

Les méthodes de séparation des mélanges

1. Introduction

Les techniques de séparation des mélanges servent à isoler ou à séparer certains constituants des mélanges dans lesquels ils se trouvent. Il est souvent nécessaire, pour obtenir une substance pure, de la séparer de toutes les autres substances qui l'accompagnent. Le principe d'un procédé de séparation est d'utiliser une différence de propriétés entre le composé d'intérêt et le reste du mélange. Plus la différence de propriété sera grande, plus la séparation sera aisée. Le choix de la technique varie en fonction du mélange, de la substance que l'on doit séparer du reste du mélange et des phases qui constituent le mélange.

2. Les méthodes de séparation

Les méthodes de séparation peuvent être classées en fonction de la propriété utilisée pour séparer les constituants du mélange. Les principales catégories sont les suivantes:

L'évaporation

L'évaporation est une méthode physique par lequel on élimine la partie liquide d'un mélange en le transformant en gaz (Figure 1). Pour ce faire, on peut laisser le constituant liquide du mélange s'évaporer naturellement à température ambiante, ou on peut accélérer le processus en chauffant le mélange (ébullition). L'évaporation sert à récupérer la partie solide d'un mélange hétérogène ou encore le soluté solide d'une solution. Elle permet aussi de concentrer le soluté d'une solution dans un plus petit volume de solvant.

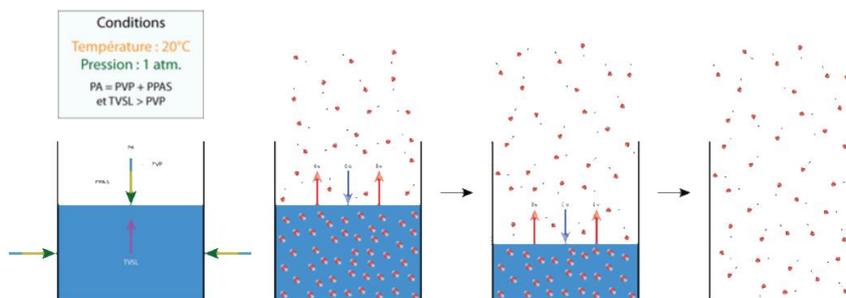


Figure 1: Schéma de l'évaporation

La cristallisation

La cristallisation est une méthode de séparation physique qui permet de séparer un solide soluble d'une solution liquide. Le principe de la cristallisation est basé sur le fait que la solubilité d'un solide dans un liquide diminue avec la température.

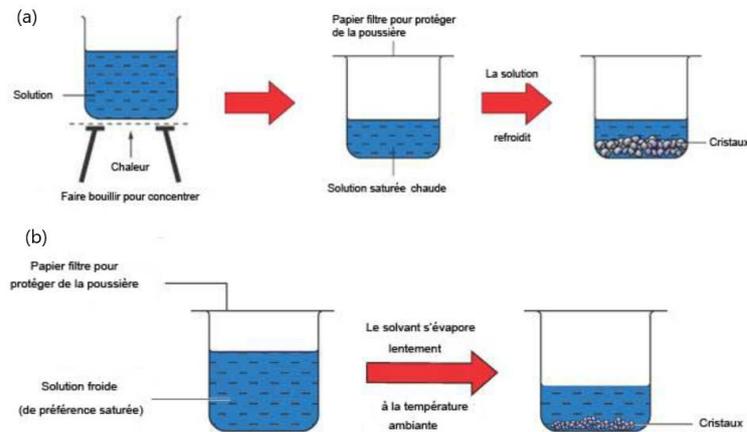


Figure 2: Protocole de cristallisation

En règle générale, plus haute est la température et plus grand le volume de solvant, plus de soluté peut être dissous. Une solution qui ne peut plus dissoudre de soluté à une certaine température est dite saturée. Si l'on refroidit une solution saturée ou si on l'évapore, elle ne sera plus capable de garder le montant originel de soluté et une partie de celui-ci se cristallisera hors de la solution. Les impuretés cependant resteront dans la solution et ne se retrouveront pas dans les cristaux qui seront purs et plus la vitesse de cristallisation est lente et plus les cristaux seront gros (Figure 2).

Il existe plusieurs types de cristallisation, selon la façon dont la solution est refroidie. Les principaux types de cristallisation sont les suivants:

- **Crystallisation par refroidissement lent:** c'est le type de cristallisation le plus courant. La solution est refroidie lentement, ce qui permet au soluté de se précipiter sous forme de cristaux fins et réguliers.
- **Crystallisation par refroidissement rapide:** la solution est refroidie rapidement, ce qui permet au soluté de se précipiter sous forme de cristaux grossiers et irréguliers.
- **Crystallisation fractionnée:** la solution est refroidie progressivement, en plusieurs étapes. Cela permet de séparer les différents composants de la solution, chacun ayant une solubilité différente.

La décantation

La décantation est une méthode mécanique qui permet de séparer des liquides non miscibles qui n'ont pas la même masse volumique (densité). On laisse reposer les deux liquides dans une ampoule à décantation. Le liquide qui possède la masse volumique la plus grande se déplace alors vers le fond de l'ampoule. Le liquide qui possède la masse volumique la plus petite quant à lui se déplace vers le haut.

Lorsque les deux phases sont bien distinctes, on peut séparer les deux liquides. Cette technique peut être utilisée pour séparer, par exemple, un mélange d'eau et d'huile. L'huile flotte sur l'eau, car l'huile a une masse volumique plus faible que l'eau (Figure 3).

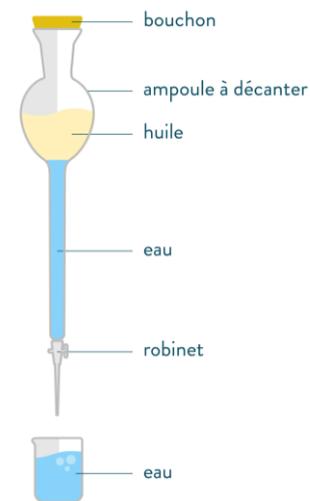


Figure 3: Ampoule à décantation

La centrifugation

La centrifugation est une méthode mécanique de séparation, consiste à appliquer une force centrifuge sur un mélange de deux à trois phases entraînés dans un mouvement de rotation. L'appareil utilisé est une machine tournante à grande vitesse appelée centrifugeuse.

En pratique, on est parfois gêné par une émulsion persistante. Cette émulsion peut être due à des faibles différences de densité des deux ou plusieurs phases; par exemple: Eau / Aniline: $d=1/d=1,02$; on peut alors saturer l'eau en chlorure de sodium, ce qui provoque l'augmentation de la densité de l'eau pour avoir une bonne séparation. Les particules les plus lourdes sont entraînées vers le fond, tandis que les particules les plus légères restent en surface (Figure 4).

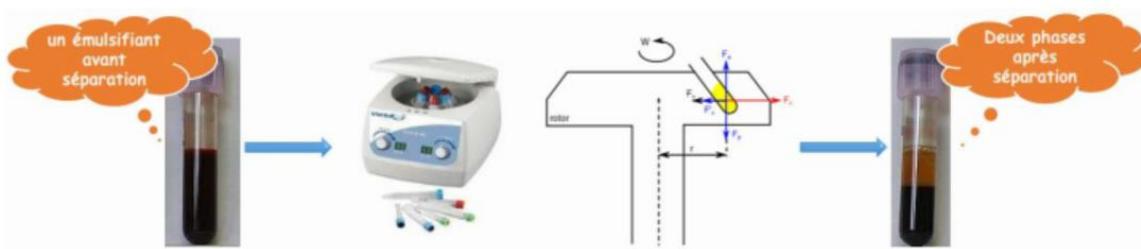


Figure 4: Protocole de centrifugation

La distillation

La distillation est une méthode physique de transfert de matière ayant pour but de séparer les constituants d'un mélange liquide, homogène ou hétérogène. Elle consiste en l'ébullition d'un mélange liquide suivie de la condensation des vapeurs obtenues, en un liquide pur ou en fractions liquides plus ou moins riches en constituants du mélange vaporisé. Elle se base sur la différence de volatilité entre ces constituants. La distillation permet de séparer les constituants d'un mélange solide-liquide (S-L) ou liquide-liquide (L-L).

Il existe deux types de distillation:

- **Distillation simple:** Elle concerne d'isoler le composant le plus volatil d'un mélange liquide en exploitant leur différence de température d'ébullition (Figure 5).
Si les températures ne sont pas trop élevées ($T < 120^{\circ}\text{C}$), une distillation sous pression atmosphérique suffit. Par contre, si la température des composés devient trop importante, il faut recourir à un artifice: diminuer la pression. En effet, si la pression diminue, la température d'ébullition d'un liquide diminue aussi.
- **Distillation fractionnée:** Elle concerne un mélange de plusieurs liquides miscibles, elle utilise une colonne de séparation (ou colonne de Vigreux) pour séparer les différents constituants du mélange en fonction de leurs températures d'ébullition au niveau de chaque plateau de cette colonne (Figure 6).

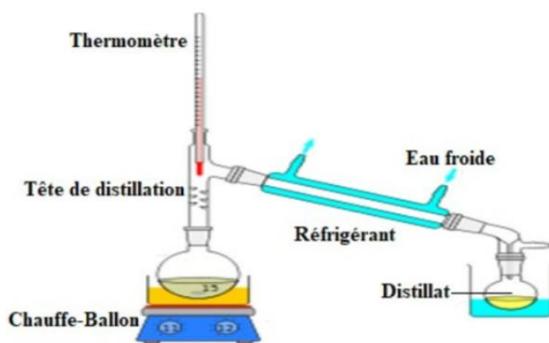


Figure 5: Schéma d'une simple distillation

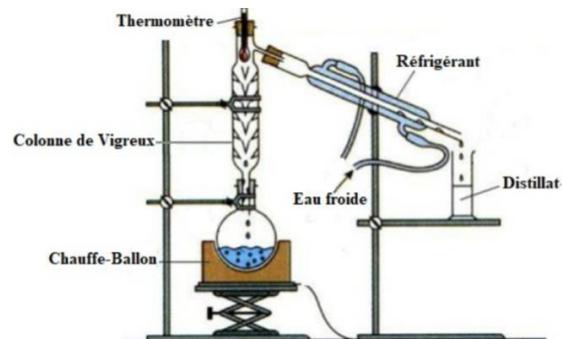


Figure 6: Schéma d'une distillation fractionnée

La filtration

La filtration est une méthode mécanique dont le but est de séparer une phase contenant (liquide ou gazeuse) des matières solides ou liquides (phase dispersée) qui y sont présentes en suspension, par l'aide d'un entonnoir, elle se réalise par le passage de la suspension à travers un milieu filtrant adéquat capable de retenir par action physique, plus rarement chimique, les particules solides. Pour ce faire on utilise un filtre, ce filtre permet de retenir les particules solides qui sont plus grosses que les pores (trous) du filtre. La phase qui passe au travers du filtre est appelé filtrat et le solide que l'on recueille dans le filtre est appelé résidu.

Le milieu filtrant est constitué par des particules solides, elles sont mêmes déposées sur un support qui peut être selon les cas, des feuilles de papier spécial, des tissus, des toiles métalliques, du sable, des gravières. Pour faciliter l'opération et augmenter la vitesse de passage du liquide, qui dépend de la perte de charge dans les canaux du milieu filtrant, on exerce une aspiration sur le filtre, ou on augmente la pression sur le liquide à filtrer.

La filtration continue ou discontinue est utilisée lorsqu'on désire traiter des liquides ou des gaz ayants une très petite teneur en solide et en particulier lorsque les particules de solides ont une faible vitesse de sédimentation.

La microfiltration est une séparation de particules de l'ordre de micromètre. La filtration stérilisante est un cas particulier, les particules étant des microorganismes.

Il existe trois types de filtration:

- Filtration gravimétrique (Figure 7).
- Filtration sous vide (Figure 8).
- Filtration sous pression (Figure 9).

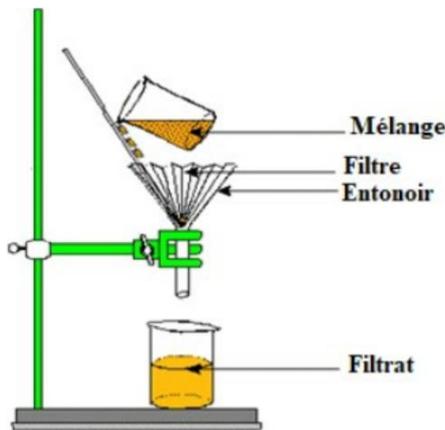


Figure 7: Montage de filtration par gravité

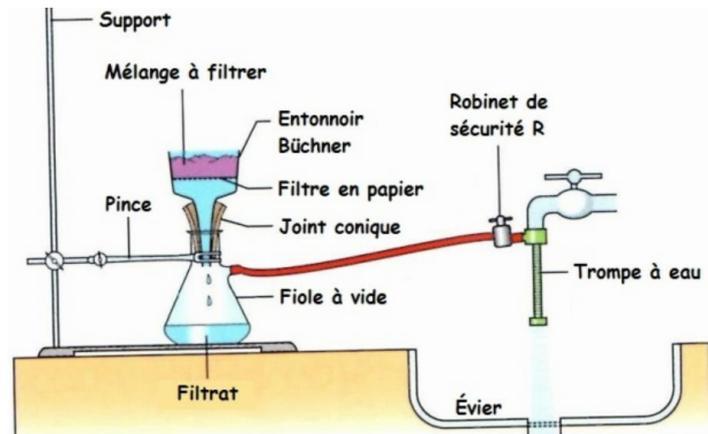


Figure 8: Schéma d'une filtration sous vide



Figure 9: Filtration sous pression

3. Domaines d'application

Les méthodes de séparation sont utilisées dans de nombreux domaines, notamment l'industrie, la recherche scientifique et la médecine. Elles sont essentielles pour la production de produits purs, l'analyse des mélanges et le traitement des déchets.

Les méthodes de séparation peuvent être classées en fonction de la propriété utilisée pour séparer les constituants du mélange. Les principales catégories sont les suivantes :

- Les méthodes mécaniques utilisent la différence de masse volumique, de taille des particules ou de charge électrique pour séparer les constituants d'un mélange. Les méthodes mécaniques les plus courantes sont la décantation, la centrifugation et la filtration.

- Les méthodes physiques utilisent la différence de température, de pression ou de solubilité pour séparer les constituants d'un mélange. Les méthodes physiques les plus courantes sont la distillation, l'évaporation et la cristallisation.
- Les méthodes chimiques utilisent une réaction chimique pour séparer les constituants d'un mélange. Les méthodes chimiques les plus courantes sont l'extraction liquide-liquide, l'extraction liquide-solide.
- Les méthodes de séparation sont des outils essentiels en microbiologie. Elles permettent de comprendre le fonctionnement des cellules, les organites, les protéines, les acides nucléiques.... et de développer de nouvelles méthodes de diagnostic et de traitement des maladies.