

La chimie verte. Principes généraux et illustration pour la valorisation des agroressources

Dr. Aurore Richel

Unité de Chimie Biologique Industrielle
Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech

Chimie verte

- ❖ Concept de chimie verte
- ❖ Illustration des principes de base sur certains exemples choisis
 - ❖ Application des techniques de catalyse
 - ❖ Etude des techniques de chauffage alternatives et des solvants verts
- ❖ La chimie du végétal: valorisation des agroressources

Chimie verte

❖ L'industrie chimique en quelques chiffres

- ✓ 7% du PIB mondial
- ✓ 9 % du commerce mondial
- ✓ Croissance estimée: +85 % en 2020 (% 1995)
- ✓ Record de croissance sur les 50 dernières années
 - volume: plastiques d'origine pétrochimique
 - valeur: produits pharmaceutiques

Chimie verte

❖ Degré de complexité – diversité des productions



RAFFINERIE



CHIMIE LOURDE

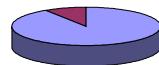


CHIMIE FINE

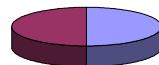


CHIMIE PHARMACEUTIQUE

Production mondiale annuelle (T/an) Produits/déchets



1-100 M (produits)
0.1 – 10 M (déchets)



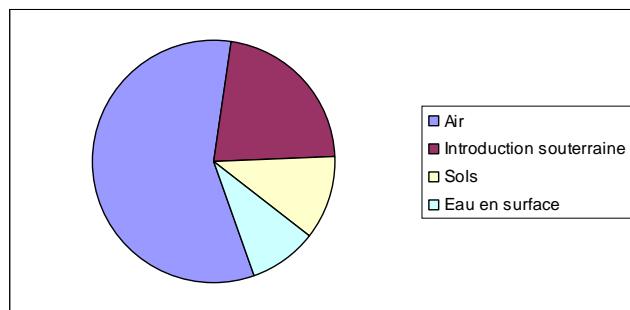
10-1000 (produits)
1000 à 0.1 M (déchets)



Chimie verte

❖ Degré de complexité – diversité des productions

Répartition des émissions des produits chimiques toxiques dans l'environnement



Chimie verte

❖ Degré de complexité – contraintes

❖ Grande variété de processus chimiques

❖ Gestion des déchets

❖ Normes environnementales + rigoureuses

❖ REACH (Registration, Evaluation & Authorization of Chemicals)

❖ Préoccupations liées à la sécurité

❖ Classification SEVESO

❖ Raréfaction des matières 1ères pétrochimiques

Chimie verte

Objectif = développement durable

Permettre de satisfaire les besoins de la génération présente sans compromettre les besoins des générations futures



Moyen = chimie verte

Chimie verte

❖ Qu'est ce que la chimie verte ?

- ❖ Concept défini en 1998 par P. Anastas et J. C. Warner
(EPA – Environmental Protection Agency)



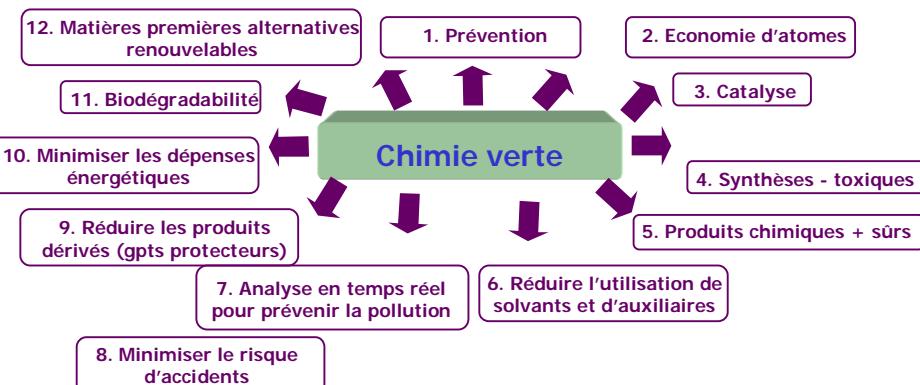
❖ Objectif/définition

Concevoir des produits et des procédés de synthèse permettant de réduire ou d'éliminer l'utilisation et la génération de substances dangereuses

Chimie verte

❖ Qu'est ce que la chimie verte ?

❖ 12 principes fondateurs



TECHNISE

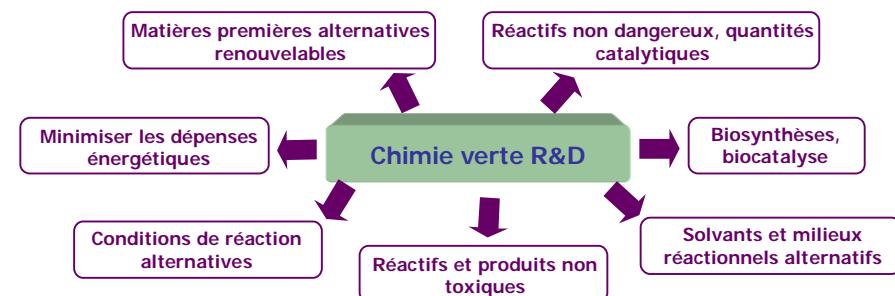
Dr A. Richel – 24 août 2011

Chimie verte

❖ Qu'est ce que la chimie verte ?

❖ En pratique:

Chimie verte et durable: 7 thèmes de recherche principaux



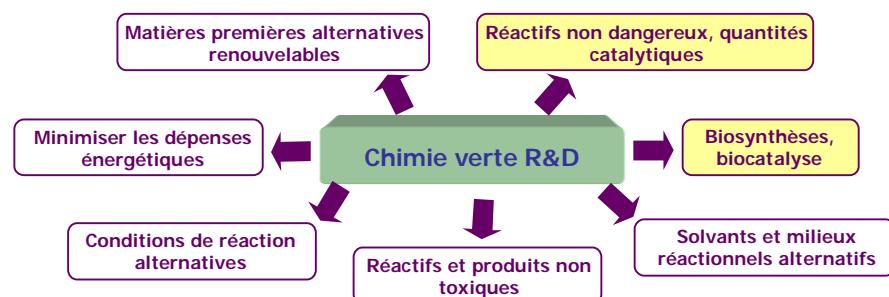
OECD Environmental Health and Safety Publications, Series on Risk Management N°10 (1999), « Proceedings of the OECD workshop on sustainable chemistry », Venice, 15-17 October 1998, pp. 204-205

TECHNISE

Dr A. Richel – 24 août 2011

Chimie verte

❖ Illustration 1. Utilisation de catalyseur



OECD Environmental Health and Safety Publications, Series on Risk Management N°10 (1999), « Proceedings of the OECD workshop on sustainable chemistry », Venice, 15-17 October 1998, pp. 204-205

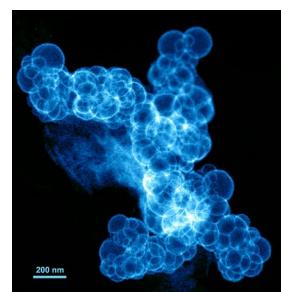
Chimie verte

❖ Illustration 1. Utilisation de catalyseur

❖ Catalyseur : substance qui accélère une réaction sans être consommée

❖ Synthèses optimisées:

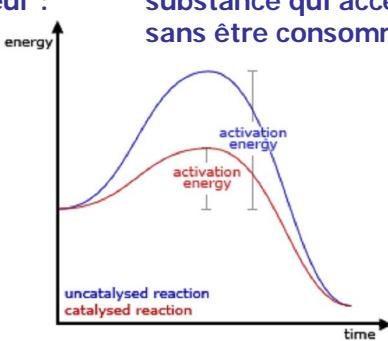
- ❖ - d'étapes, + rapides
- ❖ - de réactifs utilisés
- ❖ - de traitements, - de déchets
- ❖ - coûteuses en énergie



Chimie verte

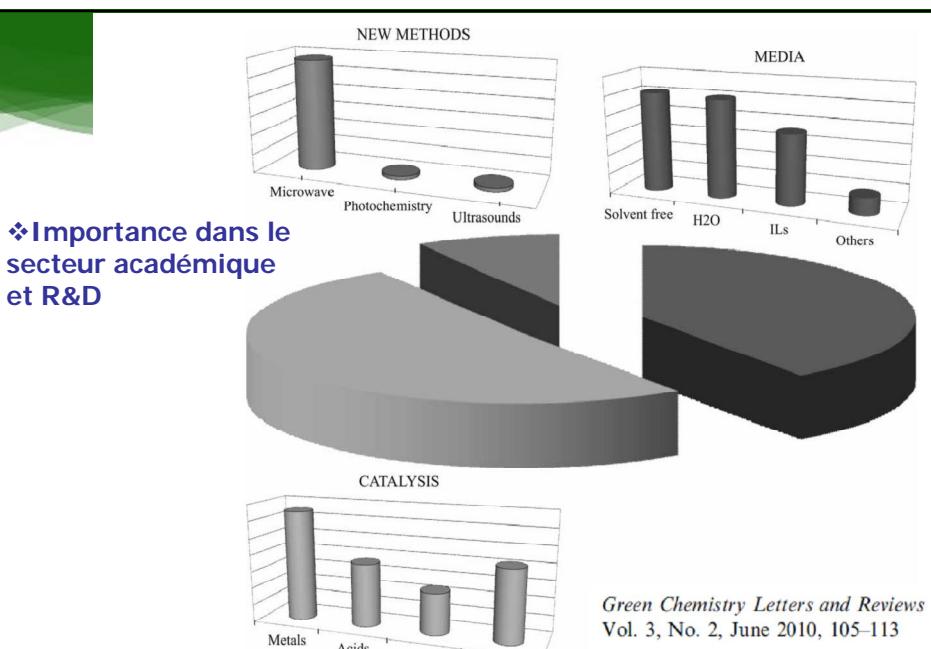
❖ Illustration 1. Utilisation de catalyseur

❖ Catalyseur : substance qui accélère une réaction sans être consommée



❖ Catalyse chimique (homogène, hétérogène)

❖ Catalyse enzymatique

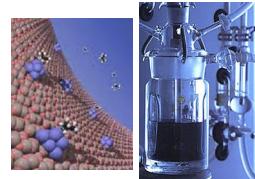


Chimie verte

❖ Illustration 1. Utilisation de catalyseur

❖ Importance dans le secteur industriel

Réactions d'oxydation	- Oxydation du propène - Oxydation du butane en anhydride malique - Ep oxydation de l'éthylène	$\text{Fe}_2(\text{MO}_4)_3$ $\text{V}_2\text{O}_5/\text{MgO}$, $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$	
Conversion du gaz naturel	- Réformage du méthane - Procédé Fischer-Tropsch	$\text{NiO}/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{NiO}/\text{MgAl}_2\text{O}_4$ Cu/SiO_2 , [Fe] $\text{Cu}/\text{Zn}/\text{Al}_2\text{O}_3$	SASOL (9 Mt butyraldehyde) BASF
Industrie du raffinage	- Catalyse catalytique - Réformage - Hydrocraqueuse - Déshydrogénéation	Asides, zéolithes $\text{Pt}/\text{Al}_2\text{O}_3$, Pt/mordenite $\text{Pt}/\text{Al}_2\text{O}_3$, CoMnS/Al ₂ O ₃ $\text{Ni}/\text{Mo}/\text{S}/\text{Al}_2\text{O}_3$ (zéolithes) $\text{Pt}(\text{Sn})$ ou $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$	1996 : 33 Mt (benzène)
Hydrogénéation	- Hydrogénéation chimie fine - Hydrogénéation des huiles/acides gras	$\text{RuCl}_3(\text{BINAP})$, etc Ni/SiO_2 , $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$	
Chimie inorganique	- Procédé Haber (synthèse de NH_3) - Production HNO_3	[Fe] KOH Pt, Rh	BASF (2005 : 115 Mt)
Polymerisation	- Synthèse de H_2O_2	V_2O_5 /céramiques, SiO_2	
Méthathèse	- Polymérisation de l'éthylène	Ziegler-Natta (Cr, Ti) ($\text{C}_2\text{H}_5\text{PCH}_2\text{COONa}$)	75 Mt/an (éthylène)
Estérifications	- Procédé SHOP	Acides/Bases, zéolithes, ...	Shell (2009 : >1 Mt)
Dépollution	- Désulfuration - Elimination du soufre dans les gaz (CLAUS) - Pots catalytiques	Mo, $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ $\text{Na}_2\text{OFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$	
Chimie fine / pharmaceutique	Méthathèse, cyclopropanation, couplage de Heck, Suzuki, hydrogénéation (assymétrique), Friedel-Crafts, réaction de Grignard, nitrification des aromatiques, click-chemistry, ...	Pt, Pd, Rh/ Al_2O_3 , Ru, Pd, Rh, Ti, Mg, Cu acides, etc. supportés sur SiO_2 , Al_2O_3 , céramiques, zéolithes, MCM-41, oxydes métalliques, ...	



Nobel Chimie
2001- 2005- 2010

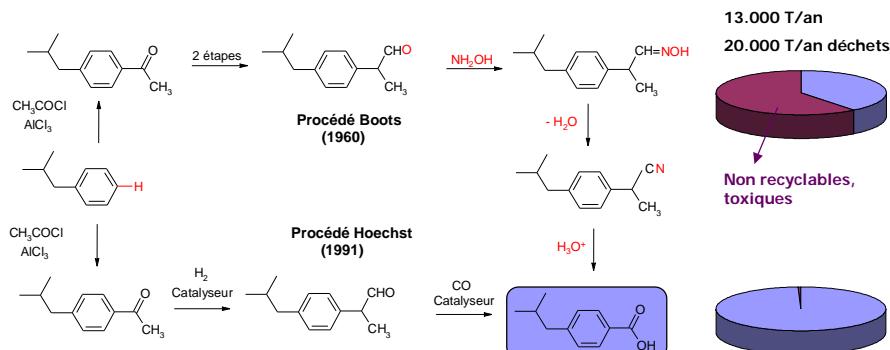


TECHNISE

Dr A. Richel – 24 août 2011

Chimie verte

❖ Illustration 1. Utilisation de catalyseur – Synthèse industrielle de l'Ibuprofène



Avantages économiques et environnementaux

TECHNISE

Dr A. Richel – 24 août 2011

Chimie verte

❖ Illustration 1. Utilisation de catalyseur – Synthèse industrielle de l'Ibuprofène

Economie d'atomes

Reagent	Used in ibuprofen		Unused in ibuprofen		
Formula	M _r	Formula	M _r	Formula	M _r
C ₁₀ H ₁₄	134	C ₁₀ H ₁₃	133	H	1
C ₄ H ₆ O ₃	102	C ₂ H ₃	27	C ₂ H ₃ O ₃	75
C ₂ H ₅ ClO ₂	122.5	CH	13	C ₂ H ₅ ClO ₂	109.5
C ₂ H ₅ ONa	68		0	C ₂ H ₅ ONa	68
H ₂ O	19		0	H ₂ O	19
NH ₃ O	33		0	NH ₃ O	33
H ₂ O ₂	36	HO ₂	33	H ₃	3
Total	Ibuprofen		Waste products		
C ₂₀ H ₂₂ NO ₃ ClNa	514.5	C ₁₃ H ₁₈ O ₂	206	C ₂ H ₅ NO ₃ ClNa	308.5

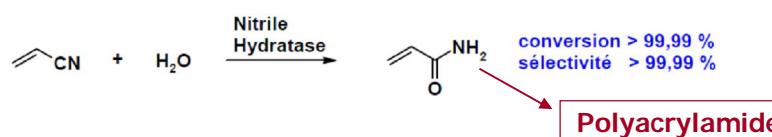


Reagent	Used in ibuprofen		Unused in ibuprofen		
Formula	M _r	Formula	M _r	Formula	M _r
C ₁₀ H ₁₄	134	C ₁₀ H ₁₃	133	H	1
C ₄ H ₆ O ₃	102	C ₂ H ₃ O	43	C ₂ H ₃ O ₂	59
H ₂	2	H ₂	2		0
CO	28	CO	0		0
Total	Ibuprofen		Waste products		
C ₁₀ H ₂₂ O ₄	266	C ₁₃ H ₁₈ O ₂	206	C ₂ H ₄ O ₂	60

Table 2 Atom economy in the green synthesis of ibuprofen

Chimie verte

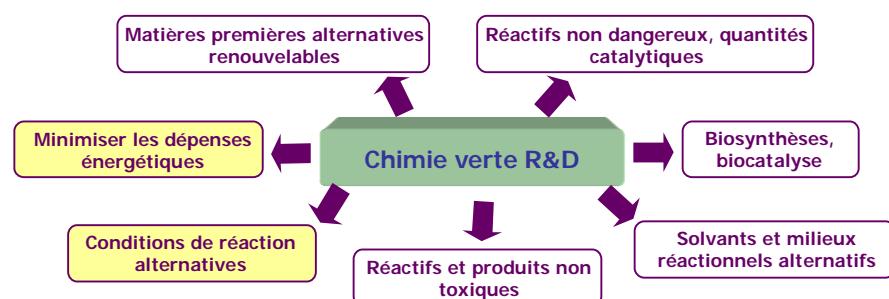
❖ Illustration 1. Utilisation de catalyseur – Biocatalyse Procédé MITSUBISHI de production d'acrylamide



- ❖ Acrylamide: production annuelle 100.000 T (2006)
- ❖ Voie enzymatique + simple que voie chimique au Cu (pas d'inhibiteur de polymérisation- conditions + douces: 5°C)
- ❖ Immobilisation de cellules entières de *Rhodococcus.rhodocrousJ1hydratase* (E.C.4.2.1.84)
- ❖ Productivité améliorée (> 400 g.L⁻¹.h⁻¹)
- ❖ Produit fini de meilleure pureté (>99.99 %)

Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage



OECD Environmental Health and Safety Publications, Series on Risk Management N°10 (1999), « Proceedings of the OECD workshop on sustainable chemistry », Venice, 15-17 October 1998, pp. 204-205

Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage

⇒ Sources de chauffage classique

- plaques chauffantes
- bain d'huile, bain marie, sable etc...

⇒ Sources « d'activation » originales

- micro-ondes
- ultrasons

Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage

❖ 1986: Gedye et Giguere

Utilisation de fours micro-ondes domestiques (pas de contrôle de la température)

❖ 2000: réacteurs micro-ondes de laboratoire

❖ Amélioration des rendements, des sélectivités ➔ moins de déchets

❖ Réduction des temps de chauffage/température ➔ économie d'énergie

Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage

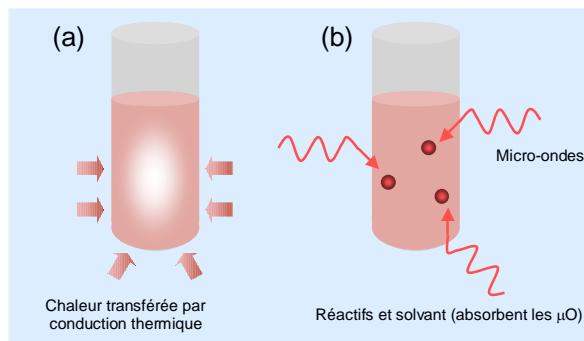
❖ Principe: aptitude de certaines substances à absorber une onde électromagnétique (micro-ondes) incidente et à la convertir en énergie thermique

Tableau 1. Facteur de perte ($\tan\delta$) pour différentes substances à 20°C et à une fréquence de 2.45 GHz.

Solvant	$\tan\delta$
Ethylène glycol	1.350
Ethanol	0.941
DMSO (diméthylsulfoxyde)	0.825
Méthanol	0.659
1,2-dichlorobenzene	0.280
DMF (diméthylformamide)	0.161
Eau	0.123
Acétone	0.054
Hexane	0.020

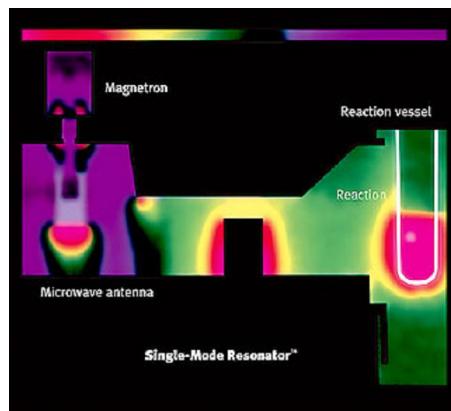
Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage



Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage



Chimie verte

From bench-top to scale-up: batch processing and parallel synthesis

<500mg, 0.5-5mL
300°C max, 20 bar max



~500 gr, 1-2 L
24x100mL max, 50 bar



~Kg, 3-4 L
200 bar max.



Batch or parallel
Open or closed vessels

Dr A. Richel – 24 août 2011

TECHN^oISE

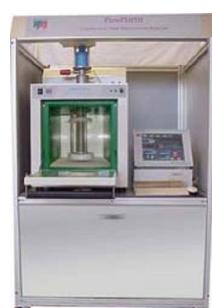
Chimie verte

From bench-top to scale-up: continuous and stop-flow methods

Max. flow rate: 20
mL.min⁻¹; 250°C, 17 Bar
80 mL cavity



1L, 250°C, 40bar
Daily output > 100g



Several L.h⁻¹
Daily output > 20Kg



Dr A. Richel – 24 août 2011

TECHN^oISE

Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage

Exemple: synthèse de tensioactifs à base de sucres

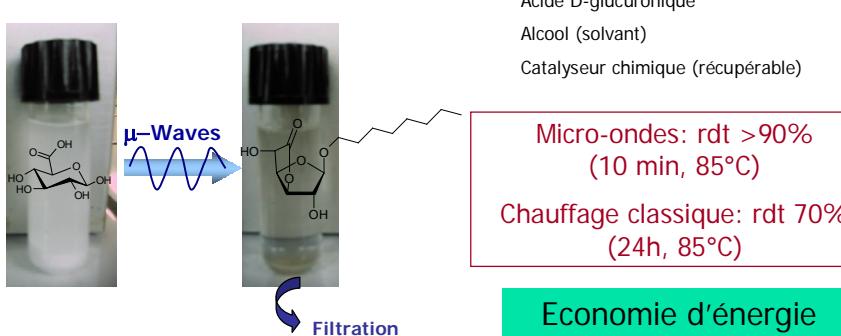
Richel et al. *Tetrahedron Lett.* 2010

The screenshot shows the journal cover of *Tetrahedron Letters* (Volume 51, Issue 34, 2010). The title of the article is "Microwave-assisted synthesis of D-glucuronic acid derivatives using cost-effective solid acid catalysts". The authors listed are Aurore Richel^{a,b,*}, Pascal Laurent^{a,b}, Bernard Wathélet^a, Jean-Paul Wathélet^b, Michel Paquot^a. The article is from the University of Liege, Gembloux Agro-Bio Tech, Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux, Belgium. The abstract discusses the monomode microwave-assisted coupling of D-glucuronic acid with alcohols in the presence of various impregnated acid catalysts, resulting in almost quantitative yields of the corresponding monosubstituted β-D-glucuronosiduron-6,3-lactones in less than 10 min at 85°C. The study demonstrates the synergy of microwaves and impregnated acid catalysts as a fast and clean strategy in carbohydrate chemistry. The article was received on October 27, 2009, revised on December 8, accepted on December 11, and available online on December 21, 2009. The copyright notice indicates © 2009 Elsevier Ltd. All rights reserved. The date shown at the bottom right is 24 août 2011.

Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage

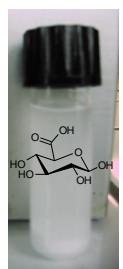
Exemple: synthèse de tensioactifs à base de sucres



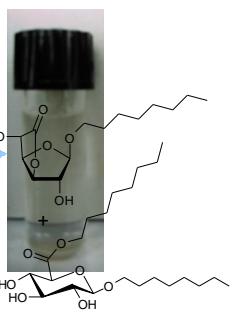
Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage

Exemple: synthèse de tensioactifs à base de sucres



μ -Waves



Acide D-glucuronique
Alcool (solvant)
Catalyseur chimique (récupérable)

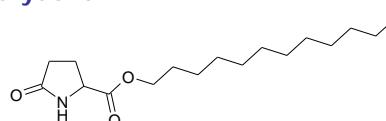
Sélectivité différente en chauffage classique: mélange de produits

Micro-ondes = sélectivité,
moins de purification et de déchets

Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage

Exemple: synthèse industrielle du Laurydone®



6kW – 2.45 GHz

Pyroglutamic acid + lauryl alcohol

PAS DE CATALYSEUR (acide p-toluenesulfonique)
ni de solvant (toluène)

Batch production: 150 kg / 4h

Temps de réaction réduit d'un facteur 5

Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage

Exemples industriels d'application des micro-ondes

- ❖ Vulcanisation/dévulcanisation du caoutchouc (Goodyear)
- ❖ Agro-alimentaire
- ❖ Production de céramiques

Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage

Exemples industriels d'application des micro-ondes

United States Patent [19]

Novotny et al.

[11] 4,104,205

[45] Aug. 1, 1978

[54] MICROWAVE DEVULCANIZATION OF RUBBER

[56] U.S. PATENT DOCUMENTS

[75] Inventors: Donald S. Novotny, Windsor, Vt.; Richard L. Marsh, Springfield, Mo.; Frank C. Masters, Palmyra, Nebr.; David N. Tally, Arvada, Colo.

3,725,314 4/1973 Ploofsky 260/2.3
3,786,001 1/1973 204/159.2

3,773,638 11/1973 Goretz et al. 204/159.2 X
3,937,774 2/1976 Wiley et al. 264/26

[73] Assignee: The Goodyear Tire & Rubber Company, Akron, Ohio

Primary Examiner—Murray Tillman

Assistant Examiner—T. DeBenedictis, Sr.

Attorney, Agent, or Firm—R. H. Haas

[21] Appl. No.: 646,821

[57] ABSTRACT

[22] Filed: Jan. 6, 1976

Elastomer waste may be devulcanized without depolymerization to a material capable of recompounding and revulcanization into a product having physical properties essentially equivalent to the original vulcanizate. Devulcanization is accomplished by application of

[51] Int. Cl. 2 C08F 2/46

a controlled dose of microwave energy to sized material, preferably in a continuous process.

[52] U.S. Cl. 260/2.3; 204/159.17;

204/159.18; 204/159.2; 264/28; 264/DIG. 46

[58] Field of Search 260/2.3; 204/159.18;

204/159.2, 159.17; 264/26, DIG. 46

10 Claims, No Drawings

Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage

Exemple: synthèse d'ester – 3-méthylbutylacétate (« essence de banane »)

Chauffage classique



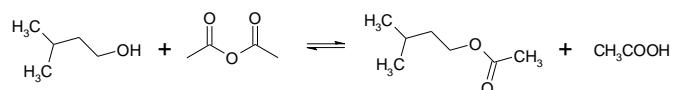
- ❖ Catalyse acide (H_2SO_4) - Chauffage à reflux, 1h
- ❖ A l'équilibre: rendement de 67%
- ❖ Extraction à l'éther et distillation fractionnée

Chimie verte

❖ Illustration 2. Conditions de réaction alternatives Utilisation des micro-ondes comme source de chauffage

Exemple: synthèse d'ester – 3-méthylbutylacétate (« essence de banane »)

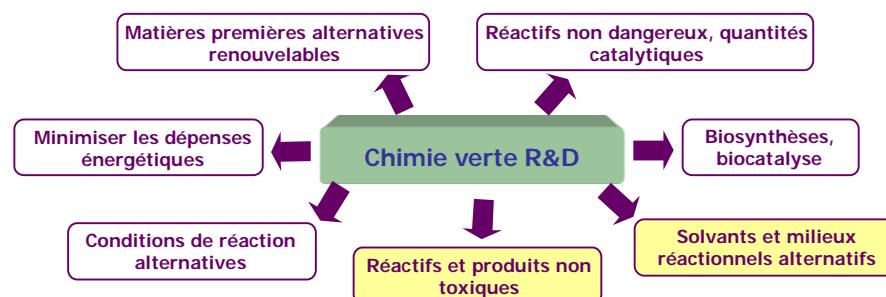
Chauffage micro-ondes



- ❖ Pas de catalyseur - Chauffage à 110°C 8 min
- ❖ Rendement > 80%
- ❖ Pas de purification (extraction à l'éther et distillation fractionnée)

Chimie verte

❖ Illustration 3. Conditions de réaction alternatives Utilisation de solvants « verts »



OECD Environmental Health and Safety Publications, Series on Risk Management N°10 (1999), « Proceedings of the OECD workshop on sustainable chemistry », Venice, 15-17 October 1998, pp. 204-205

TECHNISE

Dr A. Richel – 24 août 2011

Chimie verte

❖ Illustration 3. Conditions de réaction alternatives Utilisation de solvants « verts »

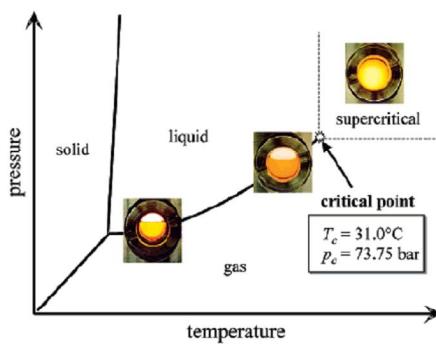
Fluides supercritiques

❖ CO₂ supercritique: alternative aux solvants organiques apolaires

Supercritical Carbon Dioxide as a Green Reaction Medium for Catalysis

WALTER LEITNER
Institut für Technische Chemie und Makromolekulare Chemie, RWTH Aachen, Worringer Weg 1,
52074 Aachen, Germany, and Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Kaiser-Wilhelm-Platz 1,
45470 Mülheim an der Ruhr, Germany
Received January 8, 2002

Acc. Chem. Res. 2002, 35, 746–756



TECHNISE

Dr A. Richel – 24 août 2011

Chimie verte

❖ Illustration 3. Conditions de réaction alternatives Utilisation de solvants « verts »

Fluides supercritiques

❖ CO₂ supercritique: alternative aux solvants organiques apolaires

- ❖ Non toxique
- ❖ Non inflammable ⇒ Sécurité
- ❖ Apte pour des procédés à basse T°
⇒ Economie d' énergie
- ❖ Pas de traces de solvant dans le produit final

Chimie verte

❖ Illustration 3. Conditions de réaction alternatives Utilisation de solvants « verts »

Fluides supercritiques

❖ CO₂ supercritique: alternative aux solvants organiques apolaires



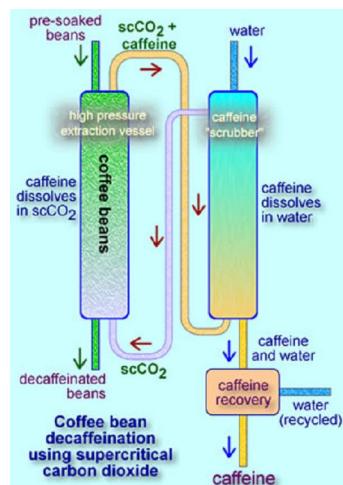
Chimie verte

❖ Illustration 3. Conditions de réaction alternatives Utilisation de solvants « verts »

Fluides supercritiques

Exemple: réduction de la teneur
en caféine dans les grains de
café par extraction au CO₂ sc.

Alternative aux méthodes classiques
avec solvants organiques

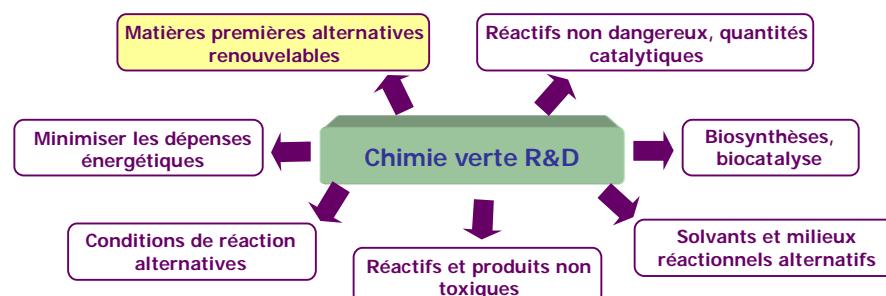


Dr A. Richel – 24 août 2011

TECHNISE

Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources



OECD Environmental Health and Safety Publications, Series on Risk Management N°10 (1999), « Proceedings of the OECD workshop on sustainable chemistry », Venice, 15-17 October 1998, pp. 204-205

Dr A. Richel – 24 août 2011

TECHNISE

Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

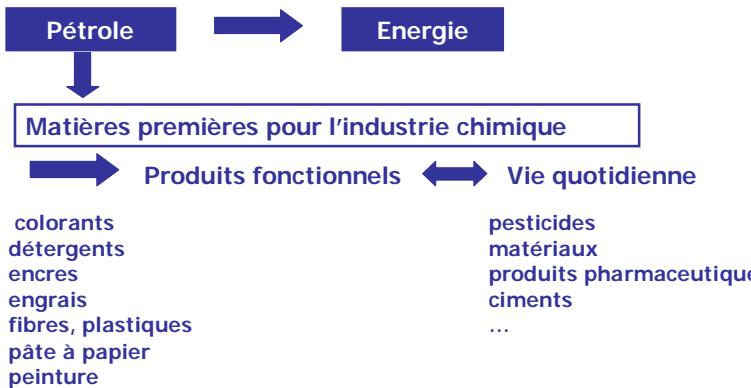
❖ Substitution des matières 1ères pétrochimiques par la biomasse végétale



Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

❖ Exploitation des ressources végétales



Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

❖ Exploitation des ressources végétales – principales sources

Algues	Epaississants, gélifiants (pharma & agroalimentaire)
Bois	Fibres cellulosiques, hémicellulose et lignines
Tiges de céréales	Résidus lignocellulosiques (+ grains => amidon => alimentaire ou industriel)
Plantes oléagineuses	Huiles végétales + pulpes ou tourteaux
Betterave sucrière, canne à sucre	Saccharose + pulpe ou bagasse

Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

❖ Exploitation des ressources végétales lignocellulosiques

- ❖ Prix (~50-60 € / ton d.w.; 3-4 € /GJ): paille, céréales, bois, résidus agricoles, etc.
- ❖ Source alternative de sucres (>< amidon)
- ❖ Disponibilité / peu de compétition avec les besoins alimentaires
- ❖ Renouvelable

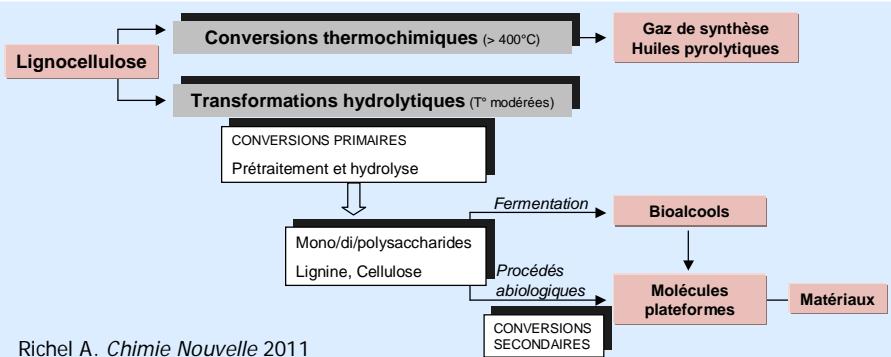


Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

❖ Exploitation des ressources végétales lignocellulosiques

Voies de transformation

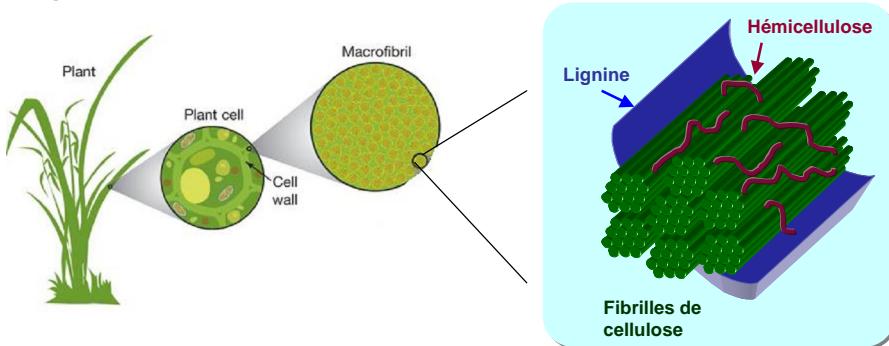


Dr A. Richel – 24 août 2011

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

❖ Exploitation des ressources végétales lignocellulosiques

Lignocellulose = complexité architecturale

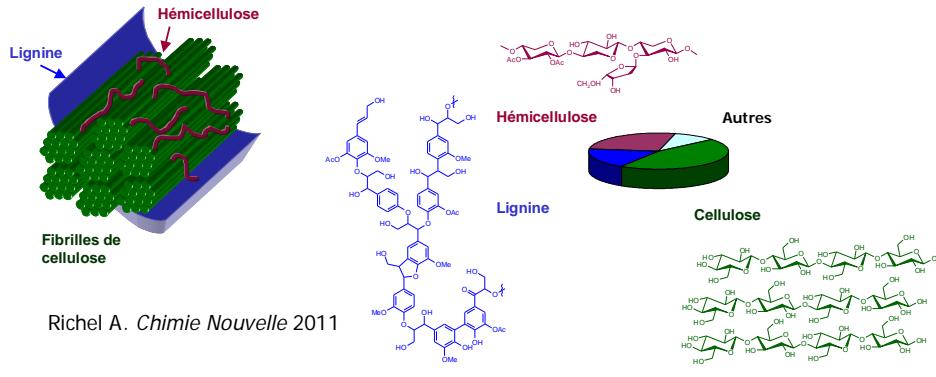


Dr A. Richel – 24 août 2011

Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

❖ Exploitation des ressources végétales lignocellulosiques



% Variable en fct de la plante, des conditions de culture, etc.

Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

❖ Exploitation des ressources végétales lignocellulosiques

Composition de végétaux lignocellulosiques (% de matière sèche)

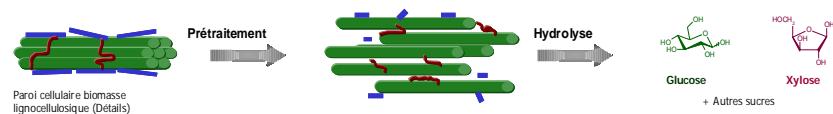
Végétal	Lignine	Cellulose	Hemicelluloses
Pin	27-29	38-42	20-24
Peuplier	20-24	40-49	16-27
Paille de blé	15-23	30-43	22-35
Rafle de maïs	12-17	35-41	20-27
Bagasse de canne à sucre	11-25	38-40	23-34

Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

❖ Exploitation des ressources végétales lignocellulosiques

❖ Etape de prétraitement



Cellulose
Hémicellulose
Lignine

- ❖ Augmentation de l'accessibilité de la cellulose
- ❖ Diminution de la cristallinité de la cellulose et augmentation de sa porosité
- ❖ Ne doit pas dégrader les différents composants (cellulose, lignine, hémicellulose)

Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

❖ Exploitation des ressources végétales lignocellulosiques

❖ Etape de prétraitement

Procédés physiques	Prétraitement mécanique Thermolyse
Procédés physico-chimiques	Thermohydrolyse Explosion à la vapeur Explosion à la vapeur en conditions acides AFEX Explosion au CO ₂
Procédés chimiques	Prétraitement à l'acide dilué Prétraitement alcalin Procédé Organosolv Oxydation chimique Oxydation biologique

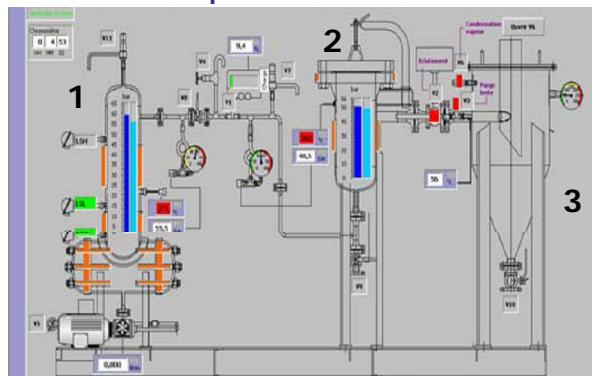
Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

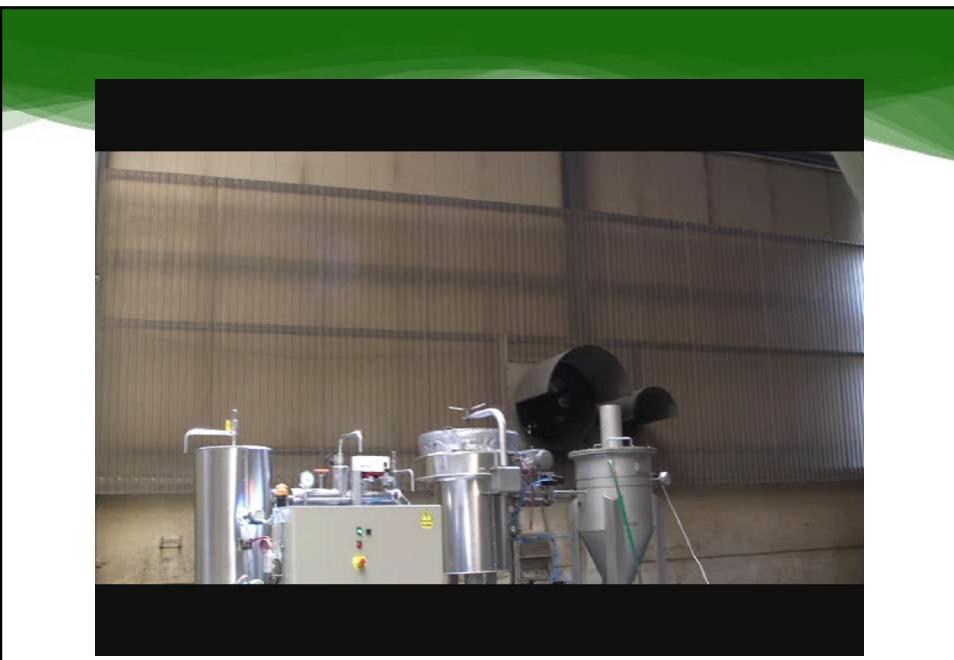
❖ Exploitation des ressources végétales lignocellulosiques

❖ Etape de prétraitement = steam explosion

- 1) Générateur de vapeur
- 2) Réacteur
- 3) Eclateur



Dr A. Richel – 24 août 2011



TECHN^oISE

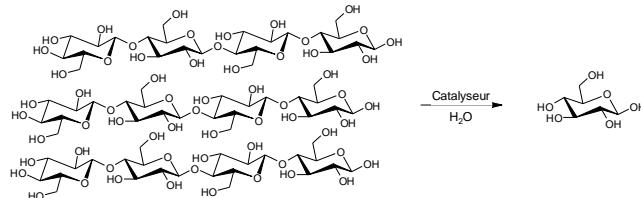
Dr A. Richel – 24 août 2011

Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

❖ Exploitation des ressources végétales lignocellulosiques

❖ Etape d'hydrolyse



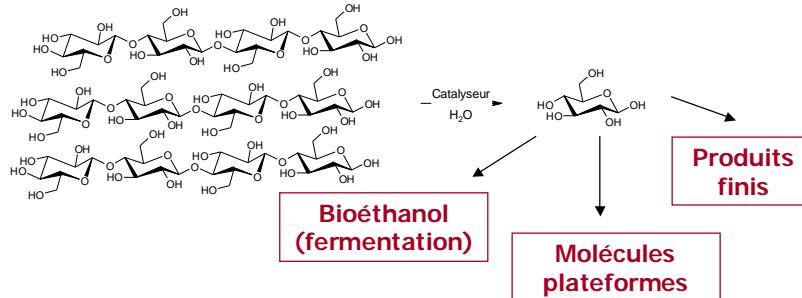
- ❖ Production de D-glucose (bioéthanol par fermentation)
- ❖ Economiquement viable qu'en présence de catalyseurs (chimiques ou enzymatiques)
- ❖ Etape de prétraitement requise

Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

❖ Exploitation des ressources végétales lignocellulosiques

❖ Etape d'hydrolyse



Chimie verte

❖ Production de molécules plateformes (exemple)



C₆H₁₂O₆
Glucose

Hydrolysis ← Biomass

↓

Fermentation

↓

Purification

↓

Lactic acid
D- or L- or D,L-
Racemic mixture

↓

-2H₂O

↓

-H₂O

↓

Poly(lactic acid)

↓

Oligomers

↓

(n-1)H₂O

↓

Lactide

↓

n = 30-70

n = 700-15000

HO

CH₃

O

C

O

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

<div data

Chimie verte

❖ Illustration 4. Valorisation des agroressources

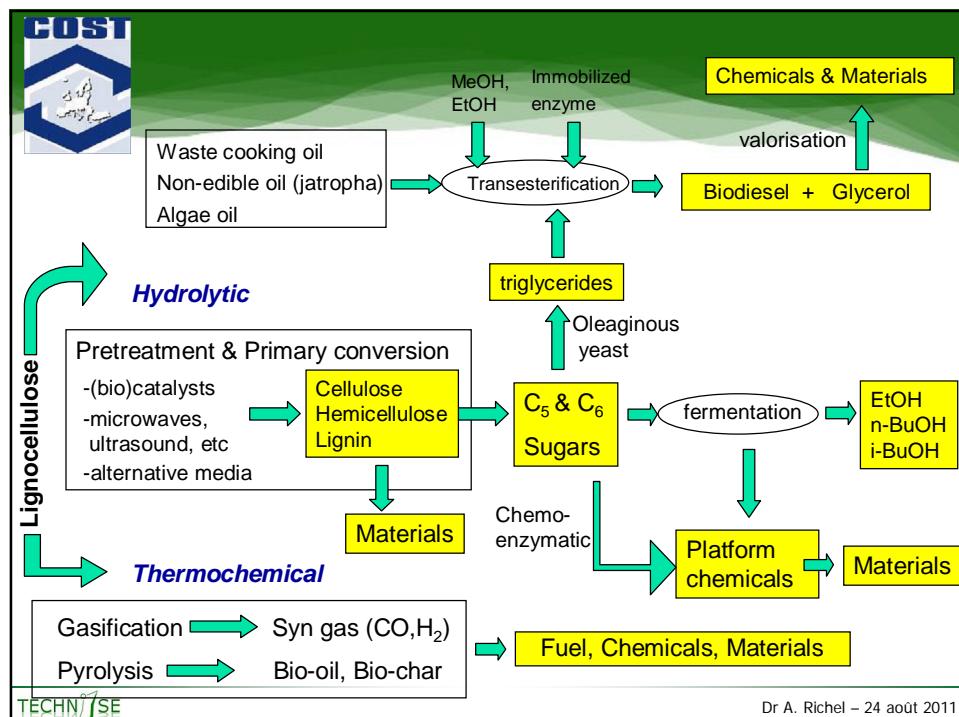
❖ Exploitation des ressources végétales lignocellulosiques

❖ Formation de produits finis à haute valeur ajoutée

United States Patent [19]		Patent Number: 5,449,763
		Date of Patent: * Sep. 12, 1995
[54] PREPARATION OF ALKYL POLYGLYCOSIDES		
[75] Inventors: Harold P. Wulff, Bryn Mawr; Paul A. Siracus, Perkasie, both of Pa.; Patricia E. Bator, Secaucus; Barry A. Salka, Fair Lawn, both of N.J.; Michael W. Counts, Ambler, Pa.; Robert A. Aleksejczyk, Hatfield, Pa.; Patrick M. McCurry, Jr., Lansdale, Pa.; Robert S. McDaniel, Chalfont, Pa.; William G. Kozak, Hatfield, Pa.; Allen D. Urfer, Lansdale, Pa.; Gail Howell, Fort Mill, S.C.		
[73] Assignee: Henkel Corporation, Plymouth Meeting, Pa.		FOREIGN PATENT DOCUMENTS
[14] Notice: The portion of the term of this patent subsequent to Nov. 30, 2010 has been disclaimed.		0092355 10/1983 European Pat. Off. . 0092356 12/1983 European Pat. Off. . 0092617 12/1983 European Pat. Off. . 0077167 4/1984 European Pat. Off. . 0132043 1/1985 European Pat. Off. . 0249013 4/1987 European Pat. Off. . 0092877 11/1993 European Pat. Off. . 4005959 of 0000 Germany . 3932173 4/1991 Germany . 63-298821 11/1988 Japan . 63-256398 12/1988 Japan . WO/9104980 4/1990 WIPO .
		OTHER PUBLICATIONS
		"Preparation and Properties of Pure Alkyl Glucosides, Maltosides and Malotriosides", JAOCs, vol. 61, No. 10, pp. 1651-1655, Oct. 1984; "Physical and Functional Properties of Some Higher Alkyl Polyglucosides", JAOCs, vol. 47, pp. 162-167, 1970.

Dr A. Richel – 24 août 2011

TECHNISE



Dr A. Richel – 24 août 2011

Chimie verte

❖ Conclusions

- Chimie verte: approche nouvelle des problèmes liés à l'activité industrielle
- 12 principes généraux/7 thématiques de recherche prioritaires
- Catalyse, méthode d'activation, solvants «verts»
- Valorisation des agroressources (lignocellulosiques)
- Principale limite: contraintes économiques



Chimie verte

❖ Pour plus d'informations:

Dr. A. Richel: a.richel@ulg.ac.be

Unité de Chimie Biologique Industrielle
Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech

www.fsagx.ac.be/cb/