

I.1. Généralités sur les eaux

I.1.1. Répartition de l'eau sur Terre

La Terre est la planète la plus fortunée du système solaire : elle est en effet la seule à posséder autant d'eau sur sa surface et dans son atmosphère. On la surnomme même **la planète bleue** depuis qu'elle est ainsi apparue aux premiers astronautes qui ont pu l'observer à distance. L'eau est très abondante sur notre planète. Elle est même probablement l'une des ressources les plus abondantes de la Terre.

Mais elle est très **inégalement répartie** sur la surface du globe et seule une part limitée de toute cette eau est réellement directement disponible pour notre consommation.

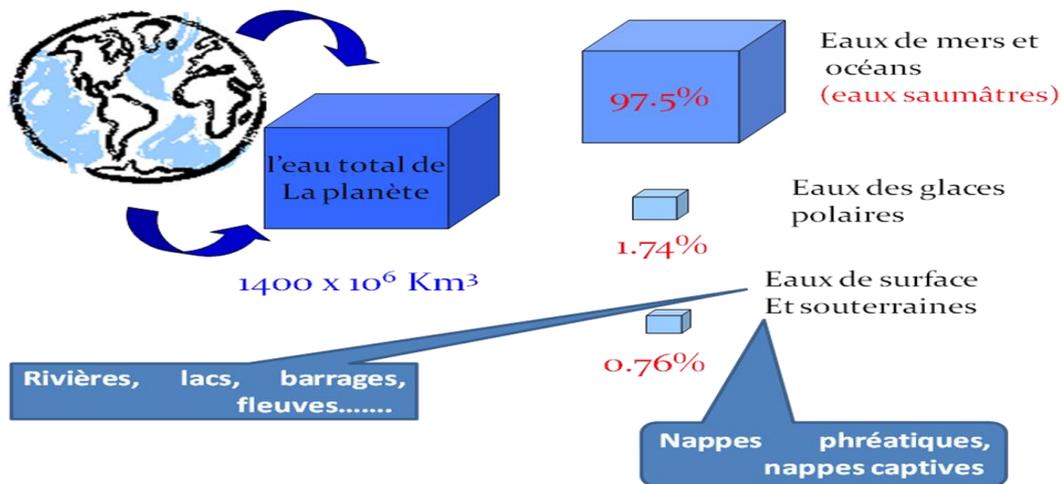


Figure I.1: Répartition de l'eau sur Terre

La croissance démographique, l'amélioration de la qualité de vie des populations et le développement des activités industrielles mènent à une forte demande de l'eau de consommation.

La figure suivante montre la consommation annuelle de l'eau par secteur d'activité dans le monde.

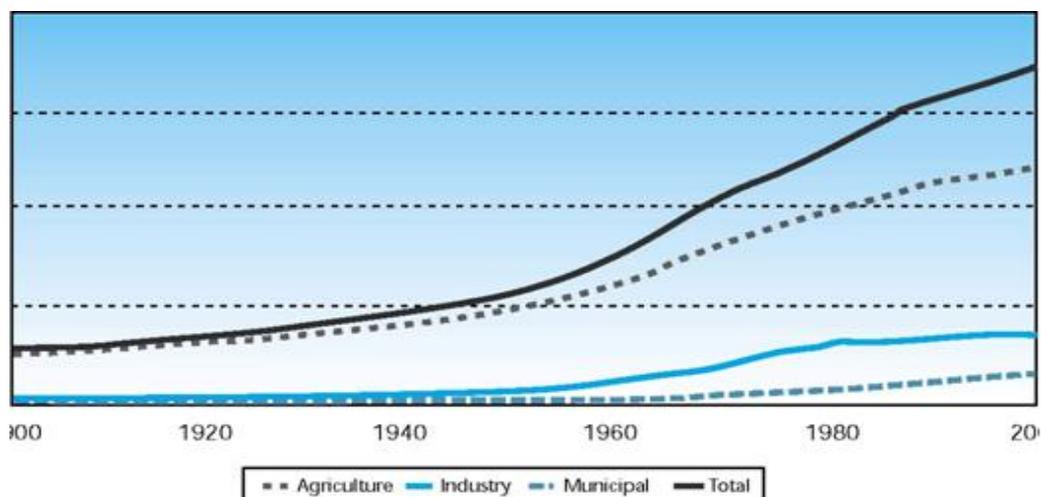


Figure I.2 : Consommation annuelle de l'eau par secteur (1900–2000)

I.1.2. Cycle de l'eau

En moyenne sur l'année et sur l'ensemble du globe terrestre, 65% des précipitations qui arrivent à terre s'évaporent, 24% ruissellent et 11% s'infiltrent.

Sur la Terre, l'eau est la seule substance que l'on trouve dans ses trois phases à l'état naturel : solide (glace, neige), liquide (eau liquide) et gazeux (vapeur d'eau).

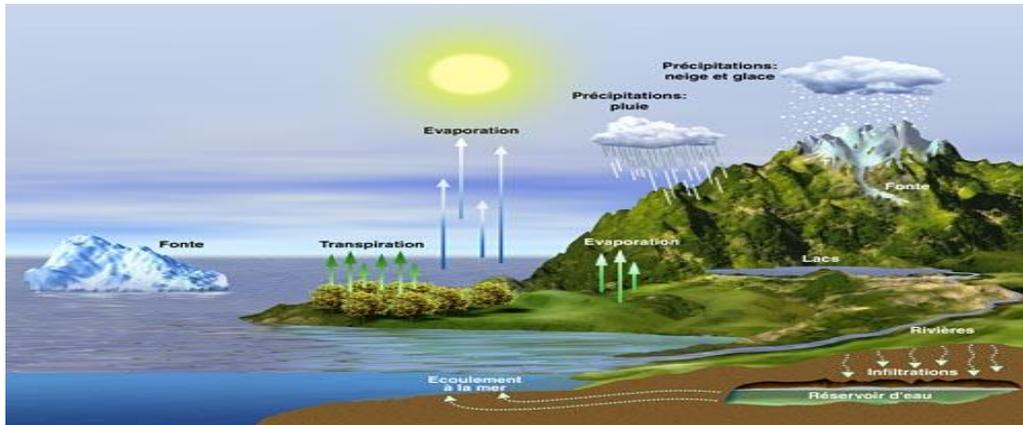


Figure I.3 : Cycle de l'eau

﴿وَأَرْسَلْنَا الرِّيَّاحَ لَوَاقِحَ فَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ﴾ [الحجر: 22]

(Et Nous envoyons les vents fécondsants ; et Nous faisons alors descendre du ciel une eau dont Nous vous abreuons et que vous n'êtes pas en mesure de conserver).

L'évaporation : chauffée par le soleil, l'eau des océans, des rivières et des lacs s'évapore et monte dans l'atmosphère.

La condensation : au contact des couches d'air froid de l'atmosphère, la vapeur d'eau se condense en minuscules gouttelettes qui, poussées par les vents, se rassemblent et forment des nuages.

Les précipitations : les nuages déversent leur contenu sur la terre, sous forme de pluie, neige ou grêle.

Le ruissellement : la plus grande partie de l'eau tombe directement dans les océans. Le reste s'infiltré dans le sol (pour former des nappes souterraines qui donnent naissance à des sources) ou ruisselle pour aller grossir les rivières qui à leur tour vont alimenter les océans.

Et le cycle recommence...

I.2. Caractéristiques des eaux naturelles

I.2.1 Définition

Le terme « eau » s'applique à différents milieux, qu'il convient de préciser dans chaque cas. Il faut en effet distinguer:

- L'eau chimiquement pure, sont constituée à 100 % de molécules H_2O (une telle eau appartient encore au domaine théorique, en particulier, aucun récipient n'est parfaitement inerte du point de vue chimique) ;
- Les eaux naturelles: sont des eaux contenant naturellement des substances en solution (minérales : sels ; gaz ; matières organiques) et en suspension (colloïdes minéraux et organiques ...) ; elles sont classées suivant :
 - Leur origine : eaux de pluie ; eaux douces continentales superficielles, courantes (fleuves, ...) ou stagnantes (lacs..) ; eaux souterraines (nappes phréatiques..) ; eaux salées des mers et des océans ; eaux saumâtres souterraines ou de surface,
 - Leur utilisation : eaux brutes (avant traitement) ; eaux traitées : eaux potables (ou de consommation, ou du robinet) ; eaux industrielles (de procédé, de chaudières, de refroidissement...) ; eaux recyclées ; eaux embouteillées (minérales, de source ou de table,) ; eaux thermales ;
- Les eaux usées (ou résiduaires), urbaines ou industrielles.

D'autre part, on compare les eaux douces et les eaux dures suivant leur teneur en calcium et en magnésium : il existe donc deux acceptions pour le terme « eaux douces », suivant que l'on les oppose aux eaux salées des mers et des océans ou aux eaux à dureté élevée.

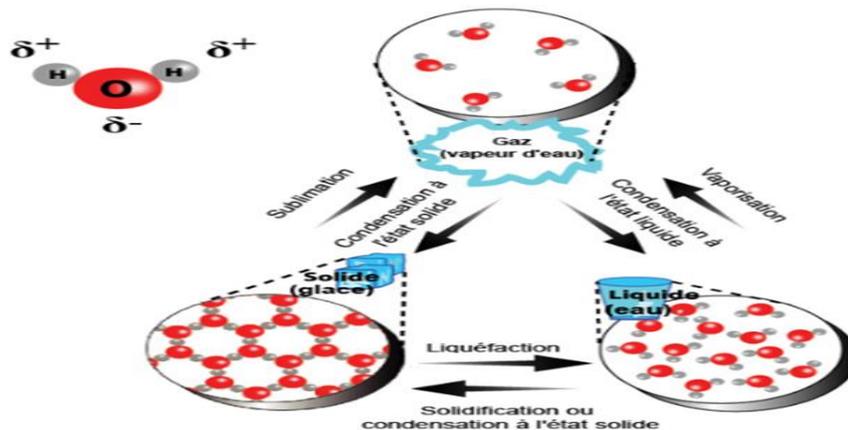


Figure I.4: Les états de l'eau

I.2.2 Caractéristiques naturelles

L'eau dans la nature est un milieu vivant qui renferme bien d'autres choses que des molécules H_2O ; deux atomes d'hydrogène pour un atome d'oxygène. L'eau pure n'existe pas à l'état naturel. Elle contient toujours quelque chose, parce qu'elle se charge très rapidement de divers éléments plus ou moins indésirables au contact des milieux qu'elle traverse.

L'eau à l'état naturel, superficielle ou souterraine, contient :

- ✓ Des matières dissoutes provenant des terrains traversés (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, sulfates, chlorures),

- ✓ Des particules d'argile en suspension qui forment une "éponge" absorbante susceptible d'attirer des bactéries et des molécules,
- ✓ Des bactéries qui prolifèrent dans le milieu aquatique,
- ✓ Des matières organiques provenant du cycle de décomposition des végétaux et des animaux.

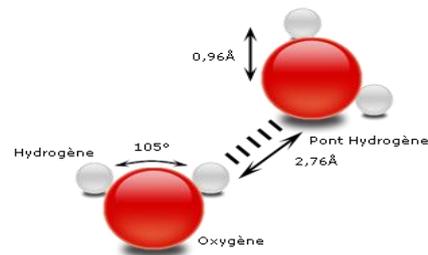
Ainsi, une eau souterraine non polluée peut présenter une odeur ou un goût désagréable, devenir trouble, contenir des particules filamenteuses.

Dans les eaux superficielles, sous l'effet du soleil, de l'oxygène ou de la chaleur, les bactéries peuvent se développer.

I.2.2.1. Propriétés chimiques de l'eau

La molécule d'eau est composée d'un atome d'oxygène entre deux atomes d'hydrogène disposés en V avec un angle de 105° .

L'électronégativité plus forte de l'oxygène provoque la formation d'un dipôle, l'oxygène est chargé négativement et les atomes d'hydrogène positivement. Des ponts hydrogène ou liaisons hydrogène se créent entre les différentes molécules d'eau grâce à cette polarisation.



Ces liaisons sont responsables entre autres de la température élevée d'ébullition et de fusion, de la tension superficielle élevée, de la flottaison de la glace sur l'eau... Une autre conséquence de la polarité de la molécule est la qualité de l'eau comme solvant pour les composés polaires et ioniques. Les molécules d'eau forment des coques autour des ions et permettent la dissolution des corps ioniques.

L'eau possède une grande stabilité, qui associée aux propriétés électriques et à la constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides et surtout solide. La solvatation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre.

I.2.2.2. Propriétés physiques

- **La Température d'ébullition:** anormalement élevée, si on la compare avec celle des composés de masse moléculaire du même ordre et possédant plusieurs atomes d'hydrogène. Dans les conditions normales elle est de 100°C .
- **La masse volumique:** elle varie avec la température et la pression, mais aussi avec la teneur en sels dissous. L'eau a une masse volumique de 1g/cm^3 .
- **La viscosité:** elle diminue lorsque la température croît ; par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures.
- **La tension superficielle:** elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface. Elle est extrêmement élevée ; égale à 73 erg/cm à 18°C . ($1\text{ erg} = 100\text{ nJ}$).

➤ **La conductivité électrique:** l'eau est légèrement conductrice. Cette conductivité très faible, mais jamais nulle est expliquée par une légère dissolution de la molécule d'eau selon l'équation chimique : $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$, Elle est exprimée en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

I.2.2.3 Propriétés biologiques de l'eau

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des être vivants. Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges ; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants.

I.3. Normes de qualité des eaux destinées à la consommation

Les normes de potabilité sont l'ensemble des critères organoleptiques, physiques, chimiques, toxiques, éléments indésirables et bactériologiques que doit respecter une eau pour pouvoir être offerte à la consommation humaine.

Les normes s'appuient en général sur les travaux médicaux établissant les doses maximales admissibles (DMA), c'est-à-dire la quantité de telle ou telle substance qu'un individu peut absorber sans danger quotidiennement tout au long de sa vie.

Sur cette base, on calcule la quantité maximale qui peut être apportée par l'eau, en prenant une confortable marge de sécurité.

Les normes portent sur :

I.3.1. La qualité microbiologique

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni pathogène.

I.3.2. La qualité chimique

Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites « indésirables » ou « toxiques ». Elles sont recherchées à l'état de trace (millionième de gramme par litre). Ces normes sont établies sur la base d'une consommation journalière normale, pendant toute la vie.

I.3.3. La qualité physique et gustative

L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable. Cependant, une eau qui ne satisfait pas pleinement à ces critères ne présente pas forcément de risque pour la santé.

I.3.4. Norme Algérienne

Le décret exécutif n°11-125 du 17 rabie ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine couvre toutes ses qualités et est inspiré des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives aux eaux et des normes prescrites dans les directives de la communauté Économique Européenne (CEE).

Les valeurs limites et les valeurs indicatives des paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine sont en annexes.

I.4. Usages de l'eau et leur exigence

L'eau est utilisée en milieu urbain d'abord comme élément vital pour les besoins physiologiques, puis comme moyen de lavage, comme solvant pour divers besoins domestiques et publics, et enfin comme évacuateur de déchets.

Dans une évaluation des besoins en eau des centres urbains, il faut opposer nettement les besoins domestiques, propres à l'individu et les besoins publics, correspondant à sa vie en société. Par suite des conditions de distribution, toute l'eau fournie est potable, alors que certains besoins domestiques et publics n'exigeraient pas une eau de qualité aussi importante. Par contre, dans le cas de la consommation d'eau pour la boisson, une redoutable concurrence s'est instaurée dans maints pays développés entre eau potable et eau minérale.

I.4.1. Eau domestique

Aux besoins domestiques directs (100 l/j/h) s'ajoutent donc des besoins d'au moins 200 l/j/h, soit un total de 300 l/j/h, soit 110 m³/habitant/an environ. Ces besoins sont largement dépassés dans les grandes agglomérations et ils se répartissent en trois parts égales : celle des ménages, celle des commerces et des autres usagers collectifs, celle des services municipaux (les besoins domestiques et publics atteignent ainsi de 400 à 900 l/j/h).

On peut citer avec des réserves 836 l/j/h à Boston, 647 l/j/h à Montréal, 606 l/j/h à Oslo, 565 l/j/h à Monaco, 500 l/j/h à Paris, 481 à Tokyo.

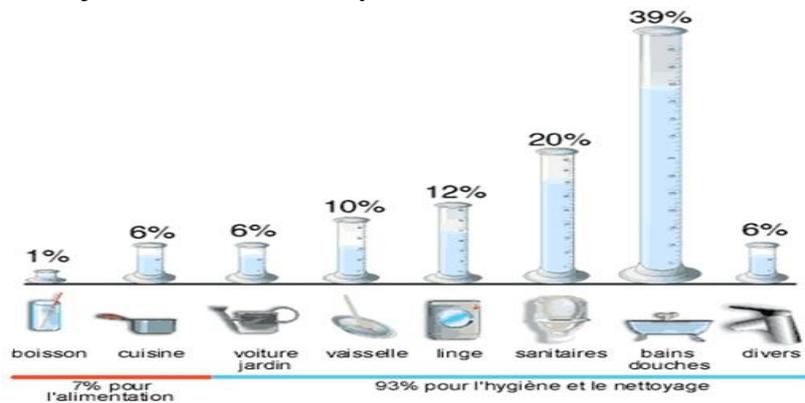


Figure I.5: Usage domestique de l'eau

Ces eaux ne sont distribuées qu'après traitement, trois facteurs déterminent le choix d'un traitement :

- La quantité: La source doit couvrir la demande, en toute circonstance.
- La qualité: La qualité de l'eau brute dont on dispose doit être compatible avec la législation en vigueur.
- L'économie: Le coût d'investissement et de fonctionnement du procédé de traitement relatif à chacune des ressources disponibles est déterminant lors de la prise d'une décision.

Il faut signaler que les établissements distributeurs des eaux de consommation sont responsables de la conformité de ces eaux aux normes jusqu'à leurs arrivées au consommateur.

I.4.2. Eaux industrielles

La qualité et la quantité des eaux utilisées dans l'industrie sont très variables, elles dépendent du type de l'entreprise productrice et de sa taille. Une eau qui va entrer dans un cycle de refroidissement d'une chaudière est moins exigeante que l'eau utilisée dans l'industrie électronique.

Tableau I.1 : Principales utilisations industrielles de l'eau et sources d'eau possibles

Utilisation		Sources d'eau acceptables (souvent après un traitement adéquat)
Eau de fabrications nobles	<ul style="list-style-type: none"> - Agroalimentaire - Pharmacie - Papiers blancs - Textiles - Teintureries - Chimie 	<ul style="list-style-type: none"> - Eau moyennement minéralisée - Eau potable - Eaux de forage - Eaux de surface peu polluées
Eau déminéralisée	<ul style="list-style-type: none"> - Pharmacie - Chaudières - Préparation des bains divers - Rinçages en galvanoplastie - Eau ultra pure - Dessalement par osmose inverse 	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux de forage - Eaux de surface peu polluées
Eau de refroidissement en circuit semi-ouvert	<ul style="list-style-type: none"> - Réfrigération atmosphérique 	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux de surface pauvres en Cl⁻ - Effluents après traitement tertiaire
Eau de refroidissement en circuit ouvert	<ul style="list-style-type: none"> - Condenseurs et échangeurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux de surface - Eaux de mer - Effluents après traitement
Eau de lavage de gaz ou produit de transport	<ul style="list-style-type: none"> - Lavage gaz métallurgique et incinération - Lavage charbon 	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux de surface tamisées et prédécantées - Effluents secondaires

I.5. Schéma type d'une station de traitement

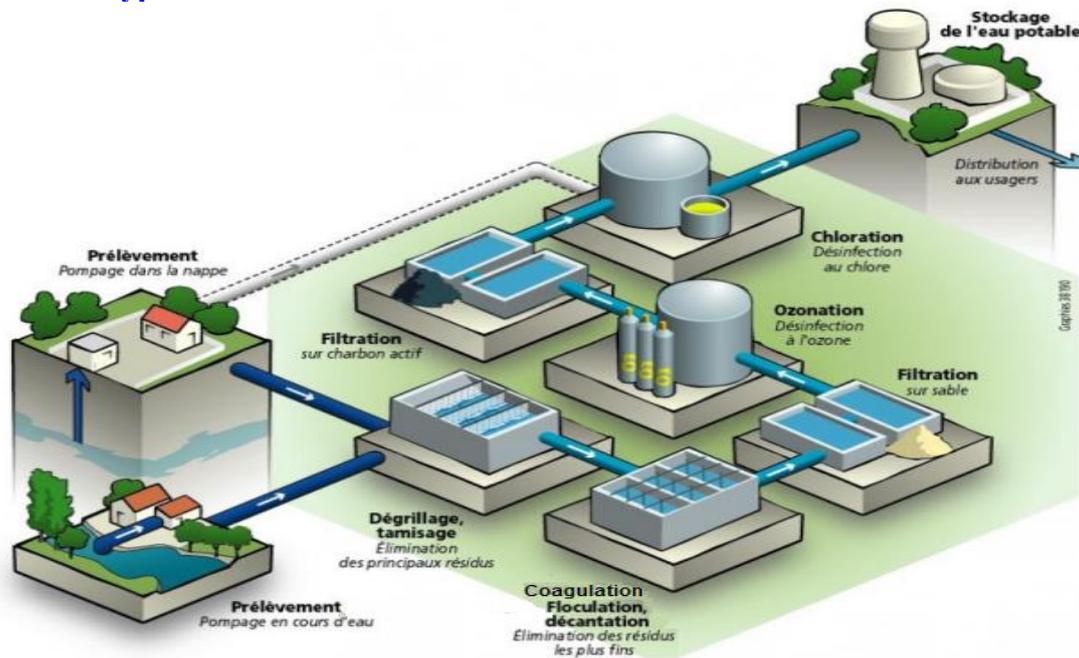


Figure I.6: Schéma type d'une station de traitement

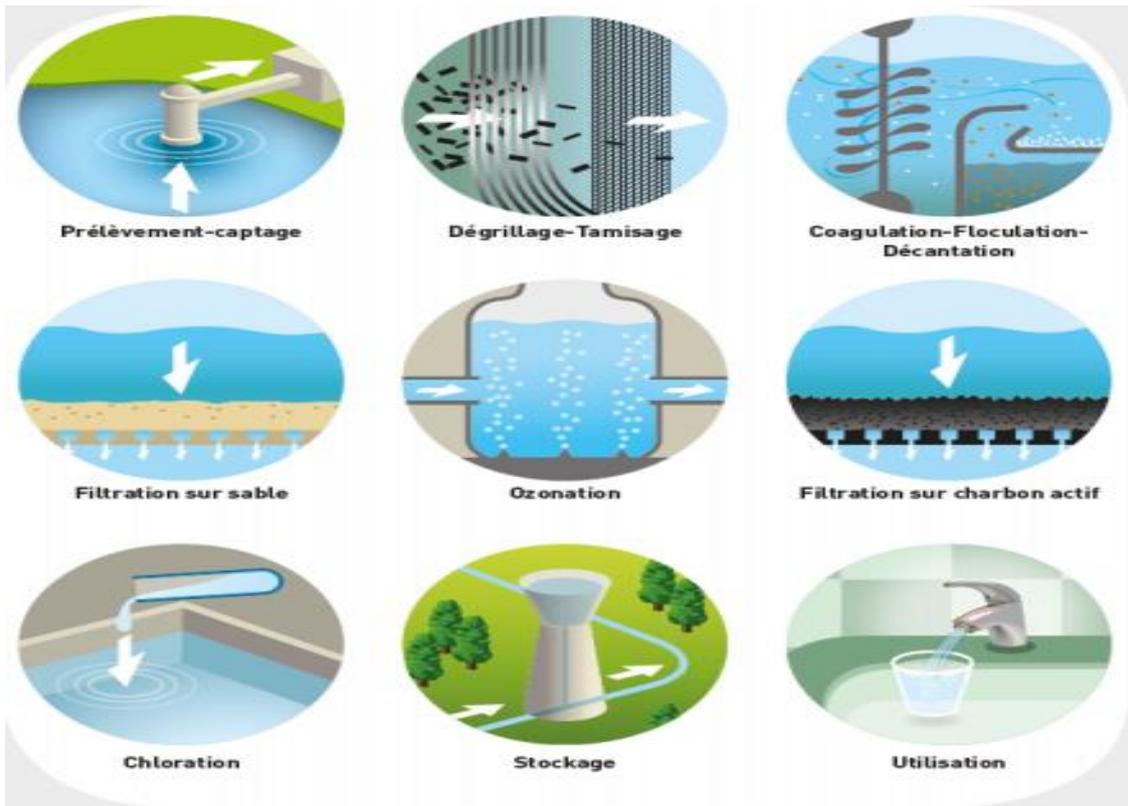


Figure I.7: Principes des différentes opérations du traitement