

## Extraction

### 1. Introduction

L'extraction est une technique fondamentale utilisée en chimie, biologie, et dans d'autres domaines scientifiques pour isoler et purifier des substances d'intérêt à partir de mélanges complexes. Qu'il s'agisse d'extraire des principes actifs de plantes pour la pharmacologie, d'isoler des contaminants environnementaux, ou de séparer des composés chimiques pour des études analytiques, l'extraction joue un rôle crucial dans le développement de nouvelles molécules et dans l'amélioration des processus de recherche.

Les méthodes d'extraction peuvent être classées en plusieurs catégories, parmi lesquelles les plus courantes sont l'**extraction solide-liquide** et l'**extraction liquide-liquide**. Chacune de ces techniques repose sur des principes spécifiques de solubilité et d'interaction entre les phases.

### 2. L'intérêt de l'extraction

L'objectif de l'extraction peut être soit de récupérer et d'isoler le soluté ou plusieurs molécules à partir d'un organisme, soit de purifier la solution initiale du soluté qui la pollue. L'extraction est une opération ancienne utilisée pour retirer des plantes et de certains organes d'animaux, des produits alimentaires, pharmaceutiques ou odoriférants, sous formes de breuvages, drogues ou parfums. Les solvants utilisés dans ces procédés de séparation des produits végétaux sont généralement l'eau, les alcools, les solvants organiques et/ou chlorés, etc.

### 3. Principe

L'extraction de substances est un processus fondamental qui permet de transformer des matières premières en produits utiles et bénéfiques, tant pour l'homme que pour l'environnement.

L'extraction est le transfert d'un soluté contenu dans une phase liquide ou solide vers une phase liquide non miscible en premier lieu.

L'opération d'extraction se déroule en deux parties:

- ❖ une première partie de transfert du composé à extraire entre le mélange initial et le moyen d'extraction.
- ❖ une deuxième partie de séparation du moyen d'extraction du mélange principal.

Il existe plusieurs méthodes d'extraction:

- Extraction solide – liquide (Sol – Liq).
- Extraction liquide – liquide (Liq – Liq).

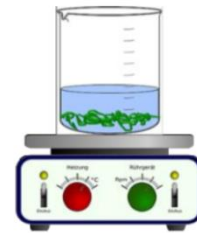
#### 4. Extraction solide-liquide

L'extraction solide-liquide appelée aussi l'extraction par solvant est l'une des opérations unitaires les plus anciennes. Cette technique consiste à extraire une espèce chimique se trouvant dans un solide pour la transférer dans un solvant choisi judicieusement. Ce type d'extraction se réalise à l'aide d'un montage chauffage à reflux. Le principe de la technique consiste que le soluté doit être plus soluble dans le solvant d'extraction que la phase d'origine mais parfois cette méthode pose un problème particulier car parfois un solide ne se laissera pas traverser par un liquide. Il est donc nécessaire de réaliser un grand nombre d'extractions successives.

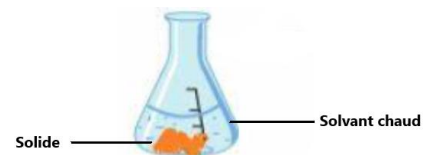
##### 4.1. Les types d'extraction solide-liquide

- Il existe différents types d'extraction solide-liquide:

- **La décoction:** est l'opération dans laquelle le solide est plongé dans le solvant liquide mis en ébullition. Il s'agit d'une opération brutale qui doit être réservée à l'extraction de principes actifs non thermolabiles. Elle est cependant très rapide et parfois indispensable.



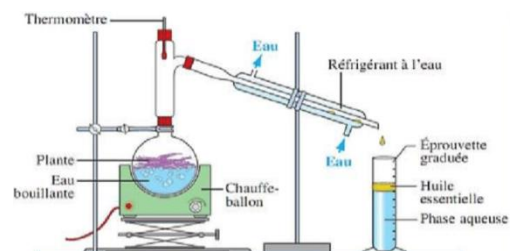
- **L'infusion:** est une décoction durant laquelle le solvant est chauffé sans être mis en ébullition, suivie du refroidissement du mélange. La préparation du thé est l'exemple type de cette opération.



- **La macération:** est une infusion dans un solvant à froid. L'opération bien que généralement longue et à rendement souvent médiocre, est la seule méthode utilisable dans le cas de l'extraction d'un ensemble de molécules fragiles. La macération peut être opérée dans un récipient couvert, le tout à l'abri de la lumière et dans certains cas, maintenue dans un réfrigérateur.



- **L'hydro-distillation:** Elle consiste à porter à ébullition un liquide dont les vapeurs vont entraîner des substances volatiles qui ne sont pas solubles dans ce liquide. On parle de l'hydro-distillation lorsque le liquide



entraîneur est l'eau. Cette méthode est la plus utilisée pour extraire des huiles essentielles des fleurs, de la lavande, par exemple.

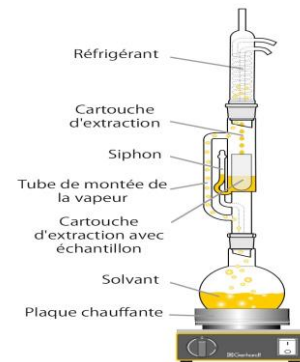
Elle montre ses limites lorsque les molécules à extraire sont fragiles et ne résisteront pas au chauffage.

#### ■ **Extraction par soxhlet:**

L'extracteur de Soxhlet est une pièce de verrerie permettant d'effectuer une extraction solide-liquide avec une grande efficacité.

Les avantages du Soxhlet sont les suivants: l'échantillon entre rapidement en contact avec une portion fraîche de solvant, ce qui aide à déplacer l'équilibre de transfert vers le solvant. Cette méthode ne nécessite pas de filtration après extraction. Le Soxhlet est indépendant de la matrice végétale. Et les inconvénients de cette méthode sont:

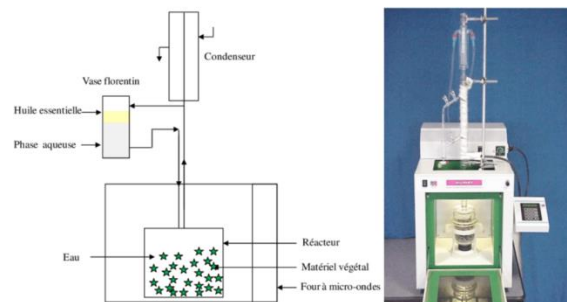
- L'extraction à chaud peut déranger certaines substances chimiques, telles que les vitamines sensibles à la chaleur.
- La taille de la cartouche est limitée à environ 100 millilitres, ce qui prend beaucoup de temps pour réaliser une quantité importante d'extrait, par exemple pour une étude clinique.



- **Extraction par micro-onde:** le mélange s'échauffe très rapidement et permet d'augmenter la pénétration du solvant dans la matrice.

Parmi les inconvénients de cette méthode, la température (100-150°C) pose des problèmes lorsque on extrait des molécules susceptibles (antioxydants).

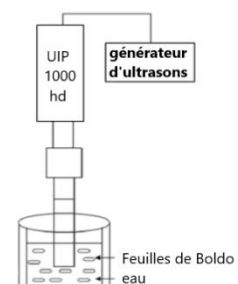
Le rendement faible lorsque les solutés ou les solvants sont polaires.



- **Extraction par ultrasons:** Les ondes ultrasonores produisent des microbulles dans le solvant, qui implosent ensuite, générant des ondes de choc et des turbulences. Ces forces mécaniques aident à briser les cellules et les tissus, libérant les composés qu'ils contiennent.

L'extraction par ultrasons présente de nombreux avantages par rapport aux autres techniques d'extraction, notamment :

- Elle est plus rapide que les méthodes traditionnelles, telles que l'extraction Soxhlet ou l'extraction liquide-liquide manuelle.



- Elle est plus efficace, car elle permet d'extraire une plus grande quantité de composés.
- Elle est plus douce, car elle ne nécessite pas de chauffage ou de solvants agressifs.
- **Par eau supercritique:** est une technique d'extraction qui utilise l'eau sous pression et température élevées pour dissoudre des composés d'une matrice solide ou liquide. L'eau supercritique est un état de l'eau qui se trouve au-dessus du point critique de l'eau, soit 374 °C et 221 bar. À ces conditions, l'eau a les propriétés d'un liquide et d'un gaz, ce qui en fait un solvant idéal pour l'extraction. Cette technique est plus efficace que les méthodes traditionnelles, car elle permet d'extraire une plus grande quantité de composés. Elle est plus douce et plus respectueuse de l'environnement, car elle n'utilise pas de solvants organiques.



## 5. Extraction liquide-liquide

L'extraction liquide-liquide est une méthode d'extraction utilisée en analyse immédiate. C'est un procédé qui permet la séparation de un ou plusieurs constituants d'un mélange (soluté(s)) en mettant à profit leur distribution inégale entre deux liquides pratiquement non miscibles. Les deux liquides sont mis en contact avec le mélange, et les composants qui sont plus solubles dans un liquide que dans l'autre sont transférés de la phase initiale (généralement phase aqueuse) à la phase liquide (solvant d'extraction) (généralement phase organique). Le solvant ajouté à la solution doit provoquer l'apparition d'une nouvelle phase, de densité nettement différente de la solution initiale, pour permettre leur séparation. On récupère alors : d'une part **l'extrait**, qui contient l'essentiel du solvant, une grande partie du soluté et éventuellement un peu de diluant (riche en soluté); d'autre part **le raffinat**, qui contient l'essentiel du diluant, le reste de soluté et éventuellement un peu de solvant (pauvre en soluté).

### 5.1. Choix du solvant d'extraction

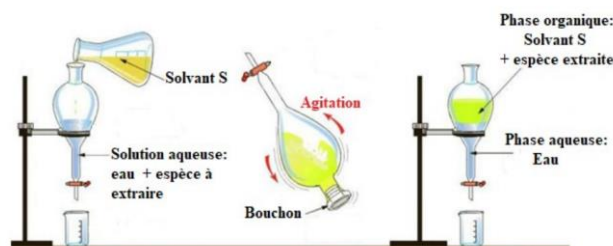
Les propriétés d'un **bon solvant** sont les suivantes:

- Le solvant doit être apte à **solubiliser le soluté**, et si possible il faut que la solubilité du soluté dans le solvant soit supérieure à celle du soluté dans le diluant;
- Le solvant ne doit **pas solubiliser le diluant**, ou seulement très faiblement, et réciproquement;
- Le solvant doit avoir **une masse volumique assez nettement différente de celle du diluant** pour que la séparation par décantation soit aisée (on préconise entre 200 et 300 kg.m<sup>-3</sup> de différence au minimum);

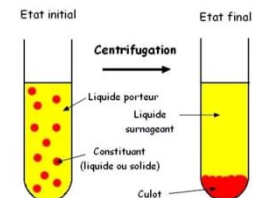
- Le solvant doit pouvoir **être aisément séparé du soluté** lors de la phase de régénération, par exemple s'il a une température d'ébullition nettement plus faible de celle du soluté, ils pourront éventuellement être séparés par évaporation ou distillation;
- Le solvant doit être **non polluant, non toxique**, et ne pas présenter de risque particulier (point éclair élevé notamment);
- Le solvant doit être **stable**, à la fois vis-à-vis des autres composés, et dans le temps pour pouvoir être réutilisé de nombreuses fois;
- Enfin, le solvant doit bien sûr être **d'un coût modéré**.

## 5.2. Les types d'extraction liquide-liquide

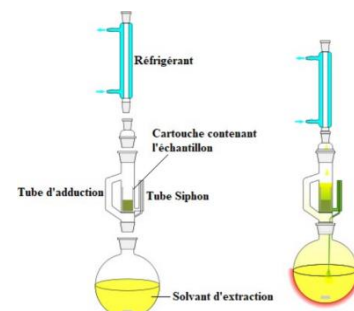
- Il existe de nombreuses méthodes différentes d'extraction liquide-liquide, notamment:
  - **Extraction simple:** cette méthode consiste à agiter simplement le mélange avec les deux liquides.
  - **Extraction par décantation:** cette méthode consiste à laisser le mélange reposer et à séparer les deux phases liquides par décantation.



- **Extraction par centrifugation:** cette méthode consiste à centrifuger le mélange pour séparer les deux phases liquides.



- **Extraction par Soxhlet:** cette méthode consiste à réchauffer le mélange et à faire circuler le solvant d'extraction.



## 6. Les équations utilisées

### 6.1. Conservation de la matière (loi de Lavoisier)

Somme des entrants = Somme des sortants

$$Q_{\text{totale}} = Q_{\text{extrait}} + Q_{\text{raffiné}}$$

## 6.2. Equilibre entre les deux phases (loi de Berthelot Jungfleish)

### 6.2.1 Coefficient de partage (K)= rapport des concentrations entre les deux phases

Cet équilibre est fixe pour des conditions thermodynamiques fixes (température), pour une substance donnée, un couple de solvants. Le coefficient de partage ne dépend pas des volumes de solvants.

- Soit un produit A qu'on veut extraire d'une phase aqueuse:  $K = \frac{C_{org}}{C_{eau}}$

On peut modifier le coefficient de partage du produit par relargage.

Le relargage est une technique qui consiste à augmenter la solubilité d'une substance dans un solvant donné. Cela permet de faciliter l'extraction de cette substance d'un mélange.

Soit un produit A qu'on veut extraire d'une phase aqueuse:

Soit:  $m_0$ : la masse initiale du composé A dans l'eau ;

$m_1$ : la masse restante du composé A dans l'eau après une extraction ;

$m$ : la masse du composé extraite par le solvant.

$$K = \frac{C_{org}}{C_{eau}} = \frac{m}{V_{org}} \times \frac{V_{aq}}{m_1}$$

Puisque  $m_0 = m_1 + m$

$$K = \frac{(m_0 - m_1)}{V_{org}} \times \frac{V_{aq}}{m_1} \qquad m_1 = \frac{m_0}{K \frac{V_{org}}{V_{aq}} + 1}$$

Si l'on effectue une deuxième extraction avec le même volume de solvant:

$$m_2 = \frac{m_1}{K \frac{V_{org}}{V_{aq}} + 1} = m_0 \left( \frac{V_{aq}}{K \frac{V_{org}}{V_{aq}} + 1} \right)^2$$

On obtient la formule suivante avec n extractions:

$$m_n = m_0 \left( \frac{V_{aq}}{K \frac{V_{org}}{V_{aq}} + 1} \right)^n$$

### 6.2.2. Le taux de distribution

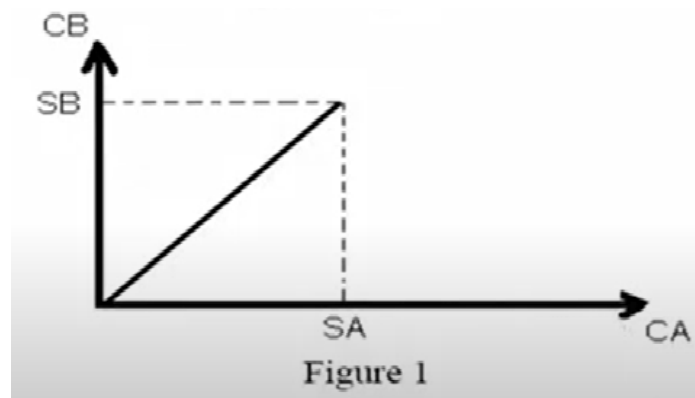
Ce facteur est utilisé lorsque le soluté existe sous différentes formes dans les deux solvants:

$$D = \frac{\sum C_{org}}{\sum C_{eau}}$$

- Si dans les deux phases, le soluté se trouve sous une seule et même forme, alors:  
 $K = D$ .

### 6.2.3. Expression de partage- Equation d'équilibre

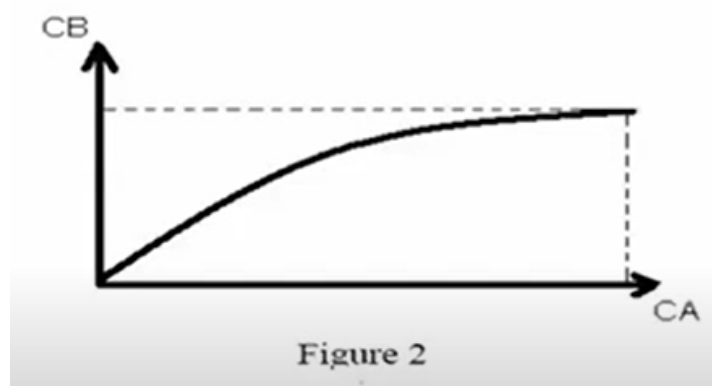
A l'équilibre:  $C_B = f(C_A)$  c'est-à-dire  $C_{org} = f(C_{eau})$ , on peut donc tracer une courbe.



Courbe de partage dans le cas d'une distribution régulière

La courbe (**Figure 1**) est une droite donc **la distribution régulière**:

$C_B = K C_A$  (le soluté se trouve sous une seule forme).



Courbe de partage dans le cas d'une distribution irrégulière

La courbe (**Figure 2**) n'est pas une droite donc **la distribution irrégulière** :

Lorsque le soluté n'est pas sous la même forme dans les deux phases.

### 6.3. Le Coefficient de partage corrigé

$$\alpha = \frac{Q_B}{Q_A} = \frac{C_B V_B}{C_A V_A} = K \frac{V_B}{V_A}$$

Le  $\alpha$  n'est pas une constante, il dépend du rapport des volumes.

#### 6.4. Le rendement

$$R (\%) = \frac{\text{Quantité extraite}}{\text{Quantité totale}} \times 100$$

### 7. Conclusion

L'extraction **liquide-liquide** et **liquide-solide** sont des techniques essentielles pour la séparation et la purification de nombreux composés dans divers domaines scientifiques et industriels. Le choix entre l'extraction liquide-liquide et l'extraction liquide-solide dépend de divers facteurs, notamment la nature chimique des composés à extraire, la matrice de l'échantillon, les propriétés des solvants, les objectifs spécifiques de l'extraction, ainsi que les considérations pratiques et économiques.

En choisissant les méthodes appropriées, il est possible d'obtenir des résultats fiables et reproductibles. Les avancées technologiques continuent de perfectionner ces méthodes, rendant l'extraction encore plus efficace et durable.