

La formation du personnel hautement qualifié: une nécessité pour l'innovation industrielle

Tatjana Stevanovic, ing, Ph.D

**Directrice du programme coopératif génie du bois
Département des sciences du bois et de la forêt
Faculté de foresterie, de géographie et de
géomatique, Université Laval, Québec**

Colloque annuel CRMR, Trois Rivières, 14 mai 2014



**CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES**

Le contexte actuel :

besoin d'approchement de l'industrie forestières avec d'autres industries dont chimique

- L'intérêt de l'industrie chimique pour des produits biosourcés de plus en plus évident
- Approche multidisciplinaire dans le développement de nouveaux produits plus durables et ayant des meilleures empreintes carbone devient incontournable
- L'industrie forestière vit une crise depuis quelques années
 - reconnaît le besoin d'innover et de s'orienter vers la conception de produits à valeur ajoutée
 - s'oriente de façon importante vers le bioraffinage forestier, un concept qui comprend la valorisation complète de la biomasse forestière sous forme de produits à valeurs ajoutées et des biocarburants



Intégration des concepts du développement durable aux projets d'ingénierie et l'OIQ

- L'ingénieur: le professionnel le plus compétent pour planifier, réaliser et évaluer les projets selon une approche de durabilité
 - tient compte du développement économique, la préservation de l'environnement et développement social
- Nous formons les **ingénieurs du bois** dans le programme coopératif du 1^{er} cycle: génie du bois



Les ingénieurs du bois formés dans le programme coopératif génie du bois au Département des sciences du bois et de la forêt

- La relève très importante pour:
 - l'industrie forestière suite à la retraite du personnel hautement qualifié
 - la future filière bioraffinerie
 - la construction verte
 - la conception de nouveaux matériaux et produits d'ingénierie en bois innovants dont l'industrie a un besoin urgent!



Programmes de formation offerts au Département des sciences du bois et de la forêt

- **4 programmes de 1^{er} cycle :**

- génie du bois(en coll. avec la Faculté de sciences et génie), aménagement et environnement forestiers, opérations forestières, baccalauréat intégré en environnements naturels et aménagés

- **5 programmes gradués**

- M.Sc et Ph.D. en sciences forestières, M.Sc. et Ph.D. en sciences du bois, M.Sc. en agroforesterie)

- **4 microprogrammes**

- aménagement écosystémique, aménagement des forêts privées, foresterie urbaine, constructions en bois)



Programme du 1^{er} cycle en génie du bois

- Programme COOP de 4 ans menant à l'OIQ et l'OIFQ. Cohorte entre 10-15 étudiants par an
- Application des techniques modernes d'ingénierie et de gestion industrielle à
 - la transformation primaire et secondaire
 - le développement de nouveaux produits
 - l'utilisation du bois comme produits performants et écologiques (bâtiments verts, bioraffinage et chimie verte, production d'énergie, composites à base de bois, etc.)
- 3 stages COOP obligatoires en alternance avec les sessions d'étude



Programme de 1^{er} cycle en génie du bois

- Programme COOP de 4 ans menant à l'OIQ et l'OIFQ. Cohorte entre 10-15 étudiants par an
- Application des techniques modernes d'ingénierie et de gestion industrielle à
 - la transformation primaire et secondaire
 - le développement de nouveaux produits
 - l'utilisation du bois comme produits performants et écologiques (bâtiments verts, bioraffinage et chimie verte, production d'énergie, composites à base de bois, etc.)
- 3 stages COOP obligatoires en alternance avec les sessions d'étude



Programme coopératif génie du bois

- Programme unique en Amérique du Nord pour son volet ingénierie ayant le bois comme objet d'étude
- Évaluation des étudiants selon l'approche par compétences
- Programme généraliste et 4 concentrations:
 - Construction en bois
 - Produits d'ingénierie en bois
 - Bio-raffinage et chimie verte
 - Génie industriel et systèmes manufacturiers
- Réseau d'ambassadeurs pour promouvoir le recrutement et participer au mentorat des étudiants



Histoire de l'art et sciences du bois pour démystifier le secret des retables de Brabant

La transformation du bois demande des compétences particulières depuis des siècles



CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES

Guilde de Saint Luc et les retables de Brabant

Retables : du latin *retro tabula altaris* : en arrière d'autel

- Plusieurs instructions écrites et les règlements concernant la qualité du bois requis pour le processus de production de **retables** provenant de la région de Brabant
- La concurrence entre les centres de production de Bruxelles, Anvers, Malines poussa chaque atelier à utiliser des marques spécifiques pour authentifier leur travail aux différentes étapes
- Guilde de Saint Luc représentait les sculpteurs en bois à Anvers et Bruxelles (région de Brabant)

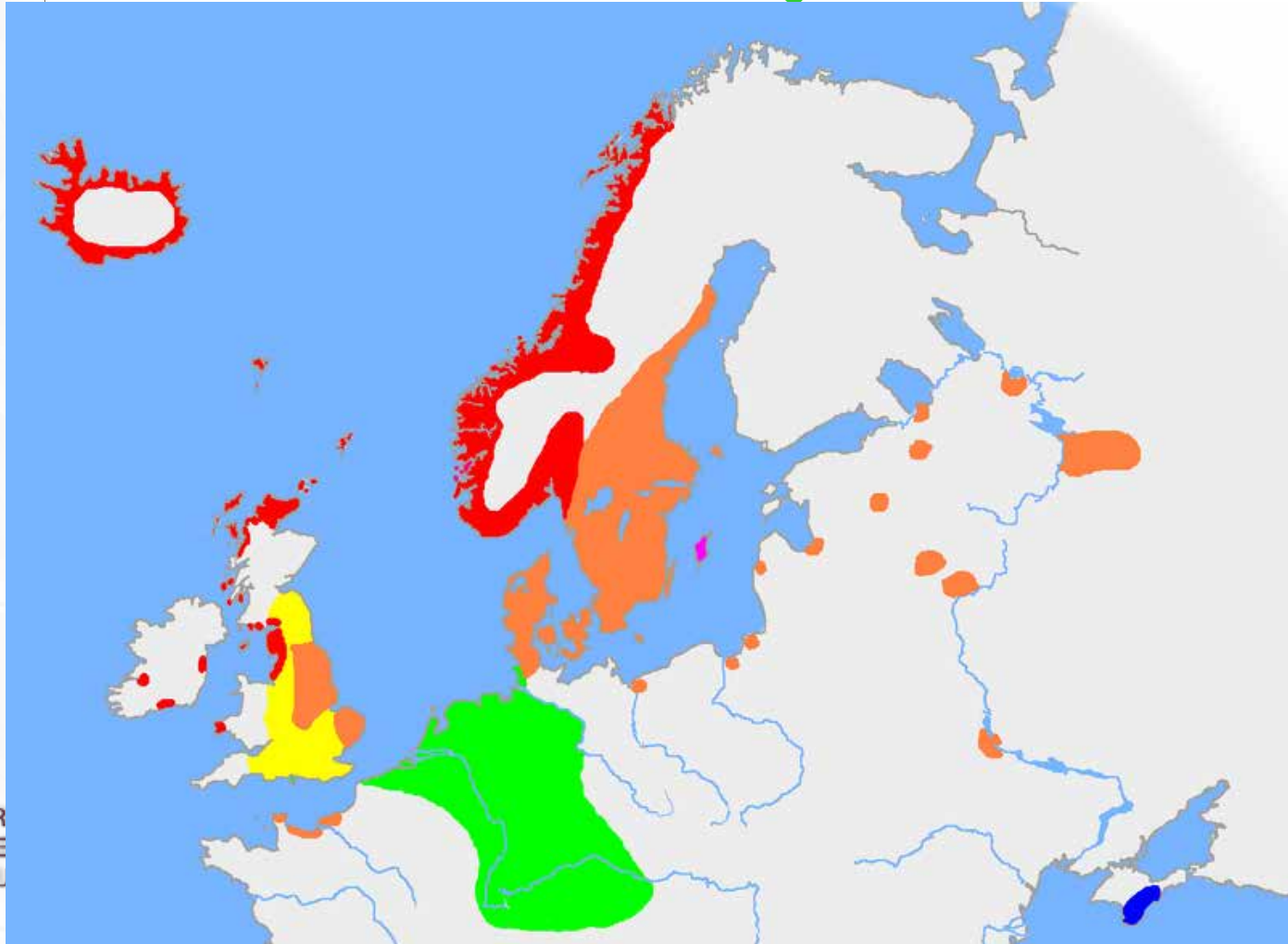


Fabricants des retables en Brabant membres de guilde de Saint Luc

- Les sculpteurs médiévaux d'Anvers obligés de devenir membres de la guilde de Saint Luc.
- Les guildes étaient des associations d'artisans et d'artistes dans une branche particulière de commerce
- La guilde représentant les sculpteurs en bois, dont les producteurs des retables, avait des lignes directrices très détaillées concernant la construction et la qualité du bois
- Une guilde désignait au Moyen Âge une association ou coopération de personnes pratiquant une activité commune
- Ce mot provient du vieux norrois gildi signifiant « coopération » ou « assemblée »



L'extension du vieux norrois et des langues apparentées au début du Xe siècle : **Dialecte de l'ouest** **Dialecte de l'est** **Ancien gutnisk** **Gotique de Crimée** **Vieil anglais** **Autres langues germaniques pour lesquelles le vieux norrois conserve des éléments intelligibles**





Les guildes de **Saint-Luc** étaient des organisations corporatives strictement réglementées de peintres, de sculpteurs et d'imprimeurs, actives depuis le XIV^e siècle en Italie dans les Pays-Bas (Bruges, Anvers, Utrecht, Delft ou Leyde), les pays rhénans et la France.

Le nom en référence à **saint Luc l'évangéliste**, le saint patron des peintres.

La Guilde de Saint-Luc entretenait à côté de la Cathédrale d'Anvers un lieu permanent d'exposition d'œuvres





Albrecht Dürer décrit dans son journal de voyage le festin organisé en son honneur par la Guilde de Saint-Luc d'Anvers



CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES

Les maisons de guildes à Anvers



CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES



Les retables de Brabant- source d'information sur le bois utilisé en XV et XVI siècle

**Haneka *et al.* IAWA Journal, Vol. 26 (3), 2005:
273–298**



CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES

Les retables de Brabant et les marques « de commerce »

- Lorsque toutes les exigences remplies, les sculptures en bois sont marquées sur un endroit bien visible
 - ces marques garantissaient aux clients les matériaux de haute qualité
 - à Anvers, par exemple, une image d'une main coupée a été imprimée dans la sculpture avec un sceau de fer
- Le nombre et la disposition des cernes, ainsi que la coupe sur quartier, ont été révélés en étudiant 209 échantillons de retables provenant de différentes collections de musées en Belgique



Légende à l'origine de ces **célèbres mains d'Anvers**
« Un géant dénommé Druon Antigon semait la terreur en imposant un important péage à tous les marins qui voulaient remonter le cours de l'Escaut et coupait les mains des personnes qui refusait de payer.

Un guerrier romain, Silvius Brabo (neveu de César), mit un terme à cette pratique, coupa la main de ce géant trop intéressé par l'argent et la jeta dans le fleuve ».



La ville « *Hantwerpen* » (jeter la main) a gardé ce nom jusqu'au 17ème siècle. En lien avec cette légende, le motif de la main coupée se retrouve dans les armoiries de la ville.





1

Couronnement

2

Nativité

2 Double main de Nativité



CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES

Retable de la Passion d'Anvers



CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES



Résultats d'études sur les retables de Brabant

- Les résultats des études dendrochronologiques et anatomiques ont démontré que
- les retables étaient fabriqués du bois de chêne *Quercus robur* provenant du nord de la Pologne
 - Il est bien connu que les quantités importantes du bois étaient expédiés des Baltiques vers les Pays-Bas au cours du XV et XVI siècle
- Les sculpteurs médiévaux utilisaient le bois de *Q. robur* de haute qualité de Baltiques pour fabriquer les retables
- Ce choix fut imposé par la Guilde Saint-Luc pour assurer la qualité de retables



Bois de duramen bien séché

- Les règlements de la Guilde de Saint Luc prescrivaient que les essences de bois nécessaires devraient être en **chêne** ("... *Eyken hout* ...") ou **noyer** ("... *nootboemen* ...") **qui est bien séché** ("... *Houte drooghen* ...") et que le type lambris ("... *Wagenschot* ...")
- L'absence du bois d'aubier n'était pas prescrite explicitement, mais la section « *eyken hout sonder fu* » signifiant « bois de chêne sans défauts » pourrait être interprétée ainsi.
- Le bois de duramen de chêne contient des extractibles phénoliques, responsables entre autres de sa durabilité (classe de durabilité II à III selon la norme européenne EN 350 (EN 350-1/2 1994) (Haneka *et al.*, 2005)



Séchage du bois- une technologie centrale pour transformation du bois

- Les résultats des études dendrochronologiques, combinés avec les documents historiques sur le temps d'installation des objets en bois, indiquent que le séchage du bois de chêne durait entre 1 et 4 ans à l'époque de création des retables étudiées (Haneka et al., 2005)
- Les protocoles modernes de séchage du bois de chêne de 25 mm d'épaisseur, par déshumidification, demandent plus d'un mois



Séchage et préservation du bois

- Ce cours obligatoire dans le programme génie du bois évalue la qualité **Analyse de problèmes**
- en faisant appel à des outils d'ingénierie tels que le logiciel de simulation du séchage Drytek
 - un logiciel de détermination du bilan énergétique et du prix de revient du séchage développés dans notre Département des sciences du bois et de la forêt



Programme génie du bois accrédité par le BCAPG depuis 2003

- On évalue les 12 qualités d'ingénieurs dans notre programme:

- 1) Connaissances en sciences et génie;**
- 2) Analyse de problème;**
- 3) Investigation;**
- 4) Conception;**
- 5) Utilisation d'outils d'ingénierie;**
- 6) Travail individuel et en équipe;**
- 7) Communication;**
- 8) Professionnalisme;**
- 9) Impact de génie sur l'environnement;**
- 10) Déontologie et équité;**
- 11) Économie et gestion des projets;**
- 12) Apprentissage continu**



Innovation et ingénieurs: on forme le PHQ pour le futur de l'industrie

- L'innovation est un actif stratégique de première importance
- Il est nécessaire de protéger cette source de richesses pour notre société
 - Les ingénieurs sont des maîtres d'oeuvre du processus d'innovation et du progrès vert et respectueux de l'environnement
- Le développement durable n'est pas un frein aux pratiques, il offre plutôt de nombreuses opportunités pour l'avenir!



CONSTRUCTION EN BOIS

Où l'ingénierie rencontre l'art



CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES

Chantiers Chibougamau a fabriqué 17 ponts en bois pour répondre aux besoins particuliers de clients



« Chantiers Chibougamau peut réaliser un pont de 25 mètres en un mois. »

Une expertise en ingénierie- lamellés collés à base de l'épinette noire du Nord, dont les propriétés uniques

La Presse, 20 février 2014



CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES

Chantiers Chibougamau

- Par le biais de NORDIC BOIS D'INGÉNIERIE, Chantiers Chibougamau offre à sa clientèle une gamme de poutrelles en I, colonnes, poutres et linteaux
 - pour la construction résidentielle et commerciale
- Chantiers Chibougamau produit les poutrelles en I et autres produits de bois d'ingénierie certifiés FSC
- FSC- Forest Stewardship Council Canada
- <https://ca.fsc.org/index.htm>



L'armature de bois pour le stade TELUS –Université Laval (Chantier Chibougamau)



L'armature de bois du stade TELUS-Université Laval



**CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES**

« Le bois est un véhicule d'image idéal pour l'architecture » Alessandro Calvi Rollino Architetto



Recipient du prix en 2013 :
World Architecture Community Award
qui fait la promotion des talents de jeunes architectes et étudiants de partout au monde

Pour sa réalisation:
Vaxjö Tennis Hall Concept



CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIEAUX
RENOUVELABLES



Les défis et l'avenir pour l'ingénieur du bois

- Le Québec occupe le 1^{er} rang au Canada pour le développement et la production des produits du bois à forte valeur ajoutée
- Une industrie qui convoite l'ingénieur du bois pour optimiser leurs procédés et concevoir nouveaux produits
 - Développement de la construction de bâtiments écologiques



Bioraffinage –inspiré par le raffinage pétrochimique

- Concept global permettant au moyen de procédés spécifiques la conversion de la biomasse en de nombreux *produits de haute valeur ajoutée* (**US Department of Energy**)
- Procédé qui intègre la conversion de la biomasse pour produire de l'énergie électrique et des produits chimiques (**National Renewable Energy Lab, NREL, États Unis**)
- Des industries bio-intégrées, produisant à partir de la biomasse et d'une variété de technologies, à la fois des produits chimiques, des biocarburants, de l'énergie, des agromatériaux (incluant les fibres végétales) et des aliments et ingrédients alimentaires (**INRA, France**)

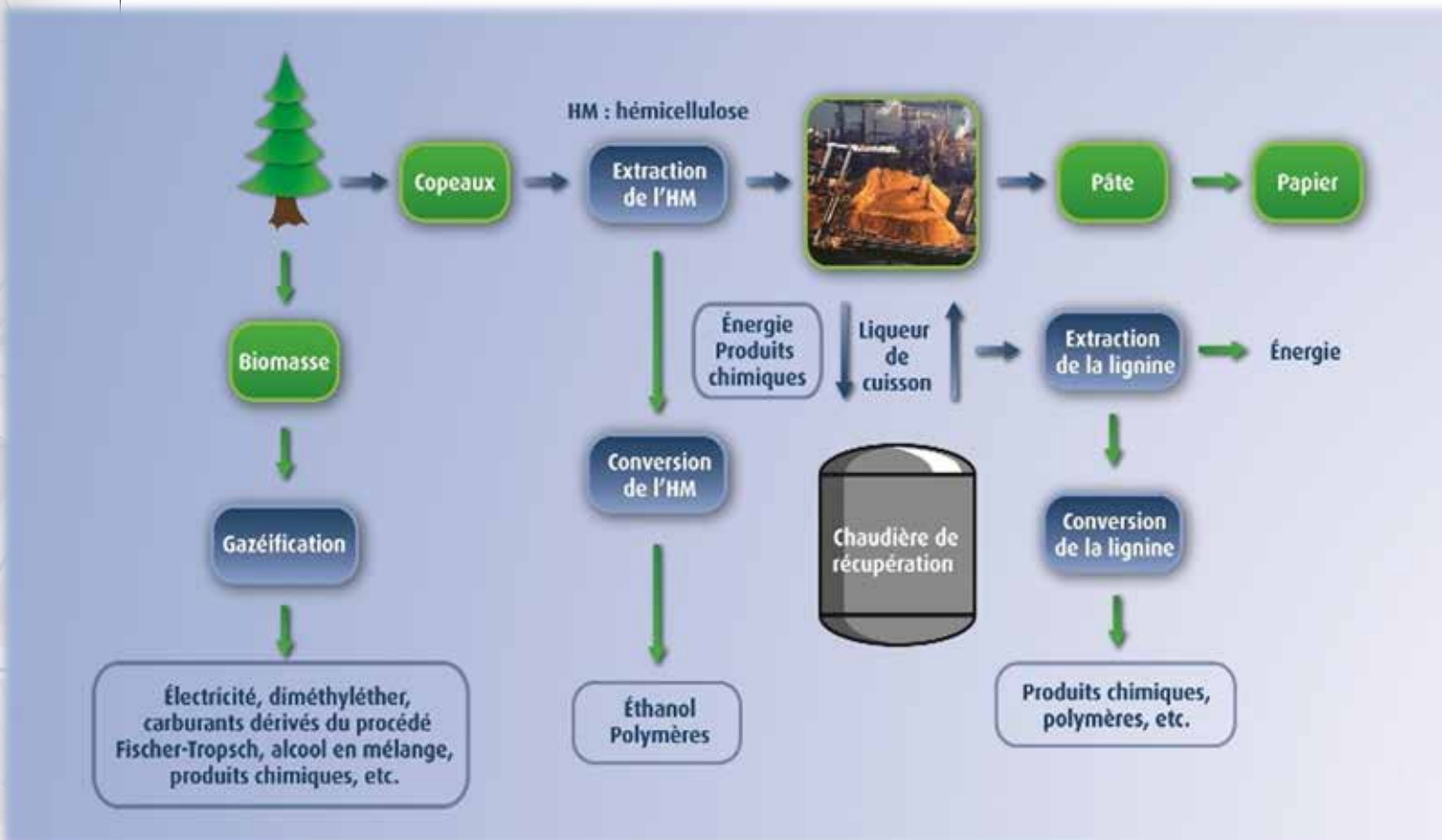


Bioraffinerie forestière intégrée

- Production d'énergie « verte »
 - Pyrolyse éclairée du bois torréfié, projet en cours
- Matériaux composites avec des biopolymères du bois
 - Les composite à base de matrice HDPE avec les lignines Kraft modifiées; projet en cours
- Extractibles forestiers
 - pour l'industrie agro-alimentaire, pharmaceutique et cosmétique



Bioraffinerie forestière intégrée



Renforcer de façon significative la collaboration entre les deux industries

- Pour que les industries chimique et forestière progressent vers le développement durable
- On envisage d'abord le développement des bioraffineries forestières intégrées
- Cette intégration d'abord dans le secteur de la transformation primaire du bois (pâtes et papiers, sciage etc.)
- **Connaissances et compétences en sciences et génie du bois indispensables pour réaliser ce progrès**



Une foule d'ingrédients issus de la nature versus les produits synthétiques

- Les produits naturels de plus en plus utilisés pour colorer, ajouter de la saveur ou préserver les aliments:
 - *C&EN News, Vol. 92 (6), February 10, 2014, p 10*
- La vanilline, la saveur le plus populaire au monde, provenant des voies alternatives, dont le bois et sous-produits de sa transformation
 - Présente dans la sève de l'érable à sucre
 - Peut être obtenue par oxydation des lignines industrielles
- Les antioxydants naturels pour protéger les aliments gras contre la rancidité en remplaçant les antioxydants synthétiques: une voie explorée dans mes projets



Nous étudions les antioxydants provenant de l'extraction des tissus ligneux depuis plus d'une décennie

- Plusieurs défis impliqués dans l'intégration des procédés d'extraction, compétences d'ingénieurs en demande
- Connaissances de la matière première indispensable pour toute transformation du bois
- Implication des étudiants gradués à date
- Important d'intégrer les étudiants du 1^{er} cycle dans les différentes étapes du procédé d'extraction
- Opérations technologiques: broyage, classement, extractions, évaporation demandent des compétences en ingénierie que les ingénieurs formés dans notre programme possèdent



Remplacement des composés synthétiques par des antioxydants naturels à base des extraits des plantes

- Butyle d'Hydroxy toluène (BHT), butyle d'hydroxyanisole (BHA) et tert-butyle d'hydroquinone (TBHQ) sont utilisés couramment pour prévenir la rancidité des aliments riches en graisses
 - les études ont démontré qu'ils causent le cancer chez les rongeurs
 - les consommateurs deviennent de plus en plus conscients des effets pour la santé
- Naturex (la siège principale en Avignon, plusieurs filières: au Canada, en Allemagne au Maroc etc) produit l'extrait de romarin riche en acide rosmarinique,
 - dérivé ester de l'acide caféique, un acide cinnamique impliqué dans la biosynthèse de lignines
 - Acides cinnamiques dans les extraits forestiers riche en polyphénols



Nous développons un antioxydant naturel à base de l'extrait de l'écorce de l'épinette noire

- Le CRSNG vient de nous octroyer un financement du projet proposé dans le cadre du programme RDC-CRSNG , en partenariat avec le BOISACO Inc et NUVAC Eco- Sciences Inc:
 - **« Procédé intégré d'extraction et de valorisation de l'écorce d'épinette noire »**
- Opportunité de formation de plusieurs étudiants gradués et du premier cycle en génie du bois



- **La motivation et la curiosité intellectuelle des étudiants impliqués dans les projets de recherche représentent la force motrice qui conduit vers l'innovation**

**LA FORMATION AU PREMIER CYCLE ASSURE LA
RELÈVE À L'INDUSTRIE ET STIMULE
L'IMPLICATION DES ÉTUDIANTS DANS LA
RECHERCHE
IMPORTANCE MAJEURE DE LA FORMATION!**



**CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES**

Dédicace spéciale aujourd'hui, le 14 mai 2014

- À mon papa, Milenko Stevanovic, qui aurait 91 ans aujourd'hui, avec beaucoup d'amour

