils font partie des métabolites secondaires, en complément des métabolites primaires qui sont impliqués dans l'élaboration des structures et donc dans la croissance des arbres. Parmi ces extractibles on reconnaît des sucres simples ou polysaccharides, des cires, des graisses, des molécules engagés dans la communication et la défense... Ces molécules apportent donc des propriétés intéressantes au bois.

Il se trouve que ces extractibles sont présents à des taux et à des quantités importantes dans les produits dits connexes des scieries, papeteries, unités de production de panneaux... particulièrement dans les écorces et les nœuds.

Alors que jusqu'à présent ces connexes sont brûlés pour produire de la chaleur et/ou de l'énergie, une meilleure valorisation pourrait être envisagée en retirant avant les composés chimiques extractibles. C'est le principe de l'utilisation en cascade.

Certaines molécules issues du chêne ont des propriétés anti-âges. Elles sont déjà vendues sur le marché.

LES UTILISATIONS ACTUELLES

- L'énergie
- L'agriculture
- Les matériaux
- La filtration
- L'industrie agroalimentaire et pharmaceutique



ZOOM SUR L'ÉTUDE DE LA BIODIVERSITÉ DES EXTRACTIBLES DU BOIS

EXTRAFOR EST CARACTÉRISE LA VARIABILITÉ DES TAUX D'EXTRACTIBLES CONTENUS DANS LES ÉCORCES, LE BOIS ET LES NŒUDS SELON 3 APPROCHES :

- UNE APPROCHE ANALYTIQUE EN LABORATOIRE
- UNE APPROCHE NON DESTRUCTIVE PAR NIRS
- UNE APPROCHE D'ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

La variabilité se décompose en variabilité entre espèces d'arbre, entre arbres à l'intérieur d'une même espèce, entre compartiments (bois, écorce, nœuds) à l'intérieur des arbres et enfin à l'intérieur de chaque compartiment, selon la hauteur dans l'arbre.

L'approche analytique en laboratoire

Menée par le LERMAB, elle vise à obtenir des taux d'extrait exprimés en gramme d'extrait par gramme de bois anhydre. Elle consiste à préparer les échantillons jusqu'à obtenir une fine poudre de matière anhydre. Une extraction considérée comme celle pratiquée dans l'industrie consiste à passer les échantillons de poudre à l'eau chaude + éthanol (solvant considéré comme vert) dans un extracteur automatisé de marque Dionex. Une extraction avec des solvants organiques « moins verts » utilisés expérimentalement en laboratoire est pratiquée pour obtenir les taux *a priori* les plus élevés.

Une fois l'extraction réalisée l'extrait est débarrassé de son eau + éthanol puis est passé en GC-MS (chromatographie en phase gazeuse puis spectrométrie de masse), LC-MS (chromatographie en phase liquide puis spectrométrie de masse) et/ou sous un rayonnement UV, techniques permettant d'avoir accès à la composition chimique des extraits.

En octobre 2018, les résultats sur l'écorce de sapin pectiné avaient été présentés. Aujourd'hui, les résultats obtenus pour l'écorce de douglas et d'épicéa ont été présentés de façon complémentaire.

Une comparaison des rendements d'extraction entre une extraction à l'eau+éthanol (50/50) par rapport à une extraction selon les solvants expérimentaux. L'extraction à l'eau+éthanol s'est avérée tout à fait comparable voire légèrement supérieure. Fort de ce résultat, il est considéré que l'extraction à l'eau+éthanol est une extraction tout à fait valable et diffusable à l'industrie.

Les résultats d'extraction à l'eau+éthanol dans le compartiment écorce et selon la hauteur de prélèvement dans l'arbre ont été fournis.



L'approche « non destructive »

Cette approche consiste à utiliser une relation statistique entre n'importe quelle caractérisation chimique des extraits (par exemple taux d'extractibles totaux, taux d'extractibles de telle ou telle famille chimique...) et le signal obtenu par la technique du NIRS (Spectrométrie proche infrarouge), pour un appareillage NIRS donné, sur un type donné d'échantillon donné (écorces brutes ou nœuds bruts, poudre d'écorce, de nœud... de telle granulométrie bien précisée...). La technique du NIRS consiste à

Une fois cette relation calibrée, relation qui nécessite de nombreuses mesures à la fois chimiques et par NIRS (5000 mesures), il n'est plus nécessaire de réaliser l'analyse chimique. Il suffit de faire la mesure par NIRS et la relation statistique donne la mesure chimique correspondante. On parle pour cela de mesure « non destructive ».

L'enjeu est de créer des méthodes d'analyse qui permettront à terme de trouver la composition chimique des molécules du bois, rapidement et sans avoir à recourir à des analyses chimiques avec des solvants organiques ou l'eau.

Les premiers résultats obtenus par le CRITTBois sont tout à fait encourageants. Les analyses ont été menées sur des échantillons de poudre d'écorce de sapin, épicéa et douglas. Les données chimiques sont des données de taux d'extraits totaux obtenus par extraction à l'eau+éthanol par passage au Dionex. Les données NIRS ont été obtenues sur des poudres de même type. La relation statistique de calibrage est excellente.

L'approche par analyse bibliographique

Cette approche a consisté à soigneusement examiner pour l'instant une vingtaine d'articles publiés et documents « gris » (rapports de M2, thèses, rapports de contrats,...) sur un total d'environ 70 articles recueillis sur les 3 espèces sapin, épicéa, douglas). L'analyse a été menée en termes d'espèce d'arbre, de compartiment et de position dans l'arbre, en termes de solvant et de procédé d'extraction, en terme de rendement d'extraction ou taux d'extrait, en terme de molécules identifiées. Les résultats sont présentés sous forme de plusieurs tableaux.

Base de données Wood_BD

Les données bibliographiques, collectées durant le projet extraforest et dans des projets antérieurs, viennent alimenter la base de données Wood_DB. Celle-ci archive les connaissances qui seront diffusées et approvisionne l'«outil d'aide à la décision ».



LE POTENTIEL DE MOLECULES A HAUTE VALEUR AJOUTEE ?

EXTRAFOR ESTIME LE « POTENTIEL PRODUCTIF » DES FORETS DU GRAND EST EN TERMES DE QUANTITES DE MOLECULES A HAUTE VALEUR AJOUTEE

Les taux d'extraits et de molécules intéressantes s'expriment en gramme par gramme de matière anhydride soumise à l'extraction. Pour passer aux quantités d'extractibles par compartiment de chaque arbre, il faut multiplier le taux par la biomasse anhydre du compartiment (tronc, nœuds, écorce). Cette biomasse anhydre est estimée à partir de l'infradensité du compartiment (=masse anhydre/volume frais) multipliée par le volume frais du compartiment. Un doctorant Rodolphe Bauer estime les volumes tandis que l'autre doctorant Antoine Billard mesure les infradensités, supervisés par les chercheurs de l'UMR Silva. Il se trouve en effet que les données disponibles pour les espèces d'arbre et la région que nous étudions sont rares à inexistantes. C'est particulièrement le cas des infradensités.

Une fois les quantités estimées au niveau des compartiments d'un arbre, il est possible de faire un changement d'échelle et de passer à la quantité d'extractibles sur un territoire donné dans tel ou tel compartiment. Ceci nécessite tout d'abord de disposer d'une estimation des volumes de bois sur ce territoire. L'IGN dispose de cette estimation à partir des inventaires réalisés par l'IFN. Ceci nécessite ensuite de disposer de relations statistiques entre ces volumes et les volumes d'écorce et de nœuds, des infradensités et des taux d'extractibles. Ainsi s'emboîtent les connaissances acquises par le LERMAB, l'UMR Silva et l'IGN. La quantité d'extractible peut-être fournie au niveau de la ressource forestière d'un territoire ou au niveau de la récolte annuelle qui en est faite.





LA DISPONIBILITE EN EXTRACTIBLES POUR L'INDUSTRIE CHIMIQUE. LES FACTEURS QUI INTERVIENNENT SUR CETTE DISPONIBILITE

EXTRAFOR EST SE DOTE D'UN OUTIL D'ANALYSE STRATEGIQUE, D'EQUIPEMENTS ET D'INVESTISSEMENTS.

L'objectif de cet outil est d'aider les entreprises (filère bois), les organismes institutionnels et les investisseurs à faire des choix stratégiques concernant les achats et les ventes de connexes, pour assurer un approvisionnement durable en extractibles des industries chimiques. Il permet de calculer l'empreinte carbone dont la fourniture peut consolider l'image verte des entreprises.

Cet outil a vocation à être utilisé par toutes les parties prenantes souhaitant s'engager dans une filière chimie du bois :

- Industriels du bois et de la chimie
- Direction Régionale de l'Agriculture et de la forêt
- Interprofessions
- Coopératives forestières
- Centres Régionaux de la Propriété Forestière
- Office National des Forêts.

Le principe de la construction de cet outil est l'assemblage d'un modèle de ressources et de récoltes annuelles (actuelles et futures) avec un modèle décrivant et quantifiant les différentes filières forêt-bois (sciage, papeterie, panneaux, ...). Le modèle assemblé est alimenté par les données de l'IFN, les données de taux d'extraits, d'infradensités et de volumes des compartiments recueillies dans le projet et à terme les données de marché et les données économiques (volumes et prix des différents connexes). Les quantités d'extractibles vont se retrouver dans les flux des filières forêt bois (bois bord de route, connexes des industries (scierie, papeterie). Dans ces flux, il y a une certaine quantité d'extractibles qui aujourd'hui sont brûlés.

Une fois l'outil construit, analysé et validé, il sera possible de simuler l'effet d'un certain nombre de facteurs sur la faisabilité d'extraire des molécules dans telle ou telle filière. Les simulations seront réalisées sous différents scénarios de gestion sylvicole, d'environnement socio-économique, d'incitations institutionnelles, de choix sociétaux et de crises sanitaires ou de changements climatiques. L'enjeu est de proposer une meilleure valorisation pour les écorces et les nœuds, compatible avec le maintien d'une filière bois-énergie. Par ailleurs les entreprises qui souhaiteront utiliser cet outil auront la possibilité de connaître le bilan carbone de leur fonctionnement.

Aussi est-il hautement souhaitable que cet outil soit co-construit avec des entreprises et des organismes institutionnels ; ils pourront fournir des données réalistes permettant de bien



configurer l'outil de manière à le rendre le plus opérationnel possible. Ces données resteront confidentielles.



CONTACT

Visitez notre site internet → <https://www6.inra.fr/extraforest>

Contactez-nous par mail → projet.extraforest@gmail.com

