

## LA CHIMIE VERTE

- Niveau(x) : Terminale S
- Type d'activités : documentaire
- Support : vidéo (prévoir de projeter la vidéo au tableau en début de séance)
- Durée estimée : 30 min
- Pré-requis : Notion de catalyseur ; Formule topologique
- Compétences exigibles (BO) : « Extraire et exploiter des informations en lien avec :
  - la chimie durable
  - la valorisation du dioxyde de carbonepour comparer les avantages et les inconvénients de procédés de synthèse du point de vue du respect de l'environnement. »
- Compétences travaillées : Extraire et exploiter

Résumé : Activité documentaire portant sur les douze principes de la chimie verte. Elle permet également de voir un exemple de valorisation du dioxyde de carbone.

# La chimie verte

## Document n° 1a : « Introduction / contexte »

Extraits montés de « La chimie verte », conférence du 25 mars 2009 de Margarida Costa-Gomes dans le cadre des « mercredis de la science », Pôle Audiovisuel de l'Université Blaise Pascal (Clermont-Ferrand)

1. Quels sont les problèmes mis en avant dans la vidéo ?
2. D'où peut venir la solution ?
3. Quels autres principes (en dehors de la prévention des déchets) de la chimie verte sont mis en œuvre dans la synthèse de la sertraline ?



Pour regarder chez vous la vidéo complète (avec une très bonne introduction sur la chimie), rendez-vous sur <http://videocampus.univ-bpclermont.fr/?v=yk293DbLO56e>

## Document n°1b : « Les douze principes de la chimie verte »

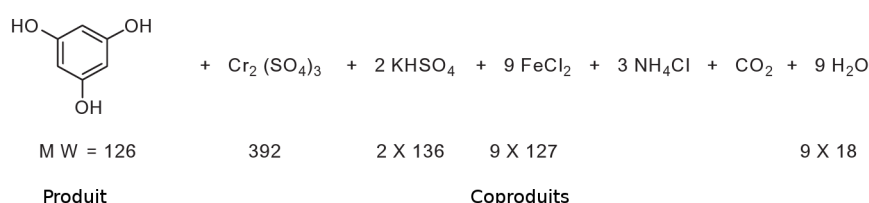
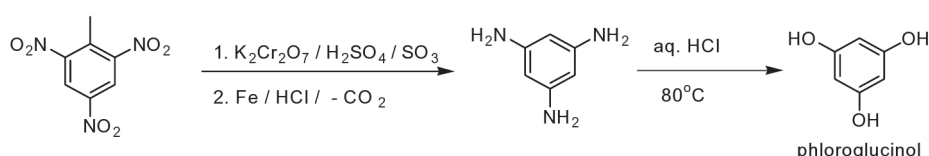
d'après la présentation de Margarida Costa-Gomes

- |                              |                        |   |   |  |                             |  |  |                                 |  |  |  |
|------------------------------|------------------------|---|---|--|-----------------------------|--|--|---------------------------------|--|--|--|
| 1. La prévention des déchets | 2. L'économie atomique | 3. Des synthèses chimiques moins nocives ou dangereuses | 4. La création de produits chimiques moins nocifs | 5. Des solvants / agents de séparation plus sécuritaires | 6. L'efficacité énergétique | 7. L'utilisation de matières premières renouvelables | 8. La diminution de produits de dégradation toxiques | 9. L'utilisation de la catalyse | 10. La conception de produits dégradables ou à utiliser totalement | 11. L'analyse en temps réel pour la prévention de la pollution | 12. Une chimie plus sécuritaire pour la prévention des accidents |
|------------------------------|------------------------|---|---|--|-----------------------------|--|--|---------------------------------|--|--|--|

## Document n° 2 : « La synthèse du phloroglucinol »

Introduction to Green Chemistry, Organic Synthesis and Pharmaceuticals, Roger Sheldon

In the last two decades it has become increasingly clear that the chemical and allied industries, such as pharmaceuticals, are faced with serious environmental problems. Many of the classical synthetic methodologies have broad scope but generate copious amounts of waste, and the chemical industry has been subjected to increasing pressure to minimize or, preferably, eliminate this waste. An illustrative example is provided by the manufacture of phloroglucinol, a reprographic chemical and pharmaceutical intermediate. Up until the mid-1980s it was produced mainly from 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) by the process shown in [the] figure [below], a perfect example of vintage nineteenth-century organic chemistry.



M W signifie « Molar Weight », soit masse molaire en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

4. Quel est le problème soulevé dans le texte et qu'essaient de faire les industries chimiques actuellement ?
  5. Pourquoi la synthèse du phloroglunol illustre-t-elle la chimie du 19<sup>e</sup> siècle ?
  6. Calculez les masses molaires manquantes.
  7. Pour un kilogramme de phloroglunol produit, quelle est la masse des coproduits formés ?
- L'un des principes non respectés de la chimie verte est le numéro 2 : « L'économie d'atomes ».
8. Expliquez ce que peut signifier ce critère.
  9. Quelles autres règles ne semblent pas respectées par cette synthèse ?

### Document n° 3 : « Et si le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), principal gaz à effet de serre, trouvait sa rédemption dans la chimie verte ? »

Les défis du CEA n° 112, mars 2006

Cosmétique, agroalimentaire, pharmacie et même nucléaire, ces industries s'intéressent aujourd'hui à un nouveau type de solvant organique : le CO<sub>2</sub> supercritique (CO<sub>2</sub> (SC)). Cet état particulier<sup>1</sup> confère au gaz carbonique des propriétés remarquables, parmi lesquelles celle d'être un solvant propre. « Le CO<sub>2</sub> (SC) est un milieu réactionnel très intéressant, avec un bon pouvoir solvant permettant des vitesses de réaction élevées, et il se sépare complètement des produits finaux », explique Bruno Fournel, chef du laboratoire des fluides supercritiques et membranes. En effet, le CO<sub>2</sub> (SC), élément-clé de cette chimie verte, ne laisse aucun résidu (à la différence des autres solvants comme l'hexane ou le chloroforme), puisqu'il retourne à son état gazeux, disparaissant immédiatement du produit final. De plus, il ne génère aucun effluent, si ce n'est du CO<sub>2</sub> réutilisable.

<sup>1</sup> Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), comprimé à une pression de 74 bars et à des températures supérieures à 31 °C, devient supercritique. Dans cet état intermédiaire de la matière, il est aussi dense qu'un liquide, avec une viscosité aussi faible que celle d'un gaz (même source)

10. Quels principes de la chimie verte respectent les synthèses avec le dioxyde de carbone supercritique ?
11. Pourquoi ce procédé est une valorisation du CO<sub>2</sub> ? Expliquez le titre de l'article.

### Document n° 4 : « Deux voies pour la synthèse de l'ibuprofène »

Illustration d'après *Introduction to Green Chemistry, Organic Synthesis and Pharmaceuticals*, Roger Sheldon

Voici deux procédés pour obtenir l'ibuprofène (un anti-inflammatoire non stéroïdien) à partir d'un intermédiaire commun : la p-isobutylacetophenone.

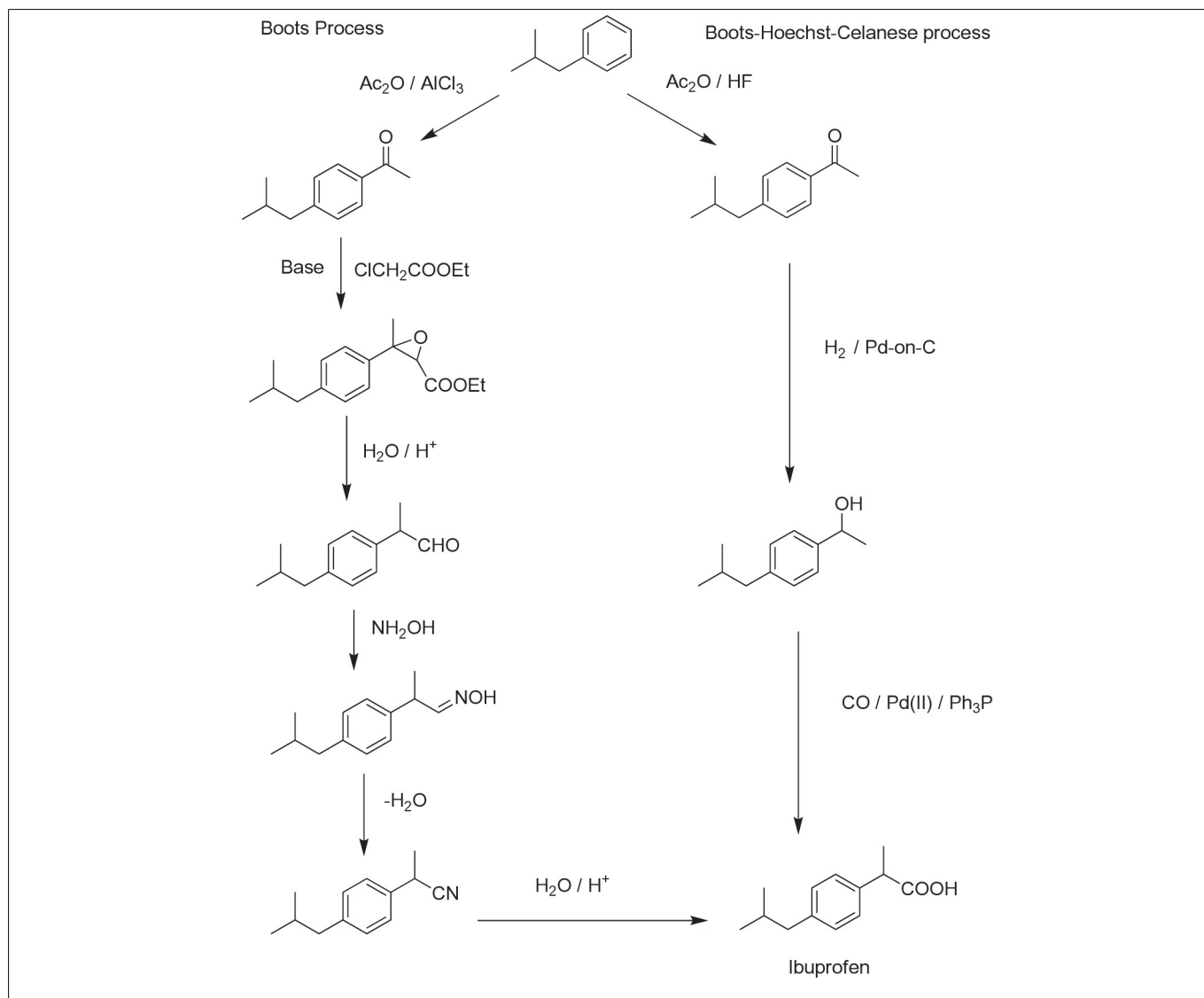
Pour comprendre le document ci-après, le nouveau réactif introduit est représenté sur la flèche. S'il y a un signe moins, il s'agit d'une espèce chimique éliminée (« -H<sub>2</sub>O » signifie qu'il y a élimination d'une molécule d'eau).

L'espèce chimique derrière le signe « / » est le catalyseur (ex: « Pd-on-C » est du palladium déposé sur du carbone).

On utilise aussi des abréviations : Ac et Et ne sont pas des atomes, mais le groupement éthyle (ou nommé parfois acétyle) CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>- et Ph est le groupement phényle (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>).

Le procédé de Boots-Hoechst-Celanese (c'est le nom de la firme qui l'a mis au point) utilise comme première étape l'acide fluorhydrique HF à la fois comme catalyseur et comme solvant. C'est d'ailleurs la seule étape qui utilise un solvant. Ce dernier est récupéré à 99,9 % pour être réutilisé.

12. Quels principes respecte cette première étape ?
13. Lors de la seconde étape (hydrogénation) ou de la troisième étape (CO), quels sont les coproduits éventuels formés ? Comparez avec la méthode de Boots.
14. Justifiez quelle est la synthèse la plus « verte ».



### Traduction du document n° 2 pour les élèves qui ont des difficultés :

Dans les deux dernières décennies, il est devenu de plus en plus clair que l'industrie chimique et ses industries connexes, telles que l'industrie pharmaceutique, ont été confrontées à de sérieux problèmes environnementaux. De nombreuses méthodes classiques de synthèse ont un éventail large de possibilités mais génèrent d'importantes quantités de gaspillage et l'industrie chimique a été soumise à une pression croissante pour réduire, voire mieux, pour éliminer le gaspillage. Un exemple parlant est celui de la fabrication du phloroglucinol, un produit utilisé dans la reprographie et comme molécule intermédiaire dans l'industrie pharmaceutique. Jusqu'au milieu des années 80, il était principalement produit à partir du 2,4,6-trinitrotoluène (TNT) par le procédé montré dans la figure ci-dessous, un parfait exemple de la chimie organique typique du 19<sup>e</sup> siècle.