

« green chemistry »

Principes et contradictions



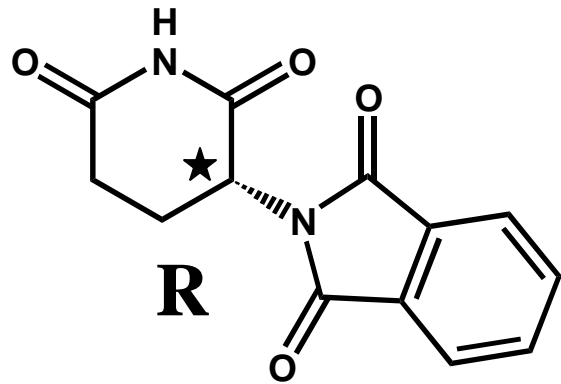
Auréole-Philippe-Théophraste Bombast
de Hohenheim, dit Paracelse

Paracelse

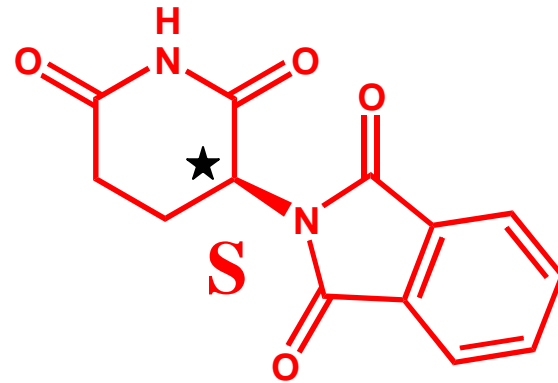
Gargèse 2009

Peur de la chimie ???

Thalidomide (Contergan 1956)



SEDATIF



TERATOGENE

Peur de la chimie ???

Accident de Bhopal : méthyl isocyanate

In the early morning hours of [December 3, 1984](#), a holding tank with 43 tonnes of stored MIC overheated and released toxic heavier-than-air [MIC](#) gas mixture, which rolled along the ground through the surrounding streets. The transportation system in the city collapsed and many people were trampled trying to escape. According to the Bhopal Medical Appeal, around 500,000 people were exposed to the leaking chemicals. Approximately 20,000, to this date, are believed to have died as a result; on average, roughly one person dies every day from the effects. Over 120,000 continue to suffer from the effects of the disaster, such as breathing difficulties, cancer, serious birth-defects, blindness, gynaecological complications and other related problems. According to the report "The Bhopal Medical Appeal - What Happened in Bhopal?", It is believed that 50,000 people are unable to work because of their debilitating ailments

Peur de la chimie ???

Explosion de l'usine AZF à Toulouse

**21/09/01 explosion de 40 à 80 tonnes de nitrate d'ammonium (NH_4NO_3)
faisant 30 tués dont 22 dans l'usine , 2500 blessés**

Le 20° siècle a été profondément marqué par le développement de la chimie.

**Santé : antibiotiques , anticancéreux , antidouleur, contraceptifs , viagra....
Sang artificiel , matériaux pour prothèse....**

Transport : diminution des rejets soufrés ou azotés , piles à combustible....

Habillement : colorants et textiles synthétiques

Art et culture : papier , encres , peintures

Électronique : circuits imprimés , cristaux liquides

Logement : nouveaux matériaux de construction , isolant , polymère

Alimentation: engrais , pesticides

Mais l'image de la chimie est devenue globalement négative pour une grande partie de la population : accidents et pollutions dégradations des conditions de vie associées (à tort !!!) à la chimie.

Le 20° siècle a été profondément marqué par le développement de la chimie.

**Santé : antibiotiques , anticancéreux , antidouleur, contraceptifs , viagra....
Sang artificiel , matériaux pour prothèse....**

Transport : diminution des rejets soufrés ou azotés , piles à combustible....

Habillement : colorants et textiles synthétiques

Art et culture : papier , encres , peintures

Électronique : circuits imprimés , cristaux liquides

Logement : nouveaux matériaux de construction , isolant , polymère

Alimentation: engrais , pesticides

Mais les IUT et les écoles d'ingénieurs sont pleines et augmentent leurs effectifs plus vite que la baisse des effectifs des universités et des classes d'âges ??????



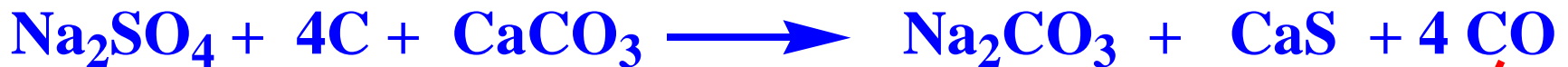
Industrie et « green chemistry »

Fabrication industrielle du carbonate de soude (Na_2CO_3)

Nicolas
Leblanc
1742-1806



Gaz toxique et corrosif

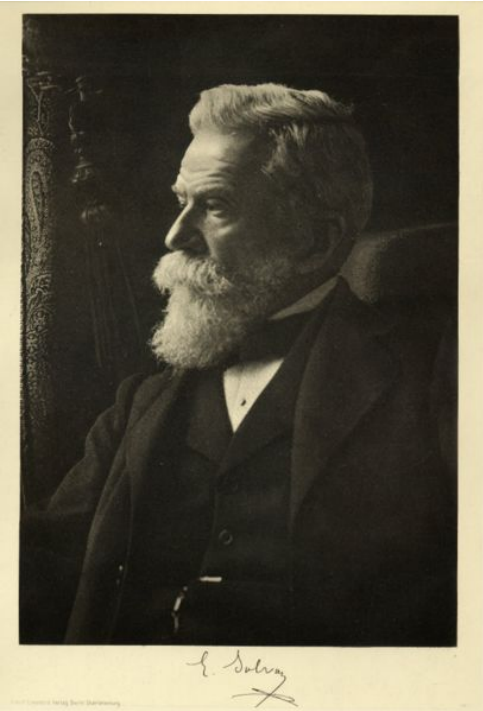


SAVON , VERRE , TEXTILE

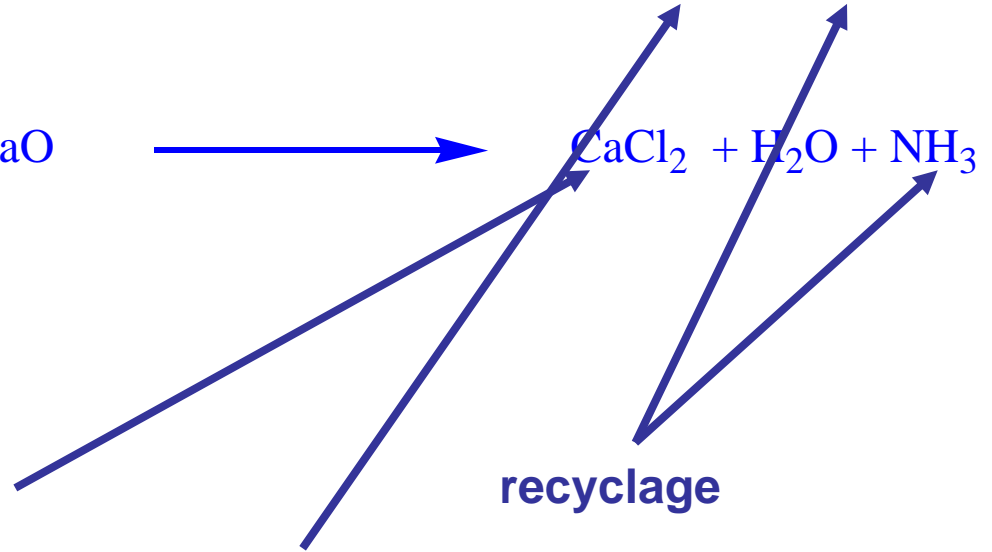
Précipité toxique et malodorant

Gaz très toxique

Industrie et « green chemistry »



Procédé Solvay (1863)



déchet

Sous produit non toxique

E. Solvay 1838-1922

« Green chemistry » une préoccupation industrielle ancienne ; un concept académique récent

1°Économie d'atome ; facteur « E »

B. TROST : SCIENCES 254 , 1471 (1991)

R. SHELDON Chemistry and Industry 903 (1991)

2°Les Douze Principes de la « green chemistry »

**Green Chemistry ; P.T. Anastas & T.C. Williamson
Oxford University Press (1998)**

**3°Les Douze Principes du « green chemical
engineering »**

**Advancing Sustainability Through Green Chemistry
and Engineering R.L. Lankey & P.T. Anastas / ACS
Symposium Series 823 (2002)**

Les 12 principes de la chimie verte « green chemistry »

1° Prevention

2° Atom economy

3° Less Hazardous chemical synthesis

4° Designing Safer chemicals

5° Safer solvents and auxiliaries

6° Design energy efficiency

7° Use of renewable feedstocks

8° Reduce derivatives

9° Catalysis

10° Design for degradation

11° Real time analysis for pollution prevention

12° Inherent Safer Chemistry for accident

prevention

*Advancing Sustainability through Green ; R.L. Lankey & P.T. Anastas /
Chemistry and Engineering ACS Symposium Series 823 2002*

Green Chemistry ; P.T. Anastas & T.C. Williamson Oxford University Press 1998

Les 12 principes de la chimie verte « green chemistry »

5 Principes de « sureté »

1° Prevention

2° Atom economy

3° Less Hazardous chemical synthesis

4° Designing Safer chemicals

5° Safer solvents and auxiliaries

6° Design energy efficiency

7° Use of renewable feedstocks

8° Reduce derivatives

9° Catalysis

10° Design for degradation

11° Real time analysis for pollution prevention

12° Inherent Safer Chemistry for accident prevention

Les 12 principes de la chimie verte « green chemistry »

*6 principes pour réduire:
la consommation de matières premières
la formation de déchets*

1° Prevention

2° Atom economy

3° Less Hazardous chemical synthesis

4° Designing Safer chemicals

5° Safer solvents and auxiliaries

6° Design energy efficiency

7° Use of renewable feedstocks

8° Reduce derivatives

9° Catalysis

10° Design for degradation

11° Real time analysis for pollution prevention

12° Inherent Safer Chemistry for accident prevention

« les 12 principes » du «green chemical engineering »

- 1° Designer need too strive to ensure that all material and energy which are input or output are inherently nonhazardous as possible
- 2° It is better to prevent wast that to treat and cleanup waste
- 3° Separation and purification operation should be design to minimize energy consumption and material use
- 4° Product process and system should be design to mass, energy , space and Time
- 5° Products and processes should be output pulled rather input pushed
- 6° Embedded entropie and complexity should be viewed as an investment
- 7° Targeted durability, not immortality should be a design goal
- 8° Design unnecessary capacity should be considered a design flaw
- 9° Material diversity in multicomponents products should be minimized to promote disassembly and value retention
- 10° Design of products processes and systems must include integration and interconnectivity with existing materials and energy flows.
- 11° Products, and processes and system should be designed for Performance in a commercial « afterlife ».
- 12° Material and energy should be renewable rather than depleting

« les 12 principes » du «green chemical engineering »

1 Principe de « sureté »

1° Designer need too strive to ensure that all material and energy which are input or output are inherently nonhazardous as possible

2° It is better to prevent wast that to treat and cleanup waste

3°Separation and purification operation should be design to minimize energy consumption and material use

4°Product process and system should be design to mass, energy , space and Time

5° Products and processes should be output pulled rather input pushed

6° Embedded entropie and complexity should be viewed as an investment

7°Targeted durability, not immortality should be a design goal

8°Design unecessary capacity should be considered a design flaw

9° Material diversity in multicomponents products should be minimize to promote disassembly and value retention

10°Design of products processes and systems must include integration and interconnectivity with existing materials and energy flows.

11°Products, and processes and system should be designed for Performance in a commercial « afterlife ».

12°Material and energy should be renewable rather than depleting

« les 12 principes » du «green chemical engineering »

3 Principes de « recyclage »

- 1° Designer need too strive to ensure that all material and energy which are input or output are inhérently nonhazardous as possible
- 2° It is better to prevent wast that to treat and cleanup waste
- 3° Separation and purification operation should be design to minimize energy consumption and material use
- 4° Product process and system should be design to mass, energy , space and Time
- 5° Products and processes should be output pulled rather input pushed
- 6° **Embedded entropie and complexity should be viewed as an investment**
- 7° Targeted durability, not immortality should be a design goal
- 8° Design unecessary capacity should be considered a design flaw
- 9° **Material diversity in multicomponents products should be minimize to promote disassembly and value retention**
- 10° Design of products processes and systems must include integration And interconnectivity with existing materials and energy flows.
- 11° **Products, and processes and system should be designed for Performance in a commercial « afterlife ».**
- 12° Material and energy should be renewable rather than depleting

« les 12 principes » du «green chemical engineering »

6 principes pour réduire:

la consommation de matières premières et d'énergie

la formation de déchets

La taille des installations

1° Designer need too strive to ensure that all material and energy which are input or output are inherently nonhazardous as possible

2° It is better to prevent waste that to treat and cleanup waste

3° Separation and purification operation should be design to minimize energy consumption and material use

4° Product process and system should be design to mass, energy , space and Time

5° Products and processes should be output pulled rather input pushed

6° Embedded entropie and complexity should be viewed as an investment

7° Targeted durability, not immortality should be a design goal

8° Design unecessary capacity should be considered a design flaw

9° Material diversity in multicomponents products should be minimize to promote disassembly and value retention

10° Design of products processes and systems must include integration and interconnectivity with existing materials and energy flows.

11° Products, and processes and system should be designed for Performance in a commercial « afterlife ».

12° Material and energy should be renewable rather than depleting

Les outils pour la chimie durable (sustainable chemistry) ou chimie verte (green chemistry) ou chimie écologique ou...

Développement de l'industrie chimique et para chimique

Nouvelles contraintes de production
Réglementations REACH ...

Augmentation des coûts
Matières premières et énergie

Gestion des déchets
Production et recyclage

Nouveaux concepts
Economie d'atome
Les douze principes de la chimie verte
Les douze principes du
« green chemical ingeneering »
Intensification des procédés

Nouvelles technologies
Catalyses
Nouvelles méthodes d'activation
Nouveaux solvants
Nouveaux réactifs
Nouvelles matières premières
Nouveaux réacteurs



Un succès économique et écologique de la catalyse hétérogène Élimination du SO₂ des atmosphères des villes

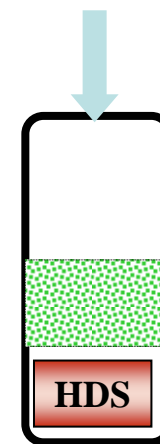
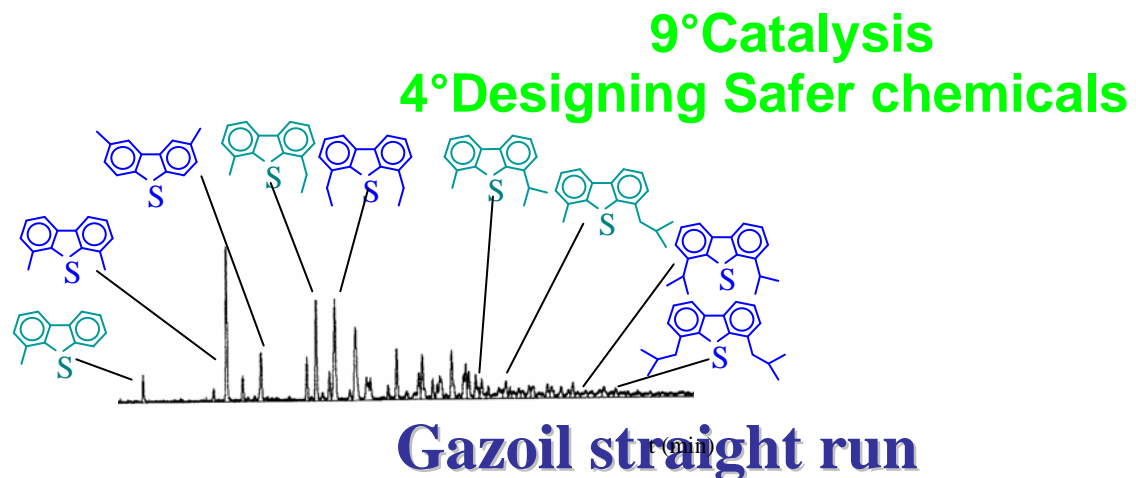
avant 1996
2000 ppm S

1996
500 ppm S

2000
350 ppm S

2005
50 ppm S

2008 - 2010
10 ppm S



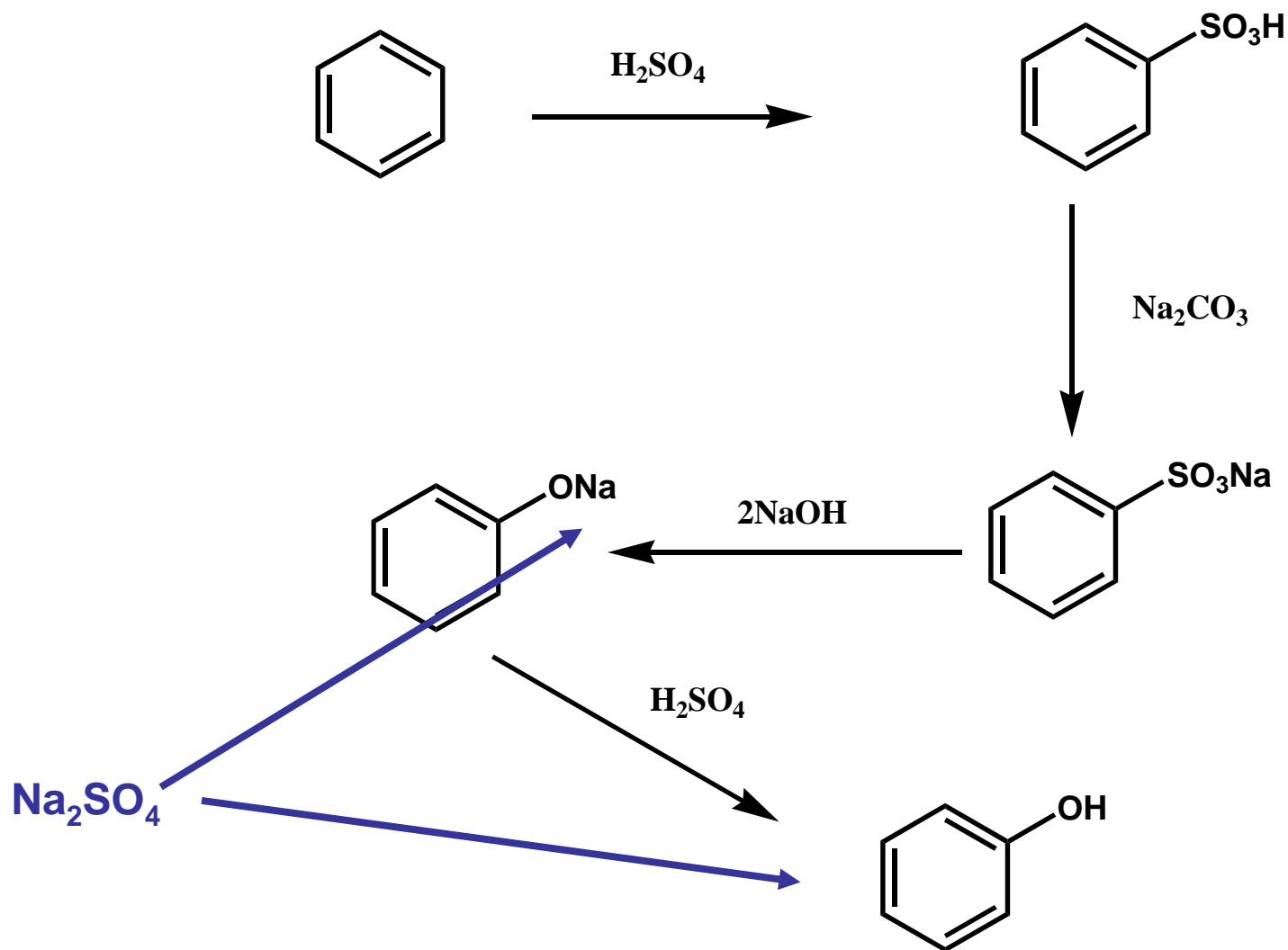
1 - 8 MPa
NiMo (CoMo) Al₂O₃

Gazoil désulfuré

2° Atom economy

Traitement des déchets : valorisation

Production du phénol via la sulfonation du benzène (jusqu'en 1950)

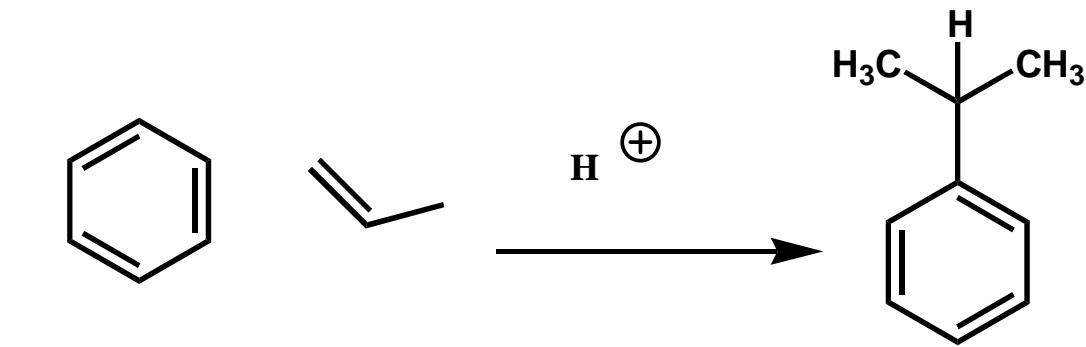


2° Atom economy

5° Products and processes should be output pulled rather than input pushed

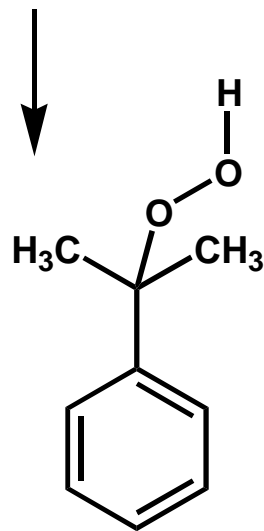
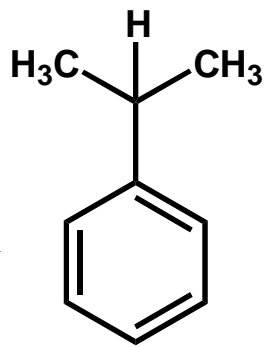
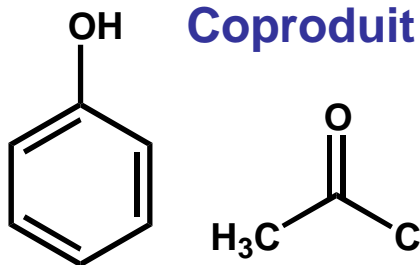
8° Design unnecessary capacity should be considered a design flaw

Synthèse industrielle du phénol le procédé HOCK



5 10^6 t/an

$O_2/Na_2CO_3/H_2O$



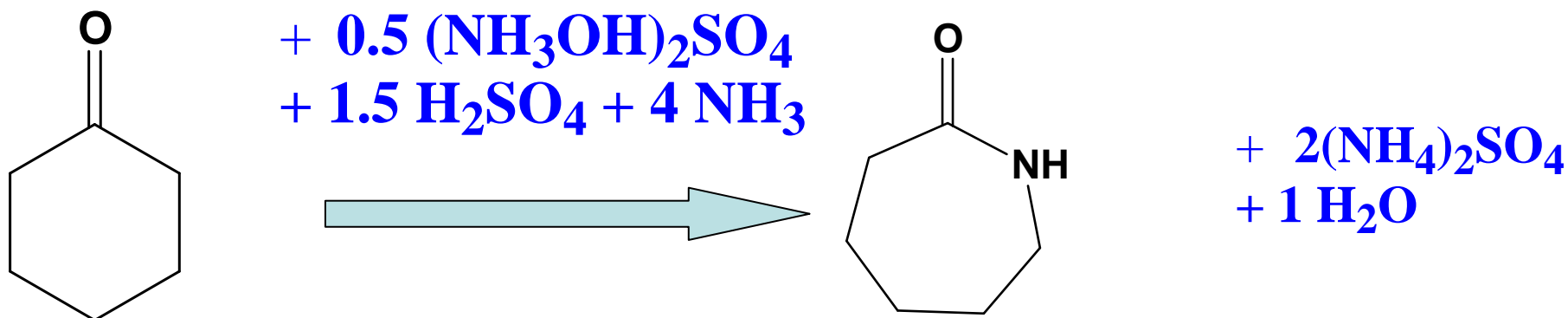
1° Designer need too strive to ensure that all material and energy which are input or output are inherently nonhazardous as possible

Potentiellement explosif

Économie d'atome théorique 100% (si l'acétone est commercialisée)

Économie d'atome et réactifs dangereux

La préparation du caprolactame (nylon 6)



Économie d'atome 29%
E factor 0.29

Économie d'atome

2° Atom economy

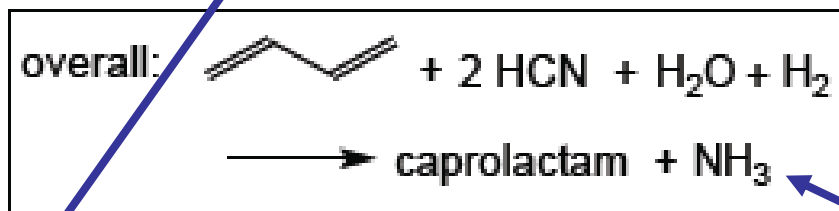
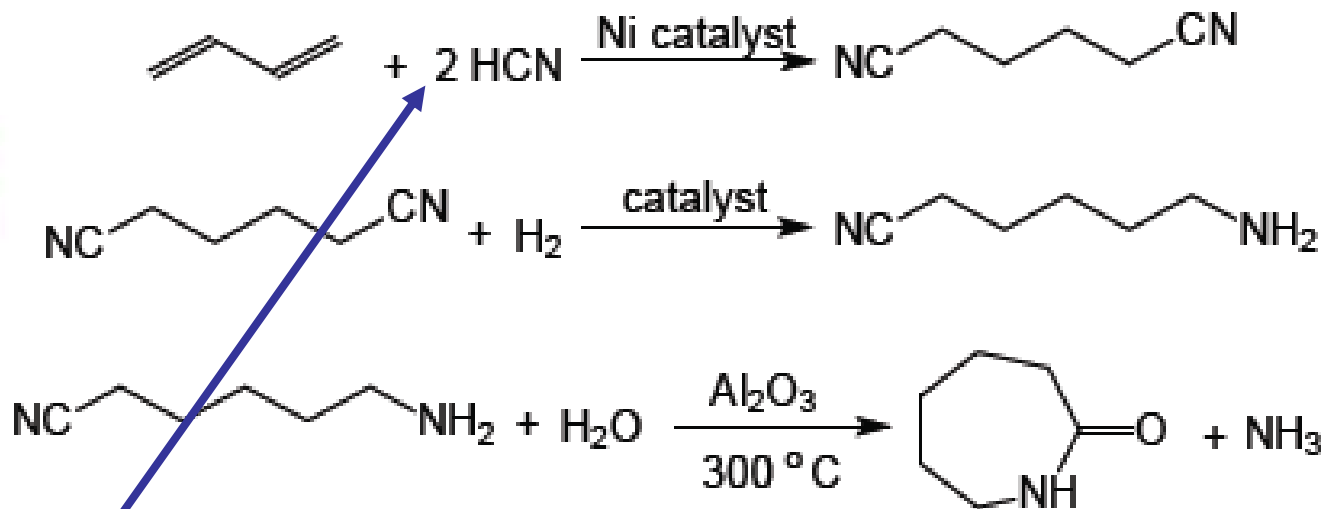
3° Less Hazardous chemical synthesis

4° Designing Safer chemicals

La préparation du caprolactame (nylon 6)



Du Pont



caprolactam
> 99% conv.
> 99.5% sel.

Hautement toxique et dangereux !!!

Économie d'atome = 100%

recyclable

Ozonolyse de l'acide oléique

12° Material and energy should be renewable rather than depleting

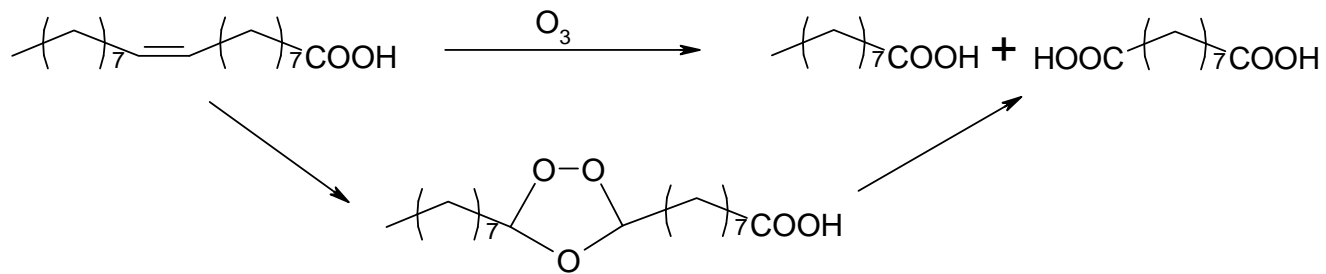
3° Less Hazardous chemical synthesis
4° Designing Safer chemicals

cosmétique

Acide pelargonic

Polymères

Acide azélaïque

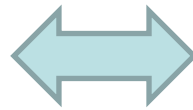


Procédé industriel: COGNIS

*Utilisation d'ozone
dangereux et toxique*

Contradiction 1

Chimie plus sûre
Utilisation de réactifs
doux et efficaces mais
complexes et avec
sous produits



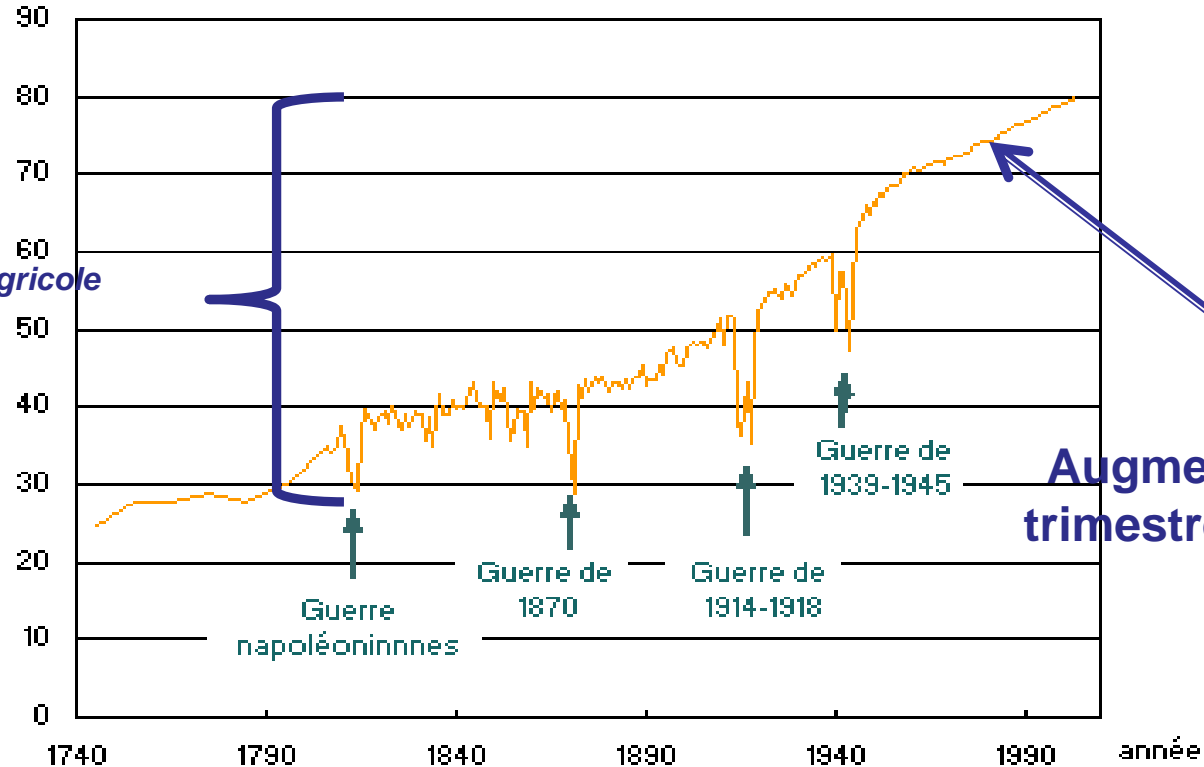
Chimie plus propre
Pas de déchets
mais manipulation de
composés extrêmement
réactifs (dangereux)

Écologues ?
Économistes ?
Politiques ?....

Espérance de vie santé et pharmacie

Évolution de l'espérance de vie à la naissance en France de 1740 à 2005

Espérance de vie à la naissance (ans)



Augmentation :
du niveau de vie
de la production agricole
de l'hygiène
développement
de la médecine
et de la pharmacie

Augmentation d'un
trimestre tous les ans

Source : Gilles Pison. *Population et Sociétés*. Ined. n°410. mars 2005

Fiche pédagogique, Ined (www.ined.fr)

Espérance de vie santé et pharmacie

R & D Pharmacie

**Durcissements des conditions de mise sur le marché
Augmentation de la complexité des molécules actives**



Diminution rapide du nombre de nouvelles molécules commercialisées



Restructurations

Séparation des industries chimiques
et pharmaceutiques

Séparation des industrie agrochimiques
et pharmaceutiques

Fusions

Rationalisation; spécialisation

Abandon des domaines les moins « rentables »

Nouvelles approches :

Synthèses et tests à hauts débits

Chimie combinatoire

Automatisation

Externalisation

Protéomique..

Modélisation Criblage virtuel.....

Augmentation rapide des dépenses de R&D dans l'industrie pharmaceutique

Commercialisation de nouveaux médicaments 1997-2007

Nouvelle baisse de la « productivité » en recherche pharmaceutique

Malgré une augmentation des dépenses de santé importante

Malgré l'augmentation des coopérations université-industrie et des « aides » de l'état

Malgré la concentration des efforts sur les maladies « rentables » (maladies orphelines)

Contradictions 2

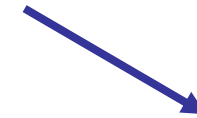
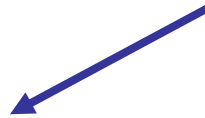
Méfiance de la population (occidentale!)

Recherche d'un nouveau développement « durable »

Augmentation des contraintes réglementaires (y compris pour l'expérimentation !)

Augmentation des coûts des matières premières et de l'énergie

Contraintes économiques plus importantes (exigence de rentabilité plus élevée)



**Nouvelles opportunités pour les chimistes
Nouveaux concepts et nouvelles méthodes**

**Ralentissement de l'innovation
Risque d'avoir moins de ruptures technologiques dans les secteurs chimiques, para chimiques et pharmaceutiques**

Exigence d'amélioration du niveau de vie de la population dans les pays émergents

Augmentation globale de la faim dans le monde

Résurgence de maladies anciennes

Nouvelles pandémies