

# CHIMIE VERTE



## Capacité(s) contextualisée(s) mise(s) en jeu durant l'activité :

- ✓ Extraire et exploiter des informations sur la catalyse, notamment dans le domaine de l'industrie, pour en dégager l'intérêt.
- ✓ Extraire et exploiter des informations en lien avec :
  - la chimie durable ;
  - la valorisation du CO<sub>2</sub>
- ✓ pour comparer les avantages et les inconvénients de procédés de synthèse du point de vue du respect de l'environnement.

## But

- Découvrir les principes de base de la chimie verte et quelques exemples concrets.

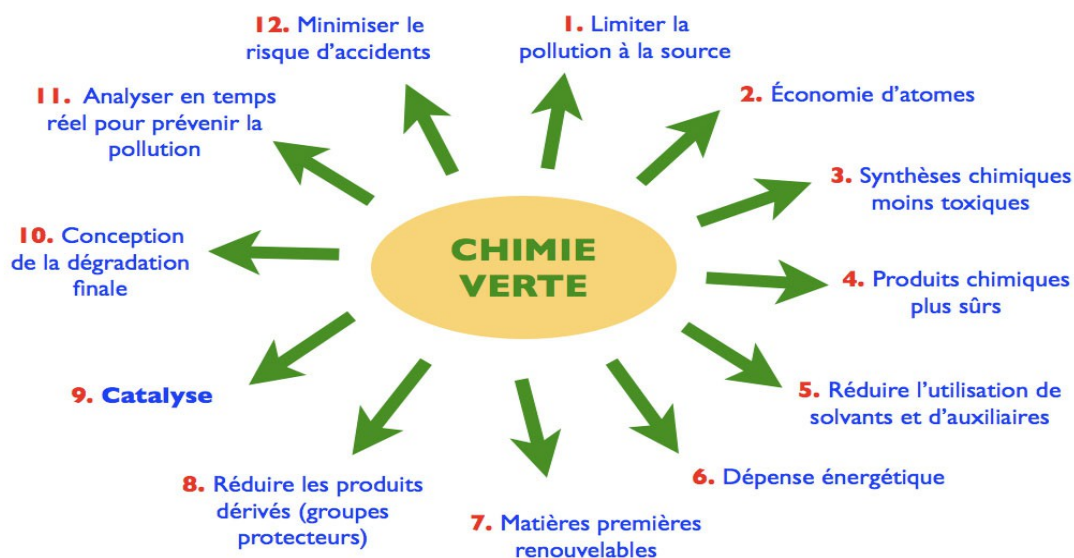
## Documents

(s'approprier)



### Doc 1 : Les 12 principes fondateurs de la chimie verte

La chimie verte s'inscrit dans une logique de développement durable et de recherche permanente de sécurité optimale. Pour cela, elle se propose d'agir sur cinq domaines : les **matières premières**, les **solvants**, l'**énergie**, les **déchets** et le **produit fini**.



Ces 12 principes ont été définis en 1998 par les chimistes américains Paul ANASTAS et John WARNER.

## Doc.2 : L'utilisation atomique

Classiquement, pour évaluer l'efficacité d'une synthèse chimique, on détermine son rendement ( $\eta$ ) sans se préoccuper des quantités de sous-produits formés. Dans le cadre de la chimie verte, pour prendre en compte la minimisation des quantités de déchets, on définit un indicateur appelé « utilisation atomique » (UA). L'utilisation atomique UA est définie comme le rapport de la masse molaire du produit souhaité, sur la somme des masses molaires de tous les produits, la masse molaire de chaque espèce étant pondérée par le coefficient stoechiométrique correspondant :

$$UA = \frac{b.M(\text{produit souhaité})}{\sum_i b_i.M_i(\text{produit})}$$



La conservation de la masse au cours d'une réaction conduit à une deuxième expression de cet indicateur :

$$UA = \frac{b.M(\text{produit souhaité})}{\sum_i a_i.M_i(\text{réactifs})}$$

$a_i$  et  $b$  étant les coefficients stoechiométriques respectivement des réactifs et du produit souhaité.

Plus cet indicateur UA est proche de 1, plus le procédé est économe en termes d'utilisation des atomes et moins la synthèse génère de déchets.

## Doc.3 : Le facteur environnemental

Le facteur environnemental molaire (*E factor*) introduit par Roger Sheldon est défini comme le rapport de la somme des masses molaires des déchets sur la masse molaire du produit souhaité, la masse molaire de chaque espèce étant pondérée par le coefficient stoechiométrique correspondant :

$$E = \frac{\sum_i c_i.M_i(\text{déchet})}{b.M(\text{produit souhaité})}$$

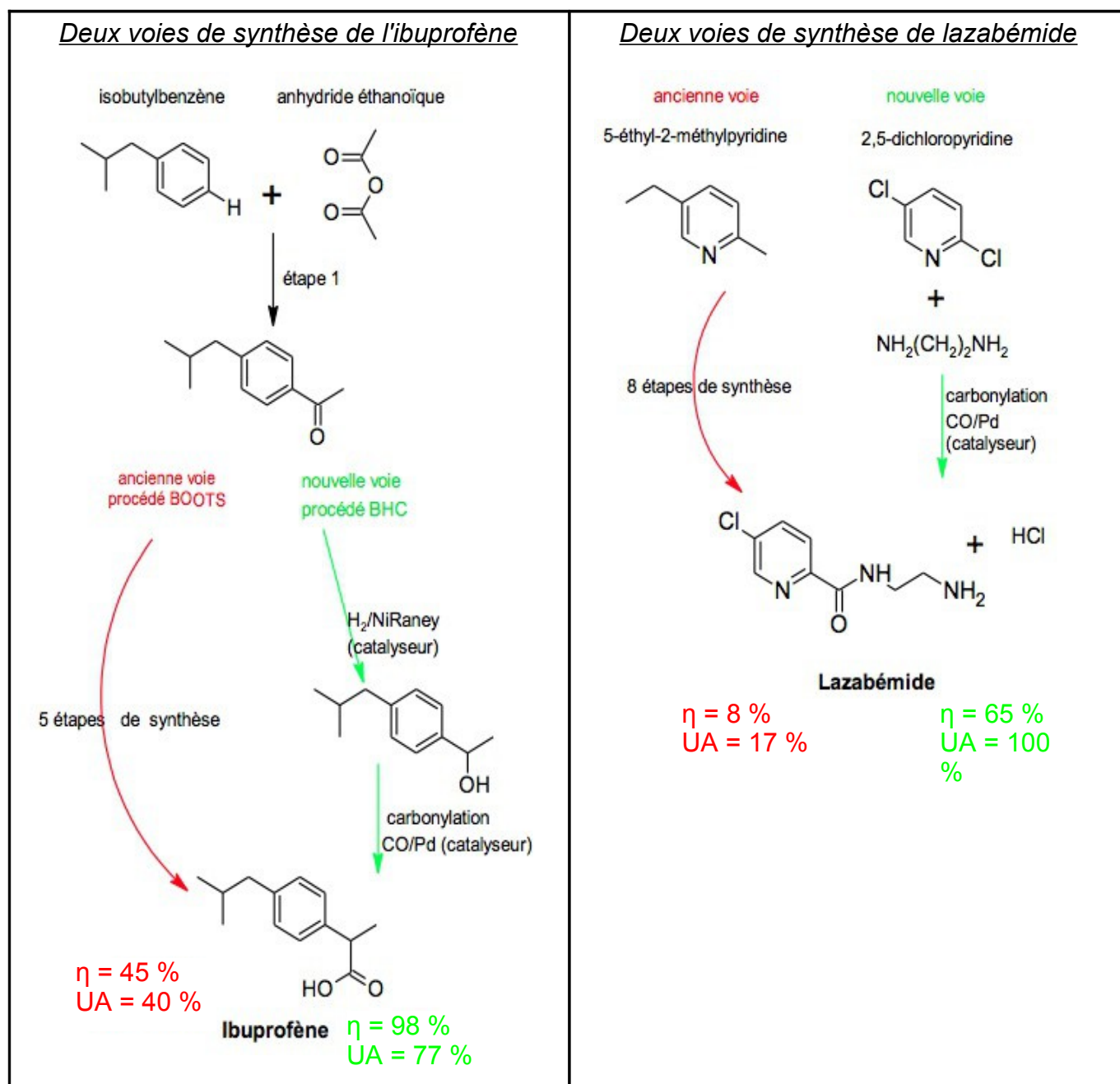
$c_i$  et  $b$  étant les coefficients stoechiométriques respectivement des déchets et du produit souhaité.



Il existe une relation entre l'indicateur UA et le facteur E :  $UA = \frac{1}{1 + E}$

Plus ce facteur E est proche de 0, plus le procédé est économe en termes d'utilisation des atomes et moins la synthèse génère de déchets.

### Doc.4 : Synthèse de médicaments



### Quelques questions

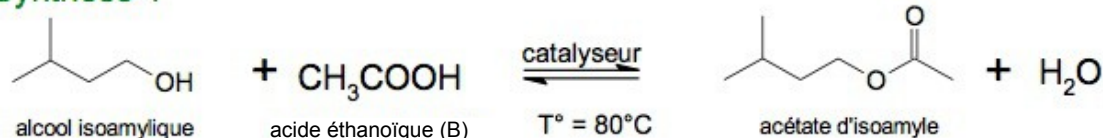
1. Quels sont les points communs entre les deux nouvelles voies de synthèse de l'ibuprofène et du lazabémide ?
2. En quoi ces deux nouvelles voies de synthèse s'inscrivent dans une chimie verte et durable ?

## Documents (suite)

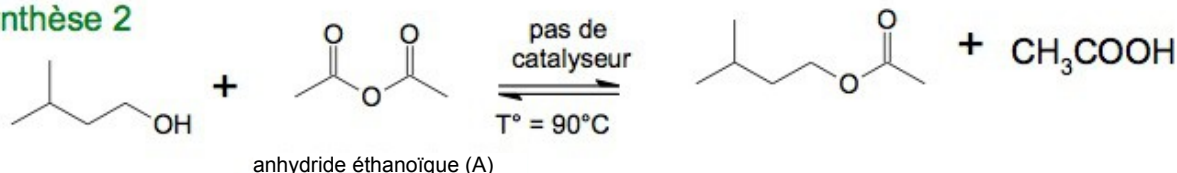
(s'approprier) 

### Doc.5 : Synthèse de l'acétate d'isoamyle

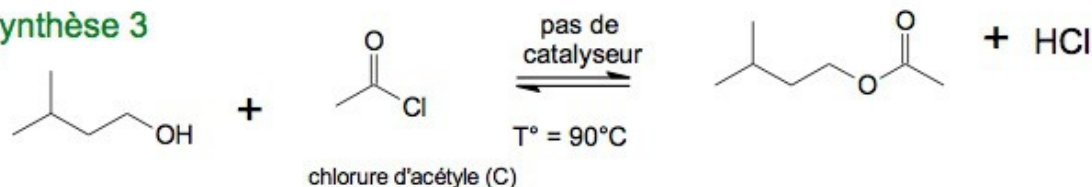
#### Synthèse 1



#### Synthèse 2



#### Synthèse 3



	Synthèse 1	Synthèse 2	Synthèse 3
$\eta$ (%)	67	100	100
UA (%)			

Molécules	acétate d'isoamyle	alcool isoamylique	anhydride éthanoïque(A)	acide éthanoïque(B)	chlorure d'acétyle(C)	eau
masses molaires (g.mol <sup>-1</sup> )	130,19	88,15	102,09	60,05	78,50	18,00

#### Informations sur les réactifs A, B, C :

Les consignes de sécurités concernant l'utilisation de ces réactifs sont sensiblement les mêmes ainsi que leur coût d'achat.

## Quelques questions

- Déterminer l'indicateur UA pour ces 3 synthèses.
- Quelle synthèse paraît être la plus inscrite dans une chimie verte et durable ? Argumenter.
- Une autre possibilité consisterait à combiner les synthèses 1 et 2 en introduisant un des réactifs de la synthèse 2 en défaut. Expliquer l'intérêt de cette méthode. Est-elle plus intéressante que la synthèse choisie précédemment ?

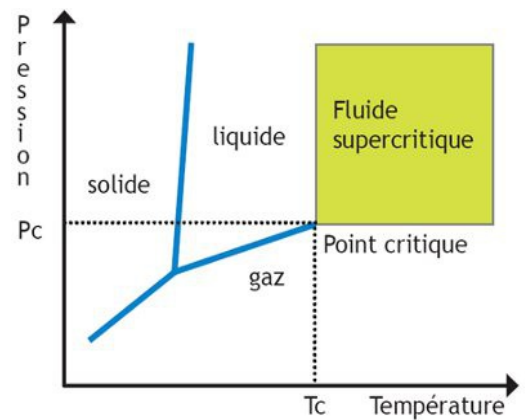
## Documents (suite)



### Doc.6 : Utilisation de fluides supercritiques

Un fluide supercritique a des propriétés intermédiaires entre celles d'un liquide et celles d'un gaz : il est fluide comme un gaz et il est dense comme un liquide. En fonction des conditions de pression et de température, il peut passer d'un état à l'autre.

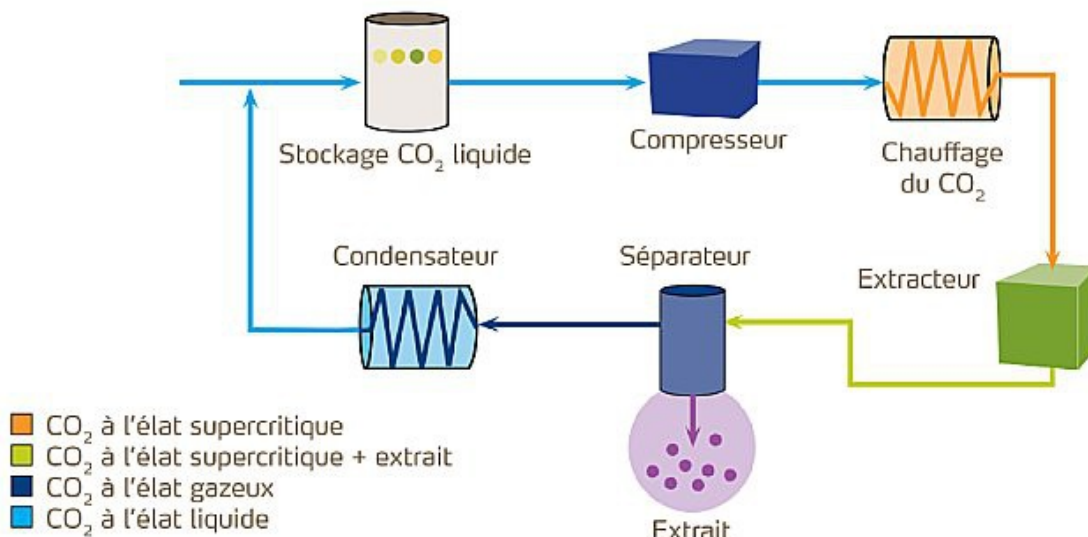
Les fluides supercritiques sont utilisés par exemple comme solvants d'extraction d'espèces chimiques car leur pouvoir de dissolution est plus grand qu'un solvant usuel. L'autre avantage réside dans la possibilité de récupérer le solvant à l'état gazeux.



L'extraction au CO<sub>2</sub> super critique (CO<sub>2</sub> SC), est une technologie très utilisée qui s'inscrit dans la chimie verte. Elle se substitue à une extraction par un solvant liquide classique, qui n'est généralement pas sans danger, tant pour la santé que pour l'environnement. Par exemple, dans les années 1970, l'industrie du café décaféiné utilisait du chloroforme pour extraire la caféine. Mais les consommateurs commencèrent à présenter des affections du type cirrhose du foie. L'utilisation du CO<sub>2</sub> SC a permis d'obtenir un café sans trace de solvant.

L'élimination d'espèces chimiques indésirables et la récupération de biomolécules sont deux applications actuelles du CO<sub>2</sub> SC.

### Extraction par CO<sub>2</sub> supercritique



## **Quelques questions**

1. Quels sont les avantages du CO<sub>2</sub> supercritique comme solvant d'extraction ?
2. En quoi son utilisation s'inscrit dans une chimie verte et durable ?

## **Conclusion :**

*(analyser, valider, communiquer)*



A l'aide des documents précédents, rédiger une synthèse argumentée montrant que l'industrie chimique évolue dans une démarche de développement durable.

*D'après une activité de l'académie d'Orléans-tours : <http://physique.ac-orleans-tours.fr/>*