

## LA FILTRATION

### 1. Généralités

La **filtration** est un procédé de séparation permettant de séparer les constituants d'un mélange qui possède une phase liquide et une phase solide au travers d'un **milieu poreux**. La filtration est une technique très utilisée dans divers domaines tels que l'agro-alimentaire, la pharmacie, la microbiologie...etc.

L'utilisation d'un filtre permet de retenir les particules du mélange hétérogène qui sont plus grosses que les trous du filtre (**porosité**). Le liquide ayant subi la filtration se nomme **filtrat**, et ce que le filtre retient se nomme un **résidu**.

### 2. Principe de la filtration

La filtration est une séparation selon le diamètre des particules solides de différentes tailles, qui sont dispersées dans un liquide. La différence de pression force le liquide à passer à travers le filtre alors que les particules solides restent à la surface.

### 3. Matériel de filtration

Le matériel de filtration regroupe les filtres et les entonnoirs.

Les filtres doivent être inerte chimiquement et physiquement vis-à-vis du liquide à filtrer; insolubles et ne subissent aucun changement d'état physique

Il existe deux types de filtres: les filtres "**en profondeur**" et les filtres "**écran**".

**3.1- Les filtres "en profondeur"** sont constitués de substances fibreuses (cellulose, coton, fibres de verre, etc...) ou de substances agglomérées (verre fritté, sable, charbon, etc...). Dans les deux cas, les particules qui doivent être arrêtées par la filtration **vont se**

**bloquer dans un labyrinthe de canaux tortueux** existant à l'intérieur même du filtre. L'efficacité d'un filtre en profondeur augmente donc avec **l'épaisseur** du filtre; par contre, elle diminue lorsque la pression appliquée sur le filtre augmente. L'efficacité peut être définie par le pourcentage de particules retenues par un filtre.

**3.2. Les filtres "écran"** retiennent à leur surface toutes les particules dont la **taille est supérieure à celle des pores du filtre**. Cette propriété permet donc de calibrer ces pores. L'augmentation de l'épaisseur du filtre ne présente évidemment pas d'intérêt, si ce n'est d'augmenter sa résistance mécanique. L'élévation de la pression exercée sur le filtre accélère le débit sans diminuer l'efficacité de la filtration. Le seul paramètre modifiant l'efficacité est la taille des pores. La rétention sur un plan de toutes les particules conduit cependant à un colmatage rapide de ces filtres.

## 4. Caractéristiques d'un filtre

### • la porosité :

La porosité est le rapport entre le volume total des vides et le volume apparent du réseau.

Dans le cas d'un filtre elle est définie par le diamètre moyen des pores.

### • Le débit :

Donnée par la loi de Poiseuille. Déterminé en mesurant le temps que nécessite un volume défini de liquide pour traverser un filtre.

## 5. Mécanismes de filtration

### 5.1. Le criblage ou tamisage

C'est un **phénomène mécanique**, autrement appelé filtration **en surface**. Le filtre est une membrane perforée par des pores calibrés et de diamètres voisins. Le filtre retient toutes les particules dont le diamètre est supérieur au diamètre des pores. On parle de filtre écran ou de filtre membrane. L'avantage de cette technique est qu'elle ne retient pas les liquides. Les inconvénients sont :

- Possibilité de colmatage du filtre. Pour y pallier, on augmente le diamètre du filtre et/ou on utilise un préfiltre de diamètre supérieur.
- Faible capacité de rétention (volume).

## 5.2. L'adsorption

Autrement appelée filtration **en profondeur**. Ce mécanisme consiste à retenir à **l'intérieur du réseau poreux** du filtre des particules dont la taille peut être inférieure au diamètre des pores. Les filtres sont constitués de cellulose, laine, coton.

C'est un **phénomène physique**, avec 2 facteurs principaux :

- Réseau poreux chargé électriquement
- Constitué par de longs et fins canalicules fortement contournés.

## 6. Nature des filtres

### 6.1. Les filtres en profondeur

#### **Papier filtre classique**

Il est utilisé soit sous forme de filtres sans pli pour recueillir un précipité, soit sous forme de filtres plissés. Il existe plusieurs qualités de papier et sur le plan pratique il faut distinguer les filtres pour filtrations rapides (à bande rouge Durieux ou n° 4 et n° 90 de Whatman), les filtres à vitesse moyenne (à bandes blanche Durieux ou n° 1 et n° 7 de Whatman), enfin les filtres pour filtrations très lentes (bande bleue Durieux ou n° 5 et n° 6 de Whatman).

Tous ces filtres sont utilisés sur un support, le plus souvent un entonnoir conique ou un buchner.

#### **Filtres en fibres de verre**

Ils sont toujours utilisés à plat sur buchner ou sur entonnoir avec plaque frittée. Ils ont donc une forme circulaire de petit diamètre et doivent toujours être utilisés non pliés(**Fig01**), car le pliage les fragilise et les fissure. Les pores de ces filtres sont plus étroits que ceux des papiers filtres et ils sont habituellement utilisés pour éliminer des particules dont la taille est inférieure à 1  $\mu\text{m}$ .

Ces filtres peuvent être préchauffés à 500°C afin d'éliminer toute trace de contaminants organiques avant une utilisation. Leur vitesse de filtration élevée permet de les utiliser sous un vide modéré.



**Figure 01. Filtres en fibres de verre**

### **Plaques frittées**

Ce sont des plaques poreuses constituées de **poudre de verre agglomérée**. Elles existent sous six dimensions de pores et sont très utilisées pour les filtrations sous vide(**Tab01**). Après usage les plaques frittées doivent être nettoyées par le mélange sulfochromique, puis lavées très abondamment à l'eau distillée.

TABLEAU 15-I.- Plaques frittées

Porosité	Diamètre des pores en micromètres	Applications
00	200 - 500	usages spéciaux
0	150 - 200	pour arrêter de grosses particules
I	90 - 150	filtration de précipités grossiers ; lavage des gaz
2	40 - 90	pour précipités de taille moyenne ; filtration des gaz
3	20 - 40	pour précipités fins, filtration du mercure
4	10 - 20	pour précipités ultra-fins

## **6.2. Filtres "écran" :**

Les plus utilisés correspondent aux **membranes filtrantes Millipore**. Ils sont formés de polymères de cellulose comportant un très grand nombre de pores rigoureusement calibrés. Les dimensions de ces pores varient selon les filtres de 0,025  $\mu\text{m}$  à 8  $\mu\text{m}$  alors que l'épaisseur du filtre est de 0,15 mm. Ces filtres résistent pendant 30 minutes au moins à la fois à des températures de 125°C et à des pressions élevées, ce qui permet leur stérilisation par autoclavage..

Les filtres "écran" arrêtent les particules à leur surface de sorte que leur capacité de rétention des impuretés est faible. C'est pourquoi, habituellement, la filtration sur filtre "écran" est précédée d'une filtration sur un filtre en profondeur en cellulose ou en fibres de verre appelé alors préfiltre.

Les filtrations s'effectuent pratiquement toujours sous pression de l'ordre de 1,5 bar, limite de résistance des préfiltres, les filtres eux-mêmes pouvant supporter des pressions bien plus considérables.

Les filtres "écran" sont utilisés pour réaliser des **filtrations stérilisantes** : il faut alors utiliser des filtres dont la taille des pores est de **0,22  $\mu\text{m}$** . La filtration stérilisante est l'une des applications de choix des filtres "écran", mais ils sont aussi utilisés en **cytologie**: la filtration d'un milieu biologique permet de recueillir très simplement les cellules qu'il contient. Le filtre peut ensuite subir un traitement chimique qui colore ces cellules et l'observation directe au microscope.

Les membranes Millipore les plus utilisées sont en nitrate de cellulose d'où possibilité d'adsorption des protéines. Il en est de même des membranes des membranes Sartorius. Ces adsorptions sont très faibles avec les membranes Nucléopore Serlabo et les membranes Unipores Bio Rad (en polycarbonate).



**Figure 02. filtres Millipore**

## **7. Les différentes techniques**

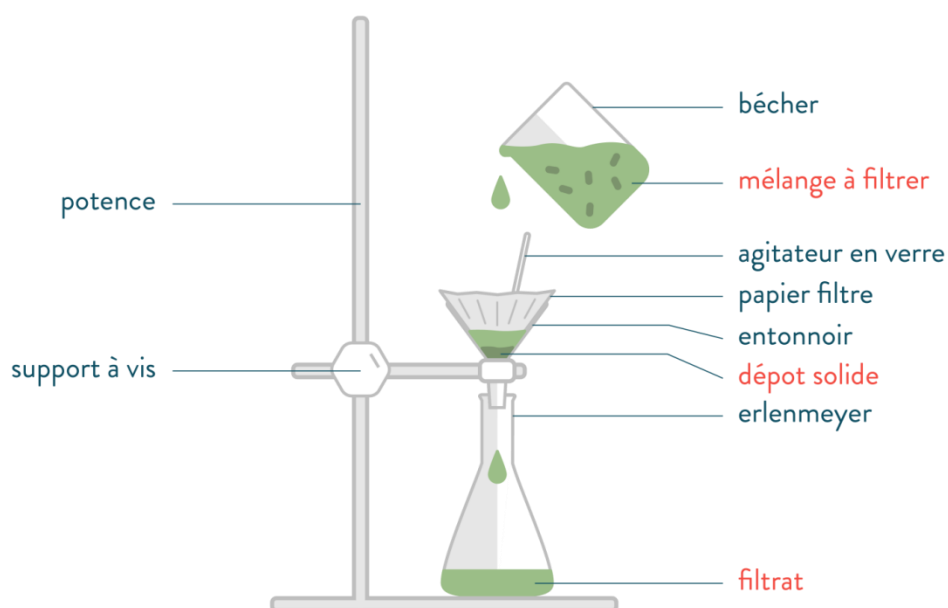
La **filtration** est une technique de séparation utilisée pour isoler un solide contenu dans une solution ou pour éliminer des impuretés solides présentes dans une solution. Elle peut s'effectuer sous, pression atmosphérique, sous **pression réduite**, à chaud ou à froid.

**Par définition, la membrane est** une barrière qui va réduire le transfert d'un soluté par rapport à un autre (le plus souvent d'un ou des solutés par rapport à l'eau). Les matériaux synthétiques à la base des membranes sont des polymères organiques (acétate de cellulose, polysulfone ...) ou de matériaux inorganiques (alumine).

### **7.1. Filtration à pression atmosphérique**

Le filtre utilisé est en papier dont la porosité devra être choisie en fonction de la granulométrie du solide à filtrer. Il existe différents type de papier caractérisé par la taille des pores, par sa rétention de liquide et sa vitesse de filtration(**Fig03**). Les papiers filtres ronds doivent être préalablement pliés pour leur donner la forme conique de l'entonnoir.

Verser le liquide contenant le solide dans l'entonnoir muni du papier filtre. Le liquide s'écoule par gravité tandis que le papier retient le solide. Il est également possible d'utiliser à la place du papier filtre d'un bout de coton bouchant la tubulure de l'entonnoir. On utilise ce principe pour réaliser des filtrations rapides pour élimine de grosses particules.



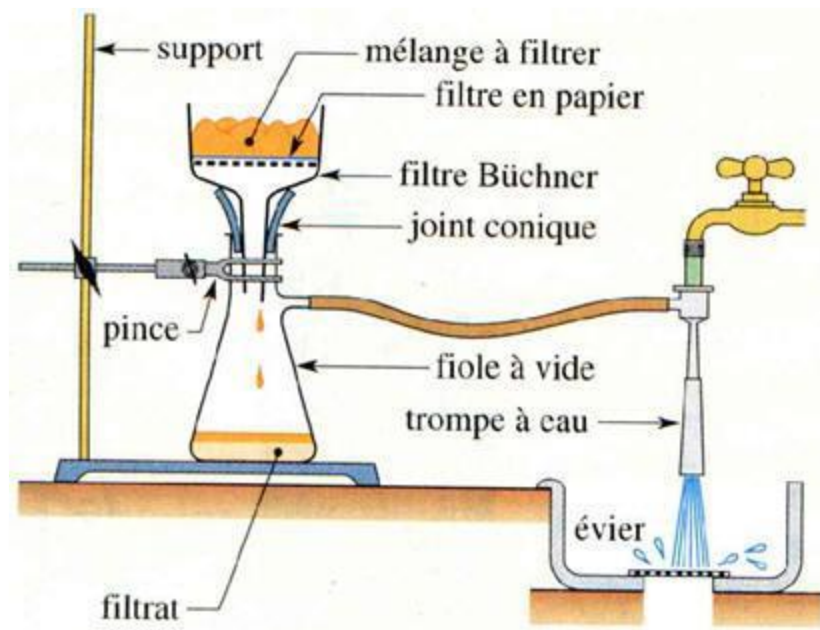
**Figure 03. Filtration à pression atmosphérique**

La filtration gravimétrique présente les inconvénients suivants:

- La filtration est lente.
- La difficulté de récupération de la phase solide isolée, surtout lorsqu'elle est peu abondante.
- La séparation est incomplète: le solide retient une quantité non négligeable de liquide.

## 7. 2. Filtration sous vide

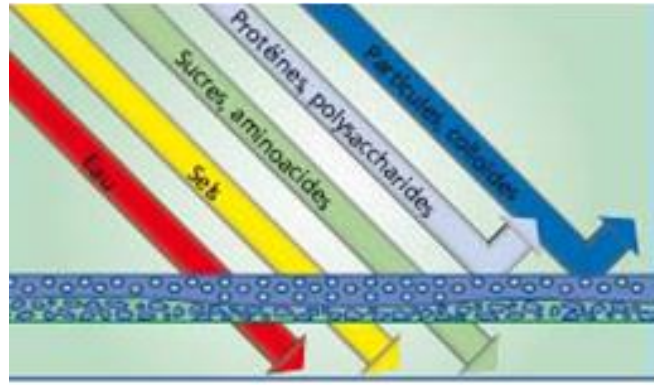
La vitesse de filtration est augmentée par la création d'une dépression en aval du matériau filtrant (**Fig 04**). C'est le mode de filtration utilisé d'une manière courante pour les verres frittés et les membranes filtrantes. Des entonnoirs spéciaux adaptés sur une fiole à succion, dans laquelle on crée une dépression, sont utilisés. L'entonnoir est adapté sur la fiole par l'intermédiaire d'un cône en caoutchouc, qui collera à la fiole et l'entonnoir lorsque la dépression est établie.



**Figure 04. Filtration à pression atmosphérique**

## 7.3. Ultrafiltration

Cette technique utilise des membranes microporeuses qui laissent passer les petites molécules (eau, sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes)(**Fig05**).



**Figure 05. Principe de l'ultrafiltration**

L'ultrafiltration est un procédé de séparation sélective utilisé pour concentrer et purifier les composés de poids moléculaire moyen ou fort tels que les protéines de lait ou végétales, les glucides et les enzymes. Les domaines d'application sont notamment la concentration des protéines sériques, la concentration et la déminéralisation des gélatines et la clarification des jus de fruit.

La taille des molécules ou des groupes de molécules retenus par membrane d'ultrafiltration va de 0,002 à 0,1  $\mu\text{m}$ . Les constituants arrêtés peuvent être des bactéries, des macromolécules synthétiques ou naturelles, des agrégats moléculaires ou des particules issus de divers procédés.

- Les applications de l'ultrafiltration et de la microfiltration sont plus analytiques, outre la clarification et les filtrations stériles, on cite également:

- Les analyses microbiologiques et tests de stérilité.
- Les analyses gravimétriques.
- Les isollements des cellules d'un liquide céphalo-rachidien.
- Les analyses de poussières.
- Les isollements de virus.