

PLAN DE COURS

CHM-7900 : Chimie du bois et des végétaux

NRC 13280 | Hiver 2020

Mode d'enseignement : Présentiel

Temps consacré : 2-3-4

Crédit(s) : 3

La composition chimique du bois et d'autres végétaux. La chimie des glucides et la stéréochimie à l'introduction à la chimie de la cellulose, le polysaccharide majeur du bois et d'autres végétaux. Les hémicelluloses du bois normal et de réaction sont présentées en comparaison avec des polysaccharides d'autres végétaux. Les lignines du bois de feuillus et de résineux, leur isolement et leurs propriétés. Des exemples choisis des extractibles du bois en relation avec des propriétés du bois sont présentés. Des laboratoires sur les déterminations quantitatives des extractibles et des cendres, de la cellulose, de la lignine et des pentosans font partie de ce cours. Ce cours ne peut être choisi par l'étudiant qui a suivi le cours CHM-4020.

Plage horaire

Cours en classe			
lundi	13h30 à 15h20	GHK-1340	Du 13 janv. 2020 au 24 avr. 2020
Laboratoire			
jeudi	10h30 à 13h20	GHK-2506	Du 13 janv. 2020 au 24 avr. 2020

Il se peut que l'horaire du cours ait été modifié depuis la dernière synchronisation avec Capsule. [Vérifier l'horaire dans Capsule](#)

Site de cours

<https://sitescours.monportail.ulaval.ca/ena/site/accueil?idSite=111675>


Coordonnées et disponibilités

Tatjana Stevanovic Janezic
Enseignant
Tatjana.Stevanovic@sbf.ulaval.ca

Kasangana, Pierre Betu
Auxiliaire de l'enseignement
Kruger, local 2535
pierre-betu.kasangana.1@ulaval.ca

Soutien technique

Équipe de soutien - Systèmes technopédagogiques (BSE)

<http://www.ene.ulaval.ca> 

418-656-2131 poste 414331

Sans frais: 1-877 7ULAAVAL, poste 414331

Automne et hiver	
Lundi au jeudi	8 h à 19 h
Vendredi	8 h à 17 h 30
Été	
Lundi au jeudi	8 h à 17 h
Vendredi	8 h à 16 h

Sommaire

Description du cours	4
Introduction	4
Objectifs généraux	4
Approche pédagogique	5
Étudiant ayant un handicap, un trouble d'apprentissage ou un trouble mental	5
Place et rôle du cours dans le programme génie du bois	5
Contenu et activités	5
Évaluation et résultats	6
Évaluation des apprentissages	6
Informations détaillées sur les évaluations sommatives	7
Examen partiel	7
Examen final	7
Rapport de laboratoire	7
Résumés - Atelier sur le bioraffinage	7
Présentations orales - Atelier sur le bioraffinage	8
Informations détaillées sur les évaluations formatives	8
Titre et références pour l'atelier bioraffinage	8
Barème de conversion	8
Règles disciplinaires contre la tricherie et le plagiat	9
Correction linguistique, retard et présentation des travaux	9
Utilisation d'appareils électroniques pendant une séance d'évaluation	9
Absence aux examens	9
Étudiant ayant un handicap, un trouble d'apprentissage ou un trouble mental	10
Matériel didactique	10
Matériel obligatoire	10
Bibliographie	11
Bibliographie	11
Annexes	11

Description du cours

Introduction

Ce cours fait partie de vaste domaine de phytochimie qui porte spécifiquement sur les produits naturels provenant du bois et des végétaux. Une des particularités des produits naturels est la chiralité, alors une introduction des notions de stéréochimie est indispensable. Introduction à la stéréoisomérisation : isomères géométriques, les diastéréoisomères et les énantiomères ainsi que la définition de la notion de la chiralité.

Chimie des glucides (formules linéaires et cycliques) est introduite pour présenter les exemples des diastéréoisomères et des énantiomères. Les monosaccharides importants pour la structure des polysaccharides majeurs du bois: la cellulose et les hémicelluloses sont présentés pour faire introduction à la chimie, les propriétés et les utilisations de ces biopolymères.

Les constituants polymères principaux: la cellulose, les hémicelluloses et la lignine sont étudiés davantage. On s'intéresse principalement aux essences du bois de la zone tempérée, mais quelques exemples sur les essences tropicales sont introduits également.

Les polymères aromatiques du bois: les polyphénols polymères sont présentés comme les constituants propres aux arbres forestiers, dont la connaissance est indispensable pour le développement des applications innovantes dont le développement est en cours.

Les tissus lignifiés des arbres contiennent toujours des quantités importantes des polyphénols extractibles dont la valorisation fait objet de multiples recherches en cours. D'autres classes des extractibles propres aux arbres forestiers et aux végétaux seront présentés comme exemples parfaits des molécules chirales.

Objectifs généraux

- Reconnaître les carbones asymétriques dans les molécules organiques et définir la chiralité des molécules
- Définir les stéréoisomères, les énantiomères et les diastéréoisomères; reconnaître le cas particulier des épimères
- Donner une définition des glucides et des exemples de plusieurs classes de glucides d'importance pour le bois
- Comprendre la série D- des aldoses et y reconnaître la structure de 4 monosaccharides importants pour les polysaccharides du bois; établir le lien d'épimérisation entre ces glucides
- Savoir comment présenter les antipodes optiques des monosaccharides de la série D, soit les monosaccharides de la série L.
- Expliquer la liaison hémiacétal et être capable de présenter la forme cyclique des monosaccharides
- Expliquer l'équilibre de mutarotation et la lier avec les propriétés des sucres réducteurs
- Identifier les plus importantes réactions des monosaccharides: formation des dérivés azotés et les produits de l'oxydation des monosaccharides
- Connaître la définition et comment présenter les structures des acides aldoniques, aldariques et uroniques pour un aldose choisi.
- Définir et expliquer l'importance des glycosides des aldoses dans la nature
- Expliquer la différence entre les holosides et hétérosides et comment distinguer la partie glycone et aglycone dans un hétéroside
- Comprendre le mécanisme de la réaction de formation des glycosides et de leur hydrolyse acide, dont l'importance majeure est pour les procédés de mise en pâte du bois
- Connaître quelques exemples des disaccharides et trisaccharides importants comme les constituants du bois
- Expliquer l'importance de la cellulose le constituant majeure du bois et le polymère le plus abondant dans la nature, dont les ressources forestières sont les plus importantes
 - Connaître la structure moléculaire et comprendre bien celle supramoléculaire de la cellulose et les lier avec la réactivité (dérivés de la cellulose), d'un côté et le gonflement et la solubilisation de la cellulose, de l'autre.

- Donner une définition des hémicelluloses du bois et connaître la structure des 5 glucides majeurs qui constituent les hémicelluloses du bois
 - Nommer et identifier les différences entre les hémicelluloses du bois de conifères et de feuillus.
 - Expliquer la réactivité des hémicelluloses et leur importance dans les diverses technologies du bois
- Définir la lignine en partant de sa biosynthèse basée sur les précurseurs monolignols, les dérivés de l'alcool cinnamique
 - Expliquer la structure phénylpropane de la lignine et les liaisons éthers et carbone – carbone, les plus importantes, dans la lignine
 - Comprendre l'importance de la liaison covalente entre la lignine et les polysaccharides
 - Être capable de définir la lignine des conifères et de la distinguer de la lignine de feuillu du point de vue quantitatif et qualitatif.
- Comprendre l'organisation globale des constituants du bois dans l'architecture supramoléculaire des parois des cellules du bois.
- Comprendre l'importance des connaissances sur les constituants du bois et des végétaux dans le contexte actuel de l'industrie forestière qui s'oriente vers le bioraffinage de la biomasse et la chimie verte pour accéder aux produits et procédés innovants.


Approche pédagogique

- Cours magistraux : 2 heures le lundi
- Laboratoires en équipe : 3 heures le jeudi
- Exercices, questions, clarifications
- Atelier sur le bioraffinage : résumé, power point et présentations orales; cet atelier sert à évaluer la qualité d'ingénieur 7: communication, avec ses deux sous-qualités
- Livre scolaire « Chimie du bois » (auteurs T. Stevanovic et D. Perrin)

Consultations sur rendez-vous: 656 2131, poste 407337

Étudiant ayant un handicap, un trouble d'apprentissage ou un trouble mental

Les étudiants qui ont une lettre d'Attestation d'accommodations scolaires obtenue auprès d'un conseiller du secteur Accueil et soutien aux étudiants en situation de handicap (ACSESH) doivent rencontrer leur professeur au début de la session afin que des mesures d'accommodation en classe ou pour les évaluations puissent être organisées. Ceux qui ont une déficience fonctionnelle ou un handicap, mais qui n'ont pas cette lettre doivent contacter le secteur ACSESH au 656-2880, le plus tôt possible.

Le secteur ACSESH vous recommande fortement de vous prévaloir des services auxquels vous avez droit afin de pouvoir réussir vos études, sans discrimination ni privilège. Pour plus d'information, voir la Procédure de mise en application des mesures d'accommodations scolaires à l'adresse suivante : <https://www.aide.ulaval.ca/situation-de-handicap/presentation/> 

Place et rôle du cours dans le programme génie du bois

Cours de deuxième année offert aux étudiants du programme génie du bois ainsi qu'aux étudiants des cycles supérieurs, CHM-4020, fournit les informations indispensables sur les constituants du bois et autres végétaux supérieurs et leurs implications dans la transformation du bois. Il représente un environnement propice au développement et à l'évaluation de la qualité Q7 communication prescrite par les normes du Bureau canadien d'agrément des programmes de génie (BCAPG) pour le programme génie du bois deuxième premier cycle.

Le but du cours CHM-4020 est de fournir aux étudiants des connaissances requises pour assurer ses compétences dans un environnement de travail en pleine évolution, de plus en plus multidisciplinaire, qui est le domaine de la transformation du bois ainsi que d'autres végétaux qui représentent des sources importantes des biopolymères en demande croissante pour la conception de nouveaux matériaux. Connaissances sur ces biopolymères ainsi que sur d'autres constituants de végétaux sont indispensables pour envisager les perspectives de leurs applications innovatrices dans le contexte de bioraffinerie actuel et futur. Ainsi l'atelier sur bioraffinage du bois offre aux étudiants du premier cycle en génie du bois, une opportunité d'explorer davantage les applications innovatrices du bois et de ses constituants, tout en développant une qualité importante de l'ingénieur, qui est de pouvoir communiquer efficacement une information technique.

Contenu et activités

Le tableau ci-dessous présente les semaines d'activités prévues dans le cadre du cours.

Titre	Date
Introduction. Constituants chimiques du bois: les produits naturels.Plan de cours, activités prévues	13 janv. 2020
Introduction. Constituants chimiques du bois et de végétaux : les produits naturels. Une particularité des produits naturels: la chiralité.	20 janv. 2020
Les glucides : exemples qu'on trouve dans le bois. La série D des aldoses. Glycosides des aldoses dans la nature. Holosides et hétérosides: partie glycone et aglycone.	27 janv. 2020
Hydrolyse acide des glycosides. Disaccharides et trisaccharides dans le bois. Définition des polysaccharides. Exercices.	3 févr. 2020
La cellulose: le constituant majeur du bois et des végétaux. Structure moléculaire et supramoléculaire de la cellulose. Réactivité - dérivés de la cellulose	10 févr. 2020
Le gonflement et la solubilisation de la cellulose. La polydispersité des échantillons de la cellulose. Production et applications des dérivés de la cellulose.	17 févr. 2020
Dérivés de la cellulose d'importance industrielle. Définition des hémicelluloses du bois. Structures des 5 glucides majeurs qui constituent les hémicelluloses	24 févr. 2020
Examen partiel porte sur la matière vue en classe jusqu'en 24 février 2020 inclusivement	9 mars 2020
Les hémicelluloses du bois de conifères et de feuillus. La réactivité des hémicelluloses et leur importance pour les technologies du bois. Les polysaccharides et hémicelluloses du bois de mélèze et du	16 mars 2020
L'importance de la lignine pour les propriétés du bois. La biogenèse de la lignine et sa structure phénylpropane. Les liaisons éthers dans la structure de la lignine. La lignine des conifères et de fe	23 mars 2020
La liaison covalente entre la lignine et les polysaccharides. La lignine, le vieillissement du bois et le jaunissement des pâtes et papiers.	30 mars 2020
Les lignines industrielles et leurs applications. Exercices. Remise des résumés pour l'atelier sur bioraffinage Résumés de 250 mots, suivis par 5-7 mots clés, pour l'atelier sur bioraffinage du bois; servent à évaluer la qualité de communication écrite ; se référer au Plan cadre de la Q7	6 avr. 2020
Bioraffinage/extractibles forestiers: résumés et présentations orale Présentations orales en classe, salle GHK 2376- Atelier sur bioraffinage/extractibles forestiersLes éléments de cet atelier serviront pour évaluation de la qualité d'ingénieur: communication Q7Deuxième période de cette classe pour compléter la matière pour examen final.	16 avr. 2020
Examen final salle GHK-1340, de 13h30 à 15h30	20 avr. 2020
Laboratoires Extractibles et cendres; cellulose; pentosanes 1; pentosans 2; Lignine;travail en équipe selon le calendrier affiché au labo de chimie du bois	

Note : Veuillez vous référer à la section *Contenu et activités* de votre site de cours pour de plus amples détails.

Évaluation et résultats

Évaluation des apprentissages

Sommatives			
Titre	Date	Mode de travail	Pondération
Examen (Somme des évaluations de ce regroupement)			60 %

Examen partiel	Le 9 mars 2020 de 13h30 à 15h30	Individuel	30 %
Examen final	Le 20 avr. 2020 de 13h30 à 15h30	Individuel	30 %
Rapport de laboratoire	À déterminer	En équipe	25 %
Résumés - Atelier sur le bioraffinage	Dû le 6 avr. 2020 à 11h18	En équipe	6 %
Présentations orales - Atelier sur le bioraffinage	Dû le 16 avr. 2020 à 11h23	En équipe	9 %

Formatives

Titre	Date	Mode de travail
Titre et références pour l'atelier bioraffinage	À déterminer	En équipe

Informations détaillées sur les évaluations sommatives

Examen partiel

Date :	Le 9 mars 2020 de 13h30 à 15h30
Mode de travail :	Individuel
Pondération :	30 %
Remise de l'évaluation :	GHK-1340
Matériel autorisé :	tableau périodique

Examen final

Date :	Le 20 avr. 2020 de 13h30 à 15h30
Mode de travail :	Individuel
Pondération :	30 %
Remise de l'évaluation :	salle à déterminer
Matériel autorisé :	tableau périodique

Rapport de laboratoire

















Date de remise :	À déterminer
Mode de travail :	En équipe
Pondération :	25 %
Remise de l'évaluation :	Boîte de dépôt
Directives de l'évaluation :	Rapports écrits selon les instructions du Guide en format PDF ou Word

Informations supplémentaires : Fichier à consulter pour discussion de la composition chimique

Résumés - Atelier sur le bioraffinage

Date de remise :	6 avr. 2020 à 11h18
	un résumé par équipe format papier et électronique, titre, texte et mots clés Déposer dans la boîte avant 6 avril 2020
Mode de travail :	En équipe
Pondération :	6 %
Remise de l'évaluation :	Boîte de dépôt

Présentations orales - Atelier sur le bioraffinage

Date de remise :	16 avr. 2020 à 11h23
	Présentations orales sont conçues pour permettre à chaque membre de l'équipe à participer et prendre des questions; Salle GHK 2376
Mode de travail :	En équipe
Pondération :	9 %
Remise de l'évaluation :	Boîte de dépôt
Directives de l'évaluation :	Choisir un sujet à présenter: résumé, mots clés, Power point avec bibliographie en support Base théorique sommative Illustrations, formules chimiques, conclusions et perspectives
Fichiers à consulter :	<p> DevisÉchelle_Q7_18_mars_15.pdf (331,87 Ko, déposé le 11 nov. 2019)</p> <p> Bioraffinerie forestière.pdf (1,24 Mo, déposé le 11 nov. 2019)</p> <p> Plan-cadre GBO-2020 Chimie du bois.pdf (388,71 Ko, déposé le 11 nov. 2019)</p> <p> Plan pour une présentation orale-GBO-2020-communication.pdf (664,44 Ko, déposé le 11 nov. 2019)</p> <p> Grille évaluation_GBO-2020- communication.pdf (337,61 Ko, déposé le 11 nov. 2019)</p> <p> Terpenes_Emitted_to_Air_from_TMP_and_Sulphite_Pulp_ Holzforscung.pdf (616,68 Ko, déposé le 9 janv. 2020)</p> <p> Nanocellulose in sustainable materials- 20154.pdf (1,48 Mo, déposé le 9 janv. 2020)</p> <p> Nanocellulose in materials -2018.pdf (3,16 Mo, déposé le 9 janv. 2020)</p> <p> Vanillin-Separation and Purification Reviewa -2016.pdf (1,05 Mo, déposé le 9 janv. 2020)</p> <p> a-pinene to verbenone.ejbiotechnology.info_index.php_ejbiotechnology_rt_pr.pdf (431,31 Ko, déposé le 9 janv. 2020)</p> <p> TRansformation of a-pinene into verbenol.pdf (133,52 Ko, déposé le 9 janv. 2020)</p> <p> Verbenone from alpha-pinene by apergillus niger- 2000.pdf (62,25 Ko, déposé le 9 janv. 2020)</p> <p> Xylitol- review -Process Biochemistry 2014.pdf (834,04 Ko, déposé le 16 janv. 2020)</p> <p> Xylitol- separation techniques-2015.pdf (511,03 Ko, déposé le 16 janv. 2020)</p> <p> Turpentine-Int.J.Occup.Med-2009.pdf (659,55 Ko, déposé le 16 janv. 2020)</p> <p> pinenes bioconversions-2017.pdf (707,69 Ko, déposé le 16 janv. 2020)</p>

Informations détaillées sur les évaluations formatives

Titre et références pour l'atelier bioraffinage

Date de remise :	À déterminer
Mode de travail :	En équipe
Remise de l'évaluation :	Boîte de dépôt
Directives de l'évaluation :	Titre et références du sujet de l'atelier sur le bioraffinage

Barème de conversion

Le barème n'a pas encore été ajouté par votre enseignant.

Règles disciplinaires contre la tricherie et le plagiat

Tout étudiant(e) qui commet une infraction relative aux études, au sens du Règlement disciplinaire à l'intention des étudiants de l'Université Laval, dans le cadre du présent cours, notamment en ce que constitue du plagiat, est passible des sanctions qui sont prévues par ce Règlement. Il est très important que chaque étudiant(e) prenne connaissance des articles 22 à 32 dudit Règlement, à :

<http://ulaval.ca/reglement-disciplinaire> 

Tout étudiant(e) est tenu, en réalisant tout travail écrit requis dans un cours, de respecter les règles relatives à la protection du droit d'auteur et à la prévention du plagiat dans ses travaux formateurs soumis à l'évaluation. Constituent notamment du plagiat les faits de :

- i. copier textuellement un ou plusieurs passages provenant d'un ouvrage sur support de papier ou électronique sans mettre ces passages entre guillemets ni en hors-texte et sans en mentionner la source;
- ii. résumer l'idée originale d'un auteur(e) en l'exprimant dans ses propres mots (paraphraser) sans en mentionner la source;
- iii. traduire partiellement ou totalement un texte sans en mentionner la provenance;
- iv. remettre un travail copié partiellement ou totalement d'un autre étudiant(e) (avec ou sans son accord);
- v. remettre un travail téléchargé partiellement ou totalement d'un site d'achat ou d'échange de travaux scolaires.

[Sources: En application de l'article 161 du Règlement des études de l'Université Laval, http://www2.ulaval.ca/fileadmin/Secrtaire_general/Reglements/reglement-des-etudes-03062014.pdf, entré en vigueur le 3 juin 2014. Commission de l'Éthique de la science et de la technologie, *La tricherie dans les évaluations et les travaux à l'université: l'éthique à la rescousse* (rédaction: Denis Boucher), Québec, 15 mai 2009; texte adapté ici le 16 juillet 2009.]

Correction linguistique, retard et présentation des travaux

Un maximum de 15% pourra être enlevé aux résultats de chacun des examens et des travaux pour des fautes de grammaire, d'orthographe, de ponctuation ou de syntaxe, ainsi que pour la propreté du document, et cela à raison d'un demi-point (0.5%) par faute ou erreur constatée. La correction des travaux d'étudiants non francophones fera l'objet d'une considération particulière. Aucun retard injustifié à la remise des travaux ne sera toléré.

Utilisation d'appareils électroniques pendant une séance d'évaluation

Le seul appareil électronique toléré pendant une séance d'évaluation est la calculatrice.

Les calculatrices autorisées durant les séances d'examen pour tous les cours offerts par la Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique sont les suivantes :

- Hewlett Packard HP 20S, HP 30S, HP 32S2, HP 33S, HP 35S
- Texas Instrument TI-30Xa, TI-30XIIB, TI-30XIIS, TI-36X (plus fabriqué),
- BA35
- Sharp EL-531**, EL-535-W535, EL-546**, EL-510 R, EL 516*, EL-520**
- Casio FX-260, FX-300 MS, FX-350 MS, FX-300W Plus, FX-991MS, FX-991ES (plus fabriqué), FX-991W*, FX-991ES Plus C*

* Modèles qui ne seront plus autorisés dès 2016.

** Calculatrices Sharp: sans considération pour les lettres qui suivent le numéro.

Absence aux examens

Un étudiant absent à un examen ou à toute autre séance d'évaluation obtient automatiquement la note zéro à moins qu'il ait des motifs sérieux justifiant son absence.

Les seuls motifs acceptables pour s'absenter à un examen et avoir droit à un examen de reprise sont les suivants :

- **Convocation par une cour de justice** durant la plage horaire prévue pour l'examen avec preuve de convocation.
- **Maladie durant la plage horaire prévue pour l'examen avec un billet de médecin** précis incluant les dates d'invalidité et les coordonnées du médecin.
- **Mortalité d'un proche** avec preuve de décès et lettre d'une tierce personne attestant du lien de parenté ou autre lien entre l'étudiant et la personne décédée.

Les pièces justificatives doivent être des originaux et doivent être présentées à l'enseignant, au directeur de programme ou au secrétariat des études (1250 pavillon Abitibi-Price) le plus rapidement possible.

Aucune justification d'absence reliée à des événements sportifs (sauf pour les athlètes du Rouge et Or, sur approbation préalable de la direction de programmes) ou reliée à un emploi, à un conflit d'horaire avec d'autres cours ou examens, à des horaires de voyage conflictuels (billets d'avion déjà achetés, par exemple) ou à des motifs religieux quelconques n'est acceptable.

Les conflits d'horaire doivent être résolus au tout début de la session, avant la fin de la période de modification du choix de cours, par l'étudiant lui-même. Un étudiant inscrit au cours après cette date est réputé ne pas avoir de conflit d'horaire et pourra se présenter à tous ses examens.

L'étudiant dont l'absence est dûment justifiée a l'obligation de se rendre disponible pour un examen de reprise à la date fixée par l'enseignant sans quoi il obtiendra la note zéro pour cet examen.

Étudiant ayant un handicap, un trouble d'apprentissage ou un trouble mental

Les étudiants qui ont une lettre d'Attestation d'accommodations scolaires obtenue auprès d'un conseiller du secteur Accueil et soutien aux étudiants en situation de handicap (ACSESH) doivent rencontrer leur professeur au début de la session afin que des mesures d'accommodation en classe ou pour les évaluations puissent être organisées. Ceux qui ont une déficience fonctionnelle ou un handicap, mais qui n'ont pas cette lettre doivent contacter le secteur ACSESH au 656-2880, le plus tôt possible.

Le secteur ACSESH vous recommande fortement de vous prévaloir des services auxquels vous avez droit afin de pouvoir réussir vos études, sans discrimination ni privilège. Pour plus d'information, voir la Procédure de mise en application des mesures d'accommodations scolaires à l'adresse suivante : <https://www.aide.ulaval.ca/situation-de-handicap/presentation/> 

Matériel didactique

Matériel obligatoire

Tableau
périodique

Les modèles des structures moléculaires


Livre
scolaire « Chimie du bois » (T. Stevanovic et D. Perrin)

Protocoles de
laboratoires (T. Stevanovic)

Bibliographie


Bibliographie

- 1) Le volume en français: T. Stevanovic et D. Perrin (2009) : « Chimie du bois », Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Suisse, 241 pp. ISBN 978-2-88074-799-2 illustrés par les figures, et les images, contenant une bibliographie exhaustive sur chacun de chapitres, sert de base.
- 2) "Analytical Methods in Wood Chemistry, Pulping and Papermaking", E.Sjöstrom et R. Alen, eds, Springer, Springer Series in Wood Science (T.E. Timell, ed), 1999, Berlin, Heidelberg
- 3) Voir le pdf sur la plus importante bioraffinerie au monde Boreggaard en Norvège

 [Borregaard-world's most advanced biorefinery in operation.pdf](#)
(5,84 Mo, déposé le 11 nov. 2019)

Annexes

Les références bibliographiques seront ajoutées ultérieurement

 [DevisÉchelle_Q7_18_mars_15.pdf](#)
(331,87 Ko, déposé le 11 nov. 2019)

 [Composition chimique du bois.pdf](#)
(1,68 Mo, déposé le 11 nov. 2019)