

# Ch.1 EXTRACTION ET SEPARATION D'ESPECES CHIMIQUES

## I. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES D'UNE ESPECE CHIMIQUE

Une espèce chimique est un ensemble de molécules ou d'ions tous identiques. Chaque espèce chimique est caractérisée par son nom, son aspect, sa formule chimique, et des grandeurs physiques (solubilité, masse volumique, densité).

Il existe deux types d'espèces chimiques :

- les espèces chimiques naturelles, présentes dans la nature ;
- les espèces chimiques synthétiques, fabriquées par les chimistes au laboratoire (qui peuvent être identiques à certaines espèces naturelles ! (pour des raisons économiques et écologiques.)

Ex : l'acide salicylique présente dans la reine des prés : espèce synthétique identique à l'espèce naturelle ; l'acide acétylsalicylique ou aspirine a été inventée par l'homme.

Ex : Le menthol, la chlorophylle ou la vitamine C peuvent être extraits de plantes ou d'agrumes. L'indigo, l'éthanol, la vanilline sont des espèces chimiques d'origine naturelle pouvant être synthétisées

## II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES D'UNE ESPECE CHIMIQUE

### 1. La solubilité :

(Mélangée à un solvant donné, une espèce chimique va plus ou moins s'y dissoudre, voire former un mélange hétérogène si elle y est non soluble.)

**La solubilité d'une espèce chimique dans un solvant, exprimée en  $\text{g.L}^{-1}$ , est la masse maximale d'une espèce chimique dissoute dans un volume de solvant donné, à une température donnée.**

Ex : solubilité du sel :  $350 \text{ g.L}^{-1}$ .

La solubilité d'une espèce dépend de la température et du solvant :

Souvent la solubilité augmente à chaud Ex: dissolution du sucre dans une boisson chaude.

La solubilité du jaune de tartrazine, un colorant alimentaire, est de  $0,11 \text{ g.L}^{-1}$  dans l'eau. Elle est dix fois moindre dans l'éthanol.

La solubilité du diiode dans le cyclohexane est de  $28 \text{ g.L}^{-1}$  à  $25^\circ\text{C}$ , et plus du double à  $50^\circ\text{C}$ .

**Solution saturée** : une solution est obtenue par dissolution d'un soluté dans un solvant. La solution est saturée lorsque le soluté introduit ne peut plus se dissoudre et forme un dépôt. Le mélange devient hétérogène : c'est la saturation.

Une espèce chimique dont la solubilité dans un solvant est presque nulle est qualifiée de non soluble dans ce solvant. Le mélange résultant est toujours hétérogène.

La solubilité dans l'eau du sulfate de cuivre,  $\text{CuSO}_4$ , est de  $3,17 \text{ g.L}^{-1}$  à  $20^\circ\text{C}$ , ce qui signifie que le mélange d'une masse inférieure à  $31,7 \text{ g}$  de sulfate de cuivre dans  $100 \text{ ml}$  d'eau est homogène. Si la masse dépasse  $31,7 \text{ g}$  pour le même volume d'eau, la solution est saturée et l'excès de sulfate de cuivre ne peut plus être dissous par l'eau : le mélange formé est alors hétérogène.

### 2. Masse volumique Mesure expérimentale : voir T.P.

**La masse volumique d'une espèce chimique se note  $\rho$ . Elle est égale à la masse par unité de volume de cette espèce chimique. Elle est définie par le quotient de la masse  $m$  d'un échantillon d'une espèce chimique par le volume  $V$  qu'occupe l'échantillon. Unité usuelle :  $\text{g.cm}^{-3}$ ,  $\text{g.L}^{-1}$ ,  $\text{kg.m}^{-3}$  (S.I.)**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Ex :  $\rho$  s'exprime en  $\text{g.cm}^{-3}$  si  $m$  en  $\text{g}$  et  $V$  en  $\text{cm}^{-3}$

Ex : la masse volumique de l'eau est  $1,0 \text{ kg.L}^{-1} = 1,0 \text{ g.cm}^{-3} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Ex : l'éthanol a une masse de  $0,79 \text{ kg}$ . Déterminer la masse volumique de l'éthanol en  $\text{kg.L}^{-1}$ , en  $\text{kg.m}^{-3}$  et en  $\text{g.cm}^{-3}$ .

$$\rightarrow \rho_{\text{éthanol}} = 0,79 \text{ kg.L}^{-1} = 0,79 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3} = 7,9 \cdot 10^2 \text{ kg.m}^{-3}$$

Ex : Déterminer la masse  $m$  d'un volume  $V = 2,0 \text{ m}^3$  d'éthanol. Données :  $\rho_{\text{éthanol}} = 0,79 \text{ kg.L}^{-1}$

$$\rightarrow m = \rho_{\text{éthanol}} \times V = 7,9 \cdot 10^2 \times 2,0 = 1,6 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

### Les unités et conversions :

$$1,0 \text{ kg} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ g} ; \quad 1,0 \text{ m}^3 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ dm}^3 \quad 1,0 \text{ L} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1,0 \text{ L} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ mL} ; \quad 1,0 \text{ dm}^3 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ cm}^3 ; \quad 1,0 \text{ mL} = 1,0 \text{ cm}^3$$

$$1,0 \text{ m}^3 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ dm}^3 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ L} = 1,0 \cdot 10^6 \text{ mL}$$

$$1,0 \text{ cm}^3 = 1,0 \text{ mL} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}$$

### 3. Densité :

**La densité d'un corps liquide ou solide est égal au quotient de sa masse volumique par la masse volumique de l'eau, dans les mêmes conditions de température et de pression.**

$$d = \frac{\rho_{\text{esp}}}{\rho_0}$$

d est une grandeur sans unité.

Attention : les 2 masses volumiques doivent avoir la même unité.

Le corps de référence est l'eau pure pour les liquides et les solides, avec  $\rho_{\text{eau}} = \rho_0 = 1,00 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} = 1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ .

**Ex : Déterminer la densité de l'éthanol connaissant sa masse volumique  $\rho_{\text{éthanol}} = 0,79 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$**

**Réponse :**  $d_{\text{éthanol}} = \frac{\rho_{\text{éthanol}}}{\rho_{\text{eau}}} = \frac{0,79}{1,00} = 0,79$

Rem : On détermine la masse d'un échantillon d'une espèce chimique à partir de la densité et du volume V occupé par l'échantillon :  $m = \rho \times V$

**Ex : Déterminer la masse d'un volume  $V = 0,50 \text{ m}^3$  d'éthanol. Donnée :  $d_{\text{éthanol}} = 0,79$  et  $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$**

Réponse :  $m = \rho \times V = d \times \rho_0 \times V = 0,79 \times 1,0 \times 10^3 \times 0,50 = 4,0 \cdot 10^2 \text{ kg}$

#### Application :

*Le cyclohexane est un solvant dont la densité vaut 0,78.*

**1. Calculer la masse volumique du cyclohexane à 20 °C connaissant la masse volumique de l'eau.**

**2. Calculer la masse d'un volume de 15 mL de cyclohexane.**

**3. L'eau et le cyclohexane n'étant pas miscibles, déterminer le liquide surnageant quand ces deux solvants sont mélangés dans un tube à essais.**

**Remarque : Le solvant ayant la densité la plus faible se place au-dessus : c'est la phase surnageante.**

Réponses :

1. La masse volumique du cyclohexane est :  $\rho_{\text{cyclohexane}} = d \cdot \rho_{\text{eau}} = 0,78 \times 1000 = 7,8 \cdot 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

2. La masse volumique du cyclohexane s'écrit aussi  $0,78 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ . La masse d'un volume de 15 mL de cyclohexane vaut :

$$m_{\text{cyclohexane}} = \rho_{\text{cyclohexane}} \cdot V_{\text{cyclohexane}} = 0,78 \times 15 = 11,7 \text{ g}.$$

3. Le mélange des deux solvants forme un mélange hétérogène dont la phase surnageante est le liquide de densité la plus faible. Dans ce cas,  $d_{\text{cyclohexane}} < d_{\text{eau}}$ , et le cyclohexane constitue la phase surnageante.

### III. EXTRACTION ET SEPARATION D'ESPECES CHIMIQUES

#### 1. Définitions :

##### a) L'extraction et la séparation des espèces chimiques

L'extraction et la séparation consistent à isoler une ou plusieurs espèces chimiques de leur milieu d'origine.

La nature, et notamment les végétaux (feuille, écorce, fruit, etc.), constitue une source précieuse de remèdes. En effet, certaines molécules d'origine végétale ont des propriétés spécifiques à caractère thérapeutique. **Comme un végétal est un mélange de plusieurs milliers d'espèces chimiques, le chimiste doit savoir extraire et isoler les espèces chimiques afin de les analyser, d'étudier leur efficacité et éventuellement de les utiliser comme principe actif.**

De nombreuses techniques d'extraction existent.

##### b) Corps purs – Mélanges :

Une substance constituée d'une seule espèce chimique est un corps pur. On représente le corps pur par une formule chimique. Ex : le dioxygène  $O_2$  ; l'acide salicylique de formule  $C_7H_6O_3$ .  
Chaque espèce chimique est caractérisée par son aspect (état physique, couleur), son nom, sa formule chimique et des grandeurs physiques : solubilité, masse volumique, densité ...

Une substance constituée de plusieurs espèces chimiques est un mélange. Ex : l'air constituée de 20 % de  $O_2$  et de 80 % de  $N_2$ , un comprimé d'aspirine effervescent ; eau salée, alliage de métaux.

##### c) Miscibilité :

Deux liquides sont miscibles s'ils forment un mélange homogène (1 seule phase).

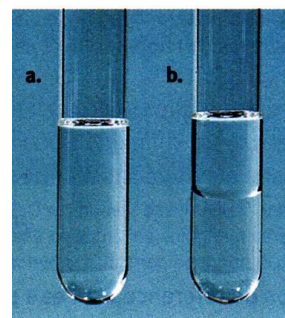
Deux liquides sont non miscibles s'ils forment un mélange hétérogène (2 phases).

Après décantation d'un mélange hétérogène, le liquide le moins dense surnage (phases supérieure).

Exemple :

Lorsque de l'éthanol est ajouté à de l'eau, il se forme après agitation un mélange homogène : les deux solvants sont dits miscibles entre eux : schéma a.

Lorsque de l'eau est ajoutée à du cyclohexane, il se forme, après agitation, un mélange hétérogène : les deux liquides ne sont pas miscibles : schéma b.



#### 2. Quelles sont les techniques d'extraction et de séparation ? (à titre documentaire)

Ces techniques sont très anciennes. L'Homme a toujours cherché à extraire certaines espèces chimiques des matières premières présentes dans son environnement. Toutes ces techniques de séparation et d'extraction ont été perfectionnées et sont encore utilisées aujourd'hui. D'autres ont vu le jour, comme l'extraction au dioxyde de carbone *supercritique*.

- **L'expression ou pressage** : consiste à presser les fruits ou les plantes pour en extraire le jus, l'huile (pressage des graines), le suc... (jus de canne à sucre (ou vesou) : broyage des tiges) ;
- **La filtration** permet de séparer les constituants d'un mélange solide-liquide.
- **La décantation solide – liquide** : laisser reposer une eau boueuse pour avoir de l'eau limpide
- **La décantation liquide – liquide** : consiste à séparer les espèces liquides non miscibles, de densités différentes.
- **L'évaporation** permet d'éliminer une ou plusieurs espèces sous forme de vapeur
- **L'extraction par solvant** consiste à laisser un végétal au contact du solvant froid ou chaud afin que certains de ses constituants s'y dissolvent :

- **l'enflourage** est une extraction d'espèces aromatiques préférée pour les plantes fragiles. On les dépose sur des graisses inodores, (solide ou liquide, froide ou chaude) puis on récupère les arômes par malaxage des graisses avec de l'alcool.

- **la macération** consiste à mettre une plante dans un solvant généralement froid pendant quelques heures à quelques semaines pour récupérer les arômes et les espèces colorées. Ex : Lors de la vinification, la macération pelliculaire permet au jus (moût), en contact avec les peaux de raisin, de se charger en espèces colorées et en arômes ;

- **l'infusion** consiste à verser un liquide chaud sur la plante hachée. Ex : Un thé est préparé par infusion dans l'eau chaude des feuilles de théier séchées. La technique est similaire pour le café.

- **la décoction** consiste à chauffer un végétal (généralement les parties les plus dures des plantes telles que les racines, les graines ou l'écorce) avec de l'eau, jusqu'à ébullition. La tisane de queues de cerises en est une illustration.

• **L'hydrodistillation** est l'un des plus anciens procédés d'extraction. Cette technique remonte au moins à l'Ancienne Égypte. Elle permet d'obtenir les huiles essentielles, composés odorants d'origine végétale pour les fleurs, les fruits, les écorces d'arbre ...

### **3. Extraction par solvant (appelée aussi extraction directe) :**

#### **1) Principe de l'extraction par solvant (appelée aussi extraction directe)**

Pour isoler une substance chimique d'un milieu, on la solubilise dans un solvant extracteur, dans lequel la solubilité de l'espèce est très élevée.

Une espèce passe spontanément d'un solvant où elle est peu soluble dans un solvant où elle est plus soluble.

Puis le solvant extracteur est évaporé.

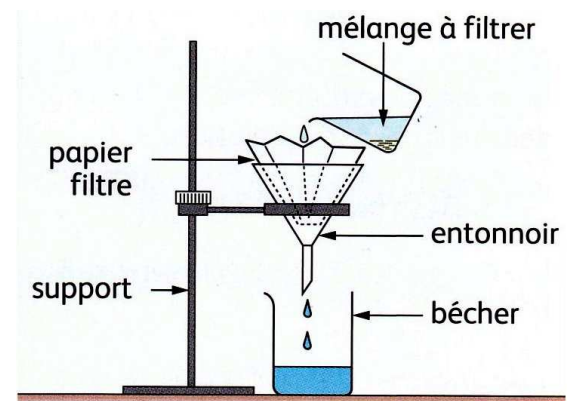
#### **2) Extraction solide – liquide :**

Lorsque l'espèce à extraire est initialement présente dans un solide. Le solvant extracteur est le plus souvent l'eau.

➤ On fait agir le solide avec de l'eau, à froid (macération) ou à chaud (infusion ou décoction).

Il peut être nécessaire de broyer le produit afin de faciliter l'extraction.

➤ Puis le produit naturel solide est séparé de l'eau par filtration



Schématisme de la filtration simple.

Ex : des feuilles de menthe contiennent du menthol et de la chlorophylle, très solubles dans l'éthanol. On les fait macérer les feuilles de menthe dans l'éthanol : les espèces chimiques sont extraites des feuilles et se dissolvent dans l'éthanol. L'éthanol est le solvant extracteur. Il faut ensuite procéder à une filtration pour séparer la phase liquide contenant l'éthanol, le menthol et la chlorophylle, de la phase solide contenant les feuilles.

#### **3) Extraction liquide – liquide :**

##### **Principe de l'extraction liquide-liquide :**

Si l'espèce à extraire est initialement contenue dans une solution aqueuse (dans de l'eau), on ajoute un solvant organique dans lequel elle est plus soluble.

L'espèce chimique est extraite de la solution aqueuse et se retrouve majoritairement dans le solvant d'extraction.

Le solvant doit être non miscible avec l'eau.

L'extraction est réalisée dans une ampoule à décanter.

Les 2 phases sont disposées l'une sur l'autre en fonction de leur densité.

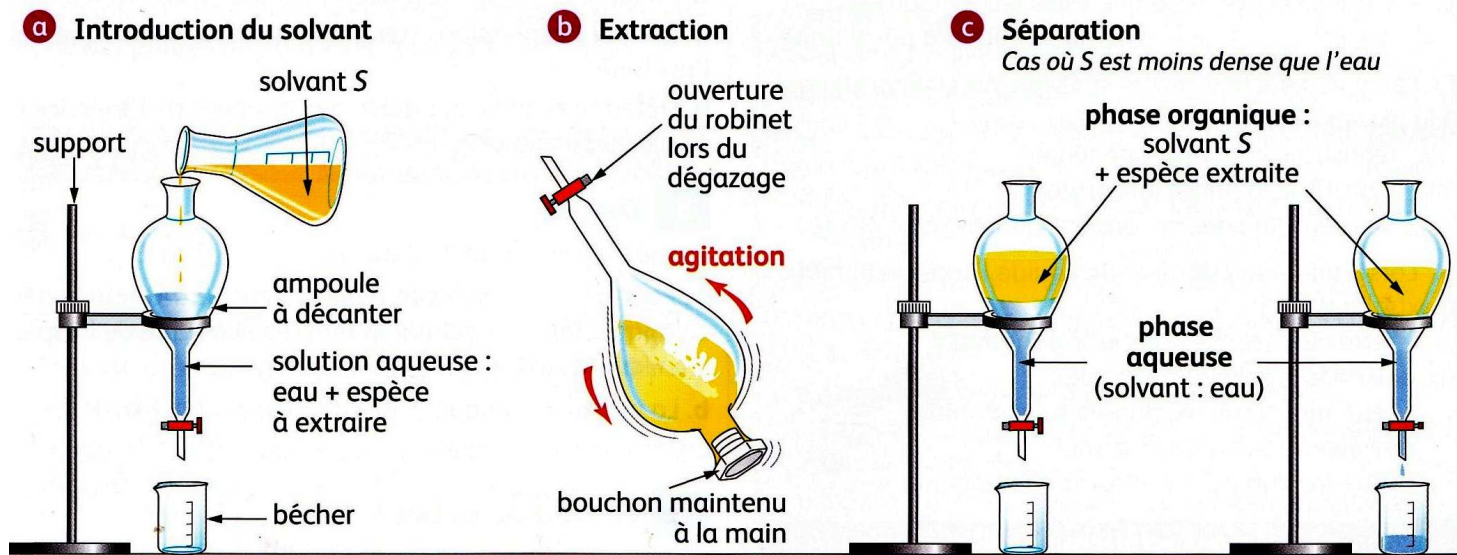
La phase la moins dense constitue la phase supérieure et la plus dense la phase inférieure.

### Le choix du solvant répond alors à trois critères :

- l'espèce à extraire doit y être très soluble (plus soluble dans ce solvant extracteur que dans l'eau) ;
- le solvant extracteur et l'eau ne sont pas miscibles (ils forment 2 phases)
- le solvant extracteur ne doit pas réagir chimiquement avec l'espèce à extraire.

Avant d'utiliser un solvant, il faut étudier son étiquette pour prendre les précautions nécessaires et le manipuler en toute sécurité.

### Mise en oeuvre de l'extraction liquide-liquide



### Les consignes de sécurité

La manipulation de produits chimiques peut être dangereuse. Les fabricants de produits chimiques doivent suivre une réglementation stricte pour informer les utilisateurs des risques et des mesures de prévention.

Cette réglementation a été modifiée récemment<sup>1</sup>, ce qui implique un changement d'étiquetage progressif. À partir de décembre 2010, les flacons d'un même produit auront soit l'ancienne, soit la nouvelle version d'étiquetage<sup>2</sup>.

### Nouveaux pictogrammes



Chaque pictogramme est accompagné de codes précisant les **mentions de danger** (dangers physiques, pour la santé ou pour l'environnement) et les **conseils de prudence** (prévention, intervention, stockage et élimination).

## Lexique du chapitre 1 : Extraction et séparation d'espèces chimiques

**Substance** : terme utilisé dans la vie courante, mais aussi au laboratoire, pour désigner un matériau. C'est généralement un mélange de plusieurs espèces chimiques. Une substance peut être naturelle (lait, miel, terre...) ou synthétique (ciment, peinture, lessive...)

**Espèce chimique** : une espèce chimique est un ensemble de molécules ou d'ions tous identiques. Chaque espèce chimique est caractérisée par son nom, son aspect, sa formule chimique, et des grandeurs physiques (solubilité, masse volumique, densité).

Il existe deux types d'espèces chimiques : les espèces chimiques naturelles et les espèces chimiques synthétiques.

Ex : la chlorophylle, la vitamine C sont des espèces chimiques naturelles

L'acide acétylsalicylique ou aspirine est une espèce chimique synthétique. Elle a été inventée par l'homme.

**Corps pur** : Corps constitué d'une seule espèce chimique représentée par une formule chimique.

Un corps pur est caractérisé par des constantes physiques parfaitement définies (températures de changement d'état, masse volumique, indice de réfraction...)

**Mélange** : Système constitué de plusieurs espèces chimiques : l'air, l'eau de mer, l'acier sont des mélanges.

**Mélange homogène** : se dit d'un mélange dont on peut distinguer les constituants à l'œil nu. Un milieu homogène constitue une phase. Ex : une eau boueuse contenant des particules en suspension est un mélange est un mélange hétérogène.

**Mélange hétérogène** : se dit d'un mélange dans lequel on peut distinguer à l'œil nu plusieurs phases. Si une solution est saturée et contient un solide en excès, le mélange est hétérogène.

**La solubilité d'une espèce chimique dans un solvant** : c'est la masse maximale d'une espèce chimique dissoute dans un volume de solvant donné, à une température donnée. Elle s'exprime en  $\text{g.L}^{-1}$ .

Ex : solubilité du sel :  $350 \text{ g.L}^{-1}$ .

**Solution saturée** : une solution est obtenue par dissolution d'un soluté dans un solvant. La solution est saturée lorsque le soluté introduit ne peut plus se dissoudre et forme un dépôt.

**Masse volumique  $\rho$**  : Elle est définie par le quotient de la masse  $m$  d'un échantillon d'une espèce chimique par le volume  $V$  qu'occupe l'échantillon.  $\rho = m / V$ . Unités usuelles :  $\text{g.cm}^{-3}$ ,  $\text{g.L}^{-1}$ ,  $\text{kg.m}^{-3}$