## Introduction :

Le terme de *déchet* traduit l'idée de se défaire d'un produit dont une personne physique ou morale dispose, dont elle n'a plus l'utilité et qui l'embarrasse, vers un exutoire dont elle préfère ne pas assumer la responsabilité et qu'elle souhaite oublier. Au cours des siècles, cet exutoire évolue: après l'élimination dans le milieu naturel sans précautions particulières à un moment où les quantités produites sont faibles.

L'accroissement de la population d'une part, le développement des techniques agricoles et industrielles de production rendant accessibles au plus grand nombre les produits agricoles et manufacturés d'autre part, ont eu pour effet de générer des quantités de déchets toujours plus importantes. Les déchets produits en faibles quantités que la nature pouvait dégrader à l'origine, sont devenus des masses colossales qu'il a fallu progressivement réglementer tant au niveau de la collecte que du traitement.

La réglementation destinée à protéger le milieu naturel intervient au XXe siècle. Elle définit la terminologie et cerne les installations susceptibles d'éliminer chaque type de déchet: incinération, compostage, recyclage, dépôt dans un centre d'enfouissement technique, stabilisation… en introduisant la notion d'installation classée.

## Définitions des déchets

Le déchet comme «*tout résidu d'un processus de production, de transformation, ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon*».

Le déchet devenu produit intermédiaire ne soit finalement abandonné comme un déchet, avant d'avoir été transformé en un produit utile.

De la définition générale des déchets, on décline ensuite leurs différentes catégories en tenant compte de certains aspects des déchets: caractère dangereux ou non, caractéristiques physiques, chimiques et biologiques (fermentescible, inflammable, etc.), secteur producteur (industries, collectivités, particuliers), composition, usage (emballage, électroménager, véhicule). Le déchet ultime, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux.



Scanné avec CamScanner

**Classement des déchets :**

Selon leur dangerosité  se répartissent en trois catégories:

- **Déchets dangereux**: «*Tout déchet qui présente une ou plusieurs des propriétés de dangers.*»
- **Déchets non dangereux**: «*Tout déchet qui ne présente aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux.*»
- **Déchets inertes**: «*Tout déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, qui ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, n'est pas biodégradable et ne détériore pas les matières avec lesquelles il entre en contact d'une manière susceptible d'entraîner des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine.*»

**Objectifs de la gestion des déchets** *:*

**I.1 Grands principes**

*1° "**De prévenir ou réduire la production et la nocivité des déchets**, notamment en agissant sur la fabrication et sur la distribution des produits;*

*2° **D'organiser le transport des déchets** et **le limiter** en distance et en volume;*

*3° **De valoriser les déchets** par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir à partir des déchets des matériaux réutilisables ou de l'énergie;*

*4° **D'assurer l'information du public** sur les effets pour l'environnement et la santé publique des opérations de production et d'élimination des déchets, …/…, ainsi que sur les mesures destinées à en prévenir ou à en compenser les effets préjudiciables."*

Ces principes s'inscrivent en complément des **principes généraux** définis du même code, et notamment :

*5° "Le **principe pollueur-payeur**, selon lequel les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution et de lutte contre celle-ci doivent être supportés par le pollueur;*

*6° Le **principe de participation**, selon lequel chacun doit avoir accès aux informations*



Scanné avec CamScanner

*l'homme et l'environnement du ramassage, du transport, du traitement, du stockage et du dépôt des déchets ainsi que sur les mesures prises pour prévenir ou compenser ces effets."*

**Définitions des concepts**

Les déchets au sens de la réglementation algérienne comprennent trois grandes catégories :

- Les déchets ménagers et assimilés.
- Les déchets spéciaux (industriels, agricoles, soins, services,...)
- Les déchets inertes.

La définition des différents types des déchets et des modes de traitement pouvant varier d'un pays à l'autre, il est nécessaire de définir précisément les termes que nous utiliserons par la suite :

- **Les déchets** sont tous les résidus d'un processus de production, de trans-

Scanné avec CamScanner

autres de soins,

- des déchets et issues d'abattoirs,
- des déchets commerciaux, emballages et autres résidus générés par les activités commerciales.

**Déchets ménagers et assimilés** : ce sont tous les déchets issus des ménages, des activités industrielles, commerciales, artisanales, et autres, qui sont assimilables aux déchets ménagers par leur nature et leur composition, tel que, déchets de cuisine, emballages…

**Déchets encombrants** : ce sont tous les déchets issus des ménages qui ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés en raison de leur caractère volumineux. Nous pouvons citer ici, les meubles, les pneus, l'électroménager…

**Déchets spéciaux** : ce sont les déchets qui ne sont pas assimilés aux déchets ménagers, et qui nécessitent un mode spécifique de traitement en raison de leur nature et de leur composition. L'origine de ces déchets est l'activité industrielle, agricole, les soins, les services et toutes autres activités, qui ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés. Il existe un cas particulier des déchets spéciaux, qui sont susceptibles de nuire à la santé publique et à l'environnement via leurs constituants ou par leurs matières nocives, on parle ici de **déchets spéciaux dangereux.**

**Déchets d'activité de soins** : ce sont des déchets spéciaux issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire.

**Déchets inertes** : ce sont notamment, les déchets qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge. Ces déchets proviennent de l'exploitation des mines, des carrières, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation. Ils ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et à l'environnement.

Après avoir donné un aperçu sur les définitions des différents types des déchets en Algérie, en se basant sur la réglementation en vigueur, nous préciserons ensuite les



Scanné avec CamScanner

définitions des modes de traitement existant en Algérie ou prévus dans le programme national de gestion des déchets municipaux :

***Gestion et traitement des déchets***

La priorité en matière de gestion des déchets est **la réduction à la source :** cela consiste à en produire le moins possible, voire pas du tout.

Il s'agit « *En priorité, de prévenir et de réduire la production et la nocivité des déchets, notamment en agissant sur la conception, la fabrication et la distribution des substances et produits et en favorisant leur réemploi....* ».

Dès lors que le déchet est produit, une hiérarchie des modes de traitement s'impose, justifiée par la finalité suivante : valoriser tout ce qui peut l'être afin de réduire le gaspillage des ressources sans porter atteinte à l'environnement et à la santé, c'est à dire en limitant les rejets polluants. Ainsi dans l'ordre seront privilégiés :

1. la réutilisation en l'état des matières et des objets usagés
2. le recyclage
3. la valorisation matière comme le compostage
4. la valorisation énergétique comme la méthanisation
5. l'incinération avec récupération énergétique : co-génération

L'élimination du déchet proprement dite, vient en dernier recours; les déchets dit ultimes (cf définition ci-dessous) sont déposés en centre de stockage (autrement dit : mis en décharge) ou incinérés.

**Qu'est ce qu' un déchet ultime,** au sens de la loi 92-646 du 13 juillet 1992:: « *est ultime, un déchet, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux ».*

**La gestion des déchets**

Consiste en toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à



Scanné avec CamScanner

la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations. À partir de cette définition, plusieurs opérations se distinguent dans le mode de gestion des déchets existant en Algérie :

- **La collecte des déchets** est l'opération de ramassage et/ou le regroupement des déchets en vue de les transférer vers un lieu de traitement.

- **Le tri des déchets** est la séparation des déchets selon leur nature en vue de leur traitement, par exemple le papier, plastique…

- **La valorisation des déchets** est la réutilisation, le recyclage ou le compostage des déchets. *Le recyclage* consiste à valoriser des produits usés ou des déchets. *Le compostage* est un processus biologique dans lequel les déchets organiques sont transformés par les microorganismes du sol en un produit stable et hygiénique appelé compost.

- **L'élimination des déchets** comprend les opérations de traitement thermique, physico-chimique et biologique, de mise en décharge, d'enfouissement, d'immersion et de stockage des déchets, ainsi que toutes les autres opérations ne débouchant pas sur une possibilité de valorisation ou autre utilisation du déchet. *Immersion des déchets* : tout rejet de déchets dans le milieu aquatique. *Enfouissement des déchets* : tout stockage des déchets en sous-sol. *L'incinération* est un processus d'oxydation de la partie combustible du déchet dans une unité adaptée aux caractéristiques variables des déchets. Ce processus permet une forte réduction de volume des déchets à éliminer (déchets concernés : hydrocarbures, huiles, peintures, déchets d'usinage…). Les déchets issus de l'incinération (cendres, mâchefer) sont ensuite éliminés en centre d'enfouissement technique.

- **L'enfouissement technique :** Les déchets spéciaux ultimes sont ceux qui ne sont plus susceptibles d'être traités dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par l'extraction de la part valorisable ou par réduction de leur caractère dangereux et polluant. Les déchets admis en centre d'enfouissement technique (CET) sont des déchets essentiellement solides, minéraux avec un potentiel polluant constitué de métaux lourds peu mobilisables. Ils sont très peu réactifs, très peu évolutifs, et très peu solubles.

## Le compostage :



Scanné avec CamScanner

Le compostage est un processus biologique aérobie de conversion et de valorisation des matières organiques (sous-produits de l'élevage, biomasse, déchets organiques d'origine ménager, etc.) en un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humiques et minéraux, le compost. Le compostage peut être réalisé dans des composteurs à l'échelle d'un foyer, de quelques foyers ; à une plus grande échelle il est possible de le pratiquer sur des parcelles de terres agricoles pour convertir les fumiers, ou encore dans des plates-formes pour convertir les déchets ménagers et les chutes de biomasse. Le compostage peut être un moyen de traiter tout ou partie des biodéchets des villes, notamment dans les pays en développement.

1. **Processus**

Le compostage est une opération durant laquelle des déchets organiques sont dégradés dans des conditions contrôlées, en présence de l'oxygène de l'air et d'humidité (eau), par l'action conjuguée des bactéries, champignons, micro-organismes et macro-organismes. Le produit est transformé en humus riche en éléments nutritifs, qui peut être intégré au sol afin de l'enrichir

2. **Différence compost et humus**

Le compost résulte d'un processus de transformation, ayant pour origine l'humain, alors que l'humus résulte d'une transformation naturelle. En revanche, l'humus partage avec le compost beaucoup de propriétés, notamment la capacité à retenir l'eau et les nutriments

3. **Matières compostables**

Tous types de sous-produits et de déchets organiques peuvent être compostés (plus ou moins bien) : déchets de cuisine, sous-produits de jardin, déchets de maison, mais aussi certains déchets et sous-produits de l'industrie agroalimentaire, les boues d'épuration, des fumiers ou des effluents d'élevage, des digestats de méthanisation.

4. **Phases**

Plusieurs phases se succèdent dans le processus de compostage. Lorsque les quantités de matière mises en œuvre sont importantes, le changement de température du tas permet de suivre l'évolution du compostage, et le suivi de la température du compost



Scanné avec CamScanner

permet de distinguer plusieurs phases. Cette température relativement élevée est recherchée en élevage pour briser le cycle de reproduction des organismes vivants au détriment de la santé du bétail. La première conduit les matières à l'état de compost frais ; c'est une dégradation aérobie intense. La seconde phase est une dégradation moins soutenue, elle va transformer le compost frais en un compost mûr, riche en humus.

Si le tas est de petite taille, la chaleur produite par les micro-organismes, impliqués dans le compostage, est facilement évacuée et la température varie peu.

### 4.1. Dégradation

Pendant la phase de dégradation, la température augmente car il y a une forte activité biologique. Les composés les plus dégradables tels les sucres, les acides aminés libres et l'amidon sont d'abord consommés. La décomposition de la matière organique fraîche se fait sous l'action de bactéries et champignons, dont l'activité fait augmenter la température jusqu'à 50 à 70 °C. La température monte rapidement à 40 à 45 °C à la suite de la respiration de micro-organismes mésophiles aérobies. La respiration élève ensuite progressivement la température jusqu'à 60 à 70 °C, ce qui conduit au remplacement des micro-organismes mésophiles par des thermophiles et des thermo-tolérants. La phase de dégradation voit la masse du compost diminuer par minéralisation de la matière organique en $CO_2$, et par des pertes d'eau importantes par évaporation.

La dégradation est souvent appelée « fermentation » (par exemple dans la règlementation française) ; mais cette appellation n'est pas scientifiquement correcte, car les fermentations au sens strict se déroulent en milieu anaérobie.

### 4.2. Maturation

Pendant la phase de maturation, la température diminue. Après la phase dégradative, la quantité de matière facilement utilisable par la microflore s'est déjà raréfiée. On assiste alors à la disparition des micro-organismes thermophiles au profit d'espèces plus communes et de nouvelles espèces mésophiles. Au fur et à mesure la température décroît, et ce pendant une longue période de mûrissement, pour se stabiliser au niveau de la température ambiante. Le compost entre dans une phase de maturation constructive, pendant laquelle apparaissent lentement des éléments précurseurs de l'humus.

La transition entre chacune des phases citées précédemment résulte d'une évolution continue. Il n'y a pas de frontière marquée entre les espèces mésophiles et



Scanné avec CamScanner

thermophiles. Chaque espèce possède une gamme de températures vitales avec un optimum au milieu.

5. **Utilisations du composte**

Le compost peut être utilisé en agriculture, notamment en grandes cultures, maraîchage et sur prairies. Son usage améliore la structure des sols (amendement du sol par apport de matière organique), et apporte des quantités non négligeables d'éléments fertilisants (azote, phosphore, potasse notamment). Une partie importante de l'azote contenu dans les composts est sous forme organique : intégré au sein de molécules complexes, il est rendu disponible pour les plantes de manière progressive. L'utilisation de compost augmente également la biodiversité de la pédofaune.

Au jardin, il sert à fertiliser les plates-bandes, les arbres fruitiers et le potager. Il peut également être utilisé comme terreau pour les plantes en pot et pour faire du nitrate de potassium (salpêtre). Il peut être extrait pour y multiplier les micro-organismes et les transporter ainsi dans un liquide. Le but étant alors de pulvériser sur les parties foliaires des cultures et créer une concurrence et une prédation contre les maladies (cryptogamiques ou bactériennes) par action préventive ou curative.

Le jus de compost peut aussi être arrosé sur les cultures, permettant alors la diminution de la fréquence et des quantités de compost solide nécessaires sur les cultures de plusieurs hectares de SAU. Les micro-organismes transportés dans le sol vont entre autres aider à dégrader la matière organique présente dans le sol et digérer les éventuelles pollutions.

Le compostage peut aussi être utilisé pour produire du chauffage et du biogaz (méthane), produit d'un processus créé suite à la fermentation de la matière organique. En moyenne avec 1 tonne de déchets organiques, il est possible de produire entre 100 et 300 $m^3$ de biogaz.

## Biogaz

Le **biogaz** est le gaz produit par la fermentation de matières organiques en l'absence d'oxygène. C'est un gaz combustible composé essentiellement de méthane et de dioxyde de carbone. Il peut être brûlé sur son lieu de production pour obtenir chaleur et électricité ou purifié pour obtenir du biométhane utilisable comme gaz



Scanné avec CamScanner

naturel pour véhicules ou injectable sur le réseau de distribution de gaz naturel.

La méthanisation se produit spontanément dans les marais (gaz des marais), les rizières, les grands réservoirs ou barrages hydroélectriques tropicaux, les décharges contenant des déchets ou matières organiques (animales, végétales, fongiques ou bactériennes). On peut la provoquer artificiellement dans des digesteurs (en particulier pour traiter des boues d'épuration et des déchets organiques industriels ou agricoles).

**Composition**

Le biogaz est principalement composé de méthane (50 à 70 %), mais aussi de dioxyde de carbone ($CO_2$) et de quantités variables de vapeur d'eau et de sulfure d'hydrogène ($H_2S$), voire d'autres composés ("contaminants"), notamment dans les biogaz de décharges. Parmi les impuretés figurent :

- des siloxanes ;
- des organochlorés (dont chlorure de vinyle, dichlorométhane, trichlorométhane et tétrachlorométhane qui sont des substances cancérigènes ;
- des composés soufrés (mercaptans) ;
- des composés azotés ($NH_3$ et $NH_2$) ;
- de l'hydrogène ;
- divers produits intermédiaires de fermentation (alcools, acides, esters...);
- des métaux et métalloïdes
- et même quelques microbes anaérobies (éventuellement méthanotrophe).

Sa teneur en ces différents éléments, et donc sa valeur énergétique, dépend de la durée et qualité du processus de fermentation, du type d'installation et beaucoup de la nature de la matière fermentescible utilisée (et en particulier de ses proportions en carbone, hydrogène, oxygène et azote ou contaminants indésirables). Par exemple une matière fermentescible riche en carbone et hydrogène produit un biogaz contenant jusqu'à 90 % de méthane, alors que de la cellulose plus pauvre produira un biogaz à seulement 55 % de méthane (et 45 % de gaz carbonique).

**Production**

**Intrants**



Scanné avec CamScanner

Le biogaz résulte de la méthanisation ou digestion anaérobie de déchets fermentescibles. Les sources les plus courantes de biogaz proviennent des rejets de matière organique :

- cultures végétales ;
- décharges : leur teneur en biogaz est plus ou moins élevée en fonction de l'étanchéité du mode d'exploitation. La collecte sélective des déchets putrescibles permet une méthanisation plus rapide qu'en décharge standard en utilisant des bioréacteurs spécifiques (digesteurs). La récupération du biogaz de décharge est doublement intéressante car le méthane libéré dans l'atmosphère est un gaz à effet de serre bien plus puissant que le dioxyde de carbone ($CO_2$) produit par sa combustion ;
- boues des stations d'épuration : la méthanisation permet d'éliminer les composés organiques et permet à la station d'être plus ou moins autonome en énergie ;
- Effluents d'élevages : la réglementation rend obligatoire les équipements de stockage des effluents (lisier, fumier) pour une capacité supérieure à 6 mois. Ce temps de stockage peut être mis à profit pour la méthanisation des effluents. Il s'agit des déjections animales mais aussi des autres déchets agricoles : résidus de culture et d'ensilage, effluents de laiteries, retraits des marchés, gazons etc. ;
- Effluents des industries agroalimentaires et restauration collective. Le but est principalement d'éviter le rejet de matières organiques trop riches ;
- Fond des lacs et marais : le biogaz y est produit naturellement par les sédiments organiques qui s'y accumulent. L'utilisation du biogaz du lac Kivu a été entreprise il y a plus de 40 ans et maintenant développée à grande échelle.

La nature des intrants (matières organiques digérées) a un impact non négligeable sur la qualité du produit final. On peut évaluer cette qualité à travers le potentiel méthanogène des matières premières.

Pour produire le biogaz de façon artificielle, il est souvent nécessaire de modifier les matières premières (pré-traitement), par broyage par exemple. Leurs conditions de stockage doivent être contrôlées pour limiter la déperdition de matière organique. La fermentation dans le digesteur peut se faire dans trois plages de température différentes :

- 15–25 °C : psychrophile
- 25–45 °C : mésophile



Scanné avec CamScanner

- 45–65 °C : thermophile

Les digesteurs mésophiles (à 38 °C) sont les plus utilisés dans les zones tempérées. Après la fermentation, le résidu solide peut être stocké dans un post-digesteur où on récupère à nouveau du gaz combustible.

### Co-produit

La fermentation des intrants produit aussi un résidu plus ou moins visqueux, nommé digestat. Riche en azote, potassium et autres nutriments essentiels, partiellement hygiénisé du fait de la fermentation à haute température, il peut être épandu sur les sols agricoles comme engrais. Il est débarrassé de nombreux pathogènes et de la totalité des semences de « mauvaises herbes » qu'il pouvait contenir. Il peut aussi être composté pendant quelques mois et devient alors du méthacompost.

### Usages

Le biogaz peut être transformé en différents vecteurs énergétiques : chaleur, électricité ou biométhane. La chaleur seule est obtenue en brûlant le gaz dans des chaudières à gaz qui doivent être adaptées à la plus faible proportion de méthane dans le biogaz que dans le gaz naturel, et dont le rendement atteint au plus 90%.

### Cogénération

La combustion dans un moteur à gaz ou une petite turbine permet de produire de l'électricité injectée sur le réseau, et souvent de la chaleur en cogénération, mais une trigénération (production de froid) est aussi possible.

Le rendement d'exploitation d'une cogénération chaleur-électricité est au mieux de 70 %, soit 30 % de pertes. L'utilisation de la chaleur est souvent saisonnière et requiert une certaine proximité avec les utilisateurs et la création d'un réseau de distribution. Il est également possible de fournir du froid grâce à des procédés d'absorption de chaleur. Dans le monde agricole, la chaleur peut servir pour les serres (avec enrichissement en $CO_2$).

### Injection de biométhane

Le biogaz peut être épuré pour en éliminer le dioxyde de carbone et le sulfure



Scanné avec CamScanner

La consommation de gaz est aussi saisonnière mais en général l'injection est possible sur les réseaux toute l'année, à part dans certains cas, quelques jours ou semaines en été, où la consommation est plus faible et donc le réseau est saturé. Par l'injection, la production de biométhane en été trouve un débouché que ne trouve pas toujours la chaleur de cogénération.

**Méthode de séparation membranaire :**

Les **méthodes de séparation membranaire** sont un procédé de séparation de fluides utilisant comme agent séparant une membrane synthétique qui est une couche mince de matière. L'épaisseur d'une membrane peut varier de 100 nm à un peu plus de 1 cm. Elle permet l'arrêt ou le passage sélectif de certaines substances dissoutes ou non dans un mélange, entre les deux milieux qu'elle sépare. La partie du mélange retenue par la membrane est appelée *rétentat* (ou *concentrat*) alors que celle qui traverse cette dernière est appelée *perméat*. La séparation se fait sous l'action d'une force motrice de transfert selon un mécanisme de séparation défini. Les caractéristiques des membranes sont déterminées par deux paramètres : la perméabilité et la sélectivité.

**Composés séparés par les membranes**

Les mélanges à séparer peuvent être :

- Homogènes : liquides miscibles ou gaz-gaz (perméation gazeuse...).
- Hétérogènes : liquides non miscibles, liquide-solide, liquide-gaz.

Selon leur taille :

Scanné avec CamScanner

continu ou en discontinu. Selon le mode de passage du fluide à travers la membrane, les procédés de séparation membranaires sont classés en :

- frontales (*dead-end filtration*) : le flux du produit alimenté est perpendiculaire au filtre ;
- tangentielles : le flux du produit alimenté est parallèle au filtre, trois possibilités se présentent :
  - Co-courant
  - Contre-courant
  - Courants croisés

Co-current flow  Counter-current flow  Cross flow

Scanné avec CamScanner

| Membrane | Sources du transfert | Méthodes | Matières séparées |
|---|---|---|---|
| Poreuse | La différence de la taille des composants par rapport à celle des pores de la membrane | MF, UF, NF, FP, FC | Macromolécules, colloïdes, particules |
| Dense | L'affinité de la membrane pour les molécules à séparer (sorption) et la facilité de ces molécules à diffuser à travers la membrane (diffusion) | PV, OI, PdV | Gaz, sels |
| Dense échangeuse d'ions | D'une part l'interaction ionique entre les ions de la membrane et ceux des mélanges à séparer et, d'autre part, l'action d'un champ électrique | Techniques électro-membranaires | Ions |

t aussi résulter d'une combinaison de ces différents mécanismes.

ur origine, les membranes peuvent être issues de matériaux naturels biologiques), artificiels (naturels modifiés chimiquement) ou synthétiques.

osition, les membranes peuvent être :



Scanné avec CamScanner

- Solides, liquides (un solvant ou une émulsion non-miscible sépare deux solutions d'un même solvant) ou mixtes (liquides supportées par un solide poreux).
- Inorganiques (céramique, verre ou métal), organiques (polymère réticulé ou non réticulé) ou mixtes (inorganiques et organiques).
- Homogènes (un seul matériau) ou hétérogènes (composites…). Les membranes composites sont généralement composées de deux matériaux, le premier poreux (épaisseur de 50 à 100 µm) garantissant la résistance mécanique de la membrane et le second dense (épaisseur de 10 à 100 nm) assurant la perméabilité de cette dernière.
- Neutres ou ionophores (dialyse ionique, PD, ED...). Les membranes ionophores comportent des charges électriques et sont capables d'échanger des ions de signe opposé à leurs charges fixes. On distingue les membranes perméables aux anions, aux cations ou aux deux (membranes amphotères).
- Hydrophiles ou hydrophobes. Les membranes organiques sont hydrophobes par nature. Le caractère hydrophile dépend essentiellement des groupes ionisés ou polaires des polymères utilisés. La liste suivante présente des polymères utilisés dans les membranes, du plus hydrophobe au plus hydrophile : polysulfone, PVDF, cellulose, polyamide aromatique, polyéther sulfone, cellulose régénéré.

Selon leur géométrie, les membranes peuvent être planes, tubulaires, spiralées ou en fibres creuses.

Selon leur morphologie, les membranes peuvent être :

- Symétriques (isotropes) ou asymétriques (anisotropes). Les membranes anisotropes ont une épaisseur d'environ 0,2 mm et sont formées par une très fine couche de film sélectif dont l'épaisseur est de l'ordre de 0,2 µm (la vraie membrane), supportée par une structure poreuse rigide, résistant à des pressions élevée d'environ 30 bars.
- Amorphes ou semi-cristallines.
- Denses, poreuses ou granulaires (filtration de l'eau sur du sable, de l'anthracite ou du charbon actif) :

Scanné avec CamScanner

## Avantages

Les méthodes de séparation membranaire permettent de travailler dans les condition favorables suivantes :

- Une température modérée favorable à la séparation de composés thermosensibles.
- Un caractère compact et modulaire des installations et donc une construction su mesure par ajout d'éléments standards et une maintenance relativement souple.
- Une extraction de produits en continu de milieux entièrement isolés de l'extérieur par l film séparateur et donc l'élimination de toute contamination croisée entre l'amont e l'aval.
- Une sélectivité élevée.
- Un coût d'exploitation modéré.
- Un temps de séparation relativement court.

Scanné avec CamScanner