



N°Réf :.....

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila

Institut des Sciences et de Technologie Département de sciences et Technique

Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme LICENCE ACADEMIQUE En Hydraulique

Spécialité : Sciences Hydrauliques

Thème Les différents procédés de traitement des eaux Potable

Préparé par :

- AMIMOUR YASSINE
- SAHRAOUI AHMED

Dirigé par :

Mr : MOUSSOUNI A.

Année Universitaire : 2014/2015

Remerciements

Nous tiens tout d'abord à remercier Monsieur A. Moussouni enseignant en la faculté des sciences et de technologie de centre universitaire de Mila qui nous a offert cette chance de travailler avec lui sur un sujet très important, Grâce à ces suggestions et à son suivi continu. Nous vous exprimons tout notre respect.

Nous remercions également monsieur Kemoukhi S. chef de département de science et technologie qui travaille beaucoup pour nous et favorise tous les conditions favorable d'étudier et augmenter la science.

Nos remerciements tous mes amis (es) de la promotion de licence d'hydraulique 2014-2015

En fin, que toutes les personnes qu'ils m'ont idées de près ou de loin pour l'élaboration de ce travail soient vivement remerciées.

Dédicace

Je dédie fruit de mon travail :

*Aux deux plus chère être dans ma vie,
Ma mère et mon père.*

A mes sœurs et mes frères.

A toute la famille Amimour

Et Sahraoui

A tout mes amis.

A tout mes collègues de la promotion 3ème année

Liste des figures :

Page

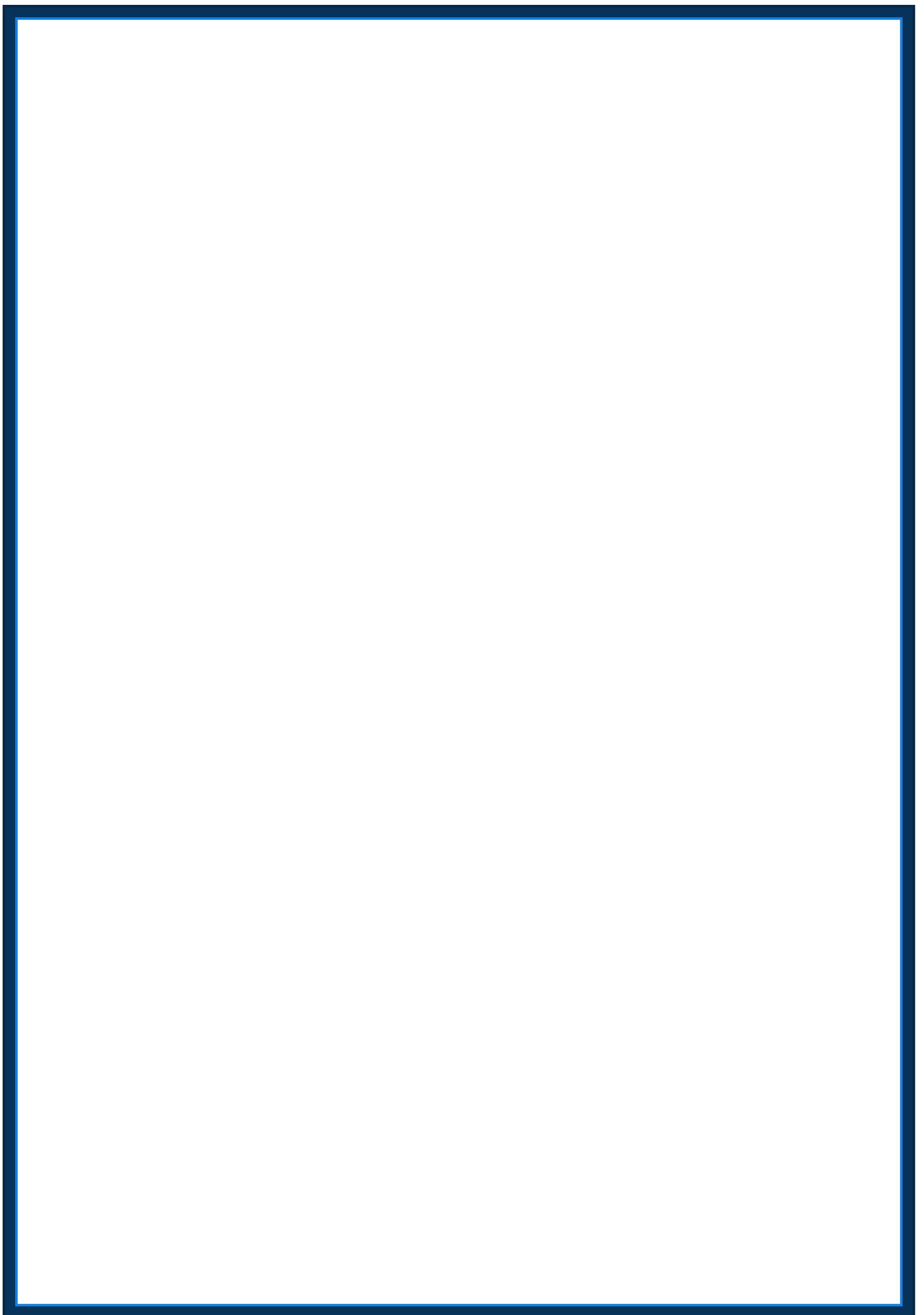
Figure1: Cycle de l'eau.....	02
Figure 2 : Schéma du principe du fonctionnement d'une membrane sélective.....	31
Figure 3 : Schéma du principe de l'osmose inverse (Daufin, René et Aimar, 1998).....	32
Figure 4 : membrane en spirale	34
Figure 5 : membrane céramique	34
Figure 6 : membrane en acier inoxydable	34
Figure 7 : membrane tubulaire.....	34
Figure 8 : membrane à fibres creuses.....	35
Figure 9 : plaque et joints	35

Liste des tableaux :

Page

Tableau 1 : TH (°f) traduit la dureté d'une eau. 11

Tableau 2 : Dérivés des sels d'aluminium et de fer.....21



Liste des abréviations

°F : degré française.

C° : degré su suce.

D : diamètre.

DBO5: demande biochimique en oxygène en cinq jours.

DCO : demande chimique en oxygène.

H⁺: atome d'hydrogène.

H₂O : molécule d'eau.

H₂S : sulfure d'hydrogène.

m/h : mètre par heure.

m³ : mètre cube.

m³/h: mètre cube par heure.

m³/j : mètre cube par jour.

me /l: milli équivalent par litre.

MES : matière en suspension.

mg /l : milligramme par litre.

mg : milligramme.

MO : matière organique.

NH₄ : Ammoniac.

NO₂⁻ : Nitrite.

NO₃⁻ : Nitrate.

NTU : unité néphélométrique de turbidité.

Sommaire

Page

CHAPITRE I : Généralités sur l'eau.....	01
Introduction	02
I-2- Cycle de l'eau.....	02
I-3- D'efférentes sources des eaux brutes.....	03
I-3-1- Eaux de pluie.....	03
I-3-2- Eaux de surface.....	03
I-3-2-1- Eaux de rivière (partie amont)	03
I-3-2-2- Eaux de rivière (partie aval).....	04
I-3-2-3- Eaux de lac.....	04
I-3-2-4- Eaux de mer.....	04
I-3-3- Eaux souterraines.....	05
I-4- Pollution de l'eau.....	05
I -4- 1- Définition	05
I -4- 2- Les différentes pollutions de l'eau.....	06
I-5- Les Paramètre de qualités de l'eau.....	06
I-5- 1- Les paramètres organoleptiques.....	06
I-5- 2- Les paramètres en relation avec la structure de l'eau.....	06
I-5- 3- Les paramètres indésirables.....	06
I-5- 4- Les paramètres toxiques	07
I-5- 5- Les paramètres microbiologiques.....	07
I-5- 6- Les paramètres concernant les pesticides et produits apparentés.....	07
I -6-Contrôle des paramètres de qualité.....	08
I -6-1- paramètres organoleptiques.....	08
I -6-1- 1- Odeur et saveur.....	08
I -6-1- 2- Couleur.....	08
I -6-1- 3-Turbidité.....	09
I -6-2- Les paramètres physico-chimiques	09

I -6-2-1-Température.....	09
I -6-2-2- Ph.....	10
I -6-2-3-Conductivité.....	10
I -6-2-4-Oxygène dissous.....	10
I -6-2-5 -Matières en suspension	10
I -6-2-6-Résidu sec	10
I -6 -3-La minéralisation globale.....	11
I -6 -3-1-Dureté totale.....	11
I -6 -3-2- Titre alcalimétrique (TA).....	11
I -6 -3-3- Titre alcalimétrique complet(TAC).....	11
I -6 -3-4 -Chlorures.....	11
I -6 -3-5- Calcium.....	12
I -6 -3-6- Sodium.....	12
I -6 -3-7- Potassium.....	12
I -6 -3-8- Magnésium.....	12
I -6 -3-9- les sulfates.....	13
I -6 -4-Les paramètres indésirables	13
I -6 -4-1-Fer et Manganèse.....	13
I -6 -4-2-Aluminium.....	13
I -6 -5-Les paramètres de pollution.....	14
I -6 -5-1-Les matières organiques.....	14
I -6 -5-2-La demande biologique en oxygène (DBO 5).....	14
I -6 -5-3-La demande chimique en oxygène(DCO).....	14
I -6 -5-4- L'azote ammoniacal.....	14
I -6 -5-5- Phosphates.....	15
I -6 -6-Les paramètres bactériologiques.....	15
Conclusion	16

CHAPITRE II : Les procédés de traitement des eaux potables

II- Introduction.....	18
II-1-1- Le prétraitement (Préoxydation).....	18
II -1-1-1- Le prétraitement chimique	18
II -1-1-1 Peroxydation par le chlore.....	18
II -1-1-2-Peroxydation par les chloramines.....	19
II -1-1-2-Préoxydation par le dioxyde de chlore.....	19
II -1-1-3-Préoxydation par le permanganate de potassium.....	19
II -1-1-4-Préoxydation par le permanganate de potassium.....	20
II – 2- Les procédés physiques et chimiques	20
II – 2 - 1- Le procédé de la coagulation.....	20
II – 2- 1-1es colloïdes.....	20
II – 2- 1-1- Les réactifs utilisés.....	21
II – 2 - 1-3- Paramètres influençant le bon fonctionnement du procédé de coagulation	22
a- Influence du Ph	22
b- Influence de la dose du coagulant.....	22
c- Influence de la température.....	22
d- Influence de la turbidité.....	22
II– 2 -2- Le procédé de floculation.....	22
II– 2 -2-1- Les paramètres influençant sur le bon fonctionnement sur la floculation.....	23
II– 2 -2-2 -Floculant (adjuvants de coagulation) et processus de floculation... ..	23
II – 2-3- le procédé de la décantation.....	24
a-Classification des matières décantables.....	24
b-Types de décantation.....	24
II – 2-3-2 1- Décantation de particules discrètes	25
II – 2-3-2 2- Décantation de particules floculantes.....	25
II – 2-3-2 3- Décantation freinée.....	25

II – 2-3-2 4- Décantation en compression de boues.....	25
II – 2-4- Le procédé de filtration.....	25
II – 2-4-1-Matériaux filtrants.....	26
II – 2-4-2-La filtration biologique.....	26
a- Biofor (Biological Filtration Oxygenated Reactor).....	26
b- Adsorption sur charbon actif.....	27
c- Le filtre à charbon actif.....	27
Principe de fonctionnement des filtres CAG.....	27
1-Les mesures de perte de charge.....	27
2-Lavages des filtres.....	27
II – 2-5- Le procédé de désinfection.....	28
II – 2-5- 1- Le chlore.....	28
II – 2-5- 2- l’ozone.....	28
II – 2-5- 3- Le rayonnement UV.....	29
a- Les avantages de l’ultraviolet.....	29
b- Les désavantages de l’ultraviolet.....	30
Conclusion.....	30
II-2-6-Procédés membranaire.....	30
Introduction.....	30
II-2-6-1- Les Techniques séparatives à membranes utilisées dans le traitement des eaux.....	31
II-2-6-1-1- L’osmose inverse	31
II-2-6-1-2 Nanofiltration.....	32
II-2-6-1-3-L’ultrafiltration.....	32
II-2-6-1-4-Microfiltration.....	32
II-2-6-2 Type de membranes	33
4-Les différents systèmes membranaires	35
Conclusion générale.....	36

Introduction Générale

Ces dernières années, l'eau en Algérie connaît un accroissement important, ce qui s'est avéré nécessaire voire indispensable d'utiliser les eaux de surface. Il fallait donc mobiliser toutes les ressources en eau possibles ; rentabiliser les barrages existants et surtout en construire.

Dans tous les cas, l'eau mise à disposition du consommateur dans le réseau de distribution doit être traitée, même si l'homme n'en consomme directement qu'une très faible proportion. Il est en effet dangereux pour la santé et économiquement prohibitif d'envisager un double réseau de distribution, l'un des réseaux distribuant l'eau destinée à la consommation et l'autre réseau distribuant l'eau destinée aux autres usages.

Quel que soit l'usage qu'en fera le consommateur, l'eau arrivant au robinet de ce consommateur doit donc être "potable".

Il est nécessaire de traiter l'eau chaque fois que l'un des paramètres analytiques est supérieur aux normes en vigueur dans le pays considéré. L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) établit pour chaque paramètre, des recommandations qui doivent être adaptées dans chaque pays, en fonction de l'état sanitaire et des considérations économiques de ce pays, pour aboutir aux normes réglementaires nationales.

La détermination du traitement demande une étude analytique préalable tendant à la connaissance, d'une part de la nature et de la quantité des corps indésirables à éliminer et, d'autre part, de l'environnement physico-chimique qui peut influencer sur les méthodes à utiliser pour cette élimination.

Dans ce contexte, ce travail consiste à étudier les différents procédés de traitement de l'eau potable qui nous permettra de réduire ces teneurs pour les rendre inférieures à des valeurs (ou pour les amener à l'intérieur d'une fourchette de valeurs) fixées par des normes qui sont en fait des critères de qualité et d'assurer une sécurité parfaite par désinfection.

I-1 Introduction

L'eau est un composé chimique simple, mais il a des propriétés complexes du fait de sa polarisation. Sa formule chimique est H_2O , elle peut être trouvée presque partout sur la terre et essentiel pour tous les organismes vivants connus. [1]

I-2- Cycle de l'eau

L'eau recouvre presque 3/4 de notre planète. L'eau salée (mers et océans) représente l'essentiel du volume total de l'eau, tandis que l'eau douce, dont la majorité se trouve à l'état solide dans les glaces polaires, n'est qu'une infime partie. Ainsi, l'eau douce disponible pour la production d'eau potable pour l'homme ne représente que 1% du volume total de l'eau sur Terre.

Le cycle de l'eau se déroule à la fois sur Terre et dans l'atmosphère. Les rayons chauds du soleil provoquent l'évaporation de l'eau à la surface des mers, ainsi que l'eau contenues dans les sols et les plantes (évapotranspiration).

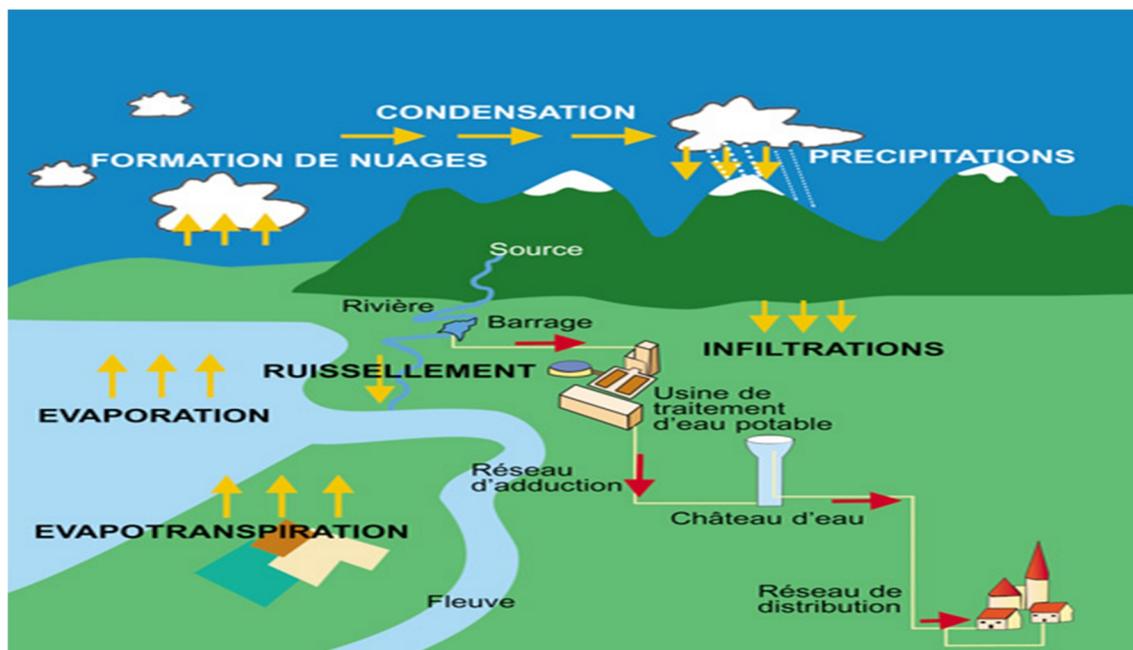


Figure 2: Cycle de l'eau

Cette vapeur en montant dans l'atmosphère plus froide, reforme des petites gouttes qui se rassemblent en nuages (condensation). Ces nuages se déplacent avec le vent et produisent de

la pluie et de la neige (précipitations). Plus de la moitié de cette eau s'évaporent de nouveau. Un quart pénètre dans la terre par infiltration et alimente les nappes phréatiques et les rivières souterraines. Le reste rejoint les cours d'eau, les mers et les océans par ruissellement. Sur la Terre, l'eau existe sous trois formes différentes qui se succèdent perpétuellement

- **Etat liquide** : les rivières, les lacs, les mers, les océans, les nappes phréatiques
- **Etat vapeur** : les nuages qui sont constitués de vapeur d'eau
- **Etat solide** : la neige et la glace

I-3- D'efférentes sources des eaux brutes

On retrouve quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant. [2]

I-3-1- Eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous. Comme les sels de magnésium et de sodium. Elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées. Les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau. . [2]

I-3-2- Eaux de surface

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée.

I-3-2-1- Eaux de rivière (partie amont)

L'amont d'une rivière est en générale situé dans une région montagneuse, ou la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- turbidité élevée. Le régime des rivières étant torrentiel. Les eaux transportent de grandes quantités de matières en suspension.

- contamination bactérienne faible. La pollution causée par l'humain ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante.

- température froide. Ces eaux proviennent soit de sources, soit de la fonte des neiges et des glaciers.

- indice de couleur faible. Ces eaux n'ont eu le temps de dissoudre des matières végétales, principales sources de couleur. . [2]

I-3-2-2- Eaux de rivière (partie aval)

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- contamination bactérienne élevée. Cette contamination est surtout imputable au déversement des égouts domestique et agricoles.

- Contamination organique et inorganique élevée. Les eaux usées domestiques. Agricoles et industrielle contiennent de grandes quantités de matières organiques et inorganiques.

- Indice de couleur pouvant être élevée. Dans beaucoup de cas, les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales qui les colorent.

Signalons que le débit et la quantité des eaux de rivières (amont et aval) peuvent varier en peu complexes pour réagir rapidement à toute modification des caractéristiques des eaux de rivière. . [2]

I-3-2-3- Eaux de lac

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de périodes, la différence de température entre les eaux de surface et les eaux profondes peuvent provoquer un renversement des eaux du lac et augmenter ainsi brusquement la turbidité.

I-3-2-4- Eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations

en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur sinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000. [2]

I-3-3- Eaux souterraines

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps, les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous :

- contamination bactérienne faible. Le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- Turbidité faible.
- Température constante. Les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- Indice de couleur faible. Les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales.
- Débit constant. Contrairement à celles des eaux de rivières, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constant durant toute l'année.
- Dureté souvent élevée. Les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalent (Mg^{2+} , Ca^{2+} , etc.) responsables de la dureté.

Concentration élevée de fer et de manganèse. Ces métaux souvent présents dans le sol. Sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous. [2]

I-4- Pollution de l'eau

I -4- 1- Définition :

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques ; elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique. [8]

I-4- 2- Les différentes pollutions de l'eau

Les origines de la pollution des eaux sont variées et intimement liées aux activités humaines : pollutions domestiques, urbaines, industrielles et agricoles.

Il existe différentes natures de pollution :

- La pollution chimique, présence de substances dissoutes.
- La pollution biologique, présence de bactéries, virus et autres champignons.
- La pollution physique, présence de matières en suspension.
- La pollution radioactive. [8]

I-5- Les paramètres de qualité de l'eau

I-5-1- Les paramètres organoleptiques

Il s'agit de la saveur, la couleur, l'odeur et la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais, par leur dégradation, peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. [4]

I-5-2- Les paramètres en relation avec la structure de l'eau

Ce sont eux qui font l'identité de base de l'eau. Ils sont essentiellement représentés par les sels minéraux (calcium, sodium, potassium, magnésium, sulfates...) ou par des indicateurs plus globaux comme la conductivité électrique qui permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau. [4]

I-5-3- Les paramètres indésirables

Sont dites indésirables certaines substances qui peuvent créer soit un désagrément pour le consommateur : goût (matières organiques, phénols, fer...), odeur (matières organiques, phénols...), couleur (fer, manganèse...), soit causer des effets gênants pour la santé (nitrate, fluor). On surveille donc prioritairement la contamination des eaux par des matières organiques (mesurée par l'oxydabilité au permanganate de potassium, la concentration en ammonium, témoin d'une pollution récente d'origine industrielle ou humaine, la présence de nitrites et de nitrate et la concentration en fer. [4]

I-5-4- Les paramètres toxiques

Une pollution industrielle du captage ou une dégradation des réseaux de distribution peut entraîner la présence d'éléments toxiques dans l'eau, dangereux pour la santé en cas de consommation régulière.

Ils sont essentiellement représentés par les métaux lourds (plomb, nickel, mercure, chrome, cadmium, arsenic...), et par le cyanure. (4)

I-5-5- Les paramètres microbiologiques

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie.

Le dénombrement bactérien consiste à rechercher des bactéries aérobies, c'est-à-dire se développant en présence d'oxygène.

Cette analyse est surtout signification pour l'étude de la protection des nappes phréatiques.

La présence de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination de l'eau par des matières fécales. La présence d'autres coliformes, de clostridium ou de staphylocoques laisse supposer une contamination de ce type. Dans les deux cas, des mesures doivent être prises pour interdire la consommation de l'eau ou en assurer le traitement.[4]

I-5-6- Les paramètres concernant les pesticides et produits apparentés

Souvent due à l'utilisation de produits destinés à la lutte contre les parasites, les insectes ou comme herbicides, la présence de pesticides et des produits apparentés dans l'eau est limitée à des doses infimes, à titre préventif pour la santé. A forte dose, la toxicité sur l'homme (travailleurs exposés professionnellement) et les animaux est largement prouvée. Les pathologies les plus souvent décrites sont des cancers. En revanche, les effets liés à l'ingestion de faibles teneurs, aussi bien l'alimentation que dans l'eau distribuée, restent encore peu connus.

On suspecte les pesticides de "perturber les régulations Hormonales et d'accroître le risque de cancers du sein, de la prostate et de diminuer la fertilité masculine.[4]

I -6-Contrôle des paramètres de qualité

Les paramètres à évaluer dans les analyses physico –chimiques sont présentés dans ce qui suit :

I -6-1- paramètres organoleptiques

I -6-1- 1 Odeur et saveur

Une eau potable de bonne qualité à un bon gout et ne présente pas d'odeur. La saveur dépend essentiellement de la qualité et la nature des corps dissous. Toute odeur est signe de pollution ou de la présence de matière organique et décomposition.

A l'état naturel, une concentration de la minéralisation, introduit un gout plus ou moins accentué dans l'eau. S'il y a absence des sels habituels et d'anhydride carboniques, la saveur de l'eau sera fade, c'est le cas de l'eau des citernes.

Si elle renferme une trop grande quantité de chlorure, l'eau aura une saveur saumâtre. Si elle contient de forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un gout amer. Les mauvais gouts de l'eau ne sont pas graves du point de vue de l'hygiène, mais ils sont désagréables pour l'emploi de cette eau comme boisson.

Pour les méthodes d'analyses ordinaires, les sens olfactifs peuvent seuls dans une certaine mesure les déceler.

- Traitement correcteur

- Aération, -adsorption, -Oxydation, -Filtration,^[4]

I -6-1-2-Couleur

Une eau naturelle même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (Si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le dégrade couleur maximale acceptable est de 15 UCV.

Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire. L'élimination de la couleur 'accompagne également de celles de certaines matières organiques indésirables (précurseurs de composés halo formes). Cette élimination devra alors être effectuée à l'usine de traitement avant l'entrée de l'eau dans le réseau.

Malheureusement la mesure de ce paramètre n'a pas été effectuée à cause du manque de réactif et de matériel d'analyse dans le laboratoire central eauEDM.SA. [5]

I -6-1-3-Turbidité

La turbidité traduit la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau et éveille la méfiance et la répugnance du consommateur. En outre elle nuit au taux de filtration et risque de diminuer l'efficacité de la désinfection, le contact entre les germes pathogènes et l'agent désinfectant étant défavorisé. L'un des débuts primordiaux du traitement est de réduire la turbidité.

L'effet bactéricide est neutralisé et l'acide hypochloreux (HClO) ne se forme pas dans le cas d'une turbidité élevée et contenant des matières organiques.

D'après les normes la turbidité maximale acceptable est de 5 NTU (car elle est alors perceptible), et l'objectif est égal ou inférieur à 1. Les eaux convenablement filtrées et désinfectées ont des turbidités inférieures à 0,5 NTU.

Dans le réseau, une turbidité élevée de l'eau révèle les problèmes suivants :

- Précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau.
- Des précipités formés par l'effet de post-floculation dans le réseau (effort persistant du floculant et polymérisation non achevée), dégradent la qualité organique.

[9]

I -6-2-Les paramètres physico-chimiques

I -6-2-1Température

Pour l'eau potable la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au-dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité.

Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles (5)

Une température élevée peut favoriser des goûts et des odeurs désagréables. De plus elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques.

Les acteurs des eaux peuvent difficilement agir sur la température de l'eau. Les efforts doivent donc se porter sur d'autres paramètres qui évoluent en fonction de la température

I -6-2-2-pH

Le pH ou potentiel Hydrogène de l'eau mesure sa concentration en ion H^+ . Il permet d'avoir une idée globale de la physico-chimie de l'eau. Il traduit son caractère acide ou basique (RODIER, 1975). L'eau potable doit avoir un pH compris entre 6,5 et 8,5 (normes OMS) (6)

Deux méthodes sont utilisées pour mesurer le pH: la méthode colorimétrique à l'aide des tigettes est utilisée pour déterminer le pH afin de comparer les valeurs trouvées avec celles affichées par le multimètre à sonde, et à l'aide d'un pH mètre.

I -6-2-3-Conductivité

Ce paramètre conservatif présente un intérêt pour déterminer des échanges entre masses d'eau, des dilutions ou des concentrations liées à des confinements. C'est un processus du transfert d'électricité dans l'eau, mesuré en $\mu S/cm$. [5]

I -6-2-4-Oxygène dissous

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est liée à plusieurs facteurs en particulier: la température, la pression atmosphérique et la salinité. L'oxygène dissous est aussi fonction de l'origine de l'eau, les eaux superficielles contiennent des quantités relativement importantes alors que les eaux souterraines contiennent que quelques mg. L'oxygène dissous est influencé par la présence de végétaux les matières organiques, des organismes et des germes aérobies...etc.

I -6-2-5-Matières en suspension

On appelle matières en suspension les très fines particules en suspension (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluants, micro-organismes...), qui donnent un aspect trouble à l'eau, (turbidité) et s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique. En trop grande quantité elles constituent donc une pollution solide des eaux.

I -6-2-6-Résidu sec

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes [7]

I -6 -3-La minéralisation globale

I -6 -3-1-Dureté totale

La dureté d'une eau (ou titre hydrotimétrique TH) traduit sa teneur globale en ions calcium (Ca_2^+) et magnésium (Mg_2^+). La dureté d'une eau de rivière dépend essentiellement des terrains qu'elle traverse. Si une eau a une dureté élevée on retrouve rapidement des dépôts de calcaire. La dureté peut également être en relation avec la pollution des cours d'eau, et une eau trop dure incompatible avec la vie aquatique.

Le titre hydrotimétrique TH (°f) traduit la dureté d'une eau :

Dureté Faible	Dureté Moyenne	Dureté Forte
<5 °F	5 à 20 °F	>20 °F

Tableau 1: Le titre hydrotimétrique

I-6-3-2 Titre alcalimétrique (TA)

Le titre alcalimétrique TA témoigne de l'alcalinité d'une eau en prenant en compte la concentration en carbonates et hydroxydes dans l'eau :

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2[\text{CO}_3^{2-}] \text{ en méq/l}$$

I-6-3-3 Titre alcalimétrique complet (TAC)

C'est l'alcalinité totale d'une eau en tenant compte en plus de la teneur en bicarbonates :

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] \text{ en méq/l}$$

Pour déterminer le TA et le TAC d'une eau, on utilise des méthodes volumétriques à savoir des dosages acides bases.

Pour les ph inférieur à 8,3 la teneur en ions OH^- et CO_2 est négligeable ($\text{TA}=0$). (4)

I -6 -3-4-Chlorures

La présence de chlorures dans l'eau de boisson peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux d'égouts et aux effluents industriels, à la pollution provenant du salage des routes et à des intrusions salines.

Une concentration élevée de chlorures affecte le goût de l'eau et accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau. [10]

I -6 -3-5- Calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme de carbonates.

Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonate et en quantité moindre sous forme de sulfates, chlorure...etc. Les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg en (CaCO_3) . Les eaux qui dépassent 500 mg/l de (CaCO_3) présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières.^[4]

I -6-3-6-Sodium

Le sodium est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre. Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques contenant du chlorure de sodium et de la décomposition des sels minéraux.

Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau, il n'y a pas de valeur limite standard, cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable.^[11]

I -6 -3-7- Potassium

La teneur du potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l à telles valeurs, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus.

Certains rejets industriels peuvent augmenter la teneur en potassium dans les eaux ; on cite en particulier les mines de potasse et les usines d'engrais qui peuvent entraîner des quantités relativement importantes de potassium.^[11]

I -6 -3-8- Magnésium

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre, c'est un élément indispensable pour la croissance.

Son abondance géologique et sa grande solubilité ainsi que sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à plusieurs centaines de milligrammes par litre.

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau. ^[4]

I -6 -3-9- les sulfates

Les sulfates sont naturellement présents dans divers minéraux et ont de nombreuses applications commerciales, principalement dans l'industrie chimique. Leur présence dans l'eau peut provenir des effluents industriels et de dépôts d'origine atmosphérique, mais les concentrations les plus élevées se rencontrent généralement dans les eaux souterraines et sont d'origine naturelle.

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toute fois des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale. La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui communiquer un goût perceptible et contribuer à la corrosion du réseau de distribution.^[12]

I -6 -4-Les paramètres indésirables

I -6 -4-1- Fer et Manganèse

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Ces métaux peuvent provoquer une coloration et sont à l'origine de dépôts dans les réseaux. Des corrosions peuvent en résulter. Par ailleurs ils affectent les paramètres organoleptiques comme d'autres métaux cuivre, aluminium, zinc.

Dans les eaux de surface, le fer et le manganèse se trouvent en général à l'état oxyde et précipité ; ils sont donc éliminés par les traitements classiques de clarification. ⁽¹⁰⁾

I -6 -4-2- Aluminium

En général l'aluminium susceptible d'être retrouvé dans l'eau de distribution ne présente pas de caractère de toxicité pour les populations. Lorsqu'il est en solution et en milieu acide, il existe sous forme d' AL^{3+} , dans une solution dont on élève le pH progressivement, il précipite sous forme de tri hydroxyde $AL(OH)_3$ qui se dissout sous forme d'aluminate ALO_2 .

La directive des communautés européennes indique comme teneur de l'aluminium dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 0.05 mg/l et une concentration maximale admissible de 0.2 mg/l. L'OMS retient même valeur limite de 0.2 mg/l. ⁽⁴⁾

I -6 -5- Les paramètres de pollution

I -6 -5-1- Les matières organiques

D'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux et animaux vivant à la surface du bassin versant ou dans la rivière et qui se décomposent après leur mort. Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne, le contenu en éléments organiques carbonés est aujourd'hui considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité microbiologique de l'eau dans le réseau. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur. (9)

Leur teneur est appréciée, le plus souvent, par des tests tels que la réduction du permanganate de potassium en milieu acide et en milieu alcalin.

I -6 -5-2- La demande biologique en oxygène (DBO 5)

C'est la quantité d'oxygène exprimée mg/l, nécessaire aux microorganismes pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée. Par convention la DBO est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation à 20°C.

I -6 -5-3- La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO est un moyen d'apprécier la teneur en matière oxydable dans l'eau usée. Ces matières sont d'origines organiques ou minérales, elles sont oxydées en présence d'un oxydant dans des conditions bien déterminées.

Pour les eaux usées urbaines le rapport DCO/DBO est le plus souvent de 2 à 2,5 plus le rapport est élevé et moins la pollution organique est biodégradable.

I -6 -5-4- L'azote ammoniacal

Cette forme d'azote est assez souvent rencontrée dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Certaines eaux profondes peuvent être riches en azote ammoniacal sans être pour cela nécessairement des eaux polluées. Dans ce cas, l'ammonium (NH_4^+) peut provenir d'une dénitrification biochimique due aux micro-organismes réducteurs.

Par contre, si l'ammonium est trouvé dans une eau de surface (rivières ou lac) ou dans une eau d'origine souterraine peu profonde, son origine doit être recherchée dans les déjections animales.

En générale l'ammoniaque se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation, la mise en évidence, dans l'eau de teneurs importantes en azotes ammoniacal implique généralement une contamination récente par les matières organiques en décomposition. [7]

I -6 -5-5- Nitrates et Nitrites (NO_3^- et NO_2^-)

Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique et les nitrites de l'oxydation incomplète. Les principales sources de pollution sont l'utilisation des engrais, la fabrication d'explosifs, l'industrie chimique et alimentaire. La teneur en nitrates de l'eau est généralement plus élevée que celle des nitrites. Une forte concentration en nitrites indique une pollution bactériologique par suite de l'oxydation de l'ammoniac. Aucun traitement classique de l'eau ne modifie considérablement la teneur en nitrates.

Les nitrites jouent un rôle très important dans le cycle de l'azote. Sous l'actionne bactéries de type nitrobacter (autotrophes et strictement aérobies), les nitrites sont rapidement oxydés en nitrates. Ces derniers sont donc le produit final de l'oxydation des dérivés azotés. [13]

I -6 -5-6- Phosphates

Les phosphates sont des anions facilement qui s'attache très minéraux du sol, leur présence dans les eaux naturelle est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de a matière organique.

On retrouve assez souvent des phosphates dans les eaux et habituellement la quantité ne dépasse pas 1mg/l en PO_4^{-3} .

Le phosphore joue un rôle important dans les réservoirs, les grosses canalisations et les eaux des lacs, ou il contribue à l'eutrophisation.

I -6 -6- Les paramètres bactériologiques

La recherche de la qualité d'une eau de consommation repose sur l'étude des éléments minéraux dissous et sur le dénombrement et la connaissance de la charge bactérienne se développant dans l'eau.

On ne peut déclarer une eau comme potable que lorsque les tests microbiologiques sont négatifs, c'est-à-dire, qu'il y'a aucun danger pour la santé humaine. Un ensemble de micro-organismes peuvent se développer dans l'eau .Ils sont d'origines diverses la présence de

germes fécaux dans l'eau peut suspecter la présence de germes pathogènes d'où risque certain pour la santé humaine.

Pour l'étude de la qualité d'une eau, il y'a lieu de choisir le type d'analyse adéquat à savoir :

❖ **Analyse réduite(B1), comporte les phases suivantes**

- Recherche et numération des coliformes avec identification des E-Coli.
- Recherche et numération des streptocoques fécaux.

❖ **Analyse sommaire(B2), comporte les phases suivantes**

- Numération « totale » des germes à 37 et 22 C°.
- Recherche et numération des coliformes avec identification des E-Coli.
- Recherche et numération des streptocoques fécaux.

❖ **Analyse complète(B3)**

- Numération « totale » des germes à 37 et 22 C°.
- Recherche et numération des coliformes avec identification des E-Coli.
- Recherche et numération des streptocoques fécaux.
- Recherche et numération de clostridium sulfite-réducteurs.

Conclusion :

Nous avons essayé dans ce chapitre de donner un aperçu sur les différents paramètres de qualités de l'eau qui sont généralement les paramètres organoleptiques, les paramètres en relation avec la structure de l'eau, indésirables, toxiques, microbiologiques et les paramètres concernant les pesticides et les produits apparentés.

La qualité de l'eau est indispensable pour notre santé et pour cette raison les stations de traitement basé sur des études bien précises des paramètres de qualité et afin de la traiter différents procédés peuvent être utilisées. Nous essayerons ainsi de développer ces procédés dans le chapitre II.

Introduction

Ce chapitre est dédié à étudier les différents procédés de traitement d'eau potable utilisés dans les stations de traitement.

II-1 Le prétraitement (Préoxydation)

Dans les processus de traitement des eaux, le prétraitement représente la première phase, ils servent à :

Soulager le traitement, éliminer des particules les plus grossières et indésirables comme le plancton en excès protéger les ouvrages de - sables, algues, corrosion

Il existe deux types :

- Le prétraitement chimique : préoxydation.
- Le prétraitement physique : dans le deuxième cas, on distingue le dégrillage (il s'applique en eau de surface)

II -1-1- Le prétraitement chimique

II -1-1-1 Préoxydation par le chlore

La pré-chloration avant clarification s'est surtout développée dans les années 60. Ses avantages sont bien connus.

- amélioration de la floculation, par action sur les MO adsorbées sur les MES. Il en résulte une augmentation du coefficient de cohésion de la boue, permettant des vitesses de décantation plus élevées.
- élimination de la plupart des algues et autres organismes (zooplancton, phytoplancton) susceptibles de se développer dans les décanteurs et les filtres, ce qui facilite l'exploitation (propreté des décanteurs, durée de vie des filtres).

On évite ainsi la possibilité de fermentations anaérobies éventuelles

- diminution de la couleur (lorsqu'elle est due à des matières humiques)
- élimination de l'ammonium, si le taux appliqué est supérieur au point critique
- diminution éventuelle du taux de traitement en coagulant,
- élimination partielle des mauvais goûts,
- plus grande sûreté dans la désinfection de l'eau distribuée.

Les taux de traitement à employer correspondent généralement au point critique, avec maintien d'un taux de chlore libre résiduel s'il y a présence d'ammonium à éliminer. Dans le

cas d'ammonium minéral, le rapport $\text{Cl}_2/\text{NH}_4^+$ (en mg.l^{-1}) nécessaire est de 7. Il augmente avec la teneur en MO et peut aller jusqu'à 15,

II -1-1-2 Préoxydation par les chlora mines

Si l'eau brute ne contient pas d'ammonium, on peut envisager d'injecter dans l'eau des chloramines préalablement produites par action du chlore sur de l'ammoniaque ou du sulfate d'ammonium.

II -1-1-3 Préoxydation par le dioxyde de chlore

Cette technique s'est développée momentanément pour tenter de remplacer le chlore en préoxydation. En effet, le dioxyde de chlore, s'il ne permet pas d'oxyder l'ammonium, ne conduit pas non plus à la formation d'halo formes. Mais la réaction d'oxydoréduction du dioxyde avec les MO libère des ions ClO_2^- qu'il est nécessaire d'éliminer par la suite. L'usage de dioxyde de chlore en préoxydation a donc tendance à décroître. Il reste toutefois utilisé dans certains cas pour oxyder le Mn_2^+ en MnO_2 : la cinétique de cette réaction est en effet plus rapide que la cinétique d'oxydation du Mn_2^+ par le chlore.

II -1-1-4 Préoxydation par l'ozone ou (La préozonation)

La préoxydation par l'ozone permet

- l'oxydation partielle des MO,
- la destruction du complexe organométallique liant le fer et le manganèse (quand ils sont présents) à la matière organique,
- l'oxydation de ce fer et de ce manganèse,
- la formation d'un flot susceptible d'être retenu par filtration.

Au cas où l'eau brute contient une quantité appréciable de colloïdes, il peut être indispensable d'ajouter un coagulant. Si le flot formé est trop fragile, il peut être indispensable d'utiliser un adjuvant qui améliore la cohésion du flot et évite ainsi la crevasion prématurée du filtre, avant qu'il n'atteigne la perte de charge maximale prévue par construction.

II -1-1-5 Préoxydation par le permanganate de potassium

Cet oxydant est utilisé tout particulièrement lorsque l'eau brute contient du manganèse.

Il y a oxydoréduction des ions manganèse et permanganate suivant la réaction

Cette réaction est favorisée par un pH élevé, qui augmente la cinétique de la réaction.



Toutes les fois où il est nécessaire d'utiliser de la chaux pour corriger le pH de floculation (cas des eaux peu minéralisées), on a intérêt à prévoir un temps de contact de quelques minutes après l'introduction de la chaux et du permanganate de potassium, et avant l'introduction du coagulant.

Le permanganate de potassium est aussi parfois utilisé pour l'oxydation partielle de certaines MO et l'élimination de certains mauvais goûts.

L'utilisation du KMnO_4 en préoxydation exige de bien contrôler la dose injectée; un excès de taux de traitement peut provoquer la présence d'une coloration rose de l'eau traitée, due à la présence de Mn(VII) soluble.

II – 2- Les procédés physiques et chimiques

II – 2 - 1- Le procédé de la coagulation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très Petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes de temps, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, du fait de leur grande stabilité, elles n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation. La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération.

En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques_[14]

II – 2- 1-1- Les colloïdes

Les colloïdes sont des macromolécules organiques ou minérales qui, placées dans l'eau sous les trois groupes suivants :

- Matières en suspension qui regroupe les plus grosses particules ces matières sont d'origine minérale ou organique et possèdent un diamètre supérieur à $1\mu\text{m}$.
- Matières colloïdales sont des MES de même origine mais de diamètre inférieur à 1 micron.
- Les matières dissoutes, sont généralement des cations ou anions de quelques nanomètres de diamètre. _[15]

II – 2 - 1-2- Les réactifs utilisés

L'efficacité de la clarification dépend d'abord du coagulant utilisé. Les plus efficaces sont des sels de métaux, à base d'aluminium ou de fer. Ils sont cités dans le tableau 2.

Sels d'aluminium	Formule Chimique	Sels de fer	Formule chimique
Sulfate d'aluminium	Al ₂ (SO ₄) ₃	Sulfate ferrique	Fe ₂ (SO ₄) ₃
Chlorure d'aluminium	AlCl ₃	Chlorure ferrique	Fe ₂ Cl ₃
Aluminate de sodium	NaAlO ₂	Sulfate ferreux	FeSO ₄

Tableau 2 : Dérivés des sels d'aluminium et de fer.

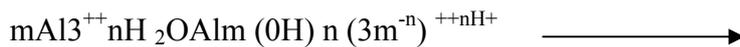
La mise en solution d'un coagulant se déroule en deux étapes: (le cas du sulfate d'aluminium est très significatif). La réaction est présentée de la façon suivante:



Intermédiaires précipité Poly chargés :

L'étape 1 : est une phase d'hydrolyse. Des intermédiaires poly chargés positifs se forment pour neutraliser la charge primaire négative des colloïdes. C'est la véritable forme coagulante qui déstabilise les particules chargées négativement. L'étape 1 dépend de la température et nécessite un pH compatible avec l'existence de ces intermédiaires poly chargés. Le temps de formation de ces composés est de l'ordre de 0,5 s.

L'étape 2 : permet la formation du précipité $Al(OH)_3$. Elle dépend de l'agitation du milieu. Ce précipité est l'élément qui assure le pontage et la coalescence entre les colloïdes déstabilisés : c'est la forme flocculant.



Les sels d'aluminium ou de fer réagissent avec l'alcalinité de l'eau et produisent des hydroxydes insolubles

II – 2 - 1-3- Paramètres influençant le bon fonctionnement du procédé de coagulation**a- Influence du Ph**

L'ajout d'un coagulant modifie souvent le pH de l'eau. En effet, une coagulation réalisée à un pH non optimal peut entraîner une augmentation significative du temps de coagulation. [16]

b- Influence de la dose du coagulant

Une dose de coagulant excessive entraîne une augmentation du coût d'exploitation, tandis qu'un dosage insuffisant conduit à une qualité de l'eau traitée insuffisante [20]

c- Influence de la température

Une basse température, entraînant une augmentation de la viscosité de l'eau, alors le floc se décante plus difficilement et a tendance à pénétrer plus profondément dans les filtres. La coagulation et la décantation du floc sont ralenties et la plage du pH optimal diminue. Pour éviter ces difficultés, une solution consiste à changer de coagulant en fonction des saisons. [17]

d- Influence de la turbidité

Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie d'une augmentation de la dose de coagulant.

Quand la turbidité de l'eau est trop faible, on peut augmenter la concentration en particules par addition d'argile ou de la silice activée. [17]

II– 2 -2- Procédé de floculation

La floculation est le processus de grossissement et d'uniformisation des petits flocons formés lors de l'introduction du coagulant. Elle a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur agglomération, pour accroître son volume, sa masse et sa cohésion. Une bonne floculation est favorisée par:

- Une coagulation préalable aussi parfaite que possible.
- Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau.
- Un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau.
- L'emploi de certains produits appelés flocculant ou adjuvants de coagulation. [18]

II- 2 -2-1 Les paramètres influençant sur le bon fonctionnement de la floculation

Comme pour la coagulation, il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte pour le bon fonctionnement de ce procédé.

Le mélange doit être suffisamment lent afin d'assurer le contact entre les floes engendrés par la coagulation. En effet, si le mélange dépasse une certaine puissance les floes risquent de se briser. Il faut également un temps de séjour minimal pour que la floculation ait lieu.

La durée du mélange se situe entre 10 et 60 minutes. Les temps d'injection de la coagulation et du floculant sont en général espacés de 1 à 3 minutes, cette durée étant fonction de la température de l'eau.

Les boues formées pendant la coagulation-floculation aboutissent après décantation dans des concentrateurs. Des floes de masse molaire importante permettent l'obtention de boues ayant une vitesse d'épaississement plus grande, et donc un volume de boues final réduit.

Les boues purgées de décanteurs sont plus concentrées dans ce cas, ce qui conduit à une perte d'eau réduite. L'emploi de floculant de synthèse, combiné à des méthodes modernes de séparation, peut permettre la production de boues très concentrées, traitables directement par une unité de déshydratation. Dans les autres cas, on passe d'abord par un épaississement avant l'unité de déshydratation. [14]

II- 2 -2-2 Floculant (adjuvants de coagulation) et processus de floculation

On injecte le floculant à la suite du coagulant. Leur rôle est d'accélérer la floculation ou d'améliorer la consistance et la densité des floes.

Les adjuvants les plus communément utilisés sont: les floes minéraux (la silice) ou des floes organiques (polymères à haut poids moléculaires) naturels tel que l'alginate extrait des algues marines ou synthétiques (poly-électrolytes anioniques, cationiques ou non ioniques). Ils se définissent par leur poids moléculaire qui est caractéristique de polymères à longue chaîne, et également par leur densité de charge. [19]

On peut employer :

a- Le charbon actif en poudre (CAP)

Cher, mais employé pour son action sur les micropolluants.

b- La silice activée

Préparée par neutralisation de silicate de soude. La préparation est assez délicate, et doit être de préférence faite en continu pour éviter la prise en gel.

b-3-Les poly électrolytes

Ce sont des macromolécules à longue chaîne (association de monomères Simple) Possédons des charges électriques ou des groupements ionisés.

II – 2-3- Procédé de décantation

La décantation qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, c'est un procédé de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc dont la densité est supérieure à celle de l'eau, elle s'effectue selon un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue. Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée.

Elle est dirigée vers un autre stade d'épuration. La décantation a un rôle épuratoire non négligeable. Il apparaît néanmoins vis-à-vis des MES, DCO et DBO5.^[20]

II – 2-3-1 Classification des matières décantables

On distingue deux types de matières décantables :

- Les particules grenues, qui conservent les mêmes dimensions au cours de leur chute ; elles sédimentent indépendamment les unes des autres avec une vitesse de chute constante.
- Les particules coalescentes s'agglomèrent pendant la sédimentation, on distingue : la décantation diffuse et la décantation en piston
- La décantation diffuse : lorsque la concentration en MES est faible ; le floc dispersé décante comme s'il était seul, sa vitesse de chute augmente au fur et à mesure que d'autres particules plus fines s'y agglomèrent.
- La décantation en piston : lorsque la concentration en MES est élevée, on a une décantation d'ensemble des floccs qui sont freinés au cours de leur chute. ^[21]

II – 2-3-2 Types de décantation

Le phénomène de sédimentation peut se manifester différemment selon la concentration de la suspension, les caractéristiques propres des particules et les interactions possibles entre elles.^[22]

On distingue quatre types de décantation :

II – 2-3-2 1- Décantation de particules discrètes

Elle est caractérisée par le fait que les particules conservent leurs propriétés physiques initiales (forme, dimension et densité) au cours de leur chute.

II – 2-3-2 2- Décantation de particules floculantes

Elle est caractérisée par l'agglomération des particules au cours de leur chute. Leurs propriétés physiques sont donc modifiées pendant le processus.

II – 2-3-2 3- Décantation freinée

Ce processus de sédimentation se produit pour des concentrations en matières solides floculées supérieures à 500 mg/l par suite d'interférence mutuelle entre les particules et la vitesse ascensionnelle du fluide déplacé au cours de la décantation.

Ce qui entraîne la formation d'une couche de particules et par conséquent, l'apparition d'une démarcation nette entre les solides décantés et le liquide surnageant.

II – 2-3-2 4- Décantation en compression de boues

Dans ce type de décantation, les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures. Dans cette zone, le phénomène de consolidation est relativement lent. On retrouve ce type de décantation dans les épaisseurs de boues gravité.

II – 2-4- Le procédé de filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Si ces matières à retenir sont de dimensions supérieures à celle des pores de filtre, elles sont retenues à la surface et la filtration est dite « en surface », ou en « gâteau » ou en encore « sur support ».

Habituellement le procédé des traitements de filtration, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs. [23]

II – 2-4-1-Matériaux filtrants

Selon le type de filtre adopté, on recourt à divers matériaux filtrants, on utilise:

- Des tissus de fibres, des toiles métalliques ou des pierres poreuses à interstices très fins. Ces matériaux retiennent les solides en surface; on ne les utilise jamais pour traiter des quantités d'eau importantes.
- Des granules libres qui n'adhèrent pas les unes aux autres. Ces matériaux sont insolubles et inattaquables par le liquide filtré ou par les solides qui s'y déposent. La filtration a lieu soit en surface, soit en profondeur, selon les caractéristiques granulométriques du matériau filtrant et selon la grosseur et la cohésion des solides en suspension. Le sable, l'antracite et l'ilménite sont couramment utilisés dans les usines de traitement des eaux.^[24]

II – 2-4-2-La filtration biologique

Le rôle des filtres biologique est l'élimination de l'azote ammoniacale de l'eau brute par un processus biologique qui assure la transformation des ions ammoniums en ions nitrates au moyen de bactéries dites nitrifiantes qui se développent en milieu aérobie.

a- Biofor (Biological Filtration Oxygenated Reactor)

Le biofiltre Biofor c'est un procédé aérobie, permettant l'élimination de la DCO et de la DBO₅ des effluents et/ou la nitrification des substances adoptées.

Ce procédé est utilisé soit traitement secondaire complet, le plus souvent en substitution des procédés à boues activées, soit en traitement tertiaire.

Ce bio-filtre est destiné au traitement des eaux résiduaires urbaines et peut être positionné en série (pour la nitrification) ou en parallèle (pour un traitement secondaire).

Il existe plusieurs types de Biofor:

- Biofor première génération.
- Biofor plus C pour l'élimination de la DCO et de la DBO₅.
- Biofor plus N pour la nitrification des substances azotées.
- Biofor plus C-N pour le traitement simultané de la pollution carbonée et des substances azotées (par nitrification).
- Biofor plus pré-DN pour l'élimination des nitrates en pré dénitrification sans apport de substrat carboné externe.
- Biofor plus DN pour l'élimination des nitrates en dénitrification finale avec apport de substrat carboné externe.

b- Adsorption sur charbon actif

Le charbon actif fait partie d'une gamme de substance présentant une très grande porosité et une surface spécifique importante de l'ordre de 500 à 1500 m² par gramme de charbon. Ces qualités confèrent au charbon actif un grand pouvoir d'adsorption. Ce processus physico chimique est utilisé dans les filières d'eau pour fixer les substances difficile à éliminer par un traitement classique et pour éliminer les substances humiques (responsable de la couleur), les goûts, les odeurs, les phénols, et les crésols, ainsi que plusieurs substances toxiques non biodégradables. Les composés retenus sont les adsorbats et le charbon actif est l'adsorbant.[25]

c- Le filtre à charbon actif

Les filtres à charbon actif, communément désigné sous le terme de filtres CAG, constituent la dernière étape de la chaîne de traitement.

Les filtres CAG remplissent deux fonctions principales:

- Enlèvement par captage des matières en suspension et de la turbidité résiduelle des eaux décantées et biofiltrées.
- Rabattement par adsorption du goût et l'odeur occasionné par la présence de composés organiques.

Principe de fonctionnement des filtres CAG

Le captage des matières en suspension est fonction de la granulométrie du charbon actif. Sur les filtres CAG la granulométrie est uniforme avec une taille effective moyenne de 1mm et un coefficient d'uniformité égal ou inférieur à 1,7.

Cette granulométrie permet d'assurer des espaces interstitiels entre chaque grain uniforme et optimisés pour permettre le captage de matières en suspension et de particules fines.

1- Les mesures de perte de charge

La mesure de perte de charge est très importante pour la conduite du procédé de filtration.

Elle se ramène toujours à des mesures de pression. On peut utiliser des capsules manométriques différentielles soumises aux pressions régnant de part et d'autre du lit granulaire du filtre, la différence représente alors la perte de charge.

2- Lavages des filtres

Lorsque la perte de charge, la turbidité, ou les deux, atteignent leurs valeurs maximales, on lave les filtres en injectant l'eau à contre-courant, c'est-à-dire si lors du traitement à filtres

l'eau passe de bas en haut, donc le lavage s'effectue de haut en bas. Le lavage peut se faire avec de l'eau seulement, ou par l'eau et à l'air en même temps.[26]

II – 2-5- Le procédé de désinfection

La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les microorganismes susceptible de transmettre des maladies ; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qu'est la destruction de tous les organismes vivant dans un milieu donné.[01]

II – 2-5-1 Les désinfectants

II – 2-5-1-1 Le chlore

Le chlore est l'oxydant le plus communément utilisée dans le traitement de l'eau il est employé sous forme gazeuse (Cl_2), liquide (hypochlorite de sodium) ou solide (hypochlorite de calcium)

C'est le plus connu et le plus universel. En solution, le chlore réagit avec l'eau pour former deux composés, l'acide hypochloreux (HClO) et des ions hypochlorites (ClO^-). L'acide hypochloreux a un effet bactéricide plus important que l'ion hypochlorite.

a- Les avantages du chlore

- L'investissement est plus faible que pour un système d'ozonisation.
- Le système est très simple : il suffit d'utiliser une pompe à injection ou un injecteur venturi pour mélanger du chlore avec l'eau.

b- les désavantages du chlore

- Le chlore dans un gout caractéristique à l'eau.
- Certains dérivés chlorés sont dangereux.
- L'installation nécessite le transport et le stockage de produit toxique. L'efficacité du chlore dépend du ph de l'eau.

II – 2-5-1-2- l'ozone

L'ozone est un gaz extrêmement instable et un oxydant très puissant. Il n'a pas de pouvoir rémanent et donc ne dispense pas d'un ajout de chlore sur le réseau pour une action bactériostatique.

L'ozone est certainement l'oxydant le plus efficace sur les virus, le fer et le manganèse. Il ne donne pas de goût à l'eau, contrairement au chlore, et oxyde fortement les matières organiques. Pour obtenir un effet désinfectant, le temps de contact doit être suffisamment long, d'où la nécessité d'ouvrages adaptés (tours de contact par exemple).

a- Les avantages de l'ozonisation

- L'ozone se décompose en oxygène, sans de produits dérivés dans l'eau.
- L'ozone est produit sur place (pas de transport de produits toxiques ni de consommable à changer régulièrement).

b- les désavantages de l'ozonisation

- La production d'ozone consomme de l'énergie.
- Le système est assez complexe.
- Certains matériaux ne sont pas résistants à l'ozone.
- Ce système demande un investissement de départ important.

II – 2-5-1-3- Le rayonnement UV

L'irradiation par une dose suffisante de rayonnement UV permet la destruction des bactéries, virus, germes, levures, champignons, algues, etc.

Les rayonnements UV ont la propriété d'agir directement sur les chaînes d'ADN des cellules et d'interrompre le processus de vie et de reproduction des microorganismes. Comme pour l'ozone, elle n'est pas caractérisée par un effet rémanent.

Chacun de ces produits possède un pouvoir désinfectant différent que l'on peut classer dans cet ordre :

UV > Ozone > Chlore.

a- Les avantages de l'ultraviolet

Le système est bon économique à l'investissement et à l'utilisation il n'y a pas de stockage de produit chimique ; le traitement ne laisse aucun dérivé dans l'eau.

b- Les désavantages de l'ultraviolet

Les UV inactive mais n'élimine pas les bactéries. L'eau doit donc être consommée directement après traitement.

Les particules dans l'eau stoppent les rayons UV et diminue l'efficacité du traitement.

Conclusion :

L'objectif principal du traitement est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement. À cet égard, le traitement des eaux résiduaires le plus approprié est celui qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux.

II-2-6- Procédés membranaire

Introduction

Les membranes ont gagné une place importante dans la technologie chimique et sont utilisés dans une large gamme d'applications. La propriété clé qui est exploitée est la capacité d'une membrane pour contrôler la vitesse de perméation d'une espèce chimique à travers la membrane. Dans les applications de séparation, l'objectif est de permettre à une composante d'un mélange de pénétrer librement la membrane, tandis qu'elles empêchent la perméation des autres composants.

Les procédés de séparation membranaire sont utilisés pour séparer et surtout concentrer des molécules ou des espèces ioniques en **solution**, ou pour séparer des particules ou des microorganismes en **suspension** dans un liquide.

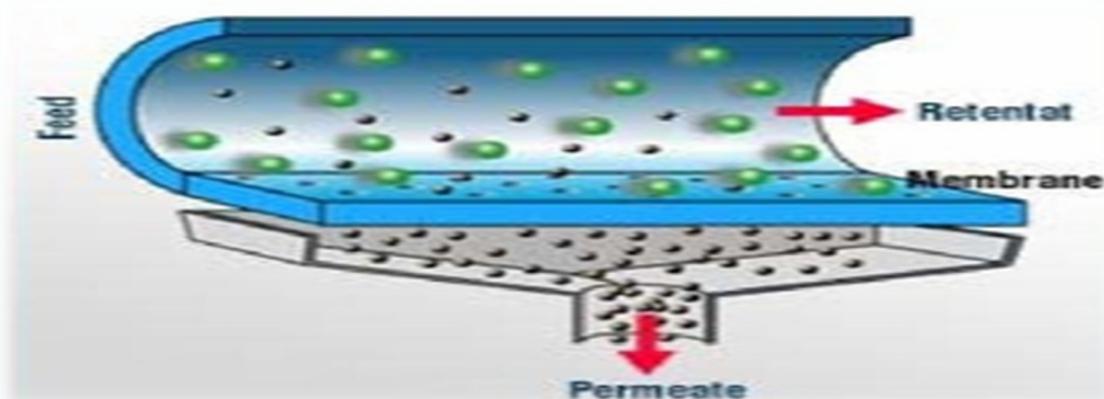


Figure 2 : Schéma du principe du fonctionnement d'une membrane sélective [28]

Les avantages des procédés de séparation membranaire par rapport aux autres procédés de séparation sont :

- une séparation à température modérée, ce qui est particulièrement intéressant vis-à-vis des composés thermosensibles traités surtout en agro-alimentaire et biotechnologies ;
- une absence de changement de phase, donc une moindre dépense énergétique comparée à des opérations comme la distillation ou l'évaporation ;
- accumulation nulle de constituants dans la membrane, d'où un fonctionnement quasiment en continu, n'ayant pas besoin de cycle de régénération comme en échange d'ions. Des arrêts sont cependant nécessaires pour le nettoyage périodique des membranes.

II-2-6-1- Les Techniques séparatives à membranes utilisées dans le traitement des eaux

II-2-6-1-1- L'osmose inverse

L'osmose inverse utilise des membranes denses qui laissent passer l'eau et arrêtent tous les Sels.

Cette technique est utilisée pour :

- Le dessalement des eaux de mer
- Le dessalement des eaux saumâtres
- La production d'eau ultra pure
- La production d'eau de processe

Le phénomène d'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en solutés de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Le phénomène d'osmose est un phénomène naturel courant, notamment à travers les membranes cellulaires.

La membrane semi-perméable laissera passer le solvant (le soluté ne passe pas) pour équilibrer la concentration. La différence de concentration crée une pression, appelée Pression osmotique. Pour inverser le passage du solvant et augmenter la différence de concentration, il faut appliquer une pression supérieure à la pression osmotique. [27]

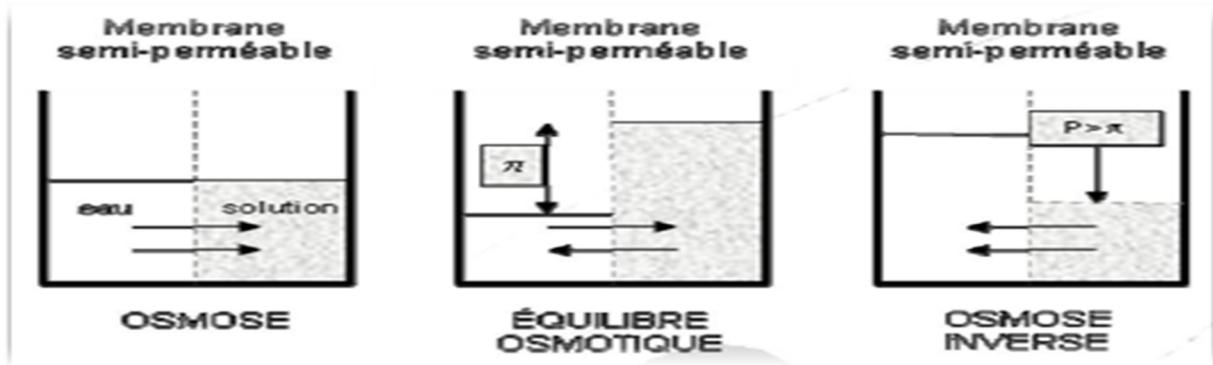


Figure 3 : Schéma du principe de l'osmose inverse (Daufin, René et Aimar, 1998).

II-2-6-1-2 Nanofiltration

La nanofiltration est sélectionnée lorsque l'osmose inverse et l'ultrafiltration ne sont pas les choix adéquats pour la séparation. La nanofiltration peut réaliser des applications de séparation telles que la déminéralisation, la décoloration et le dessalement. Dans la concentration des solutés organiques dissous, des particules colloïdales solides et des ions polyvalents, le perméat contient des ions monovalents et des solutés organiques de faible poids moléculaire comme l'alcool.

II-2-6-1-3 L'ultrafiltration

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuses dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 100 nm. De telles membranes laissent passer les petites molécules (eau, sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes) (MAUREL Alain – 1993). Pour cette raison, cette technique est utilisée pour l'élimination de macrosolutés présents dans les effluents ou dans l'eau à usage domestique, industriel (électronique) ou médical [27]

II-2-6-1-4. Microfiltration

La séparation par microfiltration concerne en générale les particules en suspension. Dans la pratique, on rencontre ce type d'opération lorsqu'on procède à la clarification d'un milieu, en recherchant à éliminer la matière colloïdale et particulaire, avant utilisation ou post-traitement du milieu. Une autre grande application de cette technique est la rétention de micro-organismes tels que les bactéries. Des réductions de l'ordre de log de 6 à 8, en fonction des micro-organismes présents, du type de membrane et des conditions d'utilisation ont été constatées.

Cette opération se caractérise par des débits volumiques de permet plutôt élevés et par la présence, parfois, de particules en suspension dans le rétentat. Les configurations planes et spiralées sont alors peu adaptées. Des modules à fibres creuses et des membranes tubulaires sont plutôt employées.

II-2-6-2 Type de membranes

a- Membrane en spirale

En raison de leur forme compacte et d'une grande surface de membrane par élément, on utilise en général les spirales pour les applications à débit élevé contenant peu ou pas de solides en suspension. Leur avantage est le faible coût de matériel et d'exploitation. [28]



Figure 4 : membrane en spirale

b- Membrane céramique

Idéalement adaptée à des produits à valeur ajoutée ou sanitaires, ainsi qu'à des applications nécessitant des séparations sélectives de flux de fluides contenant des composants agressifs tels que des solvants. [28]



Figure 5 : membrane céramique

c- Membrane en acier inoxydable

Fabrication robuste, particulièrement efficace dans les applications exigeantes dans des conditions de traitement extrêmes ou dans des débits d'alimentation à forte concentration de solides particulières et/ou viscosité élevée. [28]

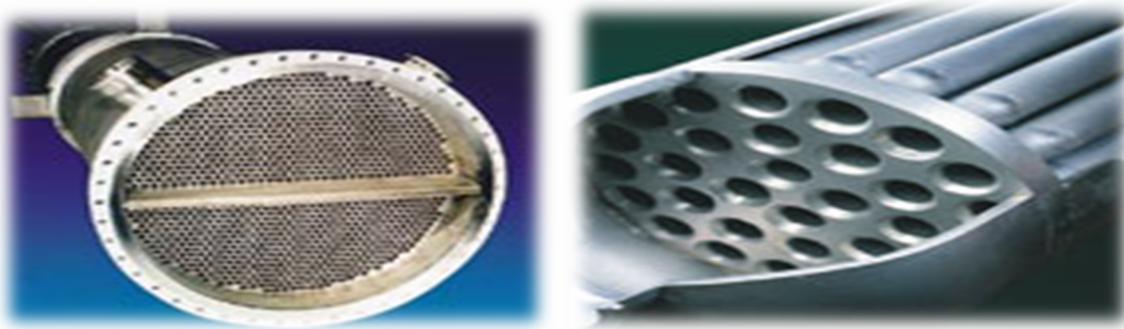


Figure 6 : membrane en acier inoxydable

d- Membrane tubulaire

Très résistante au colmatage lors du traitement de liquides contenant de grandes quantités de solides en suspension ou de composés fibreux.



Figure 7 : membrane tubulaire

e- Membrane à fibres creuses

Densité de remplissage extrêmement élevée et conception à canal ouvert ; possibilité de nettoyage par reflux du côté perméat. Convient particulièrement aux produits à faible teneur en solides.^[28]



Figure 7 : membrane à fibres creuses

II-2-6-3 Plaque et joints :

La conception à canal ouvert permet une utilisation pour des produits à très haute viscosité, particulièrement adapté à des applications pharmaceutiques et agro-alimentaires à forte concentration en solides.



Figure 8 :plaque et joints

II-2-6-4-Les différents systèmes membranaires

- Un système membranaire comprend :
- Un système de prétraitement ;
- Des pompes ;
- Un système d'agitation (pour les systèmes à membranes immergées) ;
- Un ensemble de module ;
- Un poste unitaire chimique de nettoyage ;
- Un post-traitement chimique au besoin. [27]

Conclusion générale

Les eaux de surface sont généralement des eaux qui présentent différents aspects de qualité selon leur situation pour cela elles nécessitent des traitements spécifiques dans le but de maintenir ou de corriger cette qualité.

Notre étude consiste à déterminer l'efficacité des procédés physique et chimique (peroxydation, Les eaux de surface sont généralement des eaux qui présentent différents aspects coagulation, floculation, décantation et désinfection) afin d'éliminer les matières organiques et minérales qui se trouvent dans l'eau ou l'amélioration de la qualité de cette eau.

A la fin de ce modeste travail on a pu tirer les informations suivantes:

La coagulation par les sels d'aluminium et de fer élimine très bien l'argent, le plomb, le cuivre, la teneur en vanadium et en mercure est abaissée de 50% environ, la teneur en zinc et en nickel est surtout diminuée en présence de chlore.

La filtration sur CAG permet une réduction suffisante des ions indésirables ou toxiques. L'argent et le mercure sont complètement éliminés, les teneurs en plomb, cuivre... sont inférieures aux niveaux guides.

La désinfection est destinée à améliorer les qualités organoleptiques de l'eau : elle permet également l'inactivation des virus, l'oxydation des polluants organiques pour leur élimination biologique.

Les technologies membranaires ont pris, au cours de cette dernière décennie, de plus en plus d'importance dans le domaine du traitement de l'eau et ce n'est pas sans raison qu'elles sont considérées aujourd'hui comme la technologie du futur. Les raisons en sont évidentes : elles assurent une épuration à la fois efficace et respectueuse de l'environnement

Bibliographie

- [01] Rapport de CNRS [archive], consulté le 28 septembre 2010. « La qualité de l'eau et l'assainissement - L'eau minérale est-elle potable ?
- [02] Raymond Desjardins. Le traitement des eaux Deuxième édition revue et enrichie. p 3-6, Janvier (1990).
- [03] Site internet :
<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/potableNor.html>
- [04] Jean Rodier, L'analyse de l'eau 8^{ème} édition, (13 juin 1996).
- [05] Monique Henry, (1991). Les eaux naturelles et les eaux de consommation.
- [06] Norme OMS. (2006), Rapport de Normes de l'OMS sur l'eau potable.
- [07] Desjardins Raymond. (1990), le traitement des eaux, deuxième édition revue de l'école polytechnique et Montréal.
- [08] Mustapha BOUZIANI Edition Ibne Khaldoun, L'eau de la pénurie aux maladies, (Septemper 2000).
- [09] Jean Juc Celleric, (2002). la dégradation de la qualité de l'eau dans réseau.
- [10] ISO 6060, (Octobre 1989).
- [11] Beaudry J.P. 2ème Edition, (1984). Traitement des eaux.
- [12] Control du paramètre physique- chimique et bactériologique d'une eau de consommation (formation contenu en entreprise).
- [13] OMS directives de la qualité pour l'eau de boisson Genève, (1985).
- [14] construction d'un capteur < logiciel pour le control automatique de la procédé de coagulation en traitement en eau potable > Valentin Nikolas, décembre (2000).
- [15] Masschelein W.J. (1996), Processus unitaires du traitement de l'eau potable. Cebedoc Editeur, p.223-235.
- [16] Dégréement mémento technique de l'eau, (1990).
- [17] M .H.ERNEST, (1985). *Fundamental problems and statistical mechanics* Vole VI Edité par E.G.D Cohen. North Holland Company.
- [18] TCHOBANOGLOUS, G. S O E D E R, E .D .Water Quality,(1987).
- [19] AMIRTHARAJAH. A, (1990). O'mella, C.R, C.R. Coagulation *processes*: Déstabilisation, mixing and flocculation.
- [20] JEAN LUC LAURENT, L'assainissement des agglomérations techniques d'épuration actuelles et évolutions. les agences de l'eau et le ministère de l'environnement, France (AVRIL 1994).

- [21] JEAN PAUL. *Beaudry- traitement des eaux*. Les éditions le griffon d'argile. Québec, Canada (1984).
- [22] R.C. KLIMPEL et R. OGG. *Colloids surf*, (1991) .
- [23] Traitement des eaux. www.univ-ubs.fr
- [24] MOHAND-SAID OUALI. , (2001). Traitement des eaux, office de la publication universitaire.
- [25] Christian Desjardins. Simulation et étude en laboratoire de la floculation lestée. Mémoire de maitrise des sciences appliquée
- [26] COIN. L. la pratique de l'eau, usage domestique collectifs et industriels. Edition de moniteur, (1990).
- [27] Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau Nouvelle version rédigée par Jean-Marc BERLAND et Catherine JUERY, Décembre (2002).
- [28] site internet :
http://www.geafiltration.com/fr/technologies/types_de_membranes.asp.

CHAPITRE I :

Généralités sur l'eau

CHAPITRE II :
Les procédés de
traitement des eaux
potables