

ICG Montpellier IAM



Un Regard sur la Chimie et le Développement Durable

Fête de la Science
Vendredi 14 Octobre, MJC Castelnaud

Dr Sylvain CAILLOL






ICG Montpellier IAM

POLYSEMIE DE LA CHIMIE...

« CHIMIE »

- Une science (communauté scientifique, savoir, langage...)
 - Je suis chimiste
- Une pratique technique (produit d'une transformation, organisation de la matière...)
 - Je fais de la chimie
- Une industrie (secteur industriel et économique, ensemble d'acteurs, ensemble de procédés...)
 - Je suis dans la chimie

« CHIMIQUE »


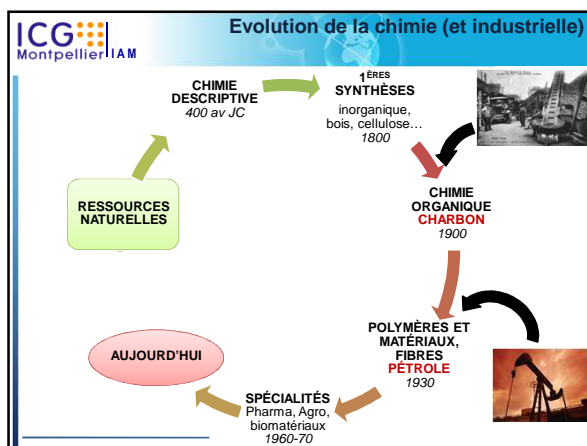
- Mot à tiroirs
- chimique versus naturel, versus biologique, = synthétique

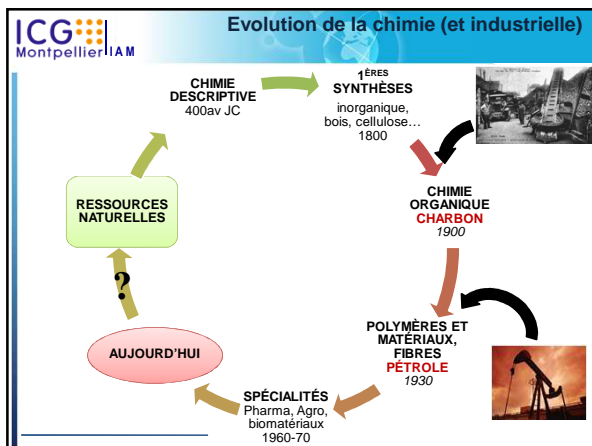
ICG Montpellier IAM

ORIGINES DE LA CHIMIE

ETYMOLOGIE DE « CHIMIE »


- Vient de « alchimie », du Latin « *alchemia* »
- Dérivé de l'Arabe « *al-kimiya* »
- Origine Egyptienne « *kemi* », de « *khemet* » : la terre - l'art de la terre et le savoir sur la terre







ICG Montpellier IAM

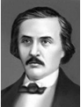


De la chimie descriptive...

- Arnaud de Villeneuve, 1240-1311**
 Médecin, chimiste – résidence à Montpellier
 Découvre les acides sulfurique et nitrique
 Première distillation de l'alcool et extraction pour des solutions alcooliques de médicaments
- 
Antoine (Laurent de) Lavoisier, 1743-1794
 Énonce la **loi de conservation de la matière**, identifie et baptise l'**oxygène** – démet la phlogistique explique la combustion (oxydation) et la respiration
 Expérience décomposition et recombinaison H₂O devant le roi Louis XVI - Père de la chimie moderne, guillotiné en 1794
- Jean-Antoine Chaptal, 1756-1832, Mende, Montpellier**
 Médecin à Montpellier, puis chimiste à Paris où il devient élève de Lavoisier
 1780 : Première Chaire de Chimie en Province à Montpellier
 Développe l'**industrie chimique**, crée une usine à Montpellier (fabrication H₂SO₄ en continu, HCl...) – 1500 op
 1^{er} ministre 1800-1804




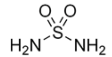
ICG Montpellier IAM

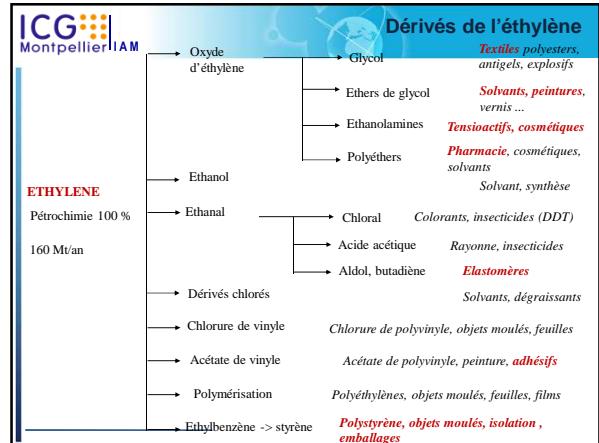
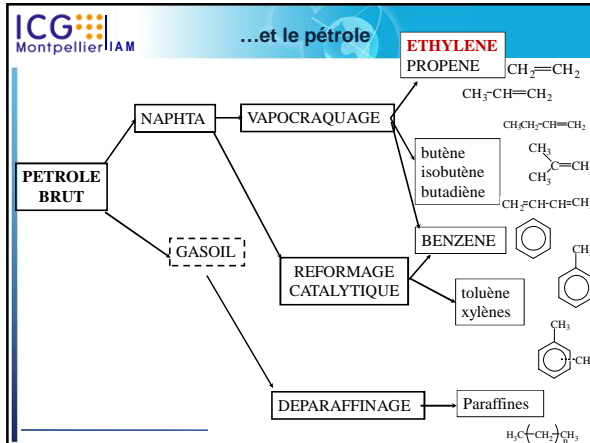
...à la chimie de synthèse...

- Antoine-Jérôme Balard, 1802-1876** : extrait la **soude** de l'eau de mer et découvre le **brome** dans les étangs de la région
- 
Charles Gerhardt 1816-1896 : synthétise l'**acide Acétyl salicylique (aspirine)** en 1853 (jusqu'à alors extraite du saule) - (Faculté Sciences Montpellier 1841-1851)
- 
- William Perkin, 1838-1907** : 1856 ⇒ premier **colorant de synthèse** (mauveine)
- 

ICG Montpellier IAM

...et la chimie industrielle

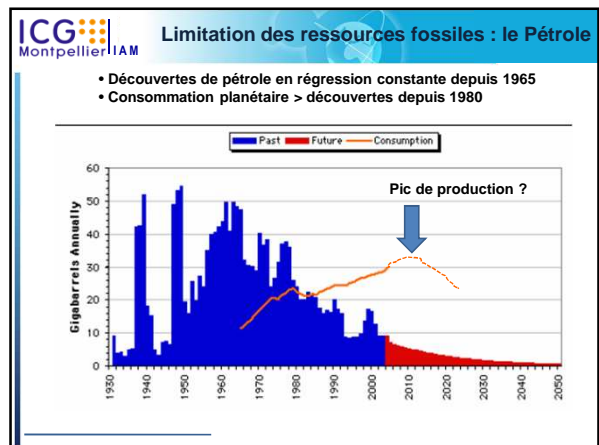
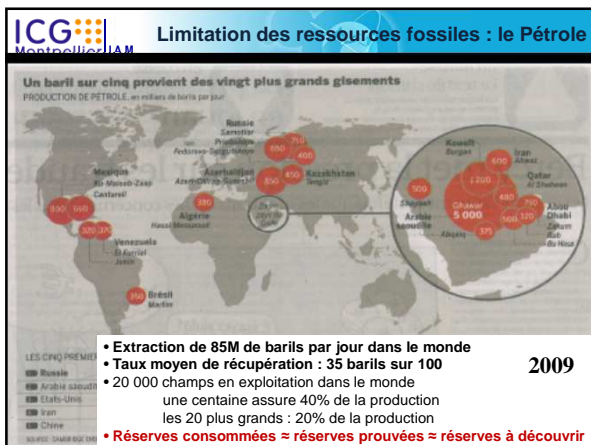
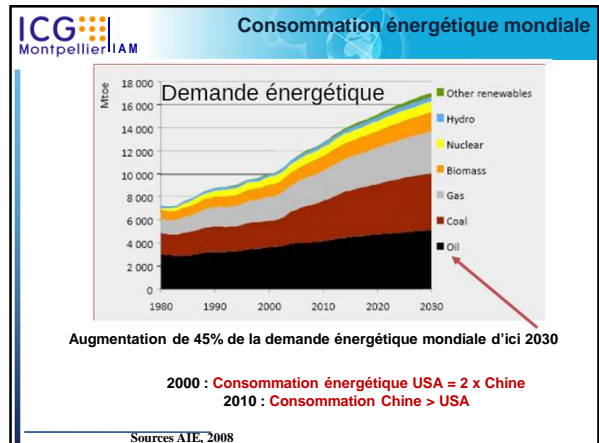
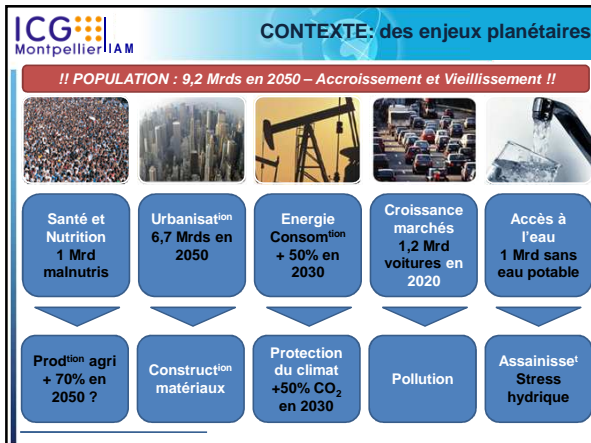
- 
Fritz Haber, 1868-1934 : met au point en 1909 le premier procédé de **synthèse de l'ammoniac**, et son industrialisation – adopté par BASF – sauveur de l'humanité ! NP 1918
- Travaille à l'élaboration de gaz de combat en 14-18 – 22/04/15 -> déclenche la libération de 180t Cl₂ (10000 victimes) - La constante de Haber désigne la dose minimale de gaz fatale à l'homme – met au point le phosgène et l'ypérite.
 Après la guerre, poursuit ses recherches sur les gaz de combat en violation du traité de Versailles (pesticides) et met au point le Zyklon B (HCN) en 1933.
- Jacques Tréfouël, 1897-1977** : chimiste français – Institut Pasteur
 1935 : Premier antibiotique de synthèse (base sulfamide, + efficace que Prontosil de Domagk PN 1939) et commercialisation.
 1900 : espérance de vie France 47 ans
- 



ICG Montpellier IAM Le pétrole et les polymères

Polystyrène	1930
Polyméthacrylate de méthyle	1933
Polychlorure de vinyle	1938
Polyamides 6 et 6-6	
Polyesters saturés, dont le Polyéthylène téréphtalate	
Polyéthylène basse densité	1939
Polyuréthane	1940
Polytétrafluoro-éthylène	1941
Polyesters insaturés	
Silicones	1943
ABS (copolymère acrylonitrile-butadiène-styrène)	1946
Résines époxydes	
Polyamide 11	
Polyéthylène haute densité	1955
Polycarbonate	1956
Polypropylène	1957
Polyacétal	1958





ICG Montpellier IAM

Résumé "Pic de Pétrole"

- Le pic du pétrole est le point à partir duquel le débit de production de pétrole ne suit plus la demande
- L'économie a besoin d'un débit de pétrole croissant pour croître
- Les réserves ne sont utiles qu'en terme de débit, or le débit diminue avant que les réserves ne soient vides
- La plupart des gens se focalisent sur les réserves ou l'accès et en oubliant le débit

ICG Montpellier IAM

Ressources en Lithium

- Ressources en Lithium métal connues : ~ 30 M t
- Réserves exploitables en 2008 : entre 4 et 16 M t
- Répartition des réserves exploitables/exploitées par pays :

Réserves base de lithium, en kT

Pays	Réserves exploitables (kT)
Bolivie	5400
Chili	3000
Autres	~ 1000

Réserves exploitables
Sources : J. Perrin

Risque élevé de création d'une alliance sud-américaine des pays producteurs de Lithium

ICG Montpellier IAM

Date d'épuisement des gisements exploitables à un coût admissible

- le **terbium** (Tb) : 2012 - Substance phosphorescente / tubes cathodiques
- le **hafnium** (Hf) : 2018 - isolant dans les processeurs
- l'**argent** (Ar) : 2021 - 2037 - électricité, électronique, brasures, soudures et autres alliages
- ...
- l'**antimoine** (Sb) : 2022 - plaques d'accumulateurs plomb-acide, semi-conducteurs, isolant dans les processeurs, retardant de flamme dans les plastiques
- le **palladium** (Pd) : 2023 - condensateurs pour composants électriques
- l'**or** (Au) : 2025 - électronique au niveau des contacts
- le **zinc** (Zn) : 2025 - électronique
- l'**indium** (In) 2025 (voire 2018) - écrans LCD
- le **plomb** (Pb) : 2030 - batteries
- le **tantale** (Ta) : 2038 - condensateurs pour composants électroniques
- le **cuivre** (Cu) : 2039 - industrie électrique (câbles, bobinages).
- l'**uranium** (U) : 2025 - 2060
- le **nickel** (Ni) : 2048 - batteries
- le **platine** (Pt) : 2064 - industries électroniques et électriques

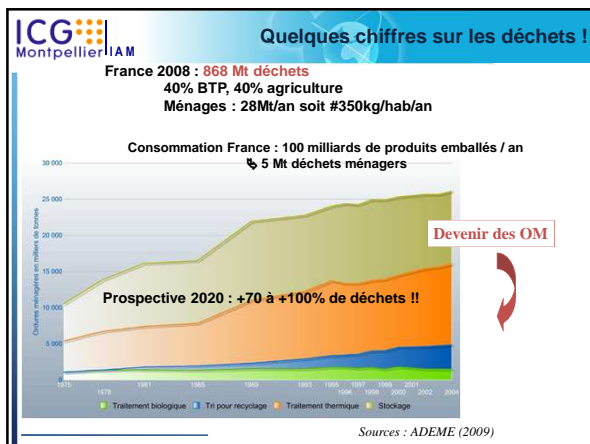
Sources : US Geological Survey

ICG Montpellier IAM

Prospectives d'émissions de carbone fossile

Émissions CO₂

Prévisions IEA, 2008
2030 : + 48% CO₂



ICG Montpellier IAM **Contexte Global: 3 nouvelles contraintes pour la chimie**

Limitations d'accès aux ressources fossiles

- Spéculation / pénurie de ressources fossiles bon marché
- Anticipation de pénuries / débit

Protection de l'environnement global

- Lutte contre la pollution et réduction de déchets

Contraintes réglementaires et pression des marchés

- Réglementation accrue : DCE, Reach, EUP...
- Attente de produits « verts », écoconçus

LA CHIMIE VERTE

ICG Montpellier IAM **Et la chimie « verte »**

Les 12 principes fondateurs de P. Anastase et al., 1991

1. Prévenir et limiter la production des déchets
2. Concevoir des produits et des composés chimiques avec peu ou pas de toxicité
3. Faire des réactions chimiques avec des produits/reactif avec peu ou pas de toxicité
4. Préférer les matières premières renouvelables à celles fossiles
5. Utiliser au maximum les catalyseurs dans les réactions chimiques afin de minimiser les quantités de réactifs utilisés et de déchets produits
6. Minimiser l'utilisation de composés réactionnels intermédiaires
7. Favoriser le meilleur rendement réactionnel possible : utiliser au maximum les matières premières pour minimiser les déchets produits
8. Utiliser des solvants plus sûrs et moins toxiques
9. Rechercher l'efficacité énergétique de la réaction : travailler à T et P ambiante
10. Concevoir des produits chimiques qui se décomposeront en composés inertes et qui ne s'accumuleront pas dans l'environnement
11. Analyser en continu toutes les réactions de transformations pour détecter immédiatement la production de sous-produits afin de les minimiser/éliminer
12. Concevoir des produits chimiques dans des formes appropriées (liquide, solide ou gazeuse...) afin de limiter les risques d'accident : explosions, incendies...


ICG Montpellier IAM La chimie « verte »

Prise de conscience de la chimie face à ces enjeux actuels du développement durable dans une perspective mondiale

Organisation de la chimie et des procédés :

- Produire plus (demande croissante)
- Avec moins de ressources (fossiles)
- Avec moins d'impact environnementaux (moins de CO₂...)

- De nouvelles ressources renouvelables
- De nouveaux intermédiaires non dangereux
- Du recyclage
- Des économies d'énergie/CO₂

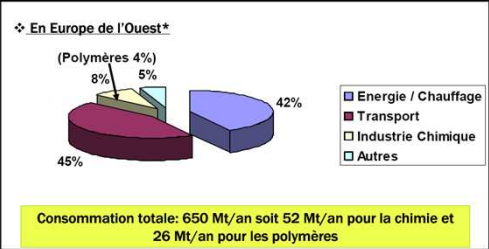


ICG Montpellier IAM VERS DE NOUVELLES RESSOURCES

CONSOMMATION DE PETROLE (en 2005)

- Pour le monde: consommation totale de pétrole: 3 400 Mt/an
- 6% seulement pour la chimie (200 Mt)

En Europe de l'Ouest*




Consommation totale: 650 Mt/an soit 52 Mt/an pour la chimie et 26 Mt/an pour les polymères

Chimie : Objectif 15% de ressources renouvelables en 2017 (Grenelle)

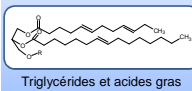
ICG Montpellier IAM De nouvelles ressources pour la chimie

HUILES ET DERIVES

glycérol



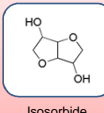
Carbonate de glycérol



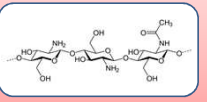
Triglycérides et acides gras

SACCHARIDES

Isosorbide

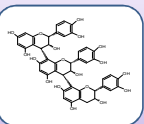


Amidon
Glucose



Chitosan

POLYPHENOLS

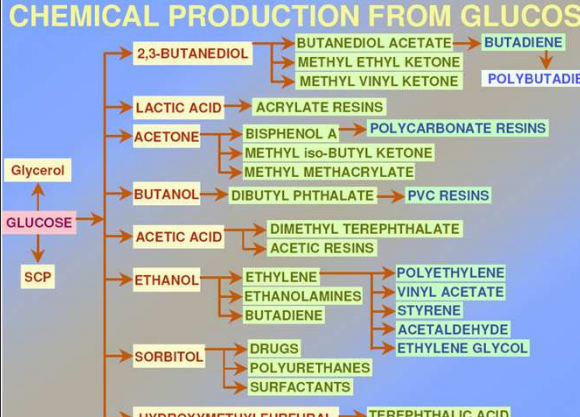


Acides phénoliques, flavonoïdes, tanins

Autres

Gluten
Lignine
...

CHEMICAL PRODUCTION FROM GLUCOSE



```

    graph TD
      GLUCOSE --> Glycerol
      GLUCOSE --> SCP
      GLUCOSE --> 23-BUTANEDIOL
      GLUCOSE --> LACTIC ACID
      GLUCOSE --> ACETONE
      GLUCOSE --> BUTANOL
      GLUCOSE --> ACETIC ACID
      GLUCOSE --> ETHANOL
      GLUCOSE --> SORBITOL
      GLUCOSE --> HYDROXYMETHYLFURFURAL

      23-BUTANEDIOL --> BUTANEDIOL ACETATE
      23-BUTANEDIOL --> METHYL ETHYL KETONE
      23-BUTANEDIOL --> METHYL VINYL KETONE
      BUTANEDIOL ACETATE --> BUTADIENE
      METHYL ETHYL KETONE --> POLYBUTADIENE
      METHYL VINYL KETONE --> POLYBUTADIENE

      LACTIC ACID --> ACRYLATE RESINS

      ACETONE --> BISPENOL A
      ACETONE --> METHYL iso-BUTYL KETONE
      ACETONE --> METHYL METHACRYLATE
      BISPENOL A --> POLYCARBONATE RESINS
      METHYL iso-BUTYL KETONE --> POLYCARBONATE RESINS
      METHYL METHACRYLATE --> POLYCARBONATE RESINS

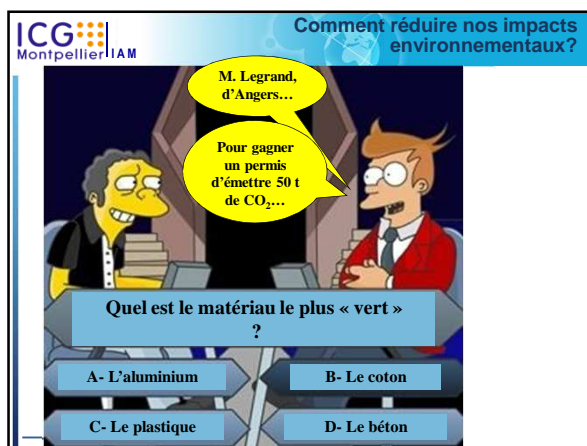
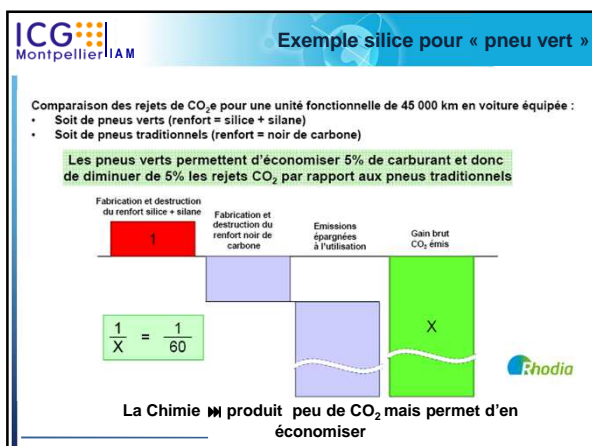
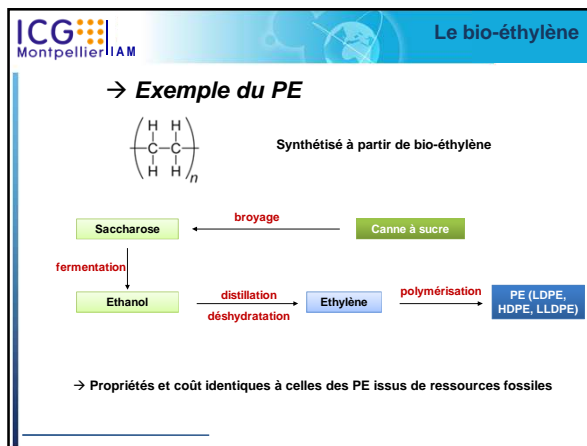
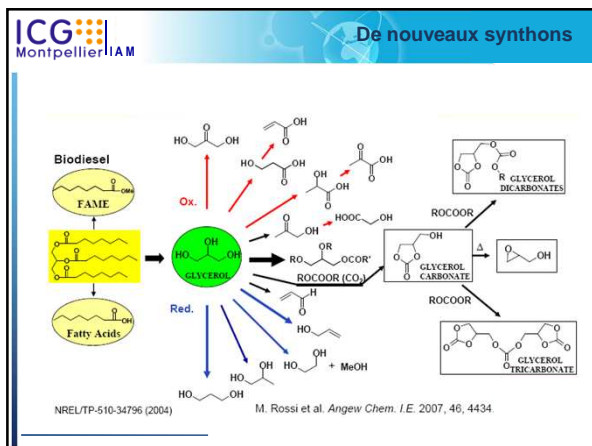
      BUTANOL --> DIBUTYL PHTHALATE
      DIBUTYL PHTHALATE --> PVC RESINS

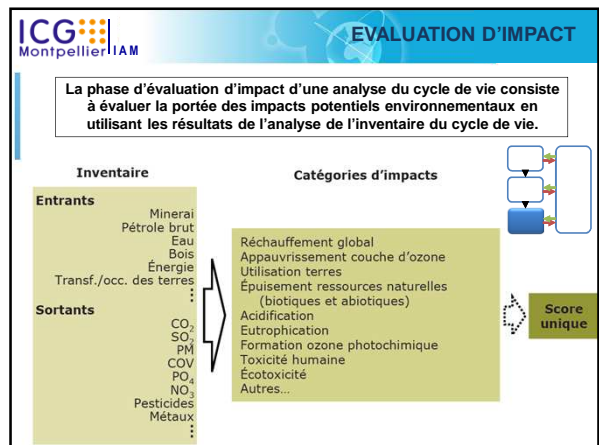
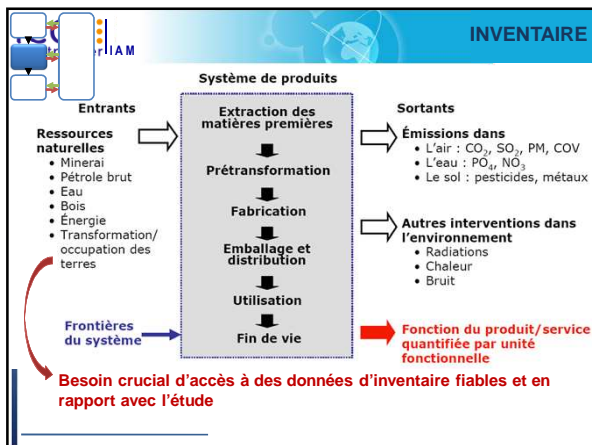
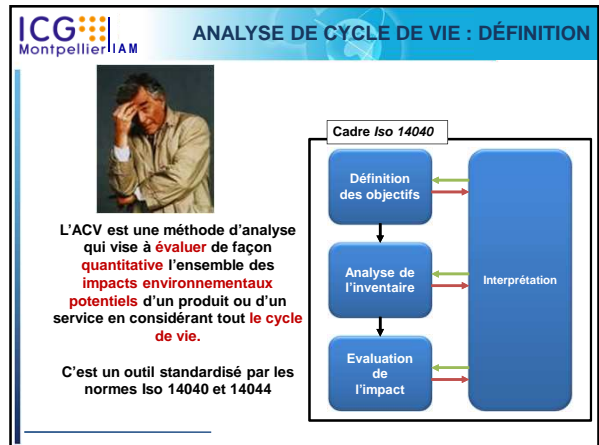
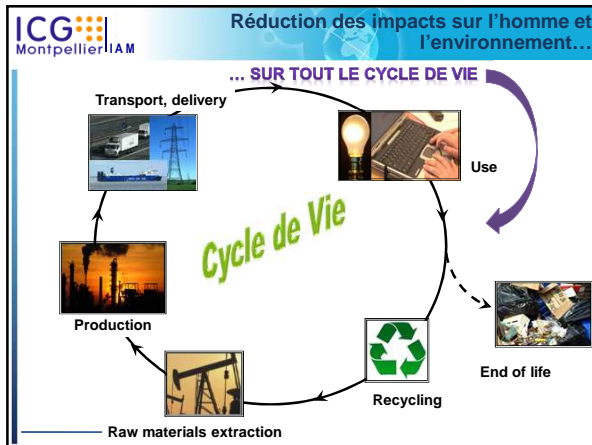
      ACETIC ACID --> DIMETHYL TEREPHTHALATE
      ACETIC ACID --> ACETIC RESINS
      DIMETHYL TEREPHTHALATE --> POLYETHYLENE
      DIMETHYL TEREPHTHALATE --> VINYL ACETATE
      DIMETHYL TEREPHTHALATE --> STYRENE
      DIMETHYL TEREPHTHALATE --> ACETALDEHYDE
      DIMETHYL TEREPHTHALATE --> ETHYLENE GLYCOL

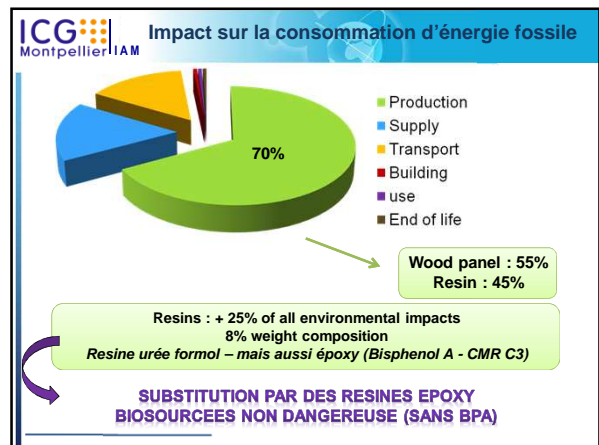
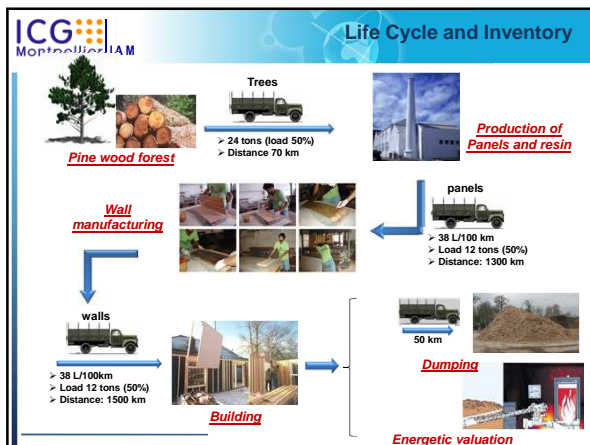
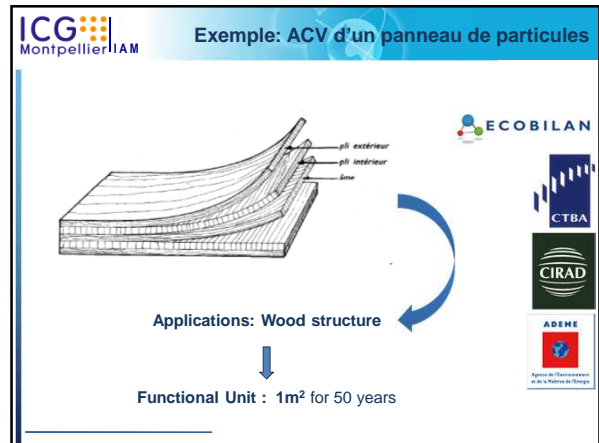
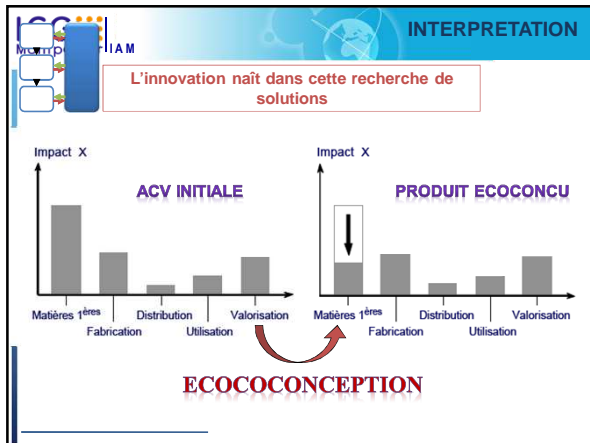
      ETHANOL --> ETHYLENE
      ETHANOL --> ETHANOLAMINES
      ETHANOL --> BUTADIENE
      ETHYLENE --> POLYETHYLENE
      ETHANOLAMINES --> VINYL ACETATE
      BUTADIENE --> STYRENE
      BUTADIENE --> ACETALDEHYDE
      BUTADIENE --> ETHYLENE GLYCOL

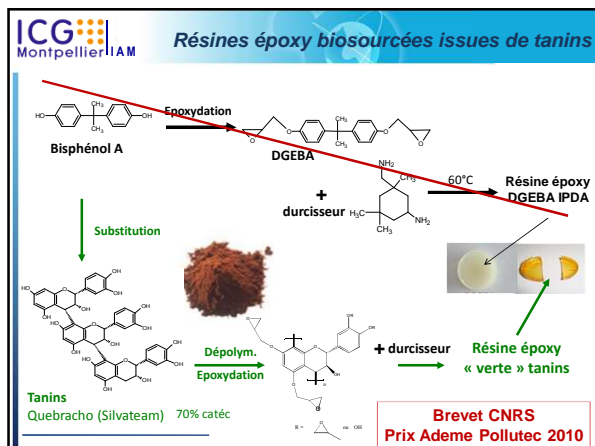
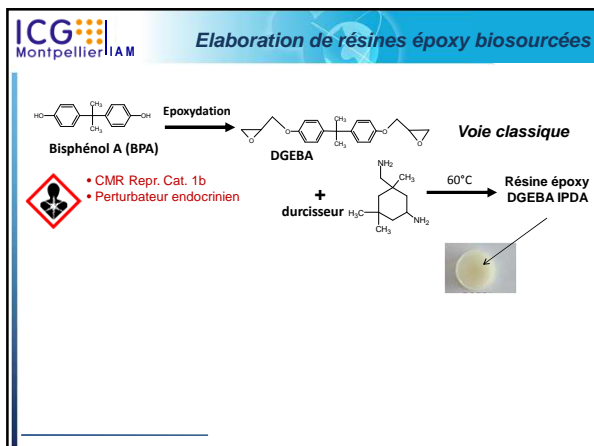
      SORBITOL --> DRUGS
      SORBITOL --> POLYURETHANES
      SORBITOL --> SURFACTANTS

      HYDROXYMETHYLFURFURAL --> TEREPHTHALIC ACID
  
```









Chaire Européenne de Chimie Nouvelle pour un Développement Durable

ChemSUD
Montpellier

<http://chemsud.enscm.fr>

ChemSUD Montpellier | BASF | AIR Liquide | COLAS | First Solar | SOLVAY | TECOSOL | Dr. S. Caillat, 02/09