

LC07 : chimie et développement durable

Niveau : Lycée

Prérequis :

- catalyse
- acide/base
- techniques d'extraction et de caractérisation
- loi de Berr-Lambert

Introduction :

Développement durable tout autour de nous. Illustration avec une boîte de 4-quarts breton conçue selon les critères du développement durable (qui est en plus un argument publicitaire), ce qui est nouveau sur ces 10 dernières années.

I) Etats des lieux : une pollution alarmante

1) Exemples :

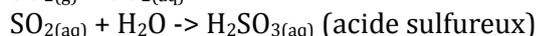
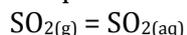
Pollution de l'eau et l'air.

Origines ? Industrielle (SO₂, métaux lourds), urbaine (oxydes d'azote (pot d'échappement)), agricole (pesticides, acide nitrique).

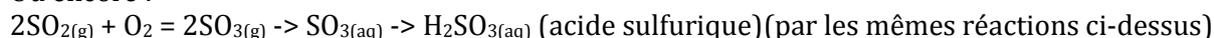
Déchets organiques décomposables par les micro-organismes (à petites doses, ce qui n'est pas vraiment le cas dans la pratique).

Métaux lourds non dégradables.

Ex : pluie acide (*Transparent 1*)



Ou encore :



2) Contrôle :

But : éviter de trop polluer l'environnement. Compromis entre le coût de retraitement (financier, énergétique, écologique) et le déversement dans la nature. D'où l'instauration de normes, de concentrations maximales autorisées.

Ex : **TP** : Dosage spectrophotométrique d'une solution de sulfate de cuivre et d'ammoniac.

Norme : [Cu²⁺] < 1 mg/L = 1,6E-5 mol/L. Si la norme est respectée, évacuation possible par l'évier (qui sera moins coûteux que de retraiter la solution).

Vu la norme en jeu, la mesure par le spectromètre est difficile (on n'est pas loin de la limite basse de la capacité de l'appareil) donc il faut volontairement resté dans une échelle d'étalonnage et de solution test de concentration de l'ordre de 10⁻³ mol/L.

Surveillance de concentration faible, sur des échantillons d'eau.

Méthode de contrôle : spectrophotométrie, IR, RMN, lecture du comportement de l'environnement (ex : algues vertes) (critère fortement qualitatif qui ne fait qu'amener des contrôles précis).

I) Une chimie nouvelle : la chimie durable :

Nécessité de pratiquer la chimie autrement.

1) Un véritable défi :

3 enjeux à respecter (*Transparent 2*)

- Enjeu sociétal : la population mondiale est passée de 5 milliards en 1990 à 7 milliards en 2011 ; satisfaction des besoins de tous.

La chimie est aussi symbole de modernité et de progrès mais aussi de danger et de pollution.

- Enjeu économique : 2000 milliards de chiffres d'affaires par an (dont 80 pour la France en 2010) et des millions d'emplois (dont 170 000 emplois directs en France en 2010).

- Enjeu écologique : les ressources de la Terre ne sont pas infinies
Sa capacité à assimiler nos déchets atteint ses limites.

=> chimie verte : aspect "pragmatique" de la chimie durable. Limite l'impact négatif de la chimie sur l'environnement.

Remarque : chimie durable = chimie verte + aspect économique + aspect social

Les 12 principes de la chimie verte (P. Anastas, J. Warner de la *Green Chemistry Institute of Washington*, 1998) : cf. *Transparent 3*.

2) Champs d'action : (*Transparent 3*, chaque bloc de couleur se rapporte à un des domaines ci-dessous dans l'ordre d'énoncé)

La chimie durable peut agir sur 5 domaines :

a) Les matières premières : (principes 1, 2, 3)

- limiter les quantités

- économie d'atomes en valorisant toutes les molécules

ex : synthèse de l'aspirine : $C_7H_6O_3 + C_4H_6O_3 \rightarrow C_9H_8O_4 + C_2H_4O_2$

$$EA = \frac{\sum M(PV)}{\sum M(reactifs)} = \frac{9 \times 12 + 8 \times 1 + 4 \times 16}{11 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16} = 0.75$$

- préférer les réactifs moins dangereux et les matières renouvelables

b) Solvants : (principe 4)

- utiliser des solvants non toxiques et non polluants

- limiter leur usage

ex : problématique de l'eau : ressource précieuse, très bon solvant (pour la chimie ou la pollution)

ex : **TP** : synthèse sans solvant de la chalcone (poly de TP), *Transparent 4*

Seule la caractérisation de la température de fusion (avec banc Kofler) de la chalcone a été faite (tabulé : $\sim 60^\circ\text{C}$ (dépend si la mélange est racémique ou si seulement un isomère), trouvé : $68 \pm 2^\circ\text{C}$).

c) L'énergie : (principes 5 et 6)

- limiter les dépenses énergétiques

- rechercher de nouvelles sources à faible teneur en carbone

- conditions d'opération douces : température ambiante, pression ambiante, catalyse

ex : **TP** : catalyse enzymatique de la divanilline (poly de TP). Issue du biomimétisme.

Il s'agirait de faire toute la synthèse et la caractérisation (CCM) durant la leçon.

d) Le produit fini : (principes 7, 8, 9)

- conception d'un produit chimique présentant le moins de risques possibles

- le concevoir en vue de sa dégradation

ex : plastiques biodégradables (sacs en amidon, bouteille en acide polylactique)

e) Les déchets : (principes 10, 11, 12)

- limiter la production de déchets par économie d'atomes, en minimisant le nombre d'étapes dans la synthèse

- valorisation/recyclage des déchets

ex : CO_2 supercritique dans la production de décaféiné.

Remarque : (tampon s'il reste du temps) valorisation du CO₂

Le CO₂ est présent et produit en abondance, il serait intéressant de l'utiliser.

Différentes voies possibles :

- voie physique : solvant (en supercritique), additif de boisson
- voie chimique : polycarbonates (matériaux de construction, BTP)
- voie biologique : micro algues -> biocarburant

Questions :

- préciser l'éluant utilisé pour la CCM, pourquoi un tel choix dans sa constitution, fonctionnement d'une CCM

- par quoi peut-on remplacer le méthanol ? Par de l'éthanol.
- par quoi peut-on remplacer l'hexane ? Par de l'heptane.
- comment a été réalisée la courbe d'étalonnage ?
- autres procédés de caractérisations (plus précis) ? IR et RMN.
- autre méthode de mesure de la température de fusion ? tube de thyle
- sur quoi influe la catalyse ? La cinétique.
- voies originales de synthèse ? L'hémisynthèse (on part de molécules présentes dans la nature au lieu de les synthétiser)

Remarques :

- bon plan
- attention à ne pas oublier la CCM en route !
- préciser l'éluant utilisé

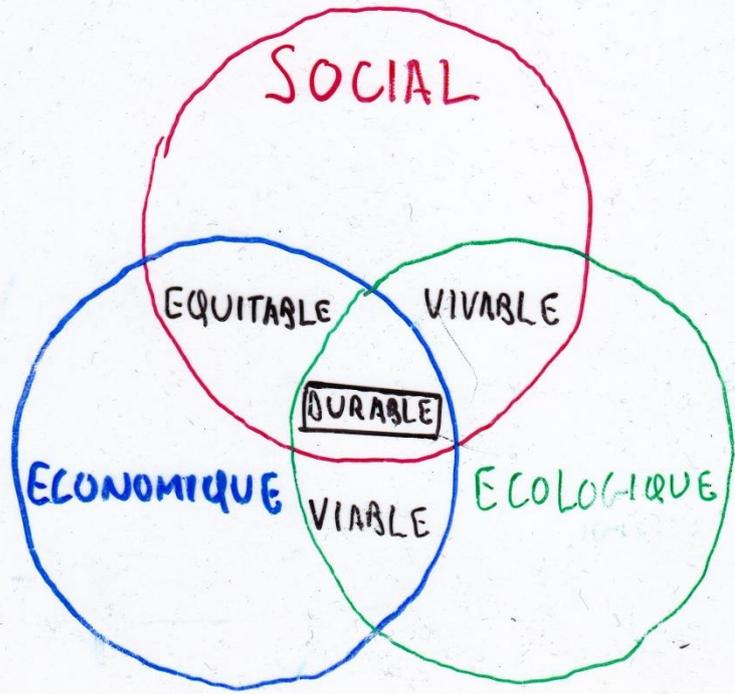
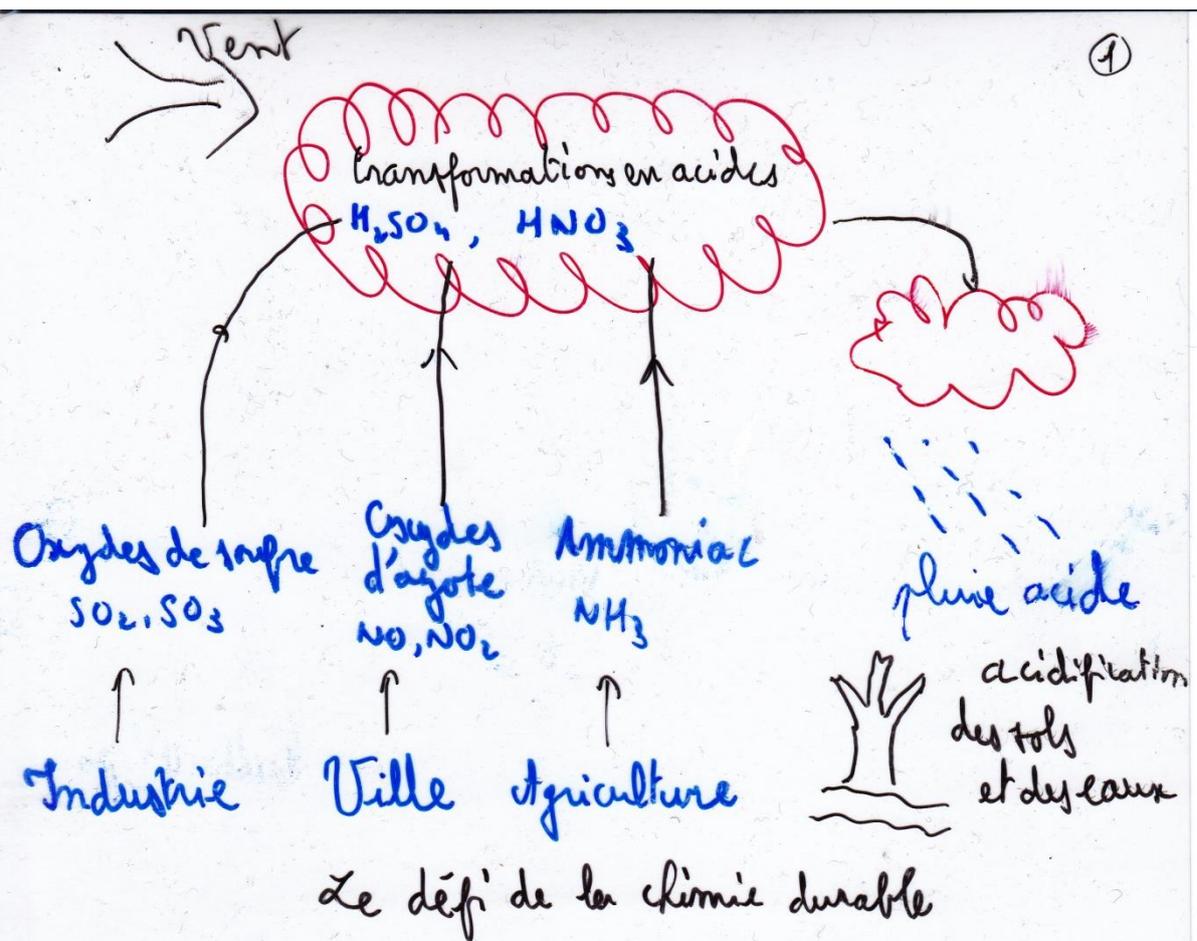
- en allant vite voire en allégeant la partie II.2 en ne faisant que les références aux principes, il est possible de placer une expérience entière telle que la divanilline ou la synthèse de la chalcone.

Bibliographie :

- *Physique-Chimie, Terminale S, nouveau programme*, Hatier-micromega
- *Physique-Chimie, Terminale S*, Hachette
- *Physique-Chimie, Terminale S, enseignement de spécialité*, Hachette (programme 2012)
- *Physique-Chimie, Terminale S, enseignement de spécialité*, Belin (programme 2012)
- *La chimie expérimentale Tome 2 : chimie organique et minérale*, éd. DUNOD, R.Barbe, J-F Le Maréchal
- *40 expériences illustrées*, E. Martinand-Lurin, R. Gruber, éd. de Boeck

Suggestions : (pas forcément dans le fond APH à cette heure)

- *La chimie verte*, Paul Colonna, Dominique Arrouays, Marcel Asther, Monique Axelos
- *Chimie et environnement, Cours, études de cas et exercices corrigés*, Philippe Behra, Collection: Sciences Sup, Dunod, 2013
- *Chimie verte, chimie durable* de Antoniotti (Ellipses)



Les douze principes de la chimie verte

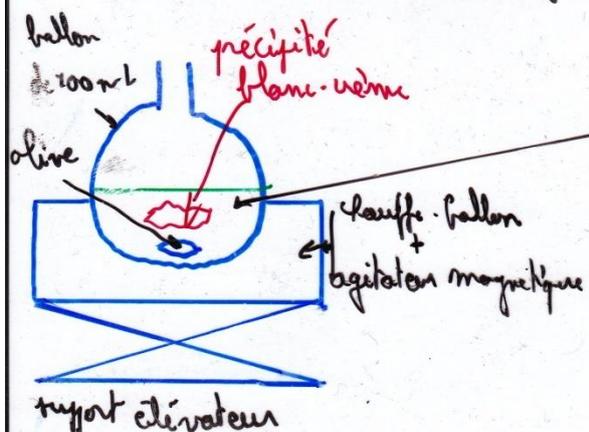
(P. Anastas, J. Warner, 1998)

③

- 1) Maximiser l'économie d'atomes
- 2) Utiliser des matières premières renouvelables
- 3) Éviter d'utiliser des dérivés chimiques
- 4) Utiliser des solvants et des conditions de réaction plus sûrs.
- 5) Augmenter l'efficacité énergétique
- 6) Utiliser des catalyseurs
- 7) Concevoir des synthèses chimiques moins dangereuses
- 8) Concevoir des produits chimiques plus sûrs.
- 9) Concevoir des produits chimiques qui se dégradent après utilisation
- 10) Éviter les déchets
- 11) Analyser en continu pour éviter la pollution inutile
- 12) Limiter les risques d'accident

Catalyse enzymatique

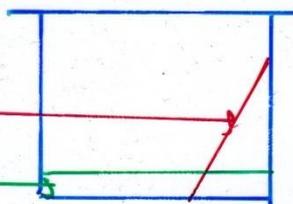
(5)



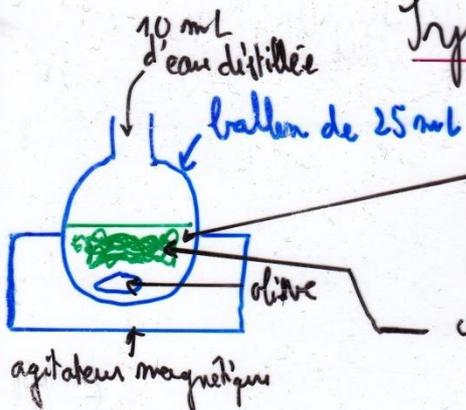
500 mg de vanilline
50 mL d'eau distillée
1,1 mL d'acide éthanoïque à 0,01 mol/L
8 mg de ferrioxalate de potassium
3,8 mL de H_2O_2

filtrage → produit brut → CCM

plaque CCM
acétate d'éthyle



Synthèse sans solvant



1,3 mL de 4-méthylacétophénone
1,2 mL de 4-méthoxybenzaldéhyde
600 mg d'hydroxyde de sodium broyé
chalcone (produit)

filtration → produit brut → recristallisation → produit purifié

(6)