

LC 11 : Chimie verte

Élément imposé : économie d'atome

Introduction



Incendie de l'usine chimique de Seveso (Italie), 1976.



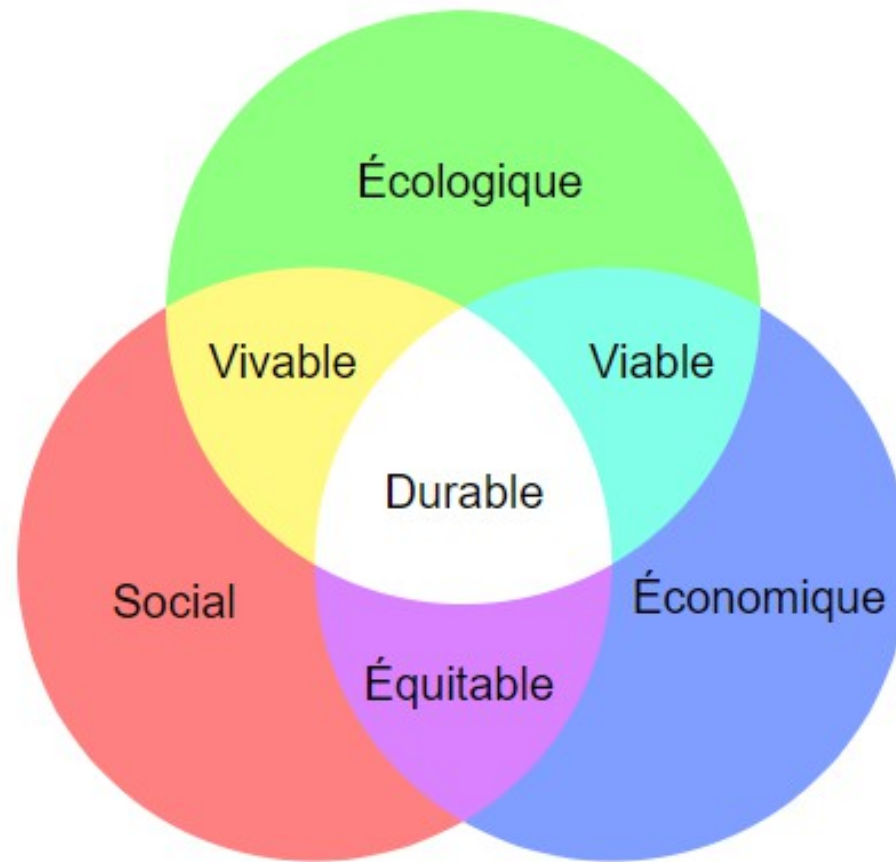
Bhopal (Inde), 1984



AZF (Toulouse), 2001

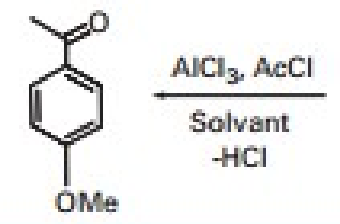
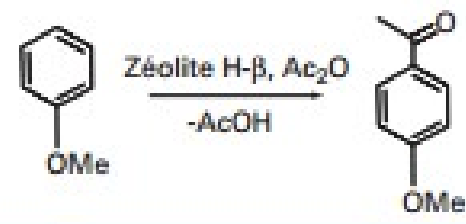
Développement durable

Développement durable = développement répondant aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.



Les 12 principes de la chimie verte

1. Prévenir la pollution : il vaut mieux produire moins de déchets qu'investir dans l'assainissement ou l'élimination des déchets.

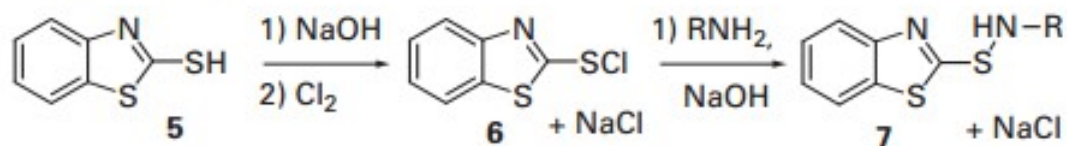
| Tableau 1 - Acylation de l'anisole | |
|--|--|
|  |  |
| Procédé homogène AlCl ₃ > 1 équiv. | Procédé hétérogène H-β catalytique et recyclable |
| Solvant Hydrolyse des produits Séparation de phase Distillation de la phase organique Recyclage du solvant Rendement = 85 à 95 % 4,5 kg d'effluents aqueux par kg de produit | Pas de solvant Pas d'hydrolyse - Distillation de la phase organique - Rendement > 95 % 0,035 kg d'effluents aqueux par kg de produit |

2. Economie d'atomes et d'étapes : les synthèses doivent être conçues dans le but de maximiser l'incorporation des matériaux utilisés au cours du procédé dans le produit final.

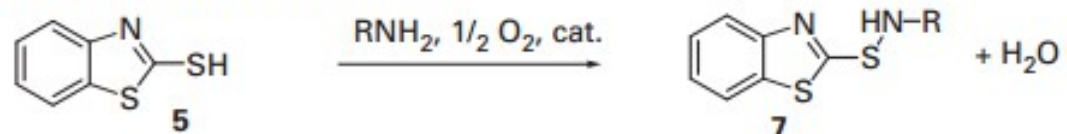
Les 12 principes de la chimie verte

3. Concevoir des synthèses moins dangereuses : conception de synthèses moins dangereuses grâce à l'utilisation de conditions douces et la préparation de produits peu ou pas toxiques pour l'homme et l'environnement.

Procédé classique



Procédé catalytique (Monsanto)



Synthèses des alkylaminomercaptobenzothiazoles

4. Concevoir des produits chimiques plus sécuritaires : les produits chimiques doivent être conçus de manière à remplir leur fonction primaire tout en minimisant leur toxicité.

5. Réduire l'utilisation de solvants organiques et d'auxiliaires de synthèse : recherche d'alternatives aux solvants polluants et aux auxiliaires de synthèse.

Les 12 principes de la chimie verte

6. Réduire la dépense énergétique et favoriser l'emploi d'énergies renouvelables : privilégier les synthèses à température ambiante et à pression atmosphérique.

7. Mettre à profit les matières premières renouvelables : lorsque la technologie et les moyens financiers le permettent, les matières premières utilisées doivent être renouvelables plutôt que non-renouvelables.

8. Réduire le nombre de dérivés pouvant engendrer des déchets : minimiser l'utilisation de groupes protecteurs ou auxiliaires.

9. Privilégier les procédés catalytiques aux procédés stoechiométriques : et favoriser l'utilisation de réactifs catalytiques les plus sélectifs possibles.

10. Concevoir des produits non persistants : la dégradation finale des produits doit se faire dans des conditions naturelles ou forcées de manière à minimiser l'incidence sur l'environnement.

Les 12 principes de la chimie verte

11. Mettre au point des méthodes d'analyses en temps réel de lutte contre la pollution : des méthodologies analytiques doivent être élaborées afin de permettre une surveillance et un contrôle en temps réel et en cours de production avant qu'il y ait apparition de substances dangereuses.

12. Minimiser le risque d'accidents en pratiquant une chimie à sécurité maximale : développer une chimie plus sûre pour prévenir les accidents, explosions, incendies et émissions de composés dangereux

Etude de l'oxydation d'un alcool

Oxydation d'un alcool

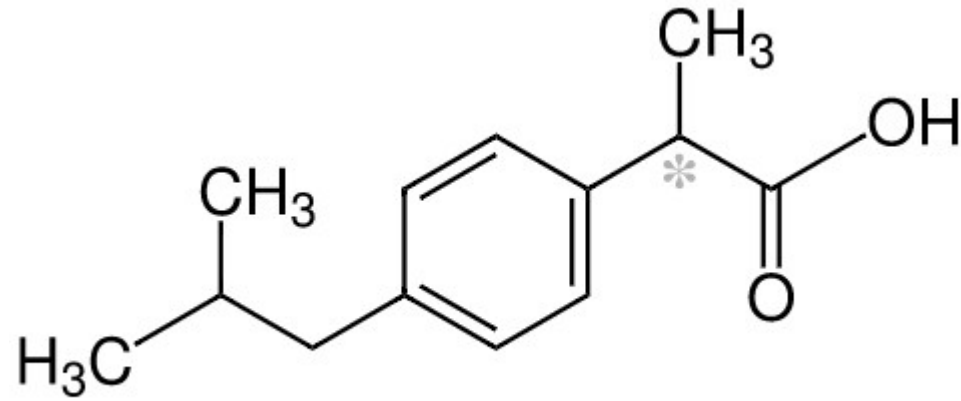


Le facteur E

| Secteur | Production (tonnes) | Facteur E |
|--------------------------|---------------------|-------------|
| Raffinage | 10^6-10^8 | environ 0,1 |
| Chimie de spécialités | 10^4-10^6 | < 1-5 |
| Chimie fine | 10^2-10^4 | 5-50 |
| Produits pharmaceutiques | $10-10^3$ | 25-100 |

TAB. 1.1 : Facteur E dans différents secteurs de l'industrie chimique¹

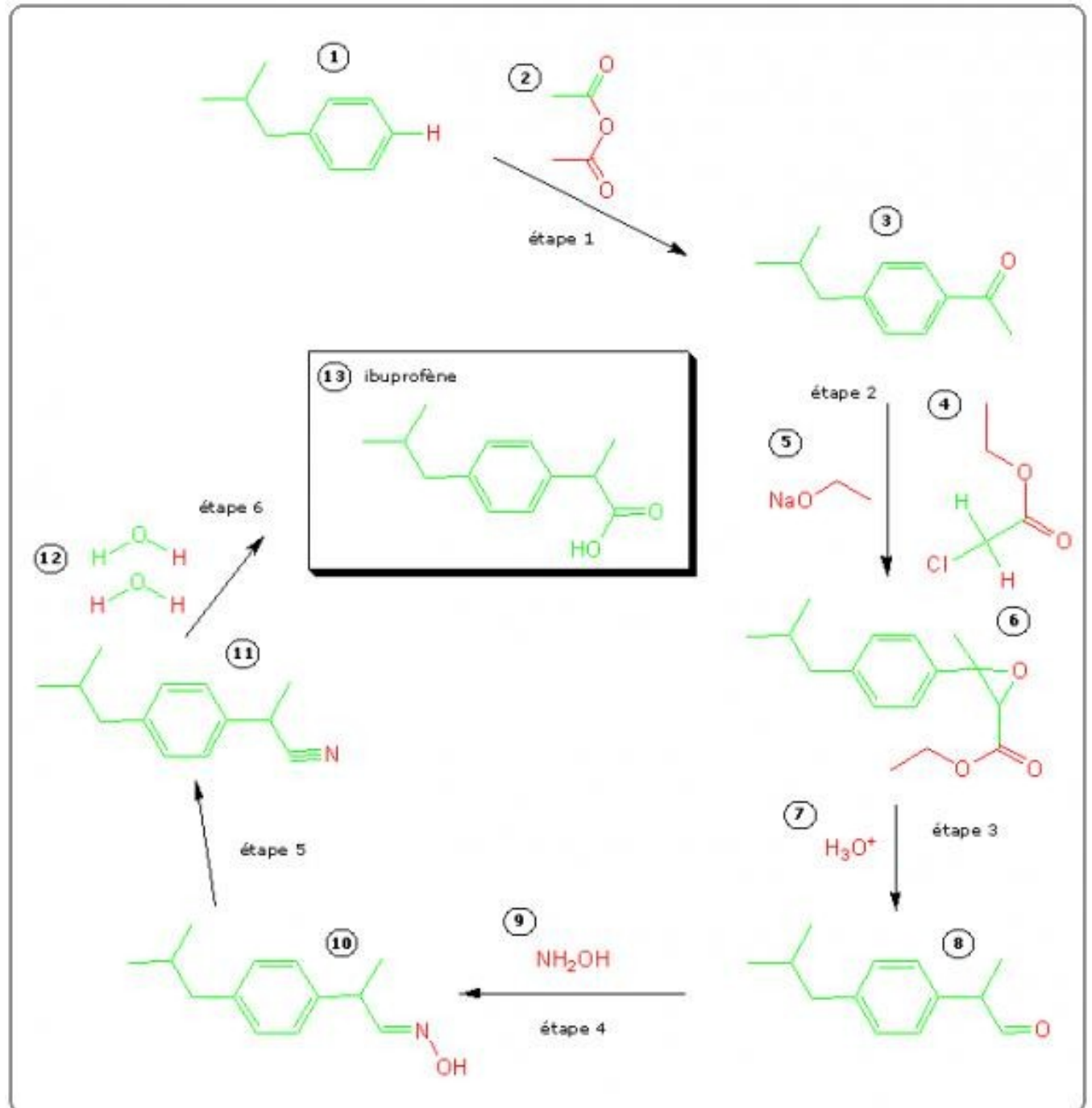
Etude de la synthèse de l'ibuprofène



L'ibuprofène

Etude de la synthèse de l'ibuprofène

Procédé Boots



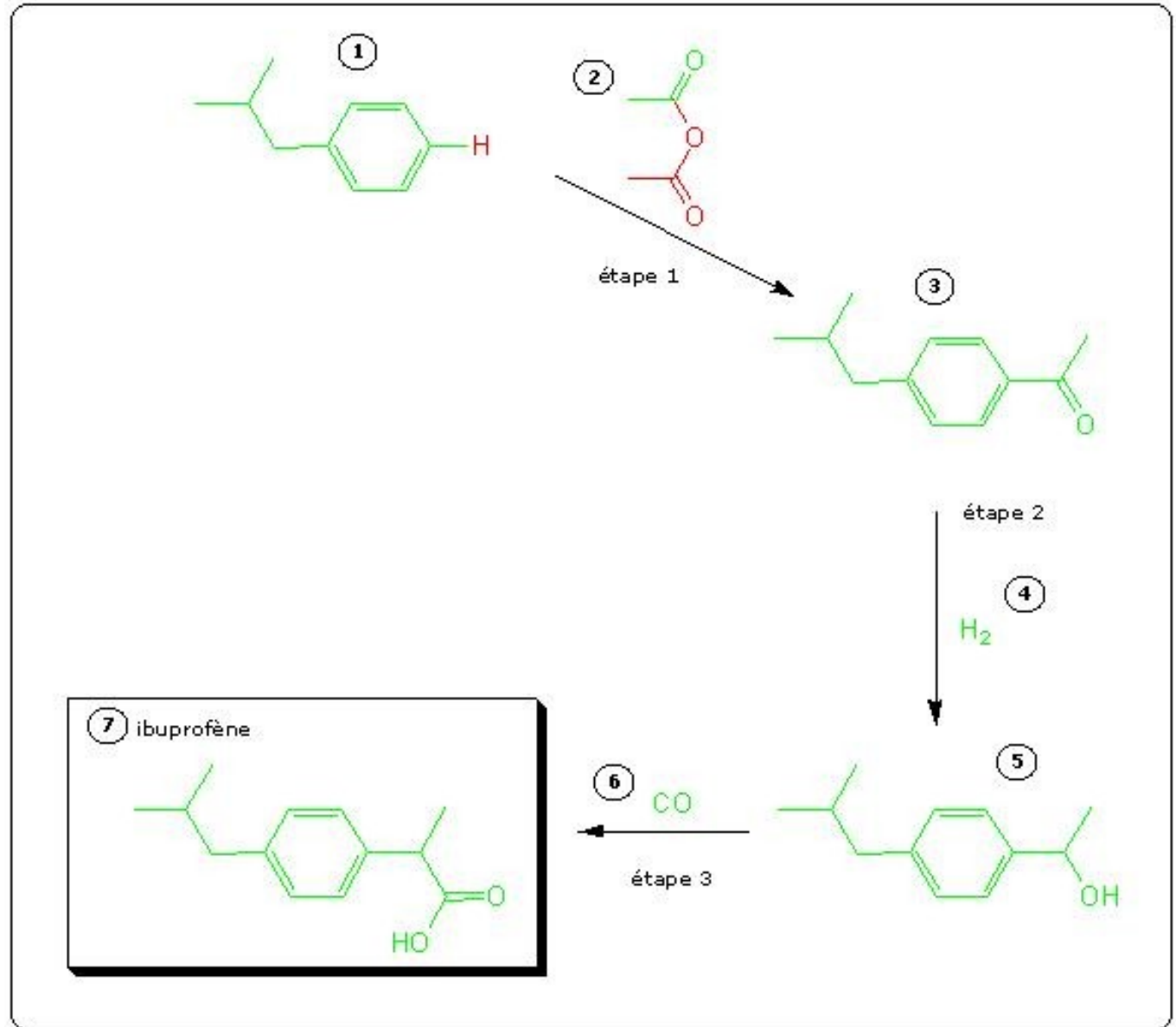
Etude de la synthèse de l'ibuprofène

Procédé Boots

| Composé | Masse molaire (g/mol) |
|------------------------|-----------------------|
| Ibuprofène | 206 |
| Isobutylbenzène | 134 |
| Anhydride acétique | 102 |
| Ethanoate de sodium | 68 |
| Chloroacétate d'éthyle | 123 |
| Ion oxonium | 19 |
| Hydroxylamine | 33 |
| Eau | 18 |

Etude de la synthèse de l'ibuprofène

Procédé BHC



Etude de la synthèse de l'ibuprofène

Procédé BHC

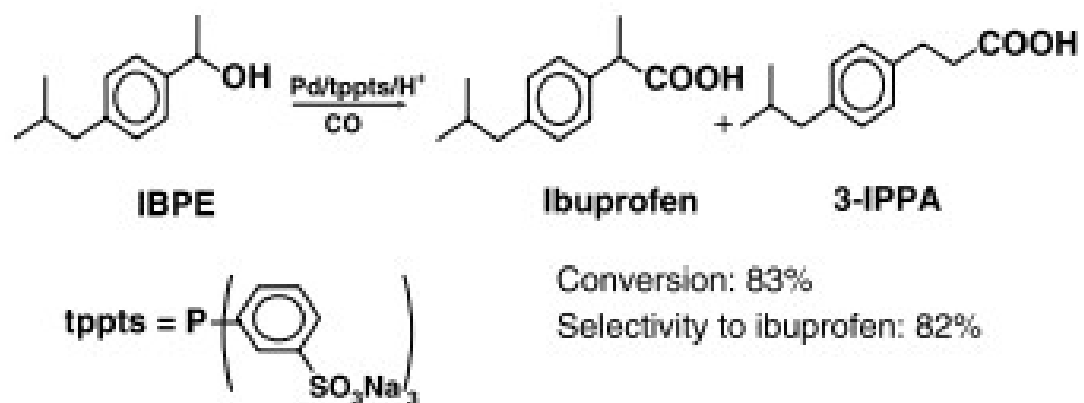


Figure 9.6 Ibuprofen synthesis by Pd/tppts-catalyzed biphasic carbonylation in water.

Etude de la synthèse de l'ibuprofène

Procédé BHC

| Composé | Masse molaire (g/mol) |
|---------------------|-----------------------|
| Ibuprofène | 206 |
| Isobutylbenzène | 134 |
| Anhydride acétique | 102 |
| Dihydrogène | 2 |
| Monoxyde de carbone | 28 |

Conclusion



Les 12 principes de la chimie verte (Paul T. Anastas et John C. Warner, Green Chemistry : Theory and Practice, Oxford University Press, New York, 1998)