Sép **Chimie durable**

LC 3

*Niveau : Lycée*

**Bibliographie :**

[1] Hagop DEMIRDJIAN. *La chimie verte*. URL : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/la-chimie-verte-1055>.

[2] Thierry Dulaurans. *Physique Chimie, Terminale S enseignement spécifique.* Hachette Education (2012)

[3] Élodie MARTINAND-LURIN et Raymond GRÜBER. *40 expériences illustrées de chimie générale*

*et organique*. 2012.

[4] Hagop DEMIRDJIAN. *Un exemple de chimie verte : la synthèse industrielle de l’ibuprofène*.

URL : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/un-exemple-de-chimieverte-la-synthese-industrielle-de-libuprofene-787>.

[5] CEA. *Les biocarburants : de la 1ère à la 3e génération.*URL : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/les-biocarburants-de-la-1%C3%A8re-%C3%A0-la-3%C3%A8me-g%C3%A9n%C3%A9ration>

**Expériences :**

Extraction de la caséine du lait

Chalcone [3] p. 254

**Prérequis :**

* Chimie organique
* Catalyse
* Solvants

**Introduction :**

En chimie, nous utilisons des produits qui peuvent être nocifs pour l’environnement. (Diapo 2)

Malgré quelques incidents, l’industrie chimie a pensé pendant longtemps que la dilution était un moyen suffisant de limiter la pollution engendrée par son industrie [1]. Cependant, une prise de conscience a eu lieu dans les années 70 avec en 1972 le premier Sommet des Nations Unies sur l’Homme et l’Environnement à Stockholm questionnant l’impact des activités humaines sur l’environnement.

Quelles sont les solutions s’appliquant à l’industrie chimique et plus simplement à la chimie permettant de réduire son impact environnemental ?

*Incident de la thalidomide en 1961 : molécule présentant une stéréoisomérie dont l’un est anti-nauséeux et l’autre un agent tératogène. Le problème a été d’abord nié puis résolu. Maintenant on utilise cette molécule dans le traitement de cancer.*

*Accident de Seveso en (Italie, juillet 1976) : émanation d’un nuage contenant de l’herbicide*

*Accident de Bhopal (Inde, décembre 1984) : explosion d’une entreprise fabricante de pesticides*

*Explosion de l’usine AZF (Toulouse, septembre 2001) : explosion d’un stock de nitrate d’ammonium (engrais chimique)*

*Incendie Lubrizol (Rouen, septembre 2019) : entreprise stockant des produits chimiques utilisés pour des lubrifiants.*

*Directive Seveso : directives européennes imposant aux pays d’identifier les entreprises présentant des risques d’accidents majeurs (porte le nom de la première catastrophe).*

1. **Les nouveaux enjeux de la chimie**
2. **Le développement durable**

*Développement durable* [2]p. 438 : synthèse entre l’économie (« produire »), le social (« répartir ») et l’environnement (« préserver »). Il doit « répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins ».

* Application à l’industrie chimique (Diapo 3) :

D’un point de vue sociétal : l’industrie chimique est indispensable (pétrochimie, pharmaceutique)

D’un point de vue économique : grand chiffre d’affaire et d’emplois

La chimie doit s’adapter pour devenir « plus verte ».

Il est important de distinguer « chimie verte » et « chimie durable » qui doit tenir compte des trois aspects (contrairement à la « chimie verte »).

1. **Les principes de la chimie durable**

[1] En 1991, l’agence américaine pour la protection de l’environnement énonce la définition de la chimie verte. Ainsi, les chimistes Anastas et Warner proposent douze principes (Diapo 4) :

*1. Prévention : il vaut mieux produire moins de déchets qu'investir dans l'assainissement ou l'élimination des déchets.*

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

*3. Synthèses chimiques moins nocives : lorsque c'est possible, les méthodes de synthèse doivent être conçues pour utiliser et créer des substances faiblement ou non toxiques pour les humains et sans conséquences sur l'environnement.*

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

*5. Solvants et auxiliaires plus sécuritaires : lorsque c'est possible, il faut supprimer l'utilisation de substances auxiliaires (solvants, agents de séparation...) ou utiliser des substances inoffensives.*

*6. Amélioration du rendement énergétique : les besoins énergétiques des procédés chimiques ont des répercussions sur l'économie et l'environnement dont il faut tenir compte et qu'il faut minimiser. Il faut mettre au point des méthodes de synthèse dans les conditions de température et de pression ambiantes.*

*7. Utilisation de matières premières renouvelables : lorsque la technologie et les moyens financiers le permettent, les matières premières utilisées doivent être renouvelables plutôt que non-renouvelables.*

*8. Réduction de la quantité de produits dérivés : lorsque c'est possible, toute déviation inutile du schéma de synthèse (utilisation d'agents bloquants, protection/déprotection, modification temporaire du procédé physique/chimique) doit être réduite ou éliminée.*

*9. Catalyse : les réactifs catalytiques sont plus efficaces que les réactifs stœchiométriques. Il faut favoriser l'utilisation de réactifs catalytiques les plus sélectifs possibles.*

*10. Conception de substances non-persistantes : les produits chimiques doivent être conçus de façon à pouvoir se dissocier en produits de dégradation non nocifs à la fin de leur durée d'utilisation, cela dans le but d'éviter leur persistance dans l'environnement.*

*11. Analyse en temps réel de la 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. Chimie essentiellement sécuritaire afin de prévenir les accidents : les substances et la forme des substances utilisées dans un procédé chimique devraient être choisies de façon à minimiser les risques d'accidents chimiques, incluant les rejets, les explosions et les incendies.*

**Transition : Nous développerons dans cette leçon quatre points : l’économie d’énergie, d’atomes, de solvants et la valorisation des déchets.**

1. **Une chimie plus « verte » et durable**
2. **Économiser des solvants (points 5, 1 et 3)**

Les solvants peuvent être à la fois nocifs pour la santé humaine mais aussi pour l’environnement (par exemple le cyclohexane). (Slide)

Ainsi, certaines synthèses (mécanosynthèses n’utilisent pas de solvants). En effet, on peut mettre en contact (l’un des rôles des solvants) de façon mécanique.

Condensation aldolique : synthèse de la chalcone [3]p. 254 (manipulation 21) (Diapo 5)

Lire le mécanisme pendant la préparation :

Etape 1 : élimination Etape 2 : aldolisation

Etape 3 : acide-base Etapes 4 et 5 : crotonisation

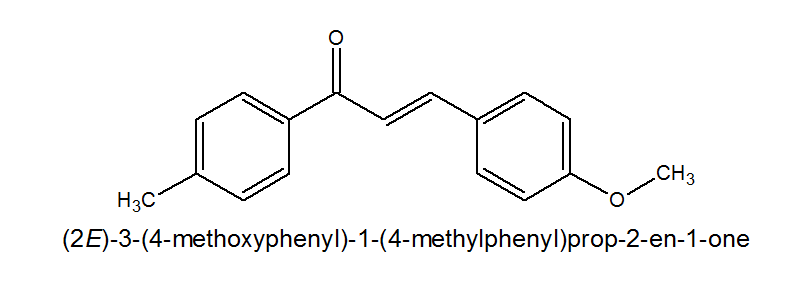
Réalisation de l’expérience devant le jury (peu de réactifs) et également en préparation (pour faire un calcul de rendement) - Attention, broyage de la soude au dernier moment

Essorage

Prévoir une recristallisation (en préparation indispensable – juste proposition face jury)

Caractérisation au banc Köfler

Insister sur le fait que l’eau sert à l’extraction et n’est en aucun cas un réactif



*Cela pourrait être intéressant de trouver une vidéo… S’il y en a pas alors bien expliquer que les deux réactifs sont des liquides et que finalement, on obtient un solide.*

Essorage : <https://www.youtube.com/watch?v=C5V2lP4Rhgc>

L’extraction peut également se faire sans solvant : fluides supercritiques : CO2 supercritique pour décaféiner le café ou enlever le goût de bouchons.

1. **Économie d’atomes (points 1,2 et 8)**

*Économie d’atomes :* [1] approche qui cherche à maximiser le nombre d’atomes de réactifs transformés en produits d’intérêt au cours de la synthèse.

Les réactions d’addition sont plus adaptées à l’économie d’atomes.

Le calcul est le suivant :

Pour la synthèse de la chalcone,

En effet, l’unique sous-produit est de l’eau.

Comparaison de deux procédés de synthèse de l’ibuprofène : [4]

Procédé de Boots (société) date des années 1960 : (Diapo 6)

Procédé en six étapes

Sans prendre en compte les produits valorisables et à partir de la deuxième formule,

La molécule de masse molaire de 90,1 g/mol s’appelle en anglais : ethyl hydrogren carbonate

Procédé BHC (société) date des années 1990 : (Diapo 7)

Procédé en trois étapes

La valorisation de l’acide éthanoïque étant possible,

D’après [4], la consommation annuelle d’ibuprofène étant de 13 000 tonnes, le procédé Boots produirait 20 000 tonnes de déchets non valorisables contre seulement zéro déchet par le procédé BHC.

*On peut également comparer les rendements en partant du principe que chaque étape a un rendement de 90%.*

**Transition : le procédé BHC repose sur l’utilisation de catalyseur. Nous allons voir quel est l’impact de la catalyse dans le cas d’une même réaction**

1. **Catalyse**

La catalyse permet [1] de :

* Réduire la consommation d’énergie (intérêt économique et environnemental)
* Diminuer les efforts de séparation puisqu’augmente la sélectivité d’une réaction
* Diminuer la quantité de réactifs utilisés

Dismutation de l’eau oxygénée par différents types de catalyseur et mesure du volume de gaz dégagé pour rendre la manipulation quantitative.

La quantité de matière ne joue un pas un rôle super important. Il faut donner l’impression au jury que l’on peut quantifier cela mais c’est très difficile car dépendant de plein de paramètres (surface…)

On peut utiliser différents types de catalyse et réfléchir à l’impact du choix.

<https://www.youtube.com/watch?v=nbNzvVwW7w8>

Catalyse homogène : plus rapide car contact en volume mais catalyseur difficilement récupérable ;

Catalyse hétérogène : le catalyseur se récupère facilement mais réaction uniquement en surface

Catalyse enzymatique : naturel par un fonctionnement clé – serrure.

**Transition : Pour l’instant, on a vu comment limiter la création d’espèces chimiques non intéressantes lors d’une synthèse, mais on a également vu avec les procédés de Boots et BHC qu’il est possible de valoriser certains sous-produits obtenus lors d’une synthèse.**

1. **La valorisation des déchets**

* Revalorisation du dioxyde de carbone pour la culture d’algues, décaféiner le café ou enlever le goût de bouchons (retrait de chlorophénols notamment) ou pour rendre l’eau artificiellement gazeuse.
* Utilisation de la biomasse pour remplacer la pétrochimie (par exemple)

Extraction de la caséine : [3] (Diapo 8)

Réalisation de l’extraction par ajout d’acide

Essorage sur filtre Büchner

*Caséine : protéines azotées contenues dans le lait. À partir de ces protéines, on peut former de la galalithe (Diapo 9) (plastique d’origine naturel) en y ajoutant du formaldéhyde par exemple (1893 – Auguste Trillat)*

Cependant, il faut se demander s’il est utile d’utiliser des ressources consommables par l’homme pour en faire autre chose (biocarburant par exemple) [5] :

* Carburants de 1ère génération : utilisation de denrées alimentaires pour produire de l’essence
* Production faible de bioéthanol (par fermentation de sucres (betteraves))
* Carburant de 2nd génération : production d’essence à partir d’espèces naturelles mais qui n’entre pas en concurrence avec l’alimentation de l’homme
* Carburant de 3e espèce : utilisation d’algues.

**Conclusion : la chimie a été une source de pollution et l’est encore mais elle cherche perpétuellement des solutions pour réduire son impact environnemental. La science que représente la chimie est peut-être même source de solutions contre les pollutions liées à d’autres industries en étudiant la revalorisation possible de certaines espèces chimiques afin de réduire l’impact environnemental global de l’Homme.**