

# Si on parlait CHIMIE!

Conférence dans le contexte de l'année internationale de la chimie

Grenoble, Lycée Champollion, le 20 septembre 2011

Florian BERTHIOL, chargé de recherche au CNRS  
Département de Chimie Moléculaire, UJF, Grenoble 1

Si on parlait  
**CHIMIE!**

I – Les médicaments

II – Les nouveaux matériaux

III – Environnement, développement durable

IV – Les métiers de la chimie

# I – Les médicaments

Qu'est qu'un médicament?

# Qu'est qu'un médicament?

## Un médicament, c'est :

« toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que tout produit pouvant être administré à l'homme ou à l'animal, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions organiques ».

Extrait du code de la santé publique (1967)

« substance ou préparation administrée en vue d'établir un diagnostic médical, de traiter ou de prévenir une maladie, ou de restaurer, corriger, modifier des fonctions organiques. »

Dictionnaire Larousse (2010)

# Qu'est qu'un médicament?

**Un médicament contient :**

**un principe actif**

**+**

**des excipients**

**+**

**une forme galénique**



# Qu'est qu'un médicament?

## Le principe actif :

C'est la substance qui donne l'activité thérapeutique au médicament

# Qu'est qu'un médicament?

## Les excipients :

Ce sont des substances sans activité thérapeutique qui entrent dans la composition du médicament pour améliorer l'aspect ou le goût, assurer la conservation et/ou faciliter la mise en forme et l'administration du médicament.

# Qu'est qu'un médicament?

## La forme galénique :

C'est la forme finale du médicament :  
comprimé, gélule, suppositoire, solution...

Elle permet également d'améliorer l'efficacité du médicament en améliorant sa disponibilité et sa distribution dans l'organisme et/ou en ciblant les organes touchés.



Un peu d'histoire...



# Un peu d'histoire...

## Utilisation des plantes comme remède

- ✓ L'Herbier de plantes médicinales (2 900 avant J.-C.)
- ✓ Le papyrus d'Ebers (1525-1504 avant J.-C.)
- ✓ 400 plantes recensées par Hippocrate (460-370 avant J.-C.)
- ✓ Galien (131-216), considéré comme l'un des pères de la pharmacie
- ✓ Oribase (325-395) a été le plus grand compilateur de connaissances médicales de l'empire Byzantin

# Un peu d'histoire...

## Création de nouvelles molécules pour guérir

✓ Antidotaire de Nicolas - Jean Le Bon (1319-1364)

*Apparition des bonnes pratiques de laboratoire*

✓ « *L'eau blanche fait tomber les poulets dans un sommeil profond dont ils se réveillent sans dommages* »

L'eau blanche ou diéthyléther est obtenue par Paracelse (1493-1541) par action de l'acide sulfurique sur l'éthanol

✓ Pharmacopée universelle - Nicolas Lémery (1645-1715)

*Interactions entre la chimie raisonnée et le monde du médicament.*



# Un peu d'histoire...

## La chimie moderne

(XVIIIème siècle)

Lavoisier (« rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »), Berthollet, Fourcroy et Guyton de Morveau

- ✓ Introduction de la nomenclature chimique (1789)
- ✓ Entrée de la chimie dans les sciences exactes.  
(Réactions chimiques équilibrées)



# Un peu d'histoire...

## Quelques grandes dates du XXe siècle

1908 - 1er traitement contre la Syphilis

1921 - BCG (vaccin contre la tuberculose)

1935 - 1er antibiotiques de synthèse: sulfamides

1935 - insuline (traitement du diabète)

1940 - pénicilline (antibiotiques-Fleming)

1944 - 1ère chimiothérapie contre le cancer

1953 - structure de l'ADN

1956 - 1ère pilule contraceptive féminine

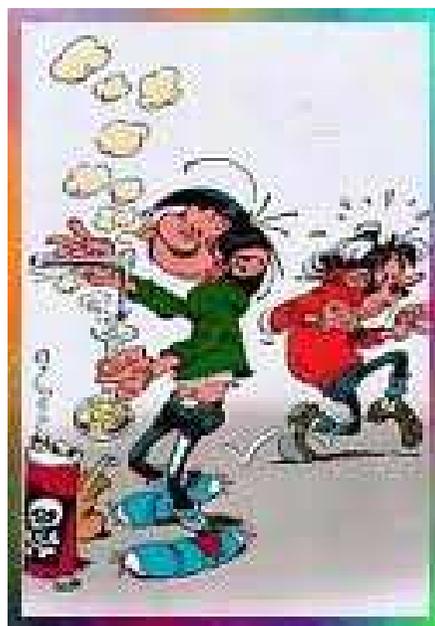


# Un peu d'histoire...

## Quelques grandes dates du XXe siècle

- 1967 - 1er bronchodilatateurs inhalés (asthme)
- 1983 - 1ère fabrication par biotechnologie d'insuline
- 1983 - identification du virus VIH
- 1987 - Zidovudine: 1er traitement anti-Sida
- 1997 - 1ers traitements anti-Alzheimer.
- 2001 - 1er anti-cancéreux ciblé
- 2003 - la carte du génome humain est complétée

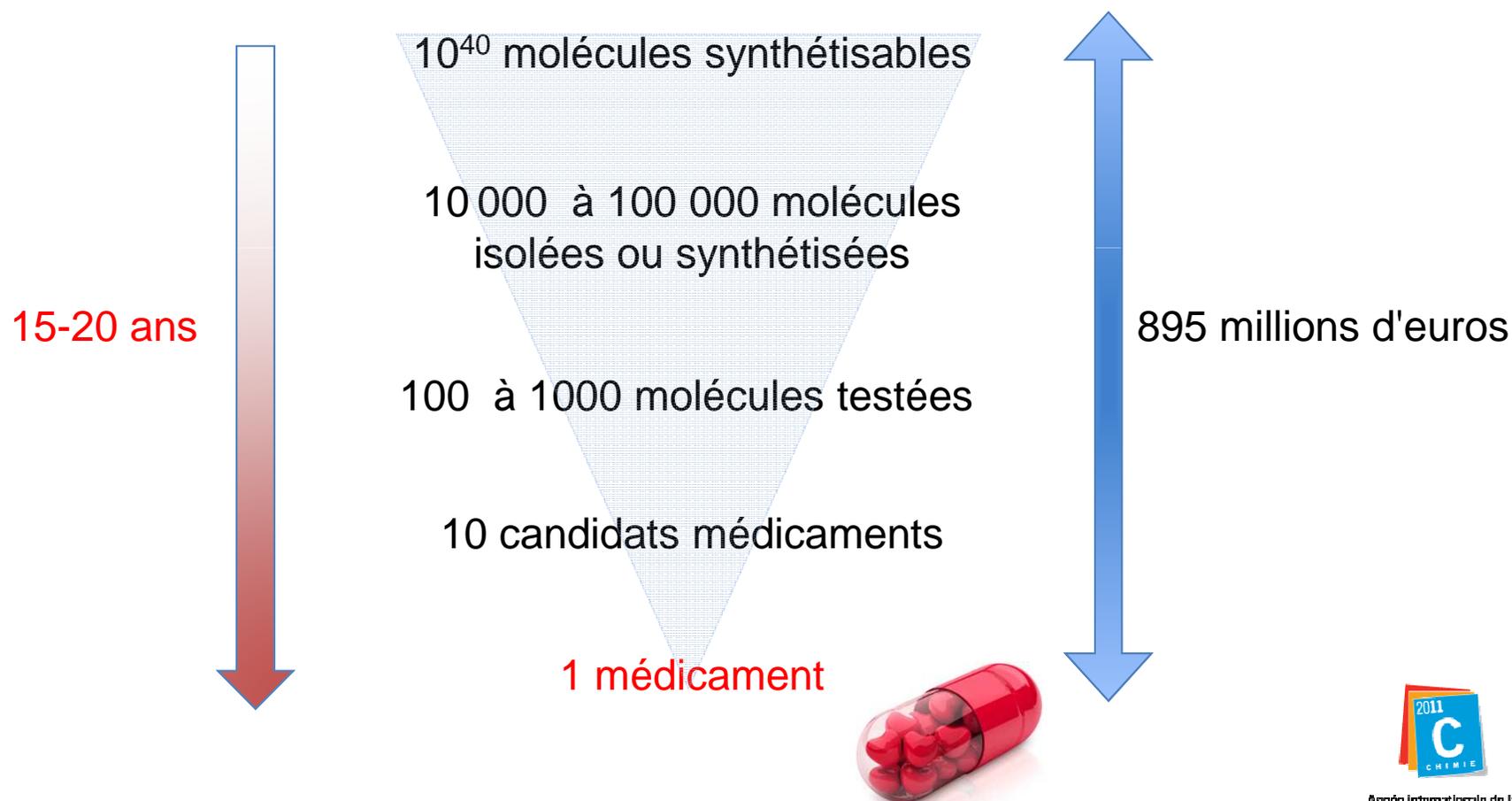
# De la molécule au médicament



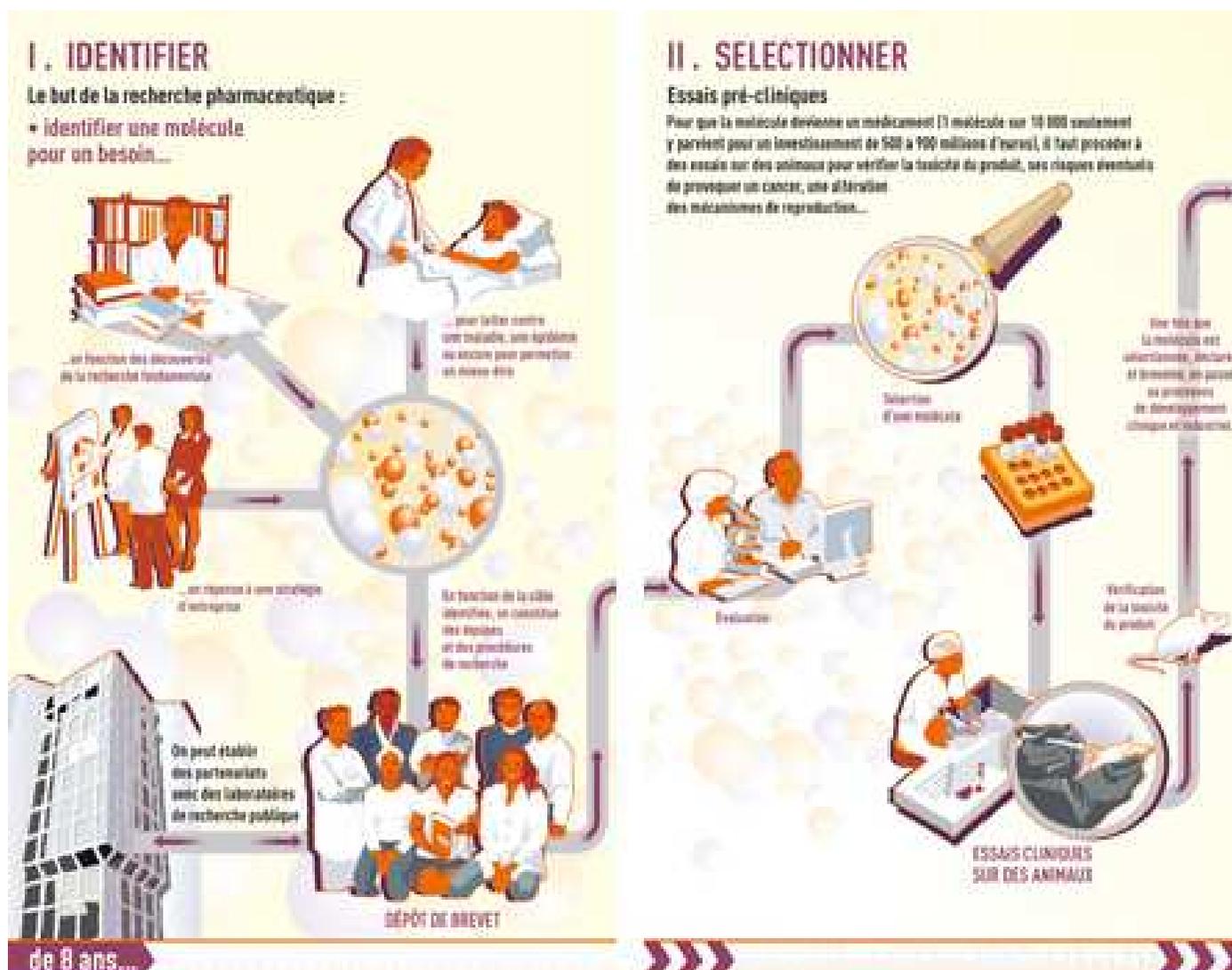
# De la molécule au médicament

## Recherche et développement de nouveaux médicaments

Processus long, couteux et peu efficace



# De la molécule au médicament



# De la molécule au médicament

## III. TESTER

Développement clinique

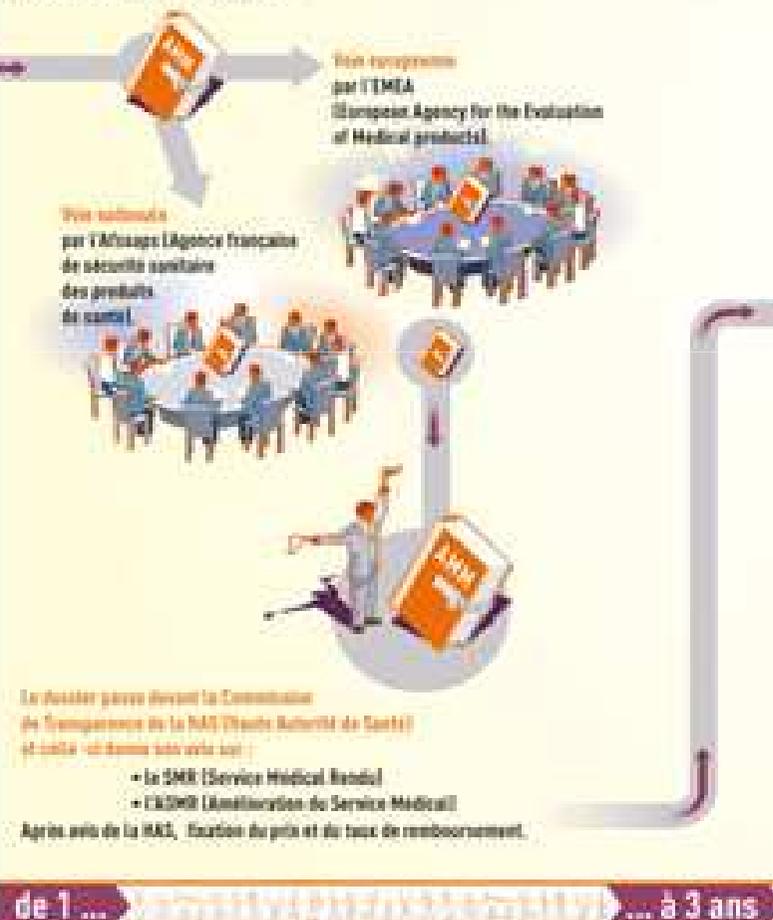


## IV. AUTORISER

Autorisation et transparence

Le dossier d'AMM est constitué à partir des résultats des essais cliniques et du développement pharmaceutique.

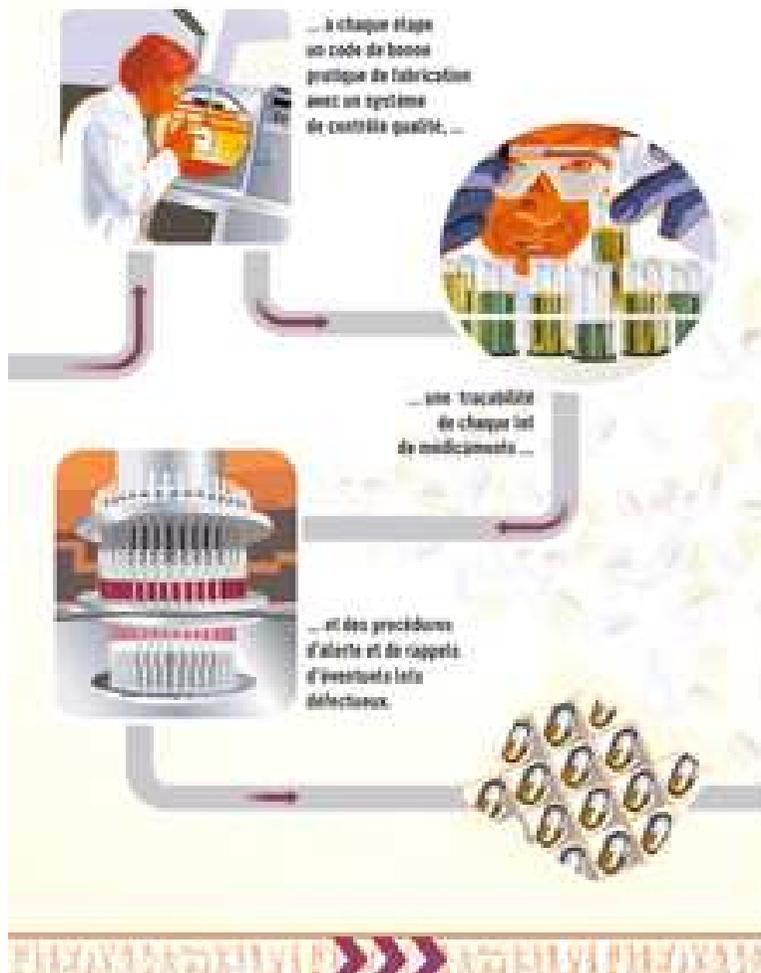
L'autorisation de mise sur le marché (AMM) est obtenue soit par voie européenne, soit par voie nationale :



# De la molécule au médicament

## V. FABRIQUER

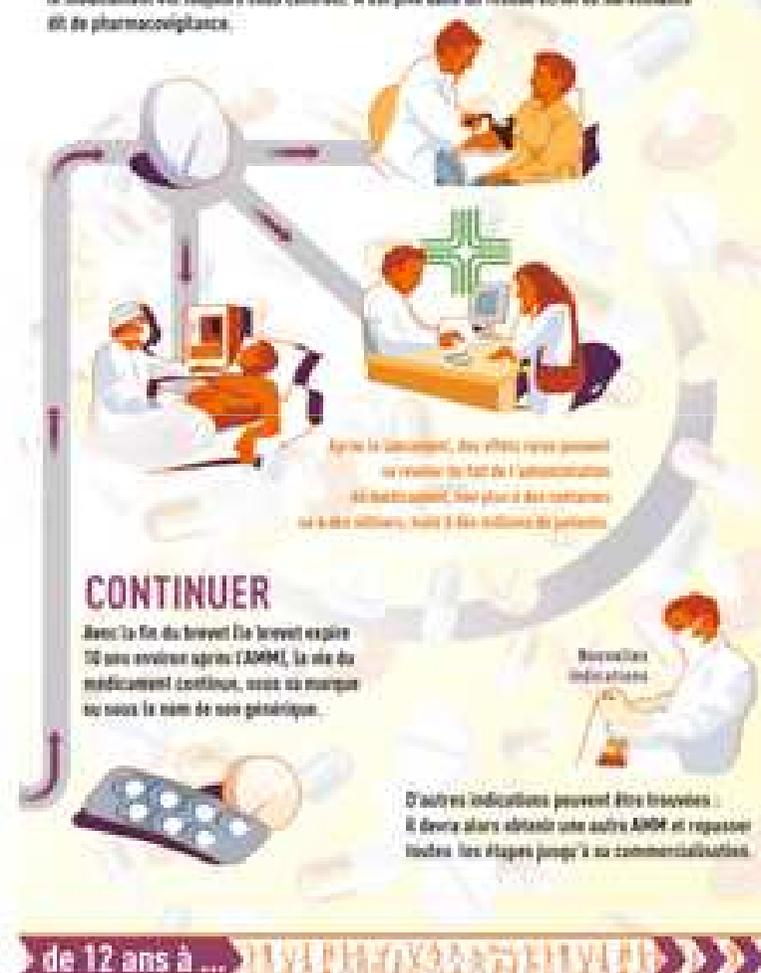
Passage d'une production expérimentale à la production de lots industriels : de quelques grammes à quelques kilos, à plusieurs tonnes.



## VI. SURVEILLER

### Pharmacovigilance

Qu'il soit prescrit à l'hôpital, par le médecin de ville, ou vendu librement en pharmacie, le médicament est toujours sous contrôle. Il est piloté dans un réseau étroit de surveillance dit de pharmacovigilance.



# De la molécule au médicament

## A la recherche du principe actif : les méthodes

- ✓ Copier la Nature
- ✓ S'en inspirer et améliorer
- ✓ Au hasard
- ✓ Innover :
  - en testant au hasard : criblage sur des cibles potentielles
  - en rationalisant la recherche

# II– Les nouveaux matériaux

Comment définir un nouveau matériau ?

# Qu'est qu'un matériau?

## Un matériau, c'est :

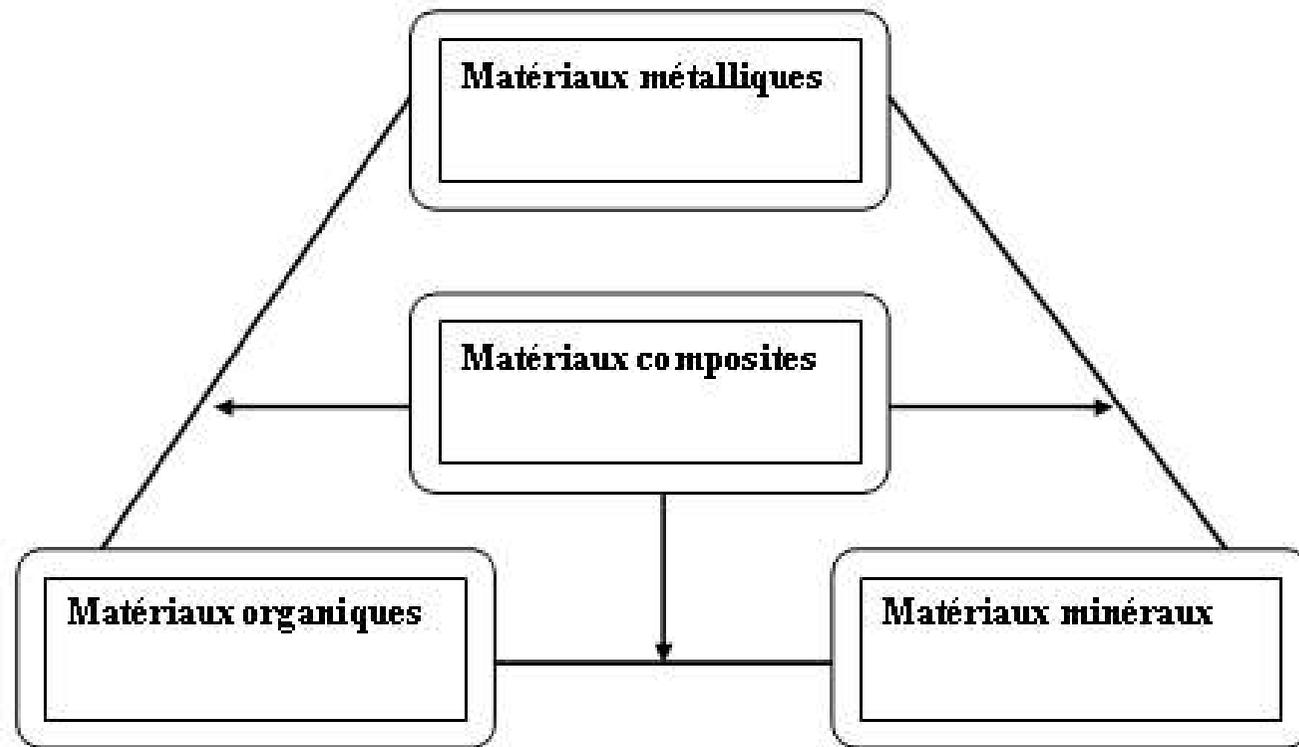
« Une matière d'origine **naturelle** ou **artificielle** que l'homme **façonne** pour en faire des **objets**. C'est donc une matière de base sélectionnée en raison de **propriétés particulières** et mise en œuvre en vue d'un **usage spécifique**. La nature chimique, la forme physique (phases en présence, granulométrie et forme des particules par exemple), l'état de surface, des différentes matières premières qui sont à la base des matériaux confère à ceux-ci des propriétés particulières ».

Extrait de Wikipédia



# Qu'est qu'un matériau?

« On distingue ainsi **quatre** grandes familles de matériaux : ».



Extrait de Wikipédia

# Qu'est qu'un nouveau matériau?

- ✓ Des matériaux traditionnels préparés avec de nouvelles techniques (Alliages ou nouveaux matériaux composites).
- ✓ Des matériaux conçus à partir d'éléments encore non utilisés jusqu'à récemment (nanomatériaux).
- Une évolution des matériaux à travers les âges en fonction des besoins.

# Un peu d'histoire...

# Un peu d'histoire...

## Matériaux minéraux

29000 – 10000 avant J.-C. – La Céramique

100000 – 3000 avant J.-C. – Le verre

2.5 Millions d'années – « l'âge de Pierre »

Utilisation de pierres (Silex, armes...)



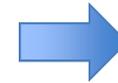
Coupe noire « coquille d'œuf »  
typique de la culture de  
Longshan, et datant de près de  
5 000 ans ; Université de Pékin



Musée archéologique de  
Thessaloniki : flacons en  
verre antiques



Cet outil a été taillé il y a environ  
deux cent cinquante mille ans.



Année Internationale de la  
**CHIMIE**  
2011

# Un peu d'histoire...

## Matériaux métalliques

4500 avant J.-C. – usage du Cuivre (Bulgarie)

1800 avant J.-C. – préparation du Bronze

1000 avant J.-C – premières armes en Fer



L'or de la tombe a pu être daté de 2.470 avant Jésus-Christ.

Ces trois poignards en bronze proviennent d'un tumulus de l'âge du Bronze ancien (2000-1600 avant notre ère) dont la chambre a été détruite au XIXe siècle. Ce type de poignards était réservé à une élite enterrée dans de grands monuments funéraires.

# Un peu d'histoire...

## Matériaux organiques

3 Millions d'années avant J.-C. – Le Bois, les Os,  
le Cuir

17000 avant J.-C. – Le Coton

9000 avant J.-C. – La Laine

2500 avant J.-C. – La soie



# Un peu d'histoire...

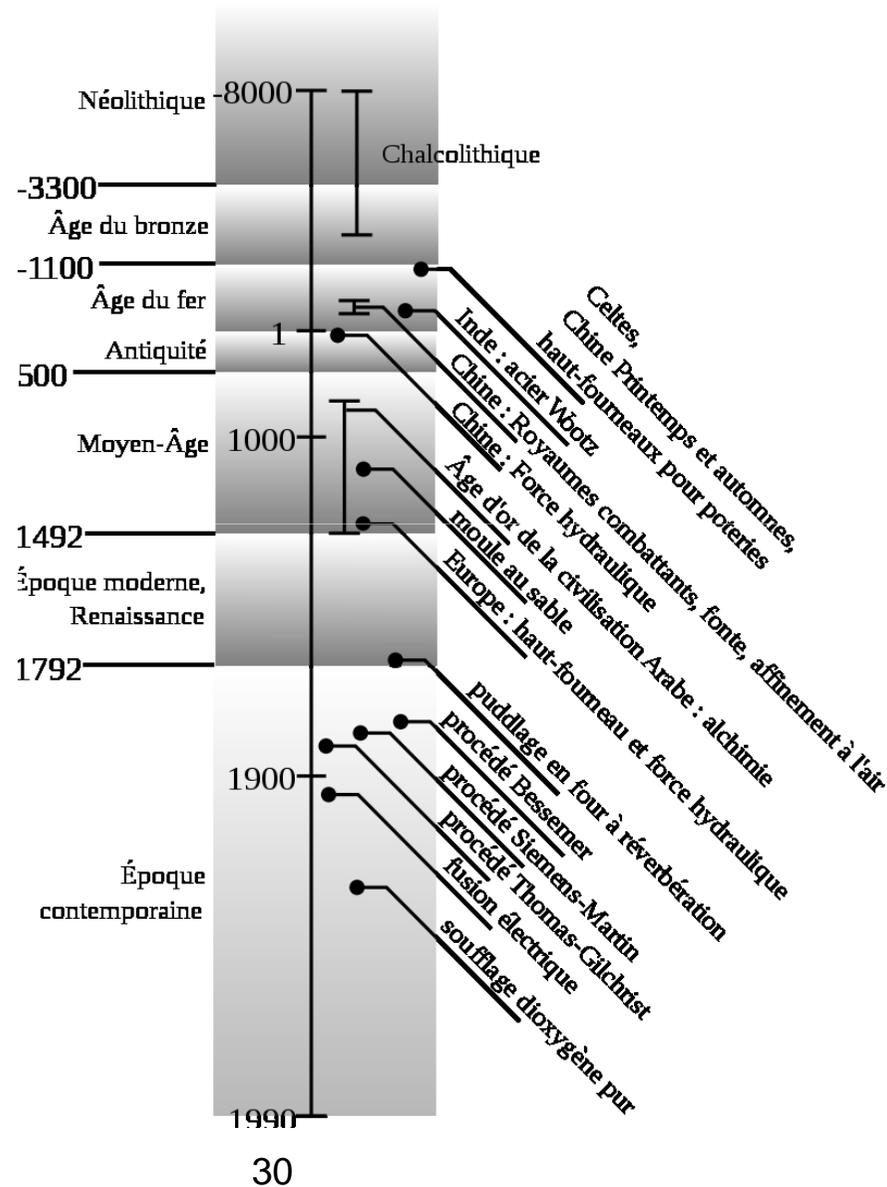
## Matériaux composites

5000 avant J.-C. – Le Torchis

1823 : Charles Macintosh créé l'imperméable (caoutchouc sur des tissus comme le coton).

1892 : François Hennebique dépose le brevet du béton armé (le composite utilisé en construction) avec le béton qui forme la matrice et l'acier qui forme le renfort.

# Un peu d'histoire...



Source:  
[http://fr.wikiversity.org/w/index.php?title=Fichier:Echelle\\_temps\\_metallurgie.svg](http://fr.wikiversity.org/w/index.php?title=Fichier:Echelle_temps_metallurgie.svg) Licence: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0  
 Contributeurs: User:Cdang



Année Internationale de la  
**CHIMIE**  
 2011

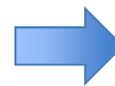
# Les nouveaux matériaux

## « Nouveaux » matériaux minéraux

La Céramique :

- ✓ Biocéramique (Implants médicaux dents et os)
- ✓ Vitrocéramique (+ résistante, plaques cuisson)
- ✓ Matrice céramique (poudre de diamant, conditionnement des matériaux radioactifs)

➤ A partir de la Téquila

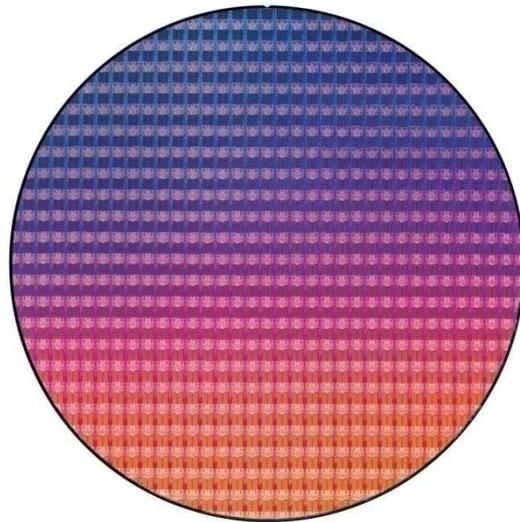


# Les nouveaux matériaux

## Nouveaux matériaux minéraux

Le Silicium :

- ✓ Polycristallin (conducteur: grille du transistor)
- ✓ Monocristallin (base du circuit intégré)



Les derniers wafers  
contiennent jusqu'à 820  
millions de transistors.

# Les nouveaux matériaux

## Nouveaux matériaux métalliques

- ✓ Alliages à mémoire de forme (Ni/Ti Nitinol: agrafes fractures osseuses...)
- ✓ Alliages amorphes (Pd ou Zr + Ni/Cu, très résistants : appl. Médicales, militaires, bijoux...)
- ✓ Alliages superplastiques (Ti/Al, grandement déformable : appl. aéronautique)
- ✓ Quasi cristaux (Al/Mn, isolants thermiques et électriques : appl. revêtements).

# Les nouveaux matériaux

## Nouveaux matériaux organiques

- ✓ Les polymères (PE, PP, PVC, PA, PC, Nylon...  
Autant de polymères pour autant d'applications)
- ✓ Cristaux liquides (molécules du nématique :  
écrans LCD)
- ✓ Fibres de carbone (appl. aéronautique, sports)
- ✓ Nanotubes de carbone (futurs ampoules)

# Les nouveaux matériaux

## Nouveaux matériaux composites

Textiles :

- ✓ Thermorégulateurs (poelectron)
- ✓ Antibactériens, anti-tâches, libérateur de produits médicamenteux ou de parfums (micro-encapsulation)
- ✓ Anti UV ( $\text{TiO}_2$ )
- ✓ Adaptifs (capteurs)
- ✓ Isolants (Gore Tex)



Un sous-vêtement qui facilite la récupération suite à une attaque cardiaque



« Touchpad » lavable en machine!!!

# Les nouveaux matériaux

## Nouveaux matériaux composites

Dans le bâtiment :

- ✓ Laine de verre (verre+liant, isolant)
- ✓ Liant papier (papier+ciment, maisons bloc)
- ✓ Brique de chanvre (Chènevotte+chaux)



Laine de verre



Liant papier



Brique de chanvre

# Les nouveaux matériaux

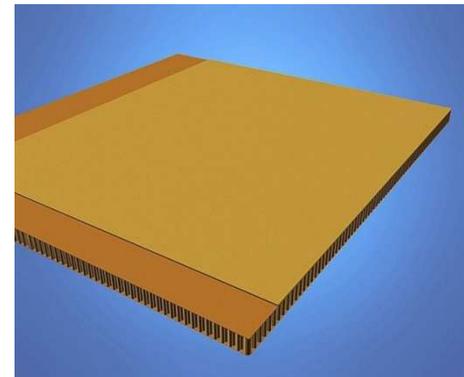
## Nouveaux matériaux composites

Industries (automobile, aéronautique) :

- ✓ Matrices métalliques (« Glare »)
- ✓ Matrices thermodurcissables (résine époxyde)
- ✓ Matrices thermoplastiques (résine PEEK)



Fuselage en « Glare »



Plaque en résine phénolique

# III – Développement durable

Quels moyens ?

- Chimie Verte
- Éco-conception

# Faits marquants

- ✓ 4 janvier 1966 – raffinerie de Feyzin (Champignon enflammé de 600m de haut, 18 morts, 2500 blessés, 1475 habitations touchées)
- ✓ 1 juin 1974 – Flixborough (Explosion de 50 tonnes de cyclohexane, 28 morts)
- ✓ 10 juillet 1976 – Seveso (dégagement de 2,4,5-trichlorophénol, 193 victimes, 70000 têtes de bétail abattues), création de la directive Seveso



Feyzin  
1966

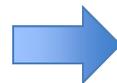
Flixborough  
1974



# Faits marquants

- ✓ 3 décembre 1984 – Bhopal (40 tonnes de MCI dégagés dans l'atm., 3500 morts la première nuit, 362 540 victimes à divers degrés)
- ✓ 21 septembre 2001 – Toulouse (Explosion d'un stock de nitrate d'ammonium, 31 morts, 2500 blessés)
- Prise de conscience de l'impact de la chimie sur l'environnement.

AZF  
avant



40



AZF  
après



Année Internationale de la  
**CHIMIE**  
2011

# La chimie verte

## Histoire

1972 – Sommet des NU sur l'homme et l'environnement, Stockholm

1983 – Création d'une commission mondiale sur l'environnement et le développement par les NU

1987 – Rapport « our common future », création du concept de développement durable

1990 – US : « pollution prevention act »

1991 – Première initiative dans le programme de la chimie verte : « alternative synthetic pathway »

1999 – Lancement du journal « green chemistry »



# La chimie verte

## Les 12 principes

- 1 – Prévention : produire moins de déchets
- 2 – Economie d'atome : synthèses optimisées
- 3 – Synthèse moins hasardeuse, moins toxique
- 4 – Composés finaux moins toxiques
- 5 – Solvants et auxiliaires plus sûrs
- 6 – Réaction efficaces en terme d'énergie

# La chimie verte

## Les 12 principes

7 – Utilisation de matières renouvelables

8 – Minimisation des protections

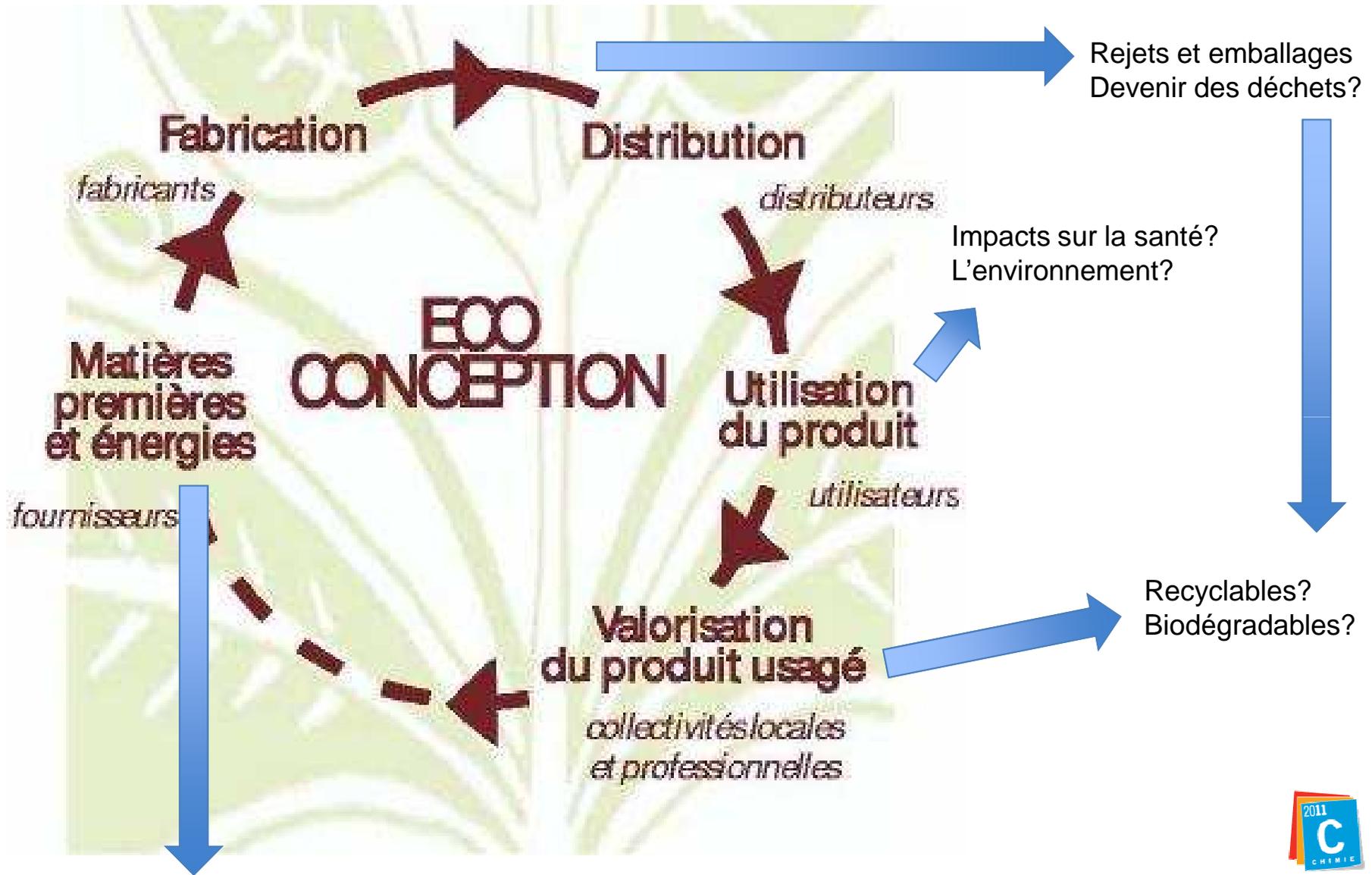
9 – Utilisation de catalyseurs

10 – Produits finaux biodégradables

11 – Procédés avec contrôle en temps réel

12 – Sécurité dans les procédés

# L'éco-conception



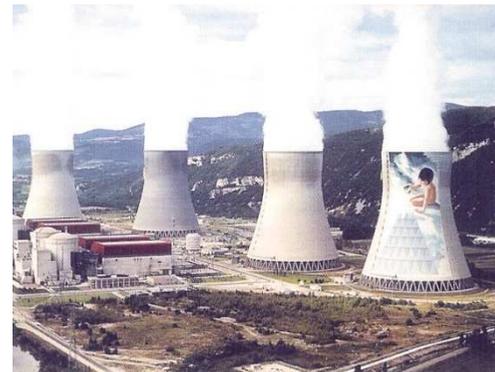
Fossiles  
ou Renouvelables?

# L'énergie Nucléaire

L'énergie nucléaire est **économique**, **quasi inépuisable**, **propre** (pas de gaz à effet de serre), nécessite peu de transport, peu d'émission de radiations

Mais **les risques existent**, elle **consomme de l'eau**, et la prise en charge des **déchets nucléaires** (recyclage ou stockage) pose encore des problèmes

Centrale Nucléaire  
de Cruas



# L'énergie Solaire

L'énergie solaire est **inépuisable**, **propre**, **non toxique** et les cellules photovoltaïques ont une bonne durée de vie

Mais leur coût d'investissement est **très élevé**, un coût d'entretien des cellules non négligeable, **non compétitives** à l'heure actuelle



« 5% de la surface des déserts permettraient de produire toute l'électricité de la planète »  
P. Jourde (CEA) et J.-C. Muller (CNRS)

# L'énergie Hydroélectrique

L'énergie hydroélectrique est **inépuisable**, **propre**, nécessite peu de transport, permet un contrôle aquatique, les installations prévues pour du long terme

Mais **impact environnemental (écosystème)** et coûts de réalisation **élevés**



Centrale hydraulique  
de Bourne (Vercors)

# L'énergie éolienne

L'énergie éolienne est **inépuisable**, **propre**, les installations prévues pour du long terme

Mais c'est une énergie **intermittente** et **incontrôlable**, elle demande des capacités de stockages **importantes** (batteries **chères** et **polluantes**), **nuisances esthétiques** et de voisinage

Éoliennes « offshore »  
en Gironde



# L'énergie

## Biomasse

Bois, paille, céréales, cannes à sucre, betteraves, microorganismes...

L'énergie par combustion de la biomasse est **renouvelable**, contrôle de l'émission de CO<sub>2</sub>

Mais problèmes de transport, risques de **déforestation** et de **surexploitation**, surfaces d'exploitation

# Les carburants

## Carburants fossiles

- ✓ Pétrole (essence, diesel, GPL, kérosène...)
  - ✓ Gaz naturel (mélange d'hydrocarbures légers)
  - ✓ Charbon (hydrocarbures lourds)
- **Maîtrise parfaite** de leur utilisation et **concordance** des technologies. Mais **non renouvelable**, fort dégagement de **gaz à effet de serre**, des carburants **destinés à disparaître**.



# Les carburants

## Biocarburants

- ✓ Huile végétale carburant (HVC)
- ✓ biodiesel (diester)
- ✓ Bioéthanol et ETBE
- **Renouvelables** et technologies **existantes**.  
Mais dégagement de **gaz à effet de serre**,  
problèmes des **engrais chimiques**, des **surfaces à cultiver** et du choix entre **manger ou rouler**.

# Les carburants

## Électricité

➤ Dépend du type d'énergie et du type de batteries que l'on va utiliser. La technologie existe et les véhicules en résultant sont **non polluants**, mais divers problèmes apparaissent : la **disponibilité** des recharges, le **temps d'autonomie** des véhicules est plus court, le recyclage des **batteries** et des **véhicules** eux-mêmes.

# Les carburants

## L'hydrogène

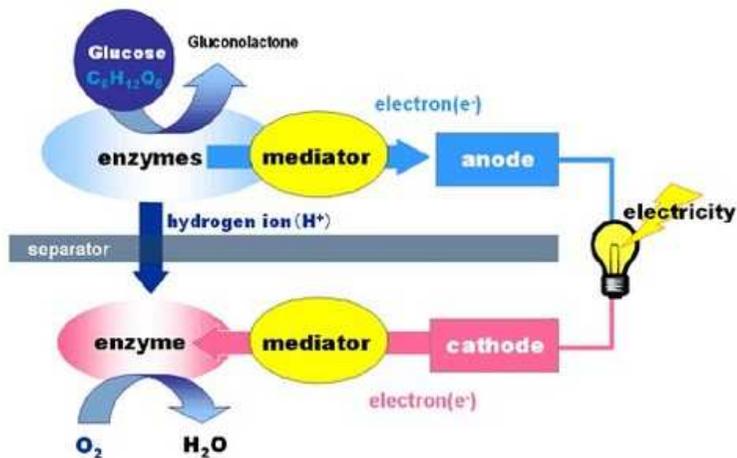
- ✓ A partir de l'eau (électrolyse ou réaction)
- ✓ A partir des hydrocarbures
- ✓ A partir de bactéries (photosynthèse, biotech.)
- **Renouvelables** et technologies **existantes** et **peu onéreuses** à mettre en place, **stockable**. Mais l'hydrogène est **dangereux**, dégage des **gaz à effet de serre** (**pas de CO<sub>2</sub>** mais des **NO<sub>x</sub>**).

# Les batteries

- ✓ A base de plomb (30 à 75 Wh/Kg)
  - ✓ A base de Nickel (50 à 80 Wh/Kg)
  - ✓ A partir de Sodium (85 Wh/Kg)
  - ✓ A partir de Zinc/Argent (200 Wh/Kg)
  - ✓ A partir de Lithium (90 à >500 Wh/Kg)
- Les dernières générations de batteries doivent être changées après plusieurs années d'utilisation et sont **recyclables**.

# Les biopiles

➤ Le développement des biopiles est en plein essor, que ce soit dans des laboratoires publiques (Grenoble, Lyon, Bordeaux...) ou dans le privé (Sony). Ces piles fonctionnent à partir de microorganismes qui vont opérer diverses transformations et ainsi générer du courant électrique.



Biopile de Sony.  
Leur lecteur MP3  
fonctionne avec cette  
nouvelle biopile.

# Les matières premières

Toutes les choses que nous utilisons ont été obtenus à partir de matières premières qui ont été raffinées. Elles ont été conçues :

- ✓ A partir de ressources **non renouvelables**
  - Ces dernières doivent être **recyclables**.
- ✓ A partir de ressources **renouvelables**
  - Ces dernières doivent être **recyclables** ou **biodégradables** (et insérées dans le processus de renouvellement).



# Le recyclage



Le recyclage s'effectue en 3 étapes :

- ✓ Collecte des déchets : tri sélectif
- ✓ Transformation (cf. ci-dessous)
- ✓ Commercialisation et consommation

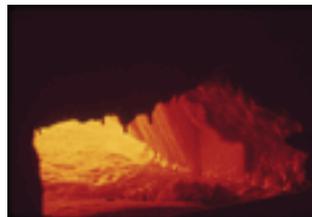
Il existe 3 types de recyclage :

- ✓ Chimique : traiter les déchets pour séparer certains composants
- ✓ Mécanique (exemple : broyage)
- ✓ Organique : compostage ou fermentation

Étape 1 :  
Recyclage  
du verre



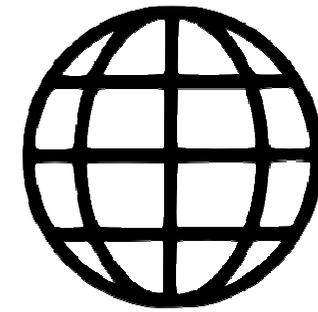
Étape 2 :  
Fusion du  
verre recyclé



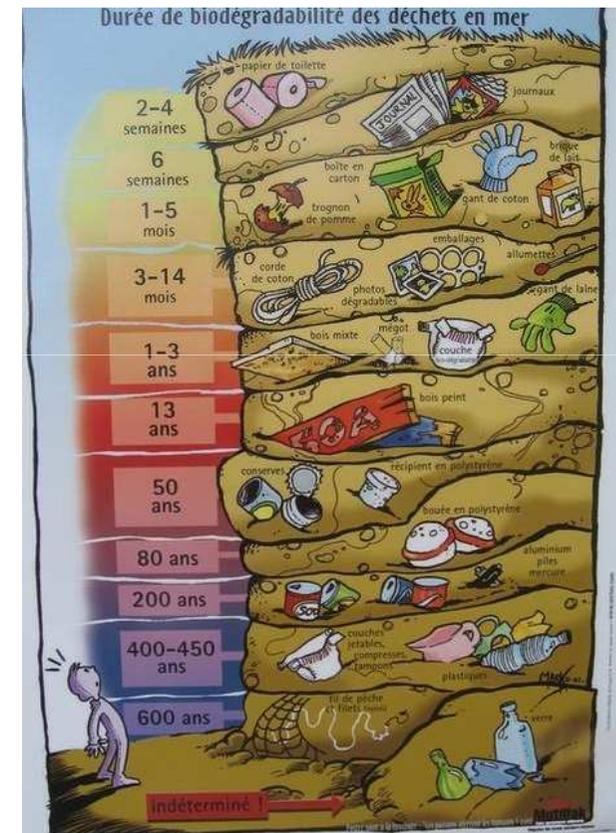
Étape 3 :  
Nouvelles  
bouteille en  
cours de  
fabrication



# La biodégradabilité



La **biodégradation** est la décomposition de matières organiques par des micro-organismes comme les bactéries, les champignons ou les algues, ceci **sans dégagement** de composés nuisibles à l'environnement. Cependant les objets biodégradables ne doivent pas pour autant être **abandonnées** n'importe où.



# IV – Les métiers de la chimie

Quel est le niveau d'étude requis?

Pour quelles missions?

# Les métiers de la chimie

Des chimistes de **tous les niveaux** sont nécessaires que ce soit dans des laboratoires publiques ou dans l'industrie. On distingue plusieurs classes de chimistes

- ✓ Les techniciens (laborantin à tech. sup.)
  - ✓ Les ingénieurs (cadres à différents niveaux)
  - ✓ Les chercheurs (enseignants, chefs de projet)
- Il ne sera possible d'accéder à l'un de ces métiers que si l'on a le **niveau d'étude nécessaire**

# Les métiers de la chimie

Le niveau d'étude **requis** pour accéder à ces emplois est généralement pour :

- ✓ Les techniciens de Bac à Bac+2 (DUT, BTS)
  - ✓ Les ingénieurs de Bac+5 à Bac+8
  - ✓ Les chercheurs de Bac+8 (doctorat)
- Tous auront leurs missions propres au sein de leur équipe.

# Les techniciens

Ce sont des employés **spécialisés** **hautement qualifiés** qui auront un rôle **spécifique** dans un groupe. Le technicien pourra être :

- ✓ Un synthétiste qui suivra les modes opératoires afin d'obtenir des cibles précises
- ✓ Un analyste qui devra caractériser un composé
- ✓ Un responsable d'une machine en particulier qui devra veiller à son bon fonctionnement

...

Expert dans la calibration  
de balances de précision



# Les ingénieurs

Ils interviennent principalement au niveau de la R&D ou de la fabrication de produits. Ils apportent leur **expertise technique** en tenant compte **des contraintes** de temps, de ressources, d'innovation, d'ergonomie et de respect de l'environnement et des réglementations. Ils conçoivent, calculent, sont responsables des essais, et gèrent la production à différents niveaux.

Apprenties ingénieures  
en formation

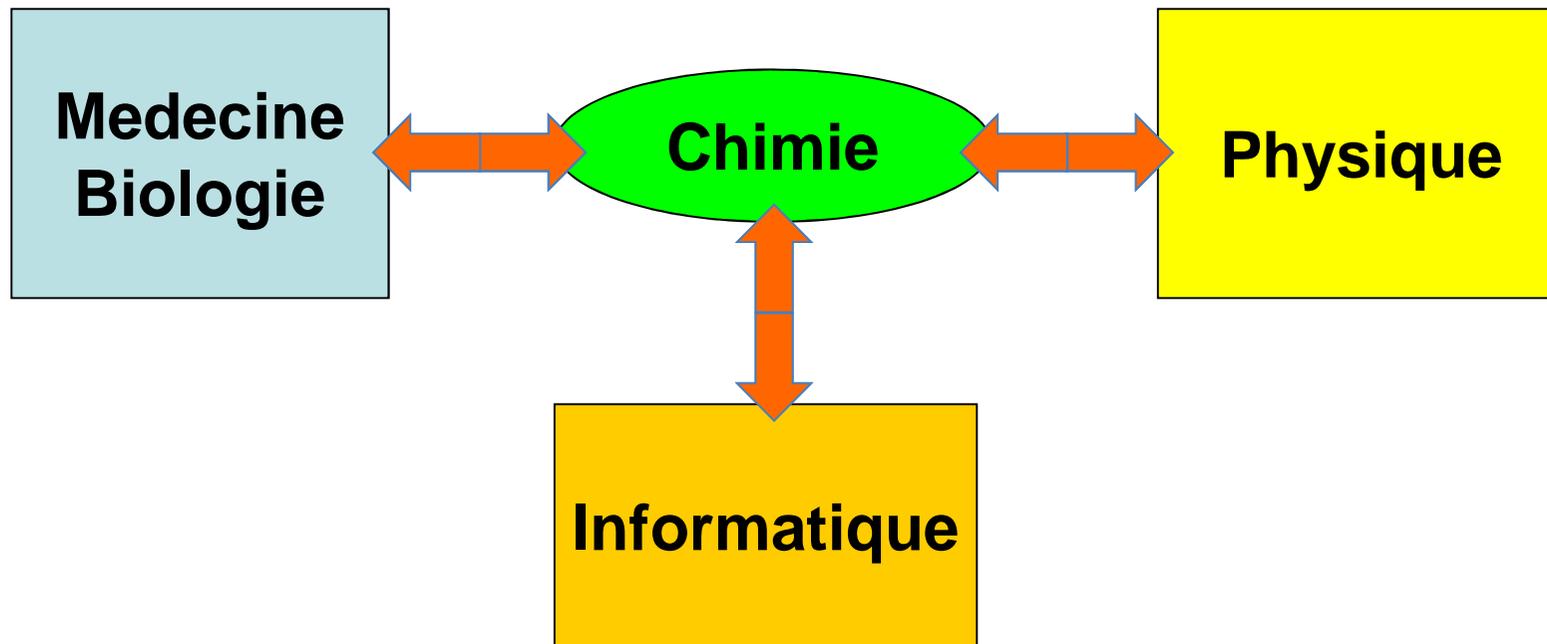


# Les chercheurs

En règle générale titulaires d'un doctorat les chercheurs sont à la **tête de projets** et mettent tout en œuvre pour les mener à bien. Ils sont responsables d'une équipe (composée de techniciens, ingénieurs, doctorants) et sont amenés à faire des rapports réguliers de l'avancée de leur travaux, et parfois à **publier** sous forme de brevets ou d'articles dans des journaux spécialisés.



# La chimie en interaction avec les autres disciplines



Une place de plus en plus importante de la  
**pluridisciplinarité**

Je vous remercie de votre attention