L'avenir de la bioraffinerie

Vision du Pôle Industries et Agroressources

Daniel THOMAS

Président du pôle de compétitivité Industries et Agro Ressources
Professeur, UMR CNRS 6022 Génie Enzymatique et Cellulaire
Université de Technologie de Compiègne

Matières premières disponibles

2 types

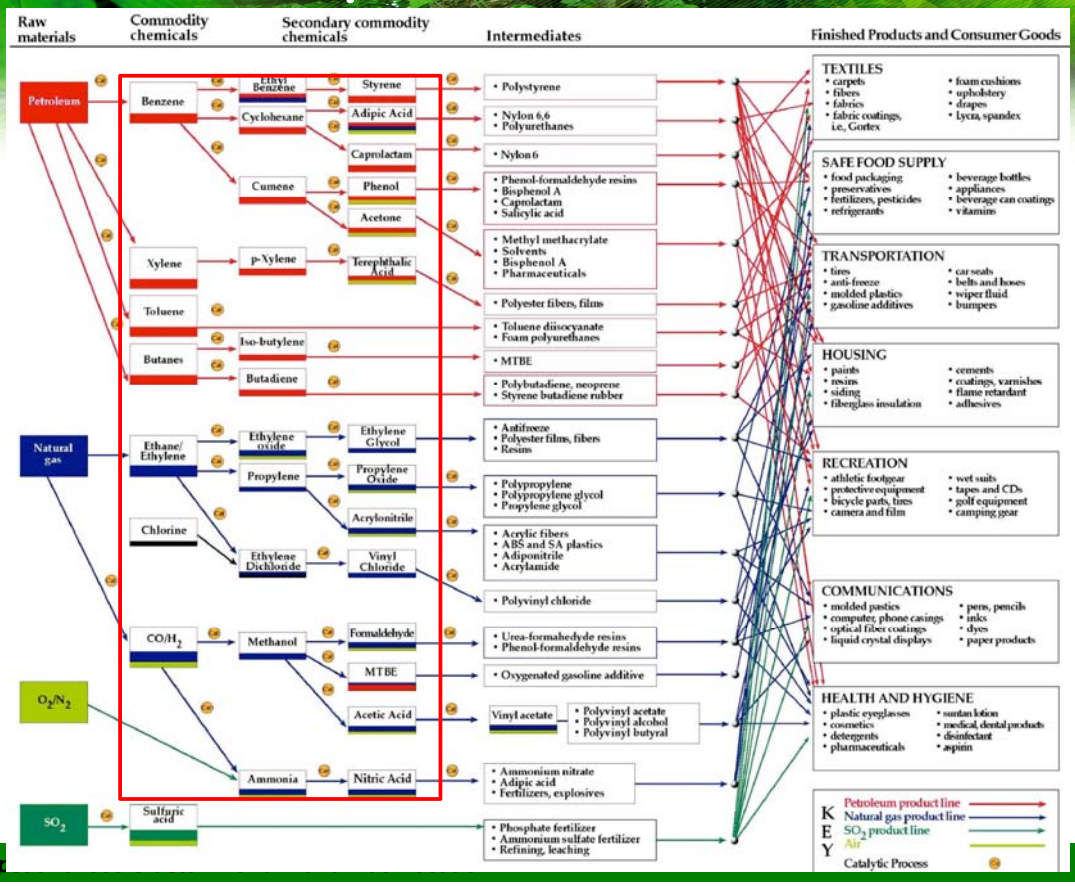
épuisables → Obtenues à partir de gisements

- Gaz naturel
- Pétrole
- Charbon

renouvelables → Obtenues à partir de cultures ou d'élevages

- Grands produits alimentaires
  - céréales (blé, riz, maïs, orge …)
  - oléagineux (soja, arachide, olive …)
  - sucres (betterave, canne à sucre)
  - produits tropicaux (thé, café, cacao)
  - productions animales (bovins, porcins, ovins)
- Bois
  - celluloses, lignine
- Latex de l 'hévéa
  - caoutchouc naturel
- Coton, laine, cuir, tabac
- Plantes aromatiques
  - huiles essentielles

Raffinerie du pétrole



Biomasse

- Production mondiale: 170 milliards t/an
- Utilisation 6 milliards t/an (3.5%)
- 3.7 milliards tonnes: usage alimentaire
- 2 milliards tonnes : bois (énergie), papier, construction
- 0.3 milliards tonnes : non-alimentaire

- Biomasse = source d'énergie
- Biomasse = source de molécules

Utilisation de la biomasse

Agro ressources
Utilisation de tous les composants de la plante

Nouveaux procédés
BIO RAFFINERIE

Nouveaux marchés
Demande de produits renouvelables
Respectueux de l'environnement

La raffinerie végétale

PLANTE ENTIERE
CEREALES-OLEAGINEUX-PROTEAGINEUX
BETTERAVES-PLANTES A FIBRES-RAISIN-BOIS

EXTRACTION - SEPARATION

FRACTIONNEMENT
HYDROLYSE CHIMIQUE OU ENZYMATIQUE

1ère Transformation

FONCTIONNALISATION
CHIMIE, FERMENTATION, CONVERSION ENZYMATIQUE

PRODUITS AGRO-INDUSTRIELS INTERMEDIAIRES

FORMULATION

2ème Transformation

ENERGIE
INDUSTRIE PETROLIERE biocarburants lubrifiants forages
PAPETERIE
HYGIENE COSMETIQUE
DEPOLLUTION
DETERGENCE
IAA
PLASTURGIE
TEXTILE
METALLURGIE
DERIVES DU BOIS
BATIMENT
INDUSTRIE PHARMA
INDUSTRIE CHIMIQUE

SOLVANTS
ALCOOLS
ETHYLESTER
ALCOOLS GRAS
POLYOLS
SUCRES
TENSIOACTIFS
ENZYMES
SUCRES
AMIDONS MODIFIES
DEXTRINES
ACIDES ORGANIQUES
RESINES
VITAMINES
ELASTOMERES
PLASTIQUES
MONOMERES
ANITBIOTIQUES
HUILES
POLYMERES
DERIVES LIGNO-CELLULOSIQUES
PRINCIPES ACTIFS
FIBRES

Raffinerie végétale

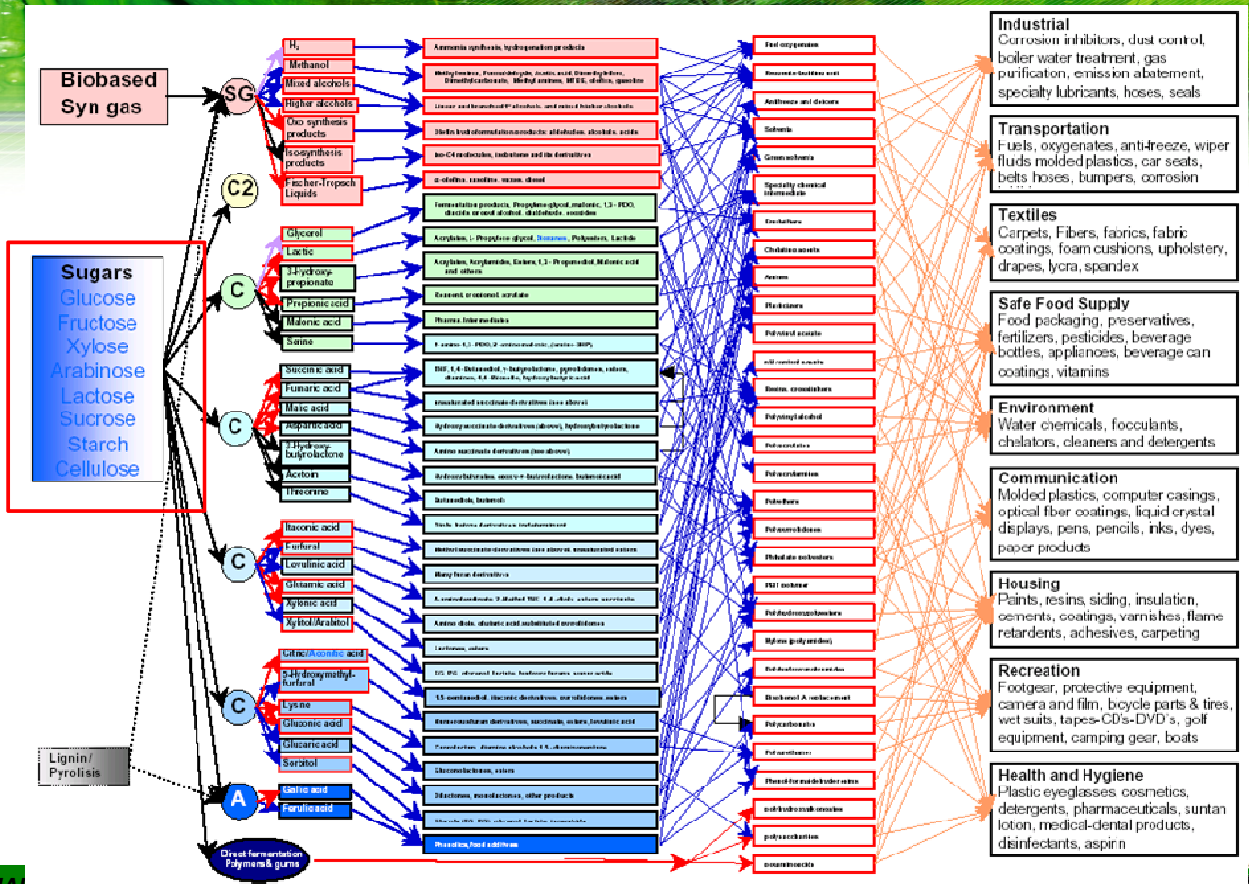
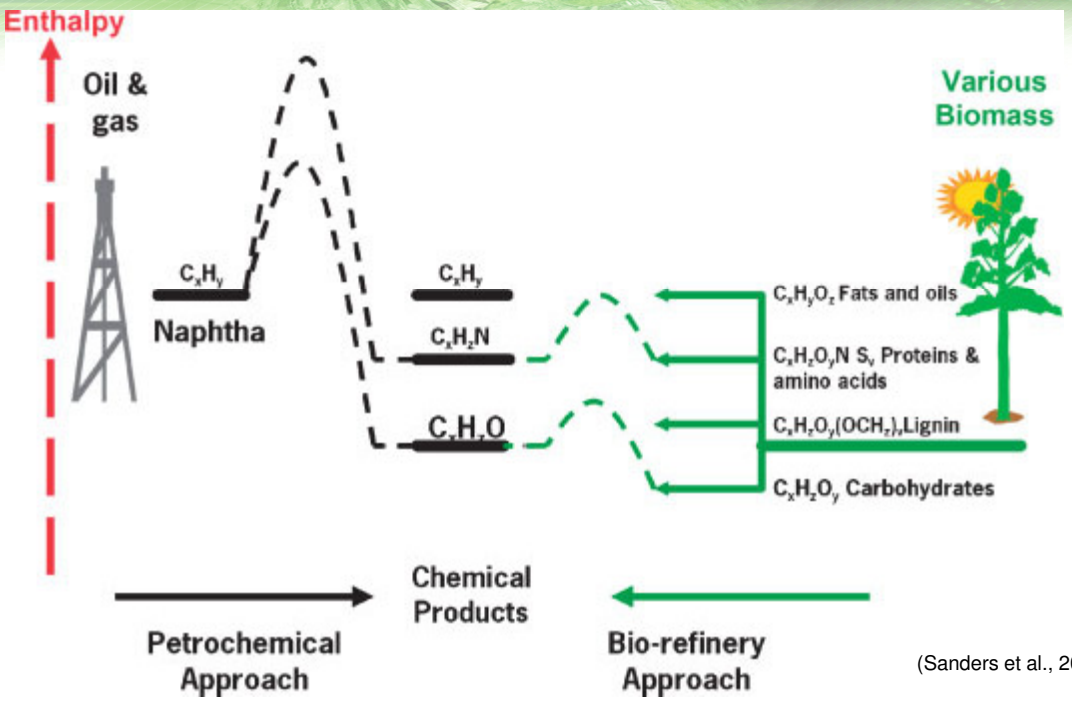


Schéma récapitulatif



(Sanders et al., 2007)

Pôle Industries et Agro-Ressources

- **Le Pôle de Compétitivité « Industries et Agro-Ressources » a vocation à rassembler les acteurs de la recherche, de l'enseignement et de l'industrie de Champagne-Ardenne et de Picardie autour d'un axe commun : les valorisations non alimentaires du végétal**

- **Réunir les compétences permettant d'effectuer toutes les étapes depuis le laboratoire jusqu'au développement industriel dans une perspective de développement durable**

- **Objectif: Etre la référence européenne des valorisations industrielles des agro-ressources à l'horizon 2015**

Pôle de compétitivité « Industries et Agro-Ressources » Créer un Écosystème favorable à l'innovation végétale

15 Coopératives agricoles

24 Centres de recherche

BIORAFFINERIE

52 Entrerpises

29 Grandes Ecoles

Les bassins agricoles régionaux

Surface agricole **2 920 000 ha**

Betteraves **290 000 ha**
Céréales **1 393 300 ha**
Oléagineux **225 000 ha**
Protéagineux **140 000 ha**

Exploitations agricoles **37 000**

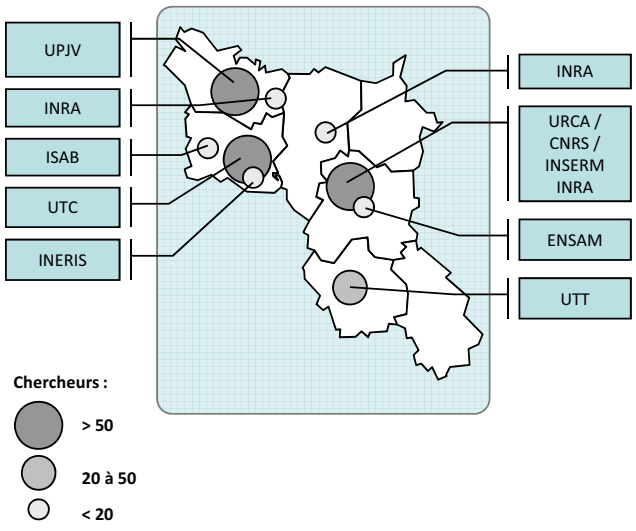
Sources :
Agreste enquête structure 2003
Agreste - Statistique agricole annuelle 2003 et 2004

- 1er producteur européen de **blé tendre et de betteraves sucrières**
- 1er producteur français **d'orge et de luzerne** pour la déshydratation
- 2ème producteur français de pommes de terre, endives et protéagineux
- 3ème producteur français de **colza**
- 4ème producteur français de **bois**

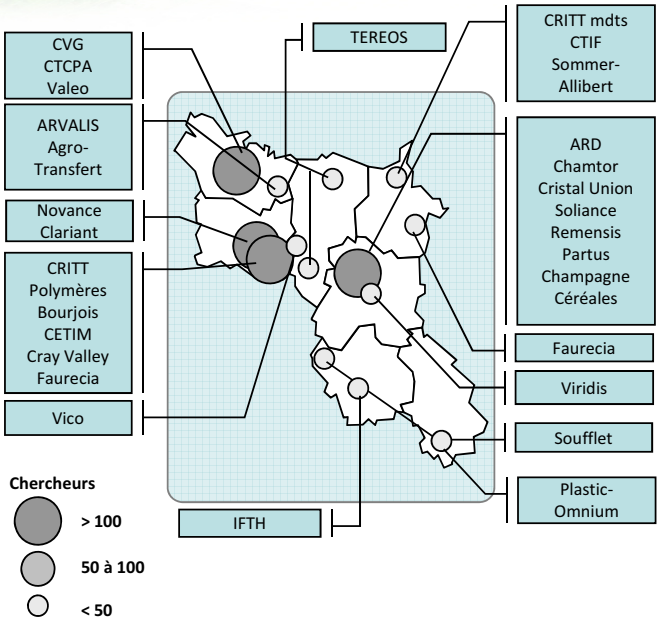
Les bassins de R&D

- 800 chercheurs -

Bassins de R&D publique



Bassins de R&D privée



Bio Énergie

CHALEUR
« Bio combustibles »
- Biomasse : paille, céréales, bois...
- Géothermie

ELECTRICITE
- Biogaz
- Éolien
- Thermique
- Hydraulique
- Photovoltaïque

BIOCARBURANTS
(bioéthanol, diester)

Agro Matériaux

Papier végétal (Lin)

Sony, Plastique végétal

BATIMENT
(capteurs biochimiques et biométriques, biopolymères

PAPETERIE
(fibres, dérivés ligno-cellulosiques...)

TEXTILE
(lin, chanvre, coton...)

PLASTURGIE
(automobile, pneumatique, films de paillage, polymères...)

METALLURGIE

100% Chanvre

EMBALLAGE
(sacs plastiques biodégradables, emballages ménagers...)

Bio Molécules

PHARMACEUTIQUE
(vitamines, antibiotiques...)

HYGIENE

COSMETIQUE
(crèmes, gels douche, écrans solaires, shampoings...)

HUILES & LUBRIFIANTS

DETERGENTS
(lessive, liquide vaisselle, désinfectant, nettoyant alcalin...)

ALCOOLS & SOLVANTS

TENSIO-ACTIFS

Biotechnologies

Biotechnologies Rouges
Applications médicales
(protéines
thérapeutiques…)

Biotechnologies
vertes
Végétal (Agriculture,
alimentation, OGM…)

Biotechnologies

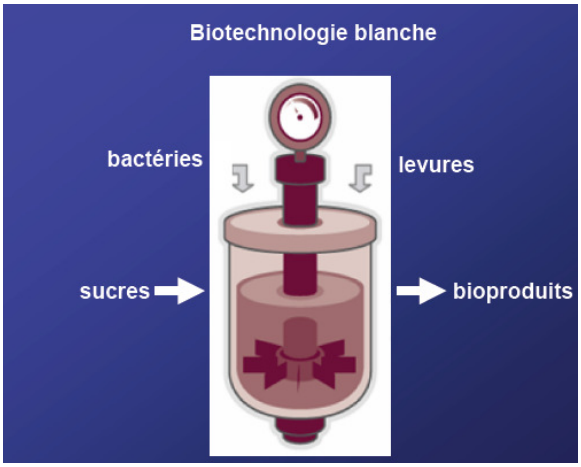
Biotechnologies
Bleues
La vie Marine

Biotechnologies
Blanches
Industrielles

Biotechnologies
Jaunes
L'environnement

Biotechnologies Blanches

Application des biotransformations (enzymes, micro-organismes…) et des fermentations pour la fabrication de produits chimiques et de bioénergie à l'échelle industrielle par l'utilisation de la biomasse comme matière première renouvelable .



Biotechnologies Industrielles

- **Adaptation des procédés**
  - Capable de respecter la totalité de la plante
  - Meilleure maitrise des procédés
  - Méthodes douces: enzymes, fermentation…
  - Respect de l'environnement, des travailleurs: impact sociétal
- **Création de valeur ajoutée**
- **Développement durable**
- **Ecologie industrielle**

Principes de la chimie Verte

- 1. Prévention
- 2. Économie d'atomes
- 3. Synthèses chimiques moins nocives
- 4. Conception de produits chimiques plus sécuritaires
- 5. Solvants et auxiliaires plus sécuritaires
- 6. Amélioration du rendement énergétique
- 7. Utilisation de matières premières renouvelables
- 8. Réduction de la quantité de produits dérivés
- 9. Catalyse
- 10. Conception de substances non-persistantes
- 11. Analyse en temps réel de la lutte contre la pollution
- 12. Chimie essentiellement sécuritaire afin de prévenir les accidents

Stratégie d'obtention des synthons

- **Besoin d'obtenir des molécules simples avec des chaines carbonées de longueur variable (C1, C2, C3, C4…)**
- **Deux stratégies**
  - Récupérer la molécule quand elle existe in planta (glucose par exemple)
  - Fractionner des polymères existant et transformer les molécules obtenues par biotechnologie

Obtention de molécules identiques

- **Propylène:**
  - dérivé de **1-propanol, isopropanol** obtenus par fermentation en cours de développement
  - « ABE » process: procédé fermentaire: à partir de l'acétone, obtention de **propylène** et d'**isobutanol**
- **Glycols**
  - **1,3 propanediol**: Dupont a développé une méthode de production à partir de glucose, glycerol par fermentation
  - **1,2 propanediol**: a partir de glucose, xylose, galactose

Obtention de molécules identiques

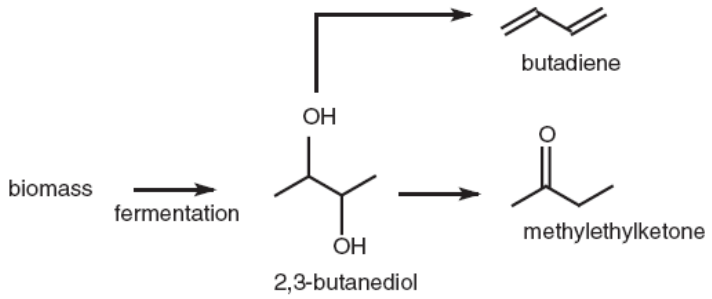
- **Butanediène: via la production de 2,3 butanediol**

  » *Bacillus polymyxa*

  » *Klebsiella pneumoniae*

Gluc, xylose----------> 2,3 but + Ethanol

Arabinose (rendement plus faible)

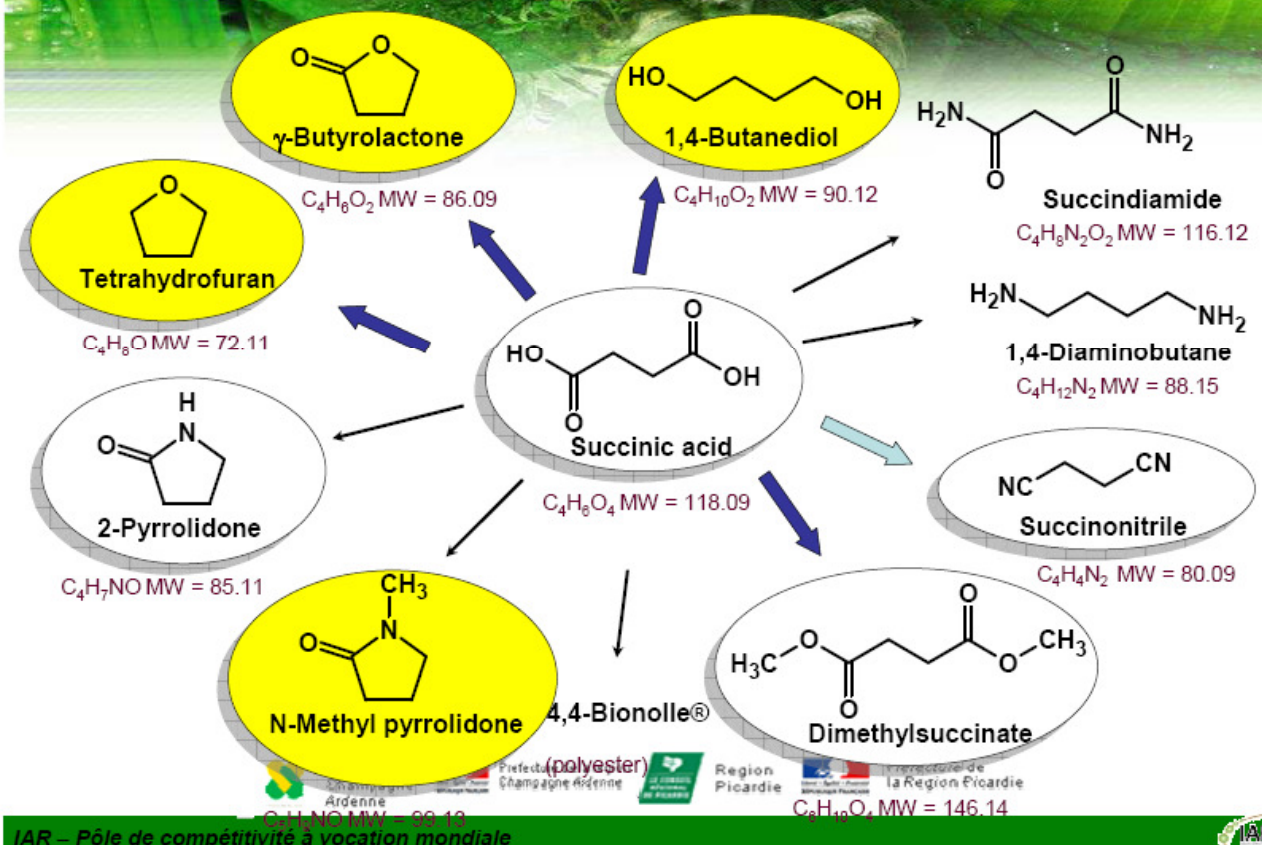


Molécules dérivés des sucres

- **Molécules de base pour la chimie**

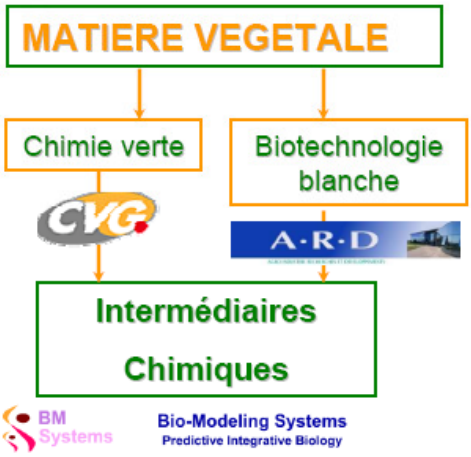
Building Blocks
1,4 succinic, fumaric and malic acids
2,5 furan dicarboxylic acid
3 hydroxy propionic acid
aspartic acid
glucaric acid
glutamic acid
itaconic acid
levulinic acid
3-hydroxybutyrolactone
glycerol
sorbitol
xylitol/arabinitol

Exemple de l'acide succinique



PROJET SYNTHONS
Développer des Intermédiaires Chimiques

Création de deux plateformes technologiques d'évaluation dont le rôle est de déterminer en prédictif la faisabilité de la production d'intermédiaires de synthèse à partir de matières premières renouvelables extraites de plantes de grande culture.



90 % de la chimie organique serait issue d'origine renouvelable d'ici 2090 !

Region Champagne Ardenne · Prefecture de la region Champagne Ardenne · Region Picardie · Prefecture de la Region Picardie

The BIOHUB® program:

Agricultural raw materials: cereals
- Largely available
- High content of fermentable sugar (corn = 62%)
- Become more competitive
- Reduce CO_2 emission
- Preserve fossil resources

Eco-conception
- More ecological and cleaner processes
- Simplified processes with integrated steps
- Technically proven for many decades

Eco-products
- Biomonomers for specialty and commodity markets
- Biopolymers

New cereals-based Chemistry & New White Biotech processes

BIOHUB®

Substitutes for petrochemicals

NEW PRODUCTS (like Isosorbide derivatives)
- Biosolvents
- Bioplasticisers
- Biolubricants
- Bioadditives for roads
- Biopolymers
- Biocomplexing agents

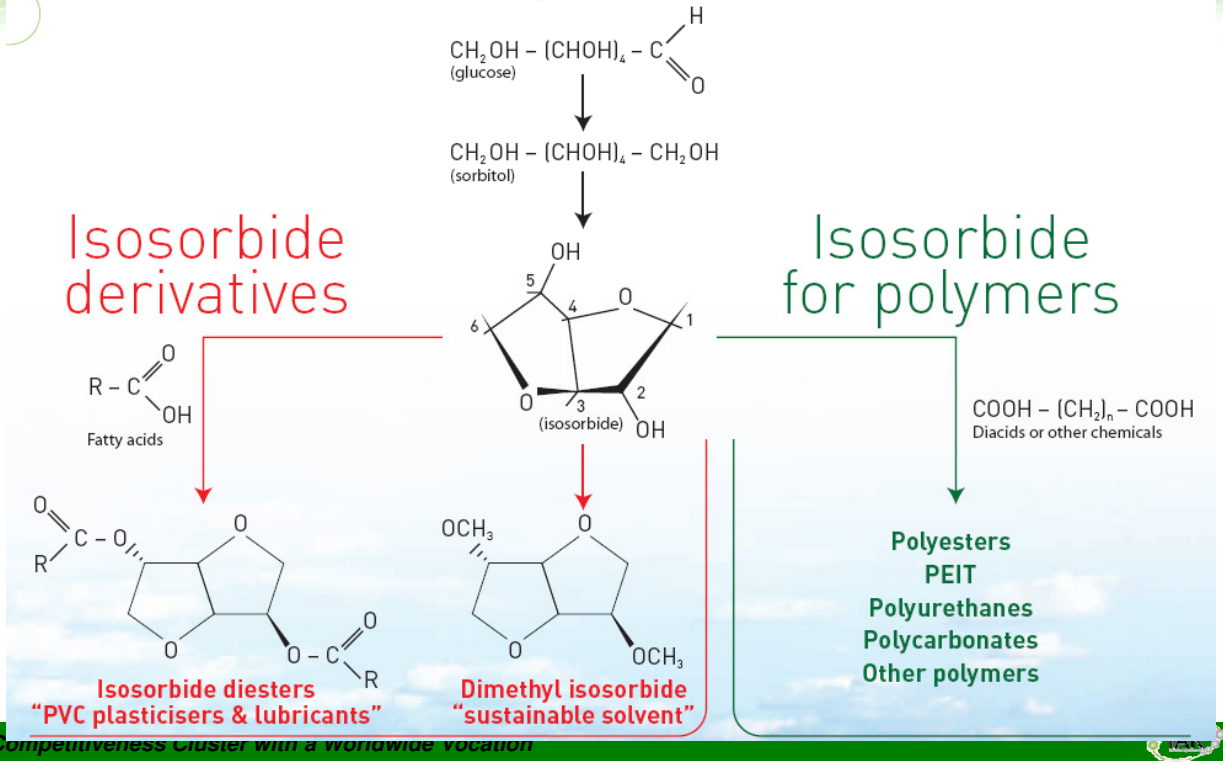
CURRENT PRODUCTS with new biotech processes
- Chemical intermediates
- Active ingredients

Main industrial and scientific partners

DSM · EUROVIA · metabolic explorer · Sidel · cognis · ARKEMA · ROQUETTE · SOLVAY · TEREGAL · INSA · USTL

An exemple of BIOHUB® platforms:

Isosorbide as a sustainable diol for chemicals and polymers



Conclusion

- **Avantages de la biotechnologie industrielle**
  - Utilisation matières premières renouvelables
  - Diminution des solvants employés: pour les biocatalyses enzymatiques, milieu aqueux
  - Diminution énergie nécessaire aux réactions
- **Inconvénients:**
  - Adaptation des procédés
  - Importance de qualité, quantité matière première
  - Mobilisation de la ressource
  - Importance du cycle de vie du produit et du bilan environnemental

Perspectives

- **Développement de nouveaux outils:**
  - Biocatalyse: nouvelles enzymes, optimisation des procédés
  - Génie métabolique: micro-organismes plus performants (bactéries, champignons, algues)

Opportunités pour les acteurs impliqués

- **Le pôle IAR couvre des secteurs économique diversifiés**
- **Les acteurs potentiellement concernés par les thématiques IAR sont très importants**
- **Possibilité d'intégrer des projets innovants, vecteurs de développement :**
  - partenaires complémentaires
  - soutien financier
  - risque partagé
- **Veille économique via la plateforme tremplin www.iar-pole.com**
- **Mise en place de l'action « Mettez des agro-ressources dans votre entreprise » a destination des PME**

Projets du pôle IAR

- Sur la période 2006-2008
- 42 projets labellisés
- Pour un montant de 72 millions d'euros
- Financement FUI, ANR, Régions, OSEO, Union Européenne