

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

M1640807
M/540827



Université 8Mai 1945 Guelma

Faculté des Science et de la Technologie

Mémoire de Projet de fin d'études 2^{ème} Année Master

**Suivi du traitement et d'analyse d'eau destiné à l'usage
agroalimentaire
(Unité pate alimentaire Amor Ben Amor)**

Filière : Génie des Procédés

Option: Matériaux et Génie des Procédés : Génie chimique

Présenté par :

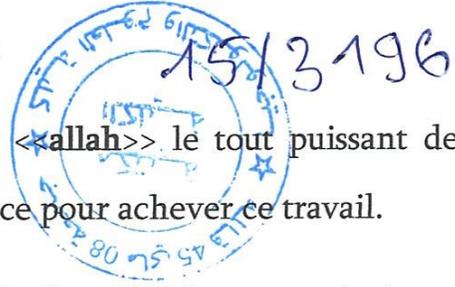
Kaila Hadjer

Sous la direction de :

**Dr. Frioui Salah
Dr. Cheraitia Abd Allah**

Juin 2015

Remerciement



Au terme de ce travail, je tiens à remercier <<allah>> le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et patience pour achever ce travail.

J'ai l'honneur et le plaisir de présenter ma profonde gratitude et mes sincères

Remerciements à mon encadreur « **Dr .Cheraitia ab allah** » et « **Dr. Frioui Salah** » pour sa précieuse aide, ces orientations et le temps qu'ils m'ont accordé.

Mes remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à :

L'entreprise de <<usine Amor ben Amor El Fedjouj >> de m'avoir ouvert les portes et d'avoir mis à ma disposition les moyens nécessaires pour la réalisation de mon travail.

Un très grand merci, Azzedine merabti qu'ils trouvent ici l'expression d'une grande reconnaissance de nous avoir encouragé dans les moments les plus difficiles et pour la compétence avec laquelle il nous a aidé à mener à bien notre travail. Pour leurs aides, leurs conseils et leurs complicités.

Je remercie également tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de mon mémoire.

Dédicace

Je dédié ce mémoire

A ma chères maman qui n'ont pas lésiné à j'apporter tous
l'aide et l'assistance

Dont J'ai besoin

A mon chère frère : Hamza

A mes sœurs: Widad, Dalal, Mariem

A mes petites: Ikram,kawther,roiya

A ma chère almie : khawla

Ames cousins et cousines

A toute ma famille

A tous mes camarade et mes almies

Sommaire

Table de matière

Liste des figures :

Liste des tableaux :

Introduction générale :

CHAPITRE I : Importance de l'eau

I.1. Introduction.....	1
I.2. Ressources hydriques naturelles.....	2
I.3. Les différentes sources de pollution.....	4
I.4. Usage de l'eau.....	5
I.4.1. Introduction.....	5
I.4.2. Potabilité.....	5
I.4.3. Irrigation.....	7
I.4.4. L'eau industrielle.....	9
1. Introduction.....	9
2. Aspects qualitatifs et quantitatifs.....	10
2.1 En termes qualitatifs.....	10
2.2. En termes quantitatifs.....	10
3. Gestion de l'eau.....	10
4. Industries agroalimentaires.....	11

CHAPITRE I : Etapes des traitements

II.1. Introduction.....	14
II.2. Etapes de traitements.....	15
II.1.1. Dosage de l'eau de javel.....	15
II.2.2. Passage de l'eau à travers des filtres à charbon.....	15
a. Exemples d'application.....	17
b. Description du processus.....	17
II.2.3. Adoucisseur.....	17
II.2.3. Filtre à cartouche.....	19
II.2.4. Osmose Inverse.....	20
1. Principes de l'osmose inverse.....	20
2. Structure des membranes d'osmose inverse.....	21

3. Procédés d'osmose inverse (modules et installation).....	23
4. Applications Industrielles.....	24
II.2.5. Dégazage.....	25

Chapitre III : Méthodes et matériels

III.1. Titre hydrotimétrique TH (la dureté total).....	27
III.2. l'alcalinité.....	28
II.2.1. Titre alcalimétrique TA.....	28
III.2.2. Titre alcalimétrique complet TAC.....	29
III.3. Dosage des chlorures (Cl ⁻).....	30
III.4. Dosage de calcium.....	31
III.5. Analyse de phosphate.....	33
III.6. Le potentiel d'hydrogène pH.....	34
III.7. La conductivité.....	35

Chapitre IV: résultats et discussions

IV.1. Résultat d'analyse : Filtre a charbon Entrée.....	37
IV.2. Résultat d'analyse : Filtre a charbon (Sortie).....	38
IV.3. Résultat d'analyse : Adoucisseur.....	39
IV.4. Résultat d'analyse : Osmoseur.....	40
IV.5. Résultat d'analyse : Cuve de stockage.....	42
IV.6. Résultat d'analyse : Chaudière à eau surchauffée.....	43
IV.7. Résultat d'analyse : Chaudière à vapeur.....	45
Conclusion générale.....	
Références bibliographiques.....	

Liste de figure

Figure I-1: le cycle de l'eau	1
Figure II.1 : Représentation schématique de la chaîne de traitement de l'eau de consommation.....	14
Figure II.2: Adsorption sur une particule de charbon actif. Le charbon actif (en grains ou pellets) est le plus souvent placé dans des filtres ouverts ou fermés, appelés aussi adsorbants.....	16
Figure II.3: Filtre à Charbon actif.....	16
Figure II.4: mécanisme de Décarbonatation.....	18
Figure II.5 : Schéma d'un adoucisseur d'eau.....	19
Figure II.6: Schéma du principe de l'osmose inverse.....	20
Figure II.7 : Montage classique d'osmose inverse en série-rejet« deux étages en monopassage ».....	23
Figure II.8 : Installation d'osmose inverse pour le traitement des eaux.....	24
FigureII .9 : schéma d'une installation de dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres.....	25
FigureII.10 : schéma d'un dégazeur.....	25
Figure III.1 : dosage des ions chlorures.....	30
Figure III.2 : pH mètre et Type WTW, PH 7110.....	34
Figure IV. 1 : variation de PH avant filtre à charbon actif en fonction le temps	37
Figure IV. 2 : variation de Chlore avant filtre à charbon actif en fonction le temps.....	38
Figure IV. 3 : variation de Chlore après filtre à charbon actif en fonction le temps.....	39
Figure IV. 4 : variation de Chlore après filtre à charbon actif en fonction le temps.....	39
Figure IV. 5 : variation de titre alcalimétrique dans l'adoucisseur en fonction le temps.....	40
Figure IV. 6: variation de conductivité dans l'osmoseur en fonction le temps.....	41
Figure IV. 7 : variation de titre alcalimétrique dans l'osmoseur en fonction le temps.....	42

Figure IV.8: variation de titre alcalimétrique dans la cuve de stockage en fonction le temps43

Tableau IV.9 : Résultats des analyses de l'eau après traitée dans le Cuve de stockage...43

Figure IV.10: variation de titre alcalimétrique dans la Chaudière à eau surchauffée en fonction le temps.....44

Figure IV.11: variation de titre alcalimétrique total dans la Chaudière à eau surchauffée en fonction le temps.....44

Figure IV.12: variation de titre alcalimétrique total dans chaudière à vapeur en fonction Le temps.....45

Figure IV.13: variation de calcium dans la chaudière à vapeur en fonction le temps..... 46

Liste de Tableaux

Tableau I.1: Estimation du volume d'eau total sur Terre	2
Tableau I.2: principales différence entre eaux de surface et eaux souterraines.....	3
Tableau I.3: Les critères de potabilité.....	6
Tableau I.4 : normes de potabilité des eaux.....	6
Tableau I.5: la Consommation de l'eau dans différentes cultures.....	8
Tableau I.6: Paramètres pour le recyclage de l'eau avec la signification agronomique.....	8
Tableau I.7: Consommation d'eau en fonction de la matière première et du type de traitement en industrie textile.....	12
Tableau I.8: utilisation de l'eau dans l'industrie.....	13
Tableau II.1: Grandeurs caractéristiques des membranes d'osmose inverse.....	27
Tableau IV.1 : Résultats des analyses de l'eau avant traitée dans le charbon actif.....	37
Tableau IV.2 : les normes de potabilité de l'eau avant traitée dans le charbon actif.....	37
Tableau IV.3 : Résultats des analyses de l'eau après traitée dans le charbon actif.....	38
Tableau IV.4 : les normes de potabilité de l'eau après traitée dans le charbon actif.....	38
Tableau IV.5: Résultats des analyses de l'eau traitée dans l'Adoucisseur.....	39
Tableau IV.6 : les normes de potabilité de l'eau après traitée dans l'adoucisseur.....	40
Tableau 7 : Résultats des analyses de l'eau traitée dans l'osmoseur.....	41
Tableau IV.8 : les normes de potabilité de l'eau traitée dans Osmoseur.....	41
Tableau IV.9 : Résultats des analyses de l'eau après traitée dans le Cuve de stockage.....	42
Tableau IV.10 : les normes de potabilité de l'eau traitée dans Cuve de stockage.....	42
Tableau IV.11 : Résultats des analyses de l'eau traitée dans le Chaudière à eau surchauffée.....	45
Tableau IV.12 : les normes de potabilité de l'eau après traitée dans Chaudière à eau surchauffée	45
Tableau IV.13 : Résultats des analyses de l'eau après traitée dans le Chaudière à vapeur.....	45

Tableau IV.12 : les normes de potabilité de l'eau après traitée dans le Chaudière à vapeur

Introduction Générale

Introduction général

Les ressources hydrique (ou ressources en eau) comprennent, au sens large, toutes les eaux accessibles comme ressources, c'est-à-dire utiles et disponibles pour l'homme et les écosystèmes, à différents points du cycle de l'eau. La problématique de l'eau est un problème de quantité et de qualité, c'est-à-dire de ressource et de pollution.

L'eau prélevée dans le milieu naturel, n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine car, des éléments liés à l'activité de l'homme peuvent être entraînés (nitrates, matières organiques, pesticides, matières en suspension, micro-organismes...). La qualité des eaux de surface ; souvent polluées, et donc très variable et ne peut être traitée qu'au cas par des traitements appropriés à sa nature et à son degré de pollution.

L'usage de l'eau à des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique. L'eau distribuée par réseau doit répondre aux exigences de qualité, elle ne doit contenir aucun micro-organisme, aucun parasite ni aucune substance constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ; elle doit également être conforme vis-à-vis d'un ensemble de normes de potabilité. L'industrie utilise différentes ressources en eau, différents traitements d'eau en fonction des usages, différents stockages d'eau et également différents réseaux de distribution. Par ailleurs, l'eau doit être considérée comme une matière première de qualité. A tous les niveaux (dans les procédés, pour les lavages, pour le refroidissement ...), gérer l'eau, c'est économiser sans relâche, tant au niveau des consommations que des pollutions.

Afin de contribuer au contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation dans l'usine Amor ben Amor. Notre étude a porté sur l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux lors des différentes étapes de traitement.

Ce mémoire est divisé en deux parties, la partie théorique contient deux chapitres :

Le premier chapitre regroupe un certain nombre de généralités sur les eaux : origines, propriétés, pollution, classification et utilisations

Le second chapitre traite des différentes étapes de traitement de l'eau destinée à la fabrication des pâtes alimentaires.

Le troisième et le quatrième chapitre de la deuxième partie, portent sur l'étude expérimentale, nous les avons réservés pour :

- Les techniques expérimentales et les modes opératoires dans le troisième chapitre.
- Les interprétations des résultats obtenus dans le quatrième chapitre.

Enfin des conclusions viendront dresser le bilan des travaux réalisés.

Chapitre I : Importance de l'eau

Chapitre I : Importance de l'eau

I.1. Introduction

La consommation d'eau mondiale se chiffre à $5\,500\text{ km}^3$ par an alors que le volume total de captage est estimé à $3\,300\text{ km}^3$. Une grande partie des besoins en eau est donc couverte par les précipitations.

La consommation d'eau ne cesse d'augmenter sous l'effet du développement économique et démographique. L'usage de l'eau est multiple: agricole, industriel, domestique, loisir, navigation, etc.

L'eau se raréfie dans de nombreuses régions du monde (Afrique du nord, Inde, Israël, pays du Golf Persique, etc.). L'eau consommée ne disparaît pas. Elle est en partie restituée, d'une façon ou d'une autre, au cycle de l'eau mais elle n'a plus forcément la même qualité car certains usages polluent l'eau [1].

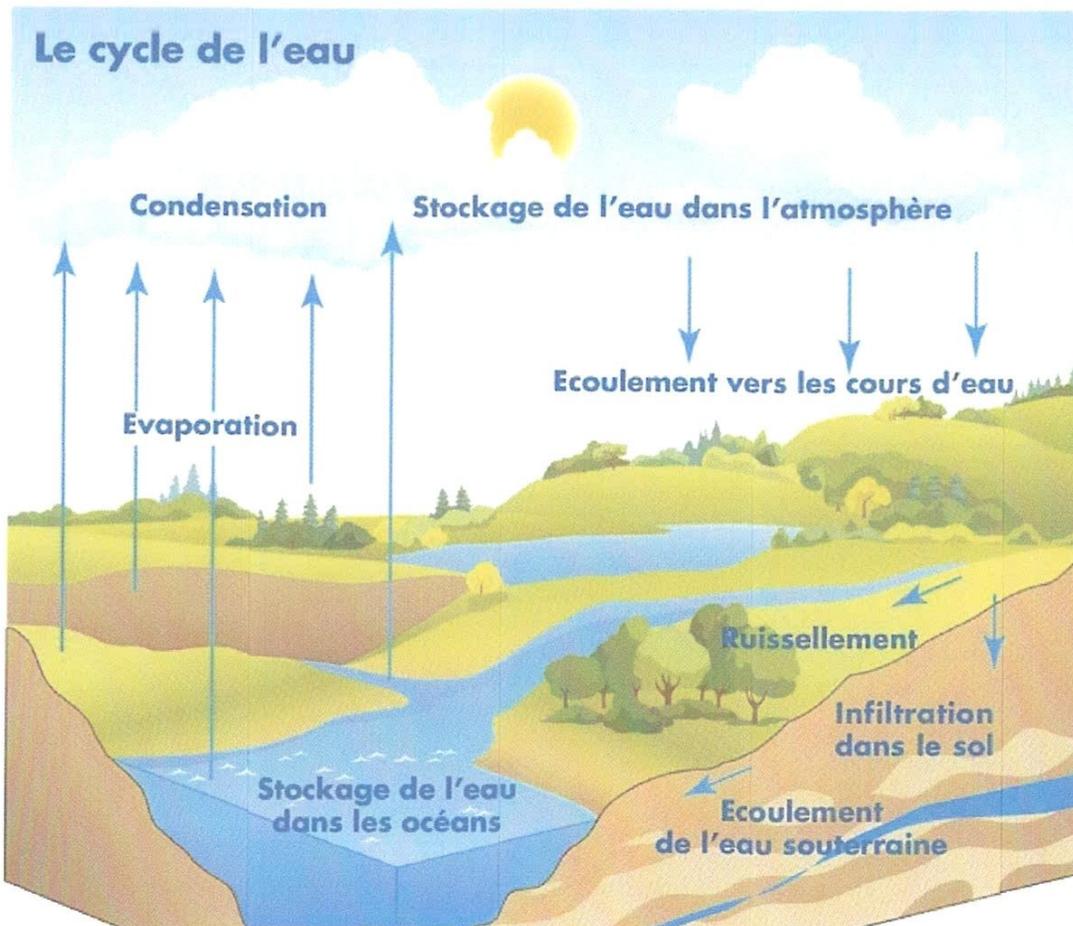


Figure I-1: le cycle de l'eau[2].

Chapitre I : Importance de l'eau

I.2. Ressources hydriques naturelles

La ressource hydrique ou ressource en eau comprend, au sens large, toutes les eaux accessibles comme ressources, c'est-à-dire utiles et disponibles pour l'Homme et les écosystèmes, à différents points du cycle de l'eau.

Le tableau suivant donne la répartition des stocks d'eau que l'on peut considérer comme participant au cycle de l'eau .

Tableau I.1: Estimation du volume d'eau total sur Terre [3].

	Stock(en Km ³ =10 ⁹ m ³)	% du total	Temps de résidence
Océans	1 350 000 000	97.410	2 500ans
Glaciers	27 500 000	0.1984	De 1500ans à 10000ans
Eaux souterraines	8 200 000	0.592	1400ans
Mers intérieures	105 000	0.00758	variable
Lacs d'eau douce	100 000	0.00722	17 ans
Humidité des sols	70 000	0.00505	1ans
Humidité de l'air	13 000	0.00094	8jours
Rivières	1 700	0.00012	16 jours
Eau des cellules vivantes	1 100	0.00008	Quelques heures
Total	1 385 990 800	100	

I.2.1. Eaux souterraine

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en :

- **Nappes phréatiques ou alluviales** : peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.
- **Nappes captives** : plus profondes que les premières et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordure.

La nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres car ils répondent en général aux normes de potabilité.

Quand une eau souterraine contient une concentration en certains minéraux dépassant les normes de potabilité, mais elle représente des propriétés thérapeutiques on la distribue en bouteilles avec parfois un traitement bien définit, ces eaux sont dites eaux minérales [4].

Chapitre I : Importance de l'eau

I.2.1. Eaux de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement.

Tableau I.2: principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines[5].

caractéristiques	Eau de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant	La saison Relèvement constante
Turbidité MES(vrais ou colloïdales)	Variable parfois élevée	Faibles ou nulles (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux Mes (argile, algues) sauf dans des eaux très douce et acides humique	Liée surtout aux matières en solution (acides humique par exemple)
Minéralisation global	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets	Sensiblement constant en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn divalents à l'état dissous)	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présents
O ₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation absent dans le cas d'eau très polluées	Absent la plupart du temps
H ₂ S	Généralement absent	Souvent présent
NH ₄	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématiques de pollution bactérienne
Nitrates	Peu abondante en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur en général modérée	Teneur parfois élevée
Polluants minéraux et organique	Présent dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître très rapidement après suppression de source	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup longtemps
Eléments vivants	Bactéries(dont certaines pathogènes virus, plancton,(animal et végétal)	Ferme bactéries fréquentes
Solvants chlorés	Rarement présents	Souvent présents
Caractère entropie	Fréquent accentué par les températures élevées	

Chapitre I : Importance de l'eau

I.2.3. Eaux de mers et océans

Les mers et les océans représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraine et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile avec un coût très élevé pour leur traitement.

I.3. Les différentes sources de pollution

On appelle pollution de l'eau toute modification des caractéristiques de l'eau ayant un caractère gênant ou nuisible pour les usages humains, la faune ou la flore. Au cours de son utilisation, l'eau s'appauvrit ou s'enrichit de substances de toutes sortes, ou change de température. Les pollutions qui en résultent ne retrouvent dans le milieu naturel.

Cette ressource est limitée en quantité et en qualité. Elle est indispensable à la vie et à la plupart des activités humaines, telles que les activités liées à l'agriculture, l'industrie et aux usages domestique. Elle est vitale pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres.

sont constituées de l'eau visible : l'eau de mer, l'eau contenue dans les calottes polaires, les lacs, les rivières, les nuages et la pluie (l'eau de surface); et l'eau invisible : les eaux souterraines.

I.3.1. Pollution urbaine

Les eaux usées domestique regroupent les eaux « ménagères » (eaux de cuisine et de salles de bains) et l'eau usée « vannes ». Les eaux « ménagères », qui représentent les deux tiers du total des eaux usées domestiques, contiennent, notamment, des graisses, des savons et détergent, des matières en suspension et des matières dissoutes organiques ou minérales.

I.3.2. Pollution d'origine atmosphérique

L'atmosphère terrestre contient un certain nombre de polluants qui, sous l'effet des pluies peuvent contaminer le sol par ruissellement ou infiltration, ces polluants vont ensuite migrer vers les eaux superficielles et souterraines.

I.3.3. Pollution agricole

L'agriculture est actuellement à l'origine d'une pollution préoccupante de l'eau, est généralement liée aux nitrates ou aux phosphates. La mise en évidence de la pollution causée par les pesticides (herbicides, insecticides et fongicides).

I.4.4. Pollution industrielle

Toutes les industries ne génèrent pas une pollution de même type ni de même importance. On distingue les pollutions organiques, les pollutions chimiques, les pollutions toxiques et les pollutions physiques.

Chapitre I : Importance de l'eau

- Les industries lourdes, les industries chimiques et certaines industries de transformation des métaux peuvent être la source d'une pollution toxique et persistante.
- Les effluents provenant d'une tannerie par exemple, sont chargés de chrome et d'acides, produits toxiques utilisés pour le tannage des peaux. C'est une pollution chimique.
- La pollution physique peut être due au réchauffement de l'eau par les centrales thermiques, aux matières en suspension des mines, des carrières ou de la sidérurgie.

Les industries agro-alimentaires (conserveries de légumes, fabrication de jus, laiteries...) rejettent principalement des matières organiques ou azotées [6].

I.4. Usage de l'eau

I.4.1. Introduction

L'eau issue des eaux superficielles, des nappes souterraines et de l'eau de mer, est destinée à :

- Usages domestiques comprennent l'alimentation en eau potable, l'usage sanitaire, le lavage de voitures, l'arrosage, etc. ; cette catégorie représente 6 % d'eau ;
- l'agriculture représente 2 % des prélèvements, principalement pour l'irrigation des cultures et l'élevage de bétail ;
- l'industrie, où l'eau est une matière première indispensable, représente 12 % des prélèvements d'eau. Les principales industries consommatrices d'eau sont les industries du verre et de la chimie, les industries du papier et de l'agroalimentaire ;
- la production d'électricité, elle représente à elle seule près de 80 % des prélèvements.

Après usage, l'eau plus ou moins chargée en polluants. Les usages industriels et domestiques créent une pollution majoritairement localisée qui touche les eaux superficielles. L'agriculture, quant à elle provoque une pollution diffuse qui affecte davantage les eaux souterraines.

I.4.2. Potabilité

L'eau est vecteur de nombreux parasites, bactéries ou virus. Il faut prendre des précautions avant de consommer de l'eau dans la nature. Une eau en apparence limpide et pure peut cacher des micro-organismes ou des polluants [7].

L'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable.

Elle doit alors être acheminée par des canalisations jusqu'à une usine spécialisée dans le traitement de l'eau, qui la rend "potable",

C'est à dire consommable sans risque. Avant d'arriver à nos robinets, l'eau captée doit subir une série d'opérations afin de répondre à toutes les exigences de qualité [8].

Chapitre I : Importance de l'eau

Tableau I.3: Les critères de potabilité.

Paramètres	caractéristiques
Paramètres organoleptiques	la couleur, saveur, la transparence de l'eau.
Paramètres physico-chimiques	la température, le pH, la conductivité ...
Paramètres concernant les substances indésirables	la teneur maîtrisée en fluor, nitrates et les sels minéraux ...
Paramètres concernant les substances toxiques reconnues	Ce sont les doses infimes en plomb, chrome ou poisons mortels pour l'homme...
Pesticides et produits apparentés	concerne les doses infimes, ces pesticides surtout en région Bretagne
concernant les eaux adoucies	La teneur minimale en calcium, en magnésium, carbonate ou bicarbonate
microbiologiques	l'absence de bactéries et de virus pathogènes.

1. Définition eau potable

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. La potabilité est liée aux des normes qui ont été établies et qui fixent les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur [9].

Les eaux potables peuvent se présenter sous deux formes : l'eau du robinet et les eaux minérales. Toutes les eaux de consommation doivent répondre aux mêmes normes de qualité, à l'exception des eaux minérales naturelles qui peuvent présenter des caractéristiques particulières. Elles permettent les usages domestiques de l'eau.

Normes de potabilité sont représentées dans les tableaux I.4:

Tableau I.4 :normes de potabilité des eaux [10].

Paramètre	CMA	Effets indésirables
Chlore	0.2-0.6mg/l	
PH	6.5-8.5	PH acide corrosion du conduit PH basique diminue l'efficacité de la désinfection
turbidité	5NTU	Protège les micro-organismes contre les effets de la désinfection.
Nitrates	50mg/l	Risque de méthémoglobinémie, infantile
Nitrites	0.1mg/l	Risque de méthémoglobinémie, infantile
Azote ammoniacal	0.5mg/l	Favorise le développement de certaines bactéries génératrices de mauvais gout
Résidu sec	2000mg/l	Gout désagréable

Chapitre I : Importance de l'eau

Calcium	200mg/l	Entartrage des conduits
Magnésium	150mg/l	Combiner au So_4 génère un gout désagréable
Dureté (TH)	500mg/l de $CaCO_3$	Entartrage des conduites, consommation excessive du savon
Sodium	250mg/l	Concentration élevée ; gêne les hypertendus
Potassium	15mg/l	Entraîne le gout désagréable
chlorure	600mg/l	Saveur désagréable, effet laxatif, corrosion de conduite
Sulfates	400mg/l	Trouble gastro-intestinaux, Corrosion de conduite
Cuivre	1mg/l	Saveur désagréable, tach ligne et la plomberie domestique
Fer	0.3mg/l	Saveur désagréable, tach ligne et la plomberie favorise le développement des bactéries
Manganèse	0.5mg/l	Saveur désagréable, tach ligne et la plomberie favorise le développement des bactéries
Cadmium	0.05mg/l	Maladie d'ITAI-ITAI
Chlore	0.05mg/l	Nécrose de la fois, néphrite
Cyanures	0.05mg/l	Prouvent être mortelle
Fluorures	1.5mg/l	Altération dentaire et fluorose du squelette
Plombe	0.05mg/l	Saturnisme
Arsenic	0.05mg/l	Trouble gastro intestinaux, hépatique et rénaux Trouble glucide-du métabolisme glucide -lipidique
Mercure	0.01Mg/l	Dose mortelle ,0.15-0.5de chlore mercurique trouble neurologique
Sélénium	0.01mg/l	Carie dentaire
Aluminium	0.2mg/l	Désordre neurologique

I.4.3.Irrigation

L'agriculture est le secteur d'activité le plus consommateur d'eau. La part la plus importante de l'eau prélevée est consacrée à l'irrigation.

Cette consommation varie d'une année sur l'autre, en fonction des conditions météorologiques et du type de cultures à irriguer. Encore très souvent traditionnels (irrigation gravitaire ou par submersion dans les rizières asiatiques), les dispositifs d'irrigation ont un très faible rendement.

On estime qu'avec les techniques standards, 30 à 60 % de l'eau d'arrosage s'évaporent et ne profitent pas aux cultures [11].

Les différentes cultures sont en effet plus ou moins consommatrices d'eau. Il faut par exemple :

Chapitre I : Importance de l'eau

Tableau I.5: la Consommation de l'eau dans différentes cultures.

l'eau par litres	Consommation des différentes cultures
25	1 kg de salade
100	1 kg de pommes
400	1 kg de maïs

1. Qualité de l'eau pour irrigation

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants [12]:

- pH
- Risque de Salinité
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium)
- Carbonate et bicarbonates en relation avec les teneurs en Ca et Mg
- Anions toxiques
- Aliments
- Chlore libre
- Autres traces d'éléments

Tableau I.6: Paramètres pour le recyclage de l'eau avec la signification agronomique.

Paramètre	Signification pour l'irrigation avec de l'eau réutilisée	Gamme dans les effluents secondaires et tertiaires	But du traitement de l'eau réutilisée
Solides en Suspension Turbidité	Des mesures de particules peuvent être liées à la pollution microbienne :elles peuvent perturber la désinfection, obstruer des systèmes d'irrigation ou générer des dépôts.	5-50 mg/L	<5-35TSS/L
		1-30 NTU	<0.2-35NTU
BOD5 COD	Substrat organique pour la croissance microbienne	10-30mg/L	<5-45mgBOD/L
		50-150mg/L	<20-200mgCOD/L
Coliformes totaux	Mesure du risque d'infection due à la présence potentielle de microbes pathogènes;	<10-10 ⁷ cfu/100mL	<1-200cfu/10mL

Chapitre I : Importance de l'eau

Métaux lourds	Certains sels de minerais dissous sont identifiés comme aliments peuvent devenir phytotoxiques à concentration élevée. Les éléments spécifiques (Cd, Ni, Hg, Zn, etc..) sont toxiques pour les récoltes, et des limites maximum de concentration existent pour l'irrigation.		< 0.001mgHg/L <0.01mgCd/L <0.02-0.1mgNi/L
Inorganique	La salinité élevée et le bore sont nocifs pour l'irrigation de certaines récoltes sensibles.		<450- 4000mgTDS/L <1mgB/L
Chlore résiduel	empêcher le développement bactérien; (> 0.05mg/L) peut endommager certaines récoltes sensibles.		0.5->5mgCl/L
Azote	contribuer la croissance des algues et l'eutrophisation dans des réservoirs de stockage, la corrosion (N-NH ₄), ou la formation de tartre.	10-30mgN/L	<10-15mgN/L
Phosphore		0 1-30mgP/l.	<0 1-2mgP/l.

I.4.4.L'eau industrielle

1. Introduction

L'eau possède des propriétés physico chimiques particulières qui lui confèrent des rôles très importants en industrie. On estime que le monde utilisera en 2025 vers 752 (km)³ d'eau par an ; ce chiffre représente 24 % de l'ensemble des prélèvements en eau [13].

L'utilisation de l'eau à des fins industrielles augmente en fonction des revenus des pays. De 10 % dans les pays à faible revenu, elle passe à près de 60 % dans les pays à revenu élevé.

Les différents secteurs industriels (Sidérurgie, Industrie du pétrole, Papeterie, Industrie de la microélectronique, Industrie pharmaceutique, Industrie textile, Industrie automobile, Industries du traitement de surfaces, Secteur de l'énergie, Industries agroalimentaires.....)

➤ L'eau est une utilité

Elle participe de façon indirecte à la production en tant que fluide thermique (production de vapeur, eau chaude, eau de refroidissement, eau glacée...). Pour cet usage, l'eau véhicule et échange la chaleur et le froid au sein d'un site industriel.

➤ L'eau intervient en amont du processus de fabrication

Ce sont les opérations de lavage et de transport des matières premières.

➤ L'eau intervient dans le processus de fabrication

L'eau est utilisée au sein même des process industriels comme solvant, matière première, agent de fabrication ou fluide de nettoyage des équipements ou du produit fabriqué.

Chapitre I : Importance de l'eau

Dans ces applications, les critères de qualité de l'eau dépendent directement du procédé industriel et sont spécifiques aux industries concernées.

2. Aspects qualitatifs et quantitatifs

2.1 En termes qualitatifs

Pour qualifier l'eau de process, on utilise les termes suivants :

- **Eau industrielle** : pour le transport et le lavage des matières premières et pour les circuits de refroidissement.
- **Eau de fabrication** : pour la production de vapeur, les lavages des équipements, certaines actions de dissolution, mise en suspension et/ou dilution des produits.
- **Eau de qualité potable** : bien entendu dans tout le secteur de l'agroalimentaire, mais aussi dans ceux de la cosmétique et de la chimie fine.
- **Eau ultra pure** : qui est utilisée en électronique et en industrie pharmaceutique.

2.2. En termes quantitatifs

L'industrie utilise différentes ressources en eau, différents traitements d'eau en fonction des usages, différents stockages d'eau et également différents réseaux de distribution.

Un secteur situé en amont d'une filière de production va consommer beaucoup d'eau par rapport au procès et aux secteurs en aval.

Pour un même type de production industrielle, on trouve des écarts dans les volumes d'eau utilisés qui sont liés à l'âge des équipements, à l'aménagement des lignes de production, aux conditions de lavage.

3. Gestion de l'eau

La réutilisation des eaux usées, ou recyclage, consiste à récupérer les eaux usées après plusieurs traitements destinés à en éliminer les impuretés, afin de stocker et d'employer cette eau à nouveau. Le recyclage de l'eau est d'abord pratiqué pour les eaux résiduaires internes des industries : certaines industries recyclent leur eau, qui fonctionne ainsi en circuit fermé. Les entreprises peuvent ainsi viser à réduire leur consommation de 40 % à 90 %.

Mais le procédé est aussi utilisé pour les eaux usées municipales secondaires : l'eau récupérée après traitement en station d'épuration reçoit un traitement supplémentaire afin d'être utilisée, essentiellement pour des usages qui ne nécessitent pas une eau potable, irrigation, utilisations industrielles...

Le recyclage remplit donc un double objectif d'économie de la ressource : il permet à la fois d'économiser les ressources en amont en les réutilisant, mais aussi de diminuer le volume des rejets pollués et aussi de récupérer les calories transférées par l'eau.

Enfin, l'optimisation de la gestion de l'eau demande d'utilisation de la méthode de recyclage.

Chapitre I : Importance de l'eau

4. Industries agroalimentaires

Les industries agroalimentaires, de par la nature de leurs productions, sont grandes consommatrices d'eau de très bonne qualité. A l'autre bout de la chaîne, leurs rejets représentent 20 % des eaux résiduaires de l'industrie française.

La totale implication de l'agroalimentaire dans la chaîne de l'eau conduit donc à ce que la préservation de la ressource constitue une de ses priorités. 10 % des investissements des IAA sont réalisés pour la protection de l'environnement.

Parmi les principaux investisseurs, on retrouve les sucreries, les industries du grain, le secteur de la viande et, enfin, les laiteries et les conserveries. Cependant, dans l'ensemble de ces activités, les interventions liées à des mesures préventives ou à la recherche et aux innovations représentent une part relativement modeste et ne concernent que 17 % des investissements en environnement.

Bien souvent, la lutte contre la pollution reste une action qui ne s'intéresse pas aux procédés de fabrication, pourtant à l'origine des rejets dont la gestion ne doit plus être considérée aujourd'hui comme fatale.

Par ailleurs, l'eau ne doit pas être considérée comme un banal fluide, mais comme une matière première de qualité. A tous les niveaux (dans les procédés, pour les lavages, pour le refroidissement ...), gérer l'eau, c'est économiser sans relâche, tant au niveau des consommations que des pollutions.

En outre, il convient de rappeler que quelles que soient les pistes qui peuvent être proposées, il n'y a pas de solutions toutes faites mais toujours des cas particuliers.

Les industries agroalimentaires (IAA) utilisent l'eau pour de très nombreux usages:

- **Fourniture de vapeur** : (alimentation de laveuse de bouteilles, pasteurisation...);
- **échange thermique** : (chaud et froid);
- **lavage et transport des matières premières** : (lavage des betteraves, des légumes.);
- **lavage des équipements** : cuves, tuyauterie, sols (laiteries, fabrication de produits frais, conserveries, fromageries.);
- **évacuation de certains déchets**: L'eau intervient aussi comme matière première, notamment dans le secteur des boissons dont elle est le composé du produit fini quantitativement le plus important. L'eau intervient dans la fabrication d'un produit alimentaire de façons diverses :
 - ✓ ainsi en sucrerie ou en amidonnerie-glucoserie, l'eau va servir à extraire de la matière première (betterave, pomme de terre, maïs, blé, riz) les composés recherchés (amidon, glucose, saccharose);

Chapitre I : Importance de l'eau

- ✓ en malterie, l'eau va participer au déclenchement des réactions de la germination de l'orge ;
- ✓ en levurière, l'eau dilue un substrat trop concentré (mélasse de sucrerie en général) qui va servir au développement des levures dans les réacteurs biologiques.

Tableau I.7: Consommation d'eau en fonction de la matière première et du type de traitement en industrie textile [10].

Type de fibre	Type de traitement	Litres d'eau par kg de fibres traitées
Coton	Désencollage	3 à 9
	Lavage, débouillissage	26 à 43
	Blanchiment	3 à 124
	Mercerisage	232 à 308
	Teinture	8 à 300
Laine	Désencimage	46 à 100
	Teinture	16 à 22
	Lavage, rinçage	334 à 835
	Neutralisation	104 à 131
	Blanchiment	3 à 22
Nylon	Désencimage, désencollage	50 à 67
	Teinture	17 à 33
Acrylique	Désencimage	50 à 67
	Teinture	17 à 33
	Lavage	67 à 83
Polyester	Désencimage	25 à 42
	Teinture	17 à 33
	Lavage	17 à 33
Viscose	Désencollage et teinture	17 à 33
	Lavage final	4 à 13
Acétate	Lavage et teinture	33 à 50

L'eau qui est incorporée dans le produit alimentaire doit être au minimum de qualité potable doivent être de qualité potable ; d'autres critères interviennent ensuite tels que :

- ✓ la qualité organoleptique ; par exemple, la présence de trihalométhanes (THM) ou de métabolites d'organismes aquatiques pourra entraîner des mauvais goûts ou des phénomènes de refloculation dans les boissons gazeuses ;
- ✓ la qualité bactériologique, notamment dans le domaine des laiteries-fromageries où l'eau est à la base de la préparation des solutions de nettoyage et où toute contamination bactérienne doit être évitée.

L'eau du réseau va donc subir des transformations complémentaires comme par exemple un traitement sur filtre à charbon actif, un adoucissement, une déminéralisation par osmose inverse, une décarbonatation à la chaux.

Chapitre I : Importance de l'eau

Si l'usine est alimentée à partir d'une ressource « propriétaire » telle qu'une eau de surface ou une eau de forage, l'industriel devra au préalable la rendre potable.

En termes quantitatifs, les consommations en eau sont très variables d'une industrie à l'autre ; les consommations suivantes sont les plus fréquemment rencontrées :

Tableau I.8: utilisation de l'eau dans l'industrie [10].

L'industrie	La quantité consommée
boissons gazeuses	3 litres par litre
Laiteries	2 à 18 litres par litre
Malteries	4 à 5 m ³ par tonne d'orge
industries vinicoles	1 litre par litre
Conserveries	5 à 50 litres par tonne de légumes
produire 1 œuf	1 000 L
produire 1 kilo de maïs	400 L
produire 1 kilo de blé	1 500 L
produire 1 kilo de riz	4 500 L
1 kilo de coton	10 000 L

Pour limiter les consommations liées au nettoyage, les industries agroalimentaires ont mis en place des centrales de nettoyage en place automatisées, permettant également la minimisation de la consommation en réactifs de nettoyage. Par ailleurs, l'usage de pistolets de nettoyage à fermeture automatique s'est généralisé et l'installation de compteurs d'eau par poste de travail permet de décourager des surconsommations liées à d'éventuels dysfonctionnements.

Le secteur des IAA est l'un des plus exemplaires en matière de gestion de l'eau [10].

➤ **Sucreries de betteraves**

L'eau permet d'extraire le sucre présent notamment dans les betteraves. On l'utilise pour la diffusion, le transport, le lavage des betteraves. La quantité d'eau utilisée en sucrerie est de 3 m³ par tonne de sucre produit.

➤ **Eaux minérales**

Une eau minérale est une eau d'origine souterraine, saine (coté bactériologique) et qui contient des taux variables de sels minéraux et oligoéléments.

➤ **Industrie laitière**

L'eau dans l'industrie laitière est utilisée pour nettoyage au sein des circuits de l'usine (tuyauteries, cuves de stockage, pasteurisateur, évaporateurs, atomiseurs.) et La mise en place de ces installations de nettoyage a permis, outre l'automatisation et la fiabilisation des séquences de nettoyage, des économies importantes en consommation d'eau, en énergie nécessaire au lavage et en réactifs de nettoyage.

Chapitre II : Etapes des traitements

Chapitre II : Etapes des traitements

II.1. Introduction

L'utilisation de l'eau issue des forages ou des lacs nécessite une série de traitement afin d'avoir les caractéristiques exigés pour des utilisations bien définies.

Les différentes étapes de traitement des eaux utilisées pour la fabrication des pates alimentaires sont représentées dans le schéma suivant :

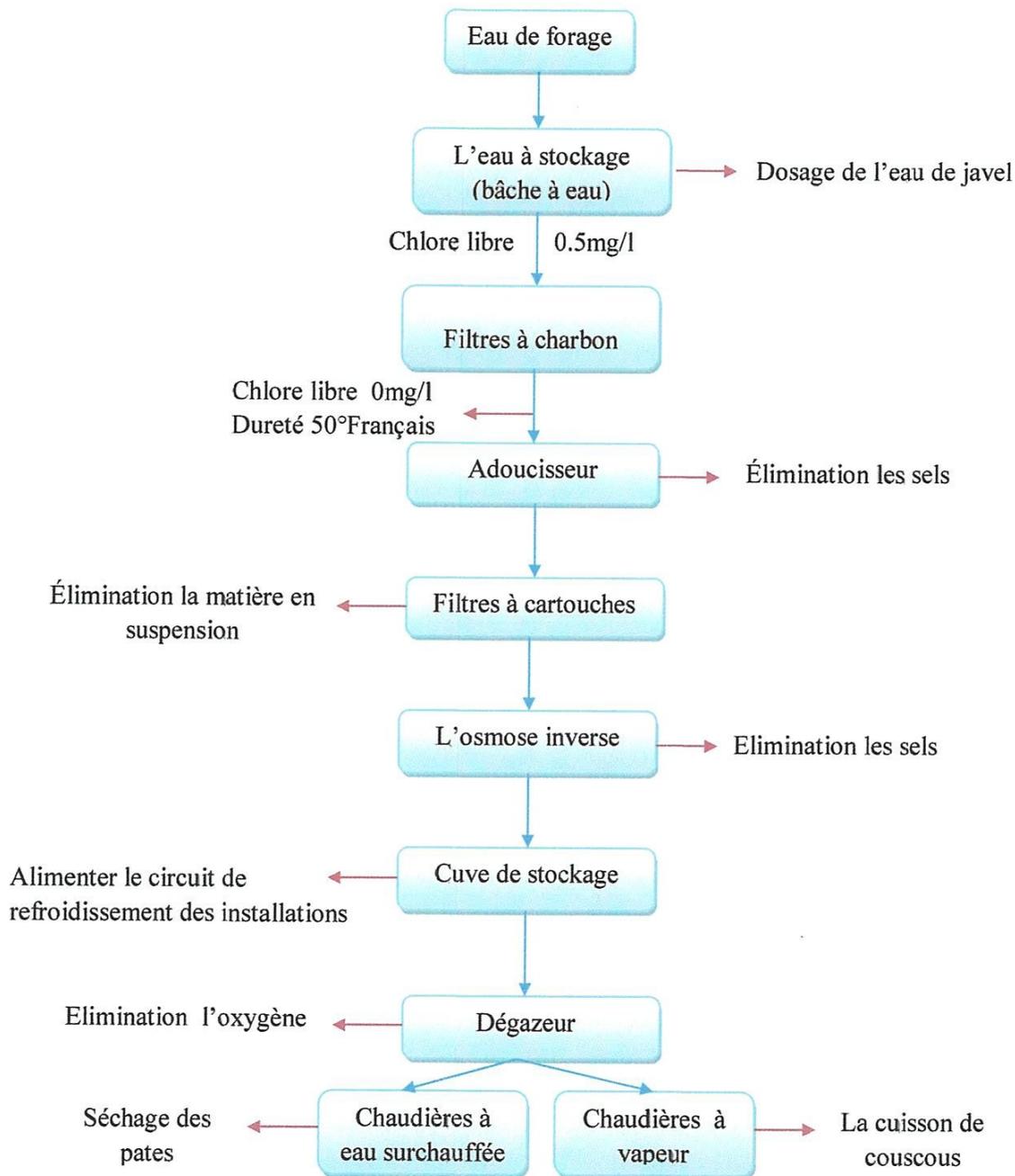


Figure II.1 : Représentation schématique de la chaîne de traitement de l'eau de consommation

Chapitre II : Etapes des traitements

II.2. Etapes de traitements

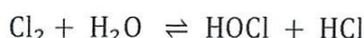
L'eau des forages se trouvant aux alentours de l'usine de fabrication des pâtes alimentaires de Ben Amor « El Fedjouj », est acheminée vers un bac de stockage afin de subir une étape de désinfection par l'eau de javel.

II.2.1. Dosage de l'eau de javel

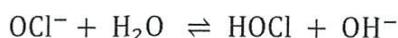
Le but de la désinfection avec l'eau de javel est d'éliminer les germes pathogènes existant dans l'eau de manière qu'elle ne puisse infecter les humains ou les animaux et leur environnement.

Quelle que soit la forme commerciale initiale (chlore gazeux (Cl_2), d'hypochlorite OCl^- (de sodium), le chlore se dissout dans l'eau en formant à bas pH de l'acide hypochloreux HOCl :

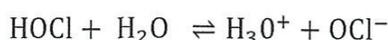
- soit en partant de chlore gazeux :



- soit en partant d'hypochlorite :



À partir d'une certaine valeur du pH de l'eau, voisine de 6, HOCl se dissocie lui-même selon la réaction :



Les proportions respectives d'acide hypochloreux (HOCl) et d'ion hypochlorite (OCl^-) sont régies par le pH du milieu. Les formes prédominantes sont HOCl à pH acide, et OCl^- à pH basique ; en pratique, on peut retenir que la proportion d'acide hypochloreux HOCl est de l'ordre de 80 % à pH 7, 50 % à pH 7,5 et 25 à 30 % à pH 8 ; cette notion est importante, car l'effet germicide de HOCl est très supérieur à celui de OCl^- . Toutefois, il est convenu d'appeler chlore résiduel libre la somme $\text{HOCl} + \text{OCl}^-$. Pour un résiduel donné, le pouvoir désinfectant du chlore libre sera donc supérieur à pH 7 qu'à un pH alcalin.

L'eau de Javel oxydant la matière organique qu'elle rencontrent en étant susceptible de produire des organochlorés toxiques et de nombreux produits de dégradation (chlorures) et métabolites lorsqu'elle a été ingérée par des animaux ou autres organismes aquatiques[14].

II.2.2. Passage de l'eau à travers des filtres à charbon

L'adsorption définit la propriété de certains matériaux de fixer à leur surface des molécules extraites de la phase liquide aqueuse dans laquelle ils sont immergés. Parmi les matériaux adsorbants (qui comprennent également les zéolites naturelles, certaines résines synthétiques, etc.), le charbon actif est actuellement le plus utilisé.

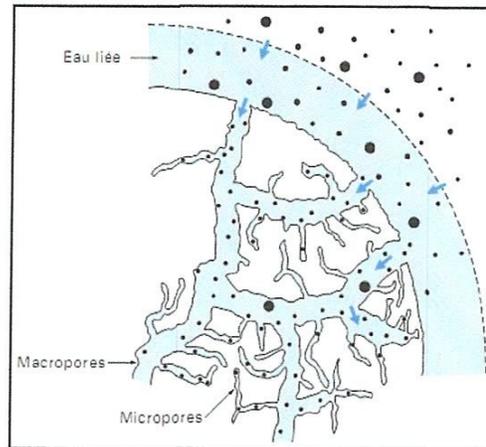


Figure II.2: Adsorption sur une particule de charbon actif. Le charbon actif (en grains ou pellets) est le plus souvent placé dans des filtres ouverts ou fermés, appelés aussi adsorbants.

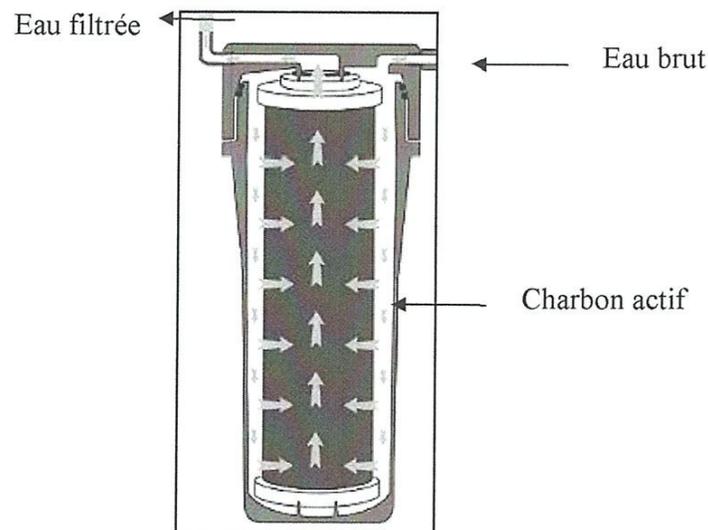


Figure II.3: Filtre à Charbon actif

Dans la plupart des applications industrielles, nous utilisons des filtres fermés. Ceux-ci sont conçus de telle façon que le courant de substance liquide ou de gaz à traiter est pompé sous pression à travers le filtre et le charbon. Pour les applications d'eau potable, nous utilisons surtout des filtres ouverts où l'eau s'écoule de manière gravitaire à travers les couches de charbon actif. Le système de filtration par des filtres à charbon actif ($5 \mu\text{m}$) [15].

Pour les applications de traitement d'eau dans les procédés des industries alimentaires, la filtration au charbon actif est souvent accompagnée d'une désinfection UV.

a. Exemples d'application

- Traitement des eaux souterraines polluées
- Traitement contre les micropolluants, adsorption des traces de certains métaux lourds

Chapitre II : Etapes des traitements

a. Exemples d'application

- Traitement des eaux souterraines polluées
- Traitement contre les micropolluants, adsorption des traces de certains métaux lourds
- Rétention de chlore
- Filtration fine pour piscines
- Filtration finale pour le rejet d'effluents

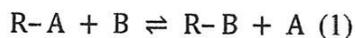
b. Description du processus

L'eau est pompée dans une colonne qui contient du charbon actif, cette eau quitte la colonne à travers un système drainant. L'activité de la colonne de charbon actif dépend de la température et de la nature des substances. L'eau passe à travers la colonne continuellement, ce qui entraîne une accumulation des substances sur le filtre. Pour cette raison, le filtre a besoin d'être remplacé périodiquement. Un filtre utilisé peut être régénéré de différentes façons, le charbon granulaire peut être régénéré facilement en oxydant la matière organique. L'efficacité du charbon actif diminue alors de 5 à 10%. Une petite partie du charbon actif est détruite pendant le processus de régénération et doit être remplacée. Si vous travaillez avec différentes colonnes en série, vous pouvez vous assurer que vous n'aurez pas un épuisement total de votre système de purification.

II.2.3. Adoucisseur

L'adoucissement, c'est la permutation sodique sur échangeurs de cations sous la forme ionique Na ; Un adoucisseur d'eau est un appareil qui réduit la dureté de l'eau en réduisant la quantité de calcaire (principalement carbonates de calcium et de magnésium) en solution dans l'eau.

Les échangeurs d'ions sont des substances granulaires insolubles, minérales ou organiques, d'origine naturelle ou synthétique, qui comportent des fonctions acides ou basiques susceptibles d'échanger leurs ions mobiles avec les ions de même signe contenus dans les solutions avec lesquelles ils sont mis en contact. Cette forme d'échange est en général une réaction d'équilibre, de la forme :



Une telle réaction est une permutation, qui ne modifie ni l'aspect (sauf éventuellement la couleur), ni la structure, ni le caractère insoluble de l'échangeur d'ions. Par contre, elle permet de modifier la composition ionique du liquide, objet du traitement, sans modification du nombre total d'ions existant dans ce liquide au début de l'échange.

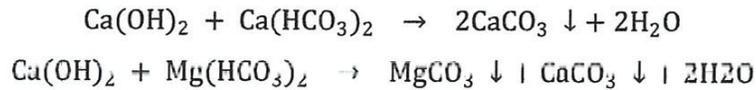
Chapitre II : Etapes des traitements

a. Fonctionnement d'un adoucisseur

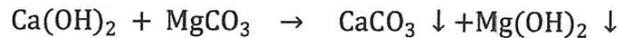
Les traitements d'adoucissement consistent en une élimination totale ou partielle du TH et/ou décarbonatation (élimination du TAC) ; On distingue les procédés à la chaux et sur résine.

b. Adoucissement-décarbonatation à la chaux

Ce traitement, qui est mis en œuvre dans un réacteur-décanteur, abaisse les titres en calcium et en magnésium de l'eau par précipitation sous forme de carbonate et d'hydroxyde, respectivement ; on assiste donc simultanément à un abaissement du TAC, d'où le nom du procédé qui est basé sur les réactions suivantes :



Puis avec un excès de chaux :



La réaction de la chaux sur les bicarbonates alcalino-terreux produit du carbonate de calcium, mais la cinétique de cristallisation est très lente. On l'améliore donc en mettant en contact l'eau additionnée de chaux avec les dépôts de carbonate déjà formés dans le décanteur. Dans tous les cas, une filtration sur sable (ou parfois filtre bicouche) termine le traitement.

c. Décarbonatation sur résine

L'adoucissement sur résines échangeuses de cations sous la forme ionique sodium permet la substitution, aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} présents dans l'eau, d'ions Na^+ fixés sur la résine, selon la réaction réversible :

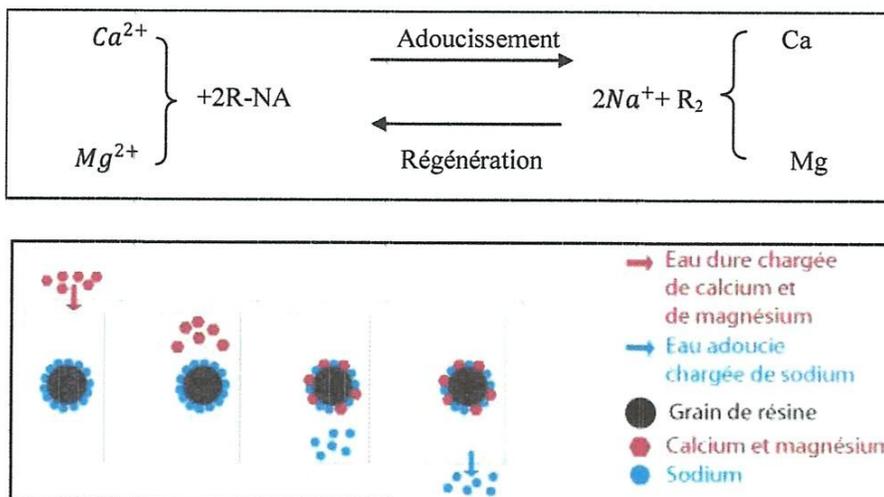


Figure II.4 : mécanisme de Décarbonatation

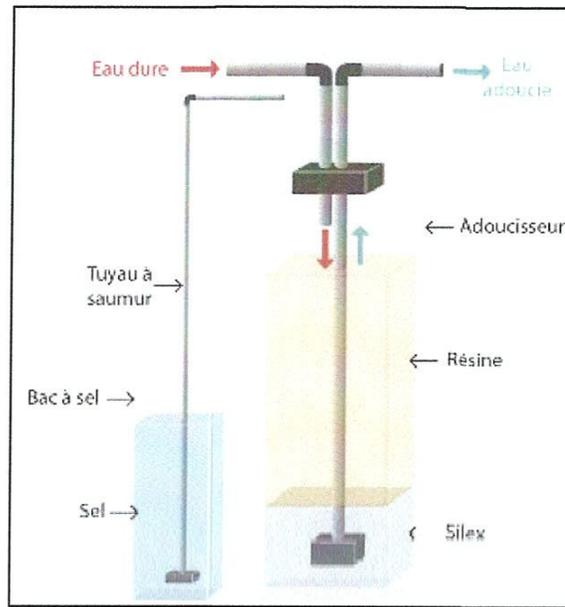


Figure II.5 : Schéma d'un adoucisseur d'eau

Dans cette technique, l'eau qui passe au travers de la résine sort complètement adoucie ($TH \approx 0$), mais contrairement à la technique de la décarbonatation, son alcalinité et sa minéralisation globale ne sont pas modifiées: ses sels de calcium et de magnésium se sont transformés en sels de sodium.

L'adoucissement sur résine s'applique exclusivement aux eaux naturellement claires ou clarifiées par un traitement préalable. Il présente l'intérêt de pouvoir être effectué sous pression. En sortie d'appareil, un régulateur de dureté va permettre le bon rééquilibrage du taux de calcaire.

II.2.3. Filtre à cartouche

Le filtre à cartouche est un élément de filtration de l'eau. Il contient de petites surfaces, mais n'est pas adapté aux eaux trop calcaires. L'eau est aspirée par les skimmers et la pompe pour être nettoyée dans le filtre. Après son passage dans le filtre à cartouche, l'eau est reconduite dans la piscine par les buses de refoulement.

Le filtre à cartouche est constitué d'une cartouche fabriquée en papier ou matériaux synthétiques. Ces matériaux sont pliés en étoile : selon la finesse du filtrage, les plis sont plus ou moins prononcés [16].

Chapitre II : Etapes des traitements

II.2.4. Osmose Inverse

L'osmose inverse est un procédé de séparation en phase liquide par perméation à travers des membranes semi-sélectives sous l'effet d'un gradient de pression.

1. Principes de l'osmose inverse

L'osmose désigne le phénomène de diffusion des molécules de solvant (l'eau de façon générale) à travers une membrane semi-perméable qui sépare deux liquides de concentrations en soluté différentes. Le passage de solvant d'un compartiment à l'autre va créer une différence de pression hydrostatique qui va compenser exactement la différence de pression osmotique.

Le phénomène d'osmose nécessite la présence de deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable, c'est-à-dire perméable uniquement à l'eau (ou au solvant de façon plus générale) et imperméable aux solutés. Lorsque les deux solutions ne contiennent pas le même nombre de particules dissoutes par unité de volume, on observe un mouvement d'eau qui va tenter de compenser cette différence de concentration en diluant le compartiment le plus concentré.

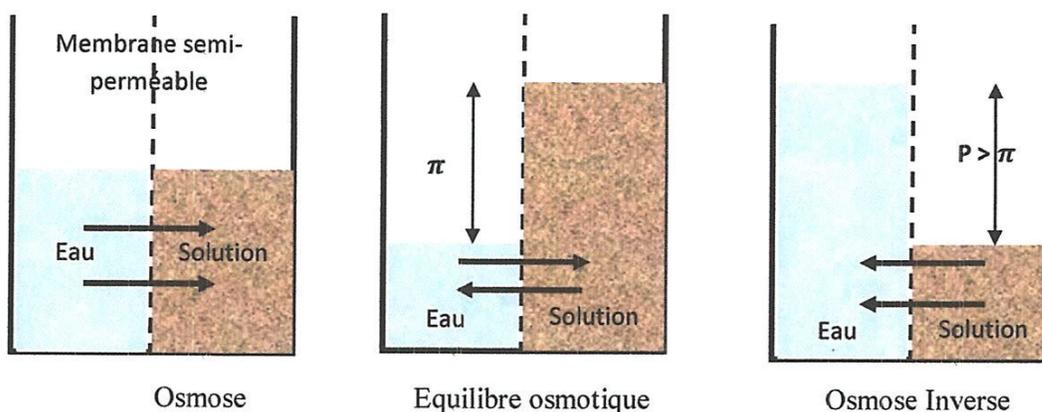


Figure II.6: Schéma du principe de l'osmose inverse

L'osmose inverse est le même processus inversé. En appliquant sur la partie la plus concentrée une pression mécanique supérieure à la pression d'équilibre osmotique, on inverse le sens de circulation de l'eau. La sélectivité des membranes d'osmose inverse pour les différentes espèces chimiques dépend de leur possibilité de solvation par l'eau. Les espèces les plus fortement solvatées ont un taux de rejet toujours plus important, c'est pour cela que:

- Les ions sont mieux retenus que les molécules.
- Les protéines ont une rétention plus faible pour des pH proches du point isoélectrique.
- Pour les acides faibles, le taux de rejet est élevé lorsque le pH est supérieur au p_k .
- Pour des ions de valence différente, le taux de rejet croît avec la valence des ions.

Chapitre II : Etapes des traitements

- Pour des ions de même valence, le taux de rejet diminue si leur masse molaire augmente.

2. Structure des membranes d'osmose inverse

Les membranes d'osmose inverse sont composées d'une couche mince (couche active, peau) de faible épaisseur (0,1 et 1,5 μm), comportant des micropores ; cette couche active est supportée par une ou plusieurs couches, à la fois plus poreuses et mécaniquement plus résistantes.

La couche mince contrôle le passage sélectif des substances. La sélectivité et la perméabilité des membranes d'osmose inverse résultent des effets récurrents dus à la solubilité et à la diffusion des substances dans le matériau membraneux.

Ainsi, chaque constituant du milieu traité, solvant ou soluté, se dissout plus ou moins dans le matériau de la peau. Ensuite, les molécules ou ions dissous diffusent au travers du matériau de la couche mince sous l'action de la force motrice de transfert due au gradient de pression, essentiellement hydrostatique.

En général, l'étape de dissolution est prépondérante, déterminant la nature des substances qui pourront traverser la membrane.

Dans le cas des membranes perméables à l'eau, la sélectivité est directement liée à la facilité d'hydratation des ions. Comme l'eau est un solvant polaire, les ions sont plus solvatés que les molécules ou que les substances neutres. Par suite, ces dernières franchiront plus difficilement la membrane. De même, les ions divalents qui ont une énergie d'hydratation supérieure à celle des ions monovalents, auront plus de difficulté à passer que ces derniers.

En solution aqueuse, l'ionisation des substances dépend du pH, et d'autres paramètres de solubilité (température, pression...), la séparation par les membranes d'osmose inverse est surtout fonction de la nature de la couche active.

Les membranes d'osmose inverse sont fabriquées à partir de deux classes de polymères : acétates de cellulose et polyamides. Les membranes à base de polyamide sont à la fois plus sélectives et plus perméables et plus utilisées aujourd'hui que les membranes en acétate.

Dans le cas des membranes organiques anisotropes, cette couche est constituée soit d'acétate de cellulose, soit de polyamide, soit de poly sulfone modifiée, ou bien encore, de polymères dérivés.

Les membranes composites ont une couche active formée de polyamide, de polyéther amide, de polyéther urée, de polyéther, de polyalcool vinylique ou de polyéther sulfone.

Les grandeurs caractéristiques des membranes d'osmose commercialisées sont rassemblées dans le tableau II.1.

Chapitre II : Etapes des traitements

Tableau II.1: Grandeurs caractéristiques des membranes d'osmose inverse

Grandeur	Renseignements
Fabricant	Nom de la société ou de la division de la société concernée
Marque	Nom sous lequel le matériau est commercialisé, avec éventuellement l'indication d'un dépôt légal
Code	Repère attribué par le fabricant, parfois abrégé
Matériau	Indique la nature du matériau sélectif, dans tous les cas un polymère
Taux de rejet	C'est le rapport de la différence de la concentration de la substance en amont et en aval de la membrane sur la concentration en amont. Il s'exprime en général en pour-cent et a pour symbole TR. Le taux de rejet pour une substance donnée n'est pas une constante intrinsèque de la membrane, car il dépend aussi des conditions opératoires et du milieu. En général, il est donné pour du chlorure de sodium dans des conditions de concentration et température précisées.
Densité du flux à l'eau	C'est la quantité de perméat qui traverse l'unité de surface de membrane pendant l'unité de temps pour une différence de pression donnée. Parfois, elle peut être déduite des valeurs du débit indiquées pour le ou les modules correspondants (s'y reporter). Elle s'exprime en général en $m^3/m^2 \cdot J \cdot bar$. Habituellement le perméat est de l'eau dessalée.
Taux de récupération	C'est la fraction d'eau dessalée recueillie comme perméat par rapport à l'alimentation.
Pression	Pression d'essai de la membrane, ou pression maximale ou pression recommandée pour son usage. Elle s'exprime en kPa (1 kPa = 0,01 bar).
Température	Température maximale ou température recommandée pour l'usage de la membrane. Elle s'exprime en degrés Celsius (°C)
pH	Indique les valeurs extrêmes du domaine du pH que peut supporter la membrane pendant une période de temps prolongée. Indique le « caractère hydrophile » de la membrane (cf. articles K 364 et K 365)
Module	Indique le type de module commercialisé utilisant la membrane
Tolérances	Indique la teneur maximale de certains composés et la durée de contact
Applications	Il s'agit de donner quelques domaines d'applications courants : dessalement ou concentration

Chapitre II : Etapes des traitements

3. Procédés d'osmose inverse (modules et installation)

Trois types de modules sont utilisés en osmose inverse : les modules spirales (les plus utilisées), les modules tubulaires et les modules en fibres creuses. Les unités d'osmose inverse comportent principalement en plus des modules les éléments suivants:

- Une pompe à haute pression (40 à 80 bars) pour l'osmose inverse.
- Un échangeur de chaleur pour maintenir les liquides aux températures souhaitées.

Les membranes Industrielles d'OI ont un débit de perméat entre 1,4 – 37,9 m³/j, c'est pour cela que de nombreuses membranes sont souvent nécessaires pour respecter les conditions requises de l'installation. Les membranes sont regroupées en séries et arrangés en parallèle pour satisfaire les caractéristiques de débit et de pression des membranes ainsi que les besoins de l'installation:

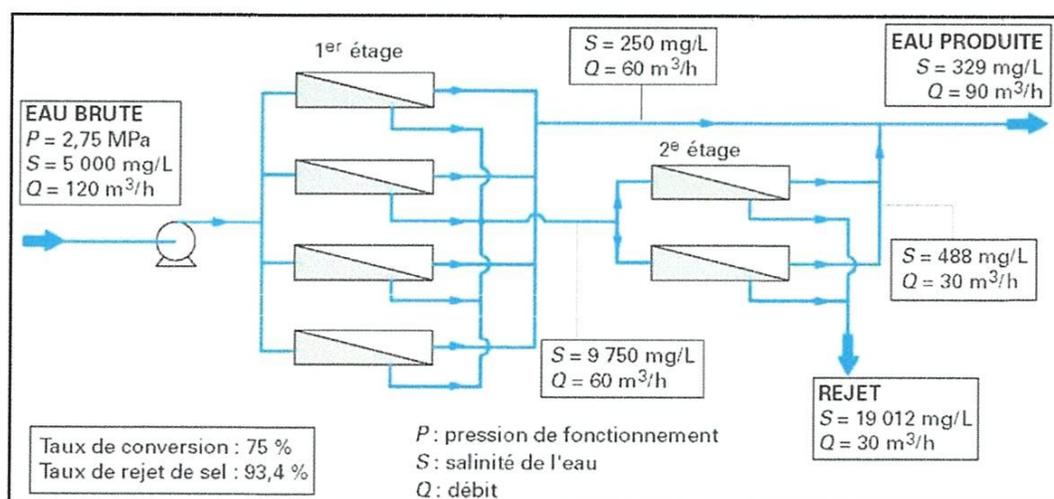


Figure II.7 : Montage classique d'osmose inverse en série-rejet

« deux étages en monopassage »

Le nombre total de membranes et de tubes de pression requis et leur arrangement dépendent du débit de perméat et de la pression appliquée, c'est-à-dire, salinité et température. Les procédés existent en discontinu comme en continu avec dans les deux cas des montages permettant le recyclage des concentrats pour améliorer la séparation. Une étape d'élimination préalable des plus grosses particules est toujours nécessaire.



Figure II.8 : Installation d'osmose inverse pour le traitement des eaux

Avantages

- Opération à température ambiante ce qui évite la dégradation de molécules fragiles.
- Pas d'intervention de réactifs chimiques comme des agents d'extraction.
- Consommation énergétique.

Inconvénients

- Baisse de la perméabilité et modification de la sélectivité en cas de colmatage des membranes.
- Sélectivité entre les espèces chimiques "soluté" toujours inférieure à 100 %.
- Durée de vie limitée des membranes soit par perte de résistance mécanique soit par suite d'une mauvaise tenue aux réactifs utilisés pour le nettoyage.

4. Applications Industrielles

Les principales applications de l'osmose inverse sont les suivantes:

- Traitement des eaux dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, production de l'eau ultrapure (industries électronique, pharmaceutique ...).
- Extraction de protéines du lactosérum dans l'industrie laitière.

Chapitre II : Etapes des traitements

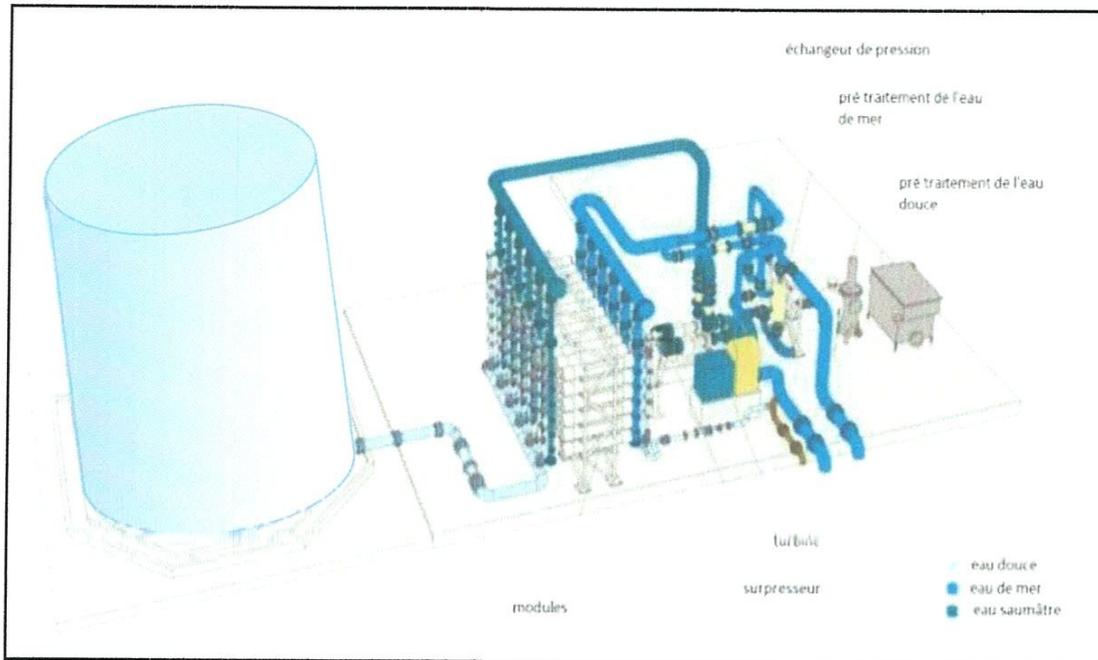


Figure II.9 : schéma d'une installation de dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres

II.2.5. Dégazage

Un dégazeur est utilisé pour le traitement de l'eau d'alimentation de chaudières vapeur. L'eau ne doit pas contenir d'oxygène pour ne pas augmenter le risque de corrosion. L'oxygène habituellement contenu dans l'eau d'appoint se situe à environ 8-10 mg/l. Après traitement sur dégazeur thermique, le taux d'oxygène est diminué à moins de 0.05 mg/l.

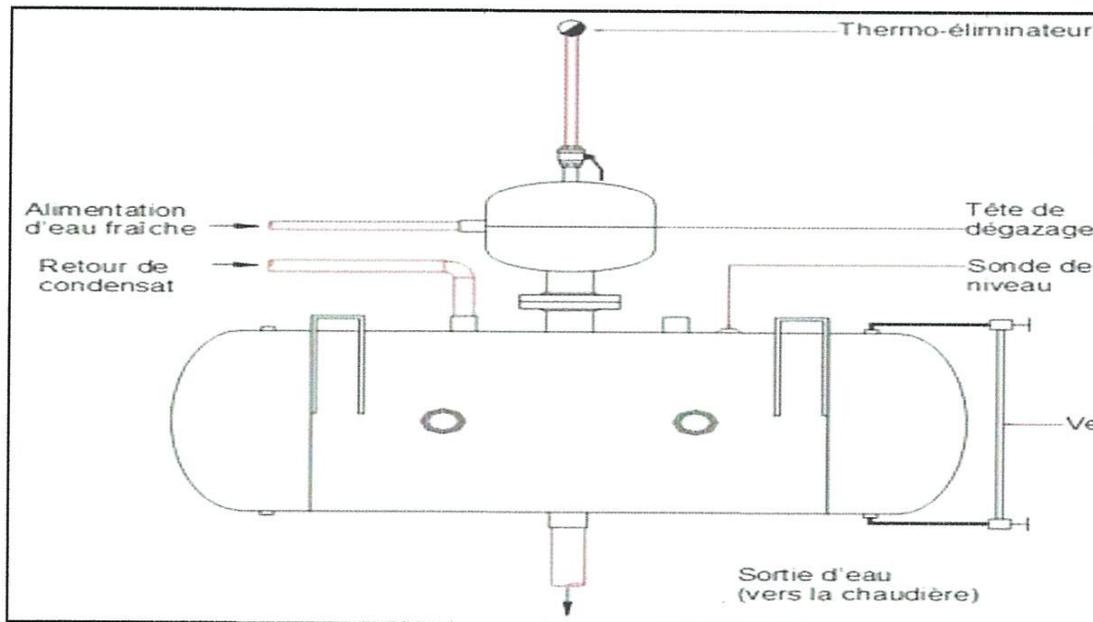


Figure II.10 : schéma d'un dégazeur

Chapitre II : Etapes des traitements

L'eau est chauffée, il se produit un fort dégazage. Or, les gaz sont pratiquement insolubles si la température est suffisamment élevée. Le fait de travailler sous vide ou en pression est, en principe, secondaire. Une température élevée et constante garantit un fonctionnement sans problème, puisque le dégazeur travaille à une pression de 0.2 bar, ce qui correspond à un point de vapeur de 104 °C. De plus, le dégazage est facilité par l'augmentation de la température de l'eau et donc la diminution de sa viscosité.

Chapitre III : Méthodes et matériels

Chapitre III : Méthodes et matériels

III.1. Titre hydrotimétrique TH (la dureté total)

1. Objet

La mesure du TH s'effectue sur les eaux dont on veut déterminer la dureté.

La dureté de l'eau est un indicateur du niveau de calcaire dans l'eau, elle correspond à l'ensemble des ions alcalino-terreux, soient les ions calcium et magnésium principalement.

$$TH = TH_{Mg} + TH_{Ca}$$

La dureté s'exprime en degrés français (°F).

$$\text{On écrire : } 1(°F) = \begin{cases} 4\text{mg/l de Ca}^+ \\ 2,43\text{mg/l de Mg}^+ \end{cases}$$

2 .Principe

La mesure est un dosage volumétrique par un réactif titrant complexant, l'EDTA (sel tétra sodique de l'acide éthylène diamine tétra-acétique).

La méthode peut être mise en défaut lorsque les eaux sont riches en cuivre ou en fer dissous.

L'EDTA a la propriété de se combiner avec les ions calcium puis magnésium pour former des composés solubles, les chélates.

La fin du dosage est décelée par la couleur bleue de l'indicateur coloré (Indicateur Net), étant violet tant que les ions magnésium restent à l'état libre en solution.

La qualité d'eau liée à la hydrotimétrique Plus ce titre est élevé, plus une eau est dure.

Tableau III.1 : la qualité de l'eau en fonction la dureté

TH (°F)	Type d'eau
0 à 7	Très douce
7 à 15	douce
15 à 30	Moyennement douce
30 à 42	dure
Supérieur 42	Très dure

3 .Les réactifs

- 25 ml d'eau analysé
- Noir d'Eriochrome
- Solution tompou d'ammoniaque
- Liquer complexometrique (N/50) (EDTA)

Chapitre III : Méthodes et matériels

4. Mode opératoire

Prélever 25 ml d'eau à analyser dans une fiole de 25 ml. Les verser dans un erlenmeyer adapté puis ajouter 4 gouttes de solution Noir d'Eriochrome.

- Si la solution est bleue : $TH = 0$. L'eau est adoucie ou non-dure.
- Si la solution est violette : an ajout 4 gouttes de solution tampon K10 (solution NH_4^+ / NH_3) permettant la complexassions totale des ions calcium et magnésium. doser le mélange par la liqueur hydrotimétrique (solution d'EDTA N/50). Ajouter jusqu'au virage du violet au bleu :

Soit V (ml) volume de coulée d'où : $TH = V \text{ (ml)} \times 4 \text{ °F}$

V \longrightarrow volume de liqueur hydrotimétrique (d'EDTA N/50)

III.2.l'alcalinité

C'est la teneur d'une solution en ions OH^- . La détermination de l'alcalinité s'effectue par un titrage d'une eau à pH élevé par un acide fort (H_2SO_4).

Nous obtenons une courbe de neutralisation qui correspond l'un au virage du méthylorange et l'autre au virage de la phénophtaléine, à chacun de ces virages, correspond au titre alcalimétrique.

II.2.1.Titre alcalimétrique TA

C'est le premier point de neutralisation à $pH = 8.3$ caractérisé par le passage de la phénophtaléine du rose à l'incolore. Ce titre mesure la totalité des bases libres, une des deux valences des ions carbonates (passage des carbonates aux bicarbonates = demi neutralisation).

On peut écrire:

$$TA = [OH^-] + \frac{1}{2}[CO_3^{2-}]$$

1. Mode opératoire

Son mode opératoire consiste à prendre 50 ml d'eau à analyser, verser quelques gouttes de phénophtaléine. Si la phénophtaléine vire au rose, on titre par l'acide sulfurique H_2SO_4 (0,1 N) jusqu'à la décoloration qui correspond à V1 de T.A exprimé en ppm $CaCo_3$ est donné par la relation suivante:

$$TA = V1. N. 1000 / 100 \text{ ml prise d'essai.}$$

1. Les réactifs

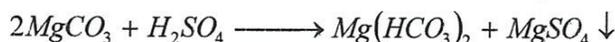
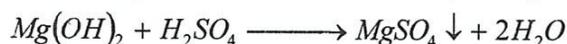
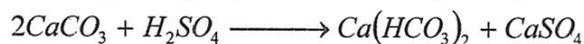
- L'eau analysée
- phénolphtaléine
- solution alcalimétrique N/50

Avec:

Chapitre III : Méthodes et matériels

- V_1 = volume de H_2SO_4
- N = normalité de H_2SO_4 (= 0,1)

3. Réactions



III.2.2. Titre alcalimétrique complet TAC

C'est le deuxième point de neutralisation à $pH = 4,5$ caractérisé par le passage de méthylorange du jaune pâle à l'orange. Le titre mesure l'ensemble des anions suivants:

- Hydroxyle des bases libres OH^-
- Carbonates CO_3^{2-}
- Hydrogénocarbonate HCO_3^-

On peut écrire:

$$TAC = [OH^-] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$$

1. Mode opératoire

Son mode opératoire s'effectue sur la même prise d'essai utilisée pour l'obtention de V_1 et par suite le T.A, on ajoute 2 à 3 gouttes de méthylorange et titrer par H_2SO_4 (0,1 N), jusqu'à obtention de la couleur orange qui correspond à V_2 , le TAC exprimé en ppm $CaCO_3$ donné par l'expression suivante:

$$TAC = V_1 \cdot N \cdot 1000 / 100 \text{ ml prise d'essai.}$$

$$[HCO_3^-] = V_1 \cdot \frac{N \cdot 61 \cdot 1000}{100}$$

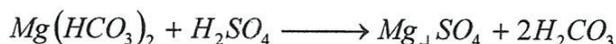
Avec:

V_1 = volume de H_2SO_4

N = normalité de H_2SO_4 (= 0,1)

Chapitre III : Méthodes et matériels

2. Réactions



3. Réactifs

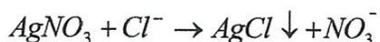
- H_2SO_4 , 0,1 N
- phénophtaléine pour le TA.
- Méthylorange pour le TAC.

III.3. Dosage des chlorures (Cl)

1. Introduction

L'eau contient toujours de chlorures, mais en proportion très variable. Ainsi, les eaux provenant des régions granitiques sont pauvres en chlorures, alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent d'avantage. D'ailleurs, la teneur en chlorures augmente avec le degré de minéralisation d'une eau. Certaines eaux souterraines sont très saumâtres. L'eau de mer contient environ 20 000 mg/l d'ions chlorure et la salinité des rivières qui s'y déversent peut être très élevée au voisinage de l'embouchure.

2. Principe



L'indicateur de fin de réaction est K_2CrO_4 :



Figure III.1 : dosage des ions chlorures.

Chapitre III : Méthodes et matériels

3. Les réactifs

- 25 ml d'eau analysé
- Indicateur de chlorure (une solution saturée de K_2CrO_4)
- Nitrate d'argent (0,02 mol/l)

4. Mode opératoire

On introduit dans un bêcher, 25 ml d'eau à analyser préalablement filtrée, on ajoute 4 goutte d'indicateur de chlorure (une solution saturée de K_2CrO_4), la couleur devient jaune.

Le titrage est réalisé sous agitation par ajout progressif (goutte à goutte) de la solution de nitrate d'argent (0,02 mol/l) à la solution. La fin du dosage est indiquée par la couleur marron du précipité de chromate d'argent (Ag_2CrO_4). Notez le volume de nitrate d'argent ajouté.

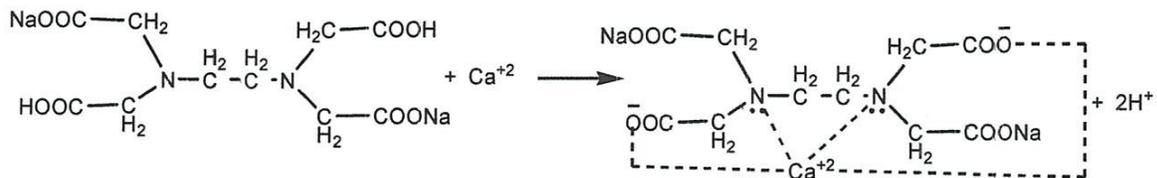
$$C_{Cl^-} = \frac{C_{AgNO_3} \cdot V_{AgNO_3}}{V_{\text{échanté}} \cdot V_{AgNO_3} M_{Cl^-}}$$

II.4. Dosage de calcium

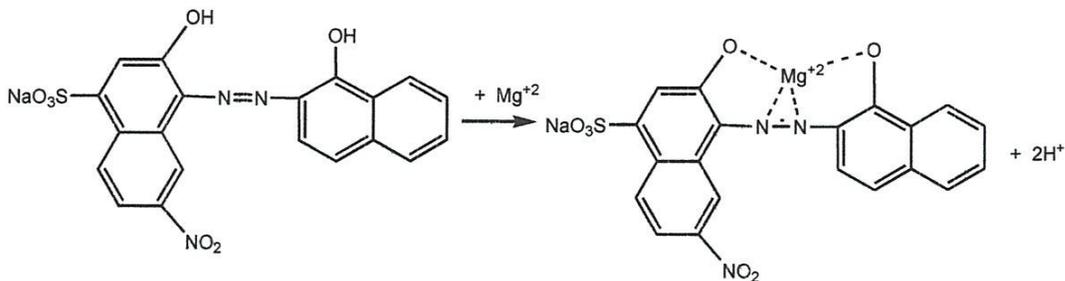
1. Principe

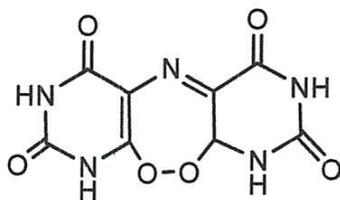
On y indique la teneur globale de calcium et de magnésium.

Avec l'EDTA (éthylène diamine tétra acétique)



Avec noir d'ériochrome T:





Murexide

2. Réactifs

- Solution EDTA (0,1 N).
- Ammoniaque d'hydroxyde de sodium (10 g NaOH dans 90 ml de H₂O).
- Solution de murexide.
- Eriochrome noire T.
- Acide chlorhydrique 37%.

3. Mode opératoire

A 25 ml de l'échantillon d'eau analyser sont additionnés d'hydroxyde de sodium en solution jusqu'à ce qu'on obtient un pH>12.

On ajoute une pincée de murexide et on titre avec la solution E.D.T.A (0,1 N) jusqu'au virage du rose au violet.

La teneur en ions calcium est calculée à partir de la formule (1). Après addition de 1 ml d'acide chlorhydrique concentré on chauffe la solution au bain marée jusqu'à décoloration, en utilisant le méthylorange comme indicateur au liquide encore chaud, quelques gouttes d'Eriochrome noire T et 1 ml d'ammoniaque, on titre avec la solution E.D.T.A (0,1 N) jusqu'à changement de couleur vert- vague vers le bleu.

La teneur en ion magnésium est obtenue à partir de la formule (2).

4. Méthode de calcul

1 ml de solution et 0,1 N EDTA = 0,4008 mg/l Ca⁺²

$$mg/l Ca_{+2} = \frac{V_1 \times 0,4008 \times 1000}{100} \quad (1)$$

Avec:

V₁: ml de solution EDTA (0,1 N) utilisée.

1 ml de solution 0,1 EDTA = 0,2431 mg de Mg⁺².

$$mg/l Mg_{+2} = \frac{V_2 \times 0,2431 \times 1000}{100} \quad (2)$$

Avec:

V₂: ml de solution EDTA (0,1 N) utilisée.

Chapitre III : Méthodes et matériels

100 = volume de la prise d'essai.

III.5. Analyse de phosphate

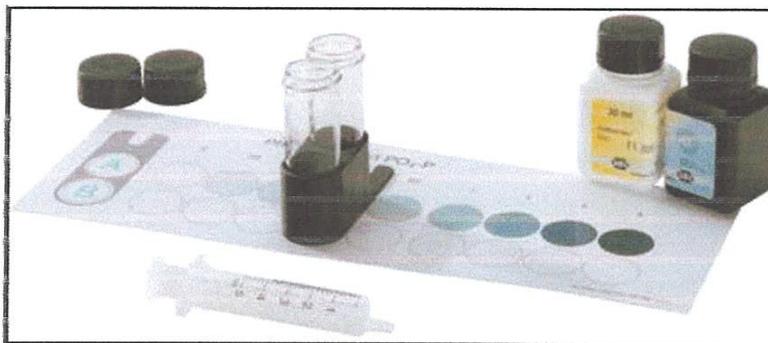
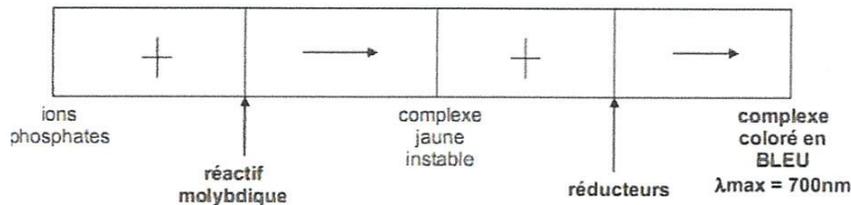
Le phosphate c'est un élément essentiel à la vie aquatique les fortes concentrations en phosphate rencontrées dans l'estuaire indiquent un enrichissement d'origine domestique et agricole provenant du bassin versant, ainsi que l'existence d'apports directs venant des activités industrielle.

Les phosphates peuvent être d'origine organique ou minérale, le plus souvent, leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture.

1. dosage du phosphore par la méthode de Briggs

En milieu acide, les ions phosphates libres (H_2PO_4 , HPO_4 et PO_4) forment avec les ions molybdates un complexe phosphomolybdique jaune instable. Ce complexe est alors réduit pour former un complexe phosphomolybdique molybdoux stable coloré en bleu. Ce complexe absorbe à 700 nm.

- **Réactif molybdique (Réactif1)** : molybdate d'ammonium + acide sulfurique
- **Réducteurs (Réactif2)** : hydroquinone et sulfite de sodium



2. Appareillage

- Éprouvette graduée de 20 ml.
- Comparateur de couleur.

3. Réactifs

- phosphate 01 (Réactif1)
- phosphate 02 (Réactif2)

Chapitre III : Méthodes et matériels

4. Mode opératoire

Dans l'éprouvette graduée mesurer 5ml d'eau à analyser, puis ajouter 6 gouttes de phosphate 1 et 6 gouttes de phosphate 2 et laisser réagir l'ensemble pendant 10 minutes.

5. lecture

Placer l'éprouvette sur le comparateur et les comparer la couleur de l'échantillon analysé avec les disques colorés sur le comparateur et on lit la valeur de phosphate en mg/l.

III.6.le potentiel d'hydrogène PH

Il mesure l'acidité, l'alcalinité ou la neutralité d'une solution aqueuse, exprimée par le logarithme (base 10) de l'inverse de la concentration de la solution en ions hydrogène (H^+) exprimé en mol/l.

Le pH varie en fonction de la température et se mesure à l'aide d'indicateur colorés, ou mieux, par électrométrie (mesure fine de différences de potentiel électrostatique) à l'aide d'un pH-mètre.

L'échelle des pH pour les solutions diluées, varie de 0 à 14. Le pH de neutralité étant 7.

Pour rendre une solution proche de la neutralité, il suffit d'ajouter une base si celle-ci est acide, ou d'ajouter un acide si elle est basique.

Les eaux en sortie de station d'épuration doivent avoir un pH aux alentours de 7,5.

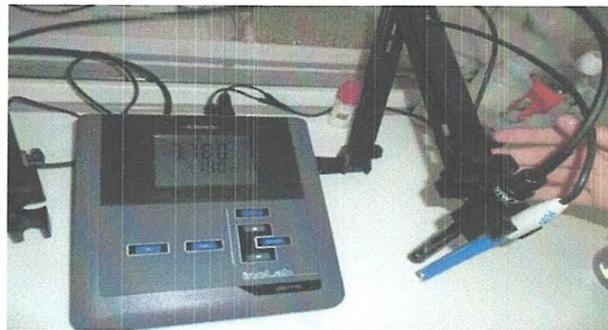


Figure III.2.: pH mètre et Type WTW, PH 7110.

a- Mesure du pH

Les solutions sont préparées à partir des sels vendus spécifiquement pour emploi, soit seuls, soit en combinaison, comme étalons de pH.

L'étalonnage étant réalisé, et l'appareil ayant acquis son régime de marche, pour les eaux suffisamment tamponnées le pH peut être mesuré au contact de l'air.

Il est nécessaire d'effectuer un nombre de mesure suffisant pour être assuré de la constante de la valeur obtenue.

Chapitre III : Méthodes et matériels

Lorsque les résultats sont obtenus et quand les électrodes de verre ne sont pas en service, elles doivent être conservées dans l'eau distillée où elles ont séjournées au moins vingt-quatre heures avant leur emploi.

III.7. La conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm . Elle est l'inverse de la résistivité électrique, l'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m).

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en microsimens par cm. La relation entre la conductivité et la résistivité est donnée par la relation suivante:

$$\text{Résistivité } (\Omega.\text{cm}^{-1}) = \frac{1000000}{\text{conductivité } (\mu\text{S}/\text{cm})}$$

La conductivité électrique d'une eau augmente avec la température. La mesure de la conductivité donne une indication rapide, moyennant une mesure de résistance simple et faible, de la présence en quantités faibles ou élevées des minéraux dissous, sans pour autant permettre d'identifier les différents ions présents. La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre.

a- Principe de fonctionnement d'un conductimètre

Un conductimètre est un ohmmètre alimenté en courant alternatif on cherche à mesurer la résistance de la solution piégée dans la cellule de mesure. Celle-ci est constituée d'un corps en verre supportant deux plaques parallèles et de même surface S , distances d'une longueur L . Les deux plaques sont des électrodes en platine recouvertes de noir de platine.

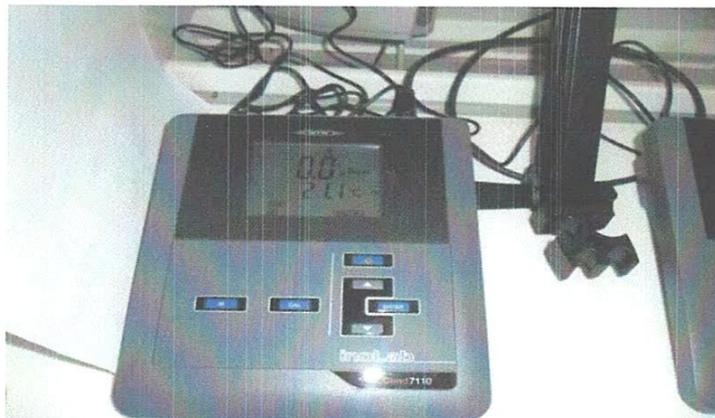


Figure III.3 : conductimètre de type WTW cond7110.

Chapitre III : Méthodes et matériels

b- Mesure de la conductivité

On utilise un conductimètre de type WTW cond7110. Avant d'effectuer la mesure de la conductivité, rincer plusieurs fois la cellule à conductivité avec de l'eau distillée puis le plonger dans un récipient contenant de l'eau à analyser, introduire en même temps le thermomètre aussi près que possible de la cellule pour la mesure de la température qui joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout gaz, et dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique.

L'analyse des résultats est une étape déterminante, car elle a pour objectif de Révéler les principales sources d'éléments analysés et leur origine ainsi que les facteurs influençant leurs variations.

En effet, l'analyse des résultats obtenus peut nous permettre de savoir le type de pollution. Pour cela tous les soins ont été apportés aux analyses.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Chapitre IV : résultats et discussions

IV.1. Résultat d'analyse : Filtre a charbon (entré)

L'eau, après ajout de l'eau de javel est acheminée vers le filtre à charbon en vue d'éliminer la matière en suspension, pesticides et bactéries et les virus.

- Le chlore dans l'entrée

Tableau IV.1 : Résultats des analyses de l'eau avant traitée dans le charbon actif

Temps jours	0	1	4	5	6	7	10	12	13	18	19
Lieu de prélèvement	<i>Entrée Filtre</i>										
TH (°F)	-	-	-	-	45,6	44,8	-	-	-	-	-
PH	8	8	8,15	-	8,23	8,15	8,13	8,17	8,14	8,19	8,12
Conductivité (µs)	1495	1478	1439	-	1510	1480	1420	1482	1489	1388	1399
Calcium (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlore (mg/l)	0,5	0,5	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
TA (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAC (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlorures (°F)	-	-	-	-	8,6	34	-	-	-	-	-
Phosphate (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau IV.2 : les normes de potabilité de l'eau avant traitée dans le charbon actif

Les normes	valeur
chlore	Max 0,5mg/l
PH	7-8,5
TH (°F)	Max 50

Les résultats d'analyses montrent :

- Des valeurs conformes aux normes admissibles pour le TH, pH, conductivité et taux de chlore (ce dernier prend la valeur maximale).

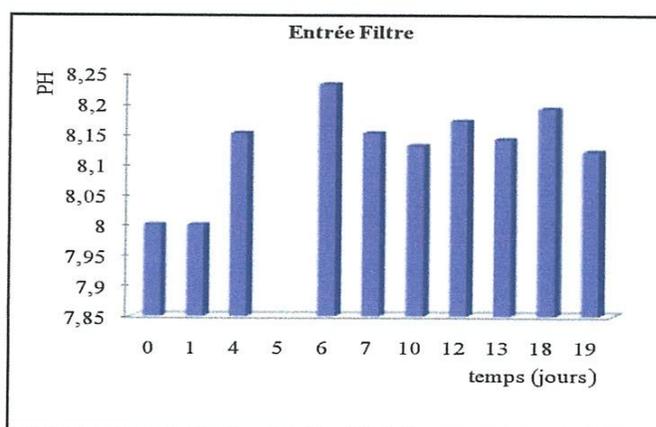


Figure IV. 1 : variation de PH avant filtre à charbon actif en fonction le temps

Chapitre IV : résultats et discussions

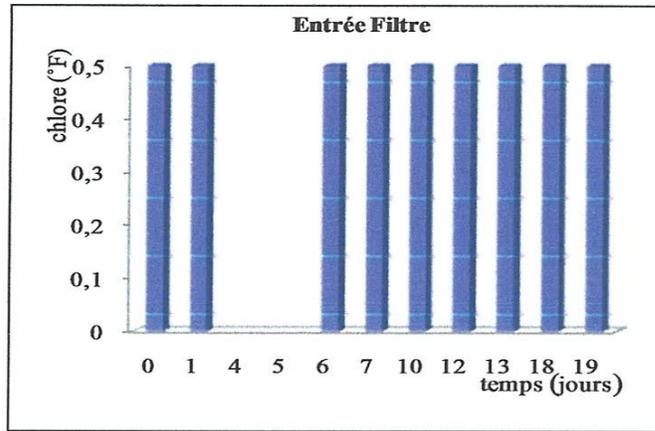


Figure IV. 2 : variation de Chlore avant filtre à charbon actif en fonction le temps

IV.2.Résultat d'analyse : Filtre à charbon (Sortie)

Les analyses effectuées à la sortie du filtre à charbon actif sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.3 : Résultats des analyses de l'eau après traitée dans le charbon actif

Temps jours	0	1	4	5	6	7	10	12	13	18	19
Lieu de prélèvement	Sortie Filtre										
TH (°F)	-	-	45,6	45,2	45,6	45,6	42,4	45,6	46,8	44	41,6
PH	8	8	8,12	8,18	8,19	8,11	8,11	8,14	8,1	8,16	8,16
Conductivité (µs)	1495	1475	1427	1497	1532	1509	1404	1506	1483	1335	1428
Calcium (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlore (mg/l)	0,5	0,5	-	-	0,5	0,5	0,5	0,2	0,5	0,5	0,2
TA (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAC (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlorures (°F)	-	-	-	-	8,6	34	-	-	-	-	-
Phosphate (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau IV.4 : les normes de potabilité de l'eau après traitée dans le charbon actif

Les normes	Valeur
chllore	00
PH	7-8,5
TH (°F)	Max 150

- A la sortie du filtre à charbon on remarque les mêmes valeurs que celles de l'entrée ceci est due à ce que le charbon actif adsorbe les matières organiques (odorantes, colorées) et n'affecte pas les autres constituants.

Chapitre IV : résultats et discussions

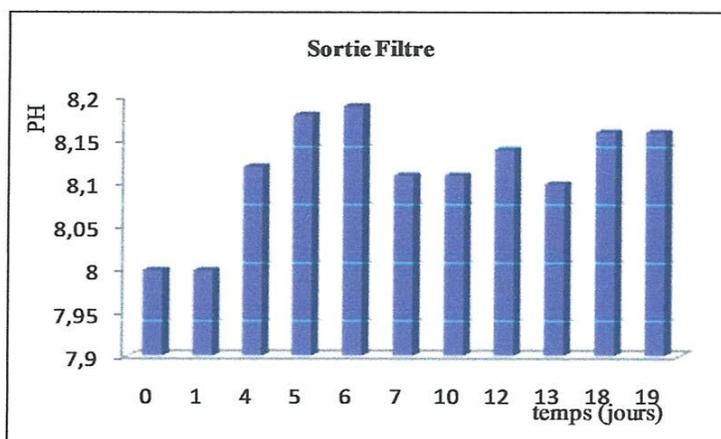


Figure IV. 3 : variation de PH après filtre à charbon actif en fonction le temps

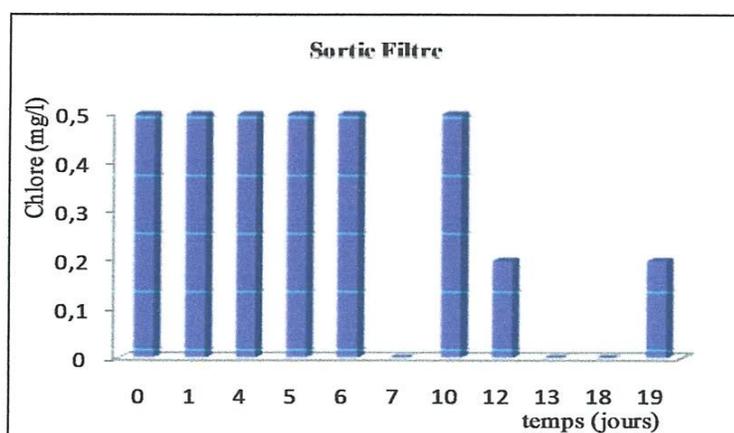


Figure IV. 4 : variation de Chlore après filtre à charbon actif en fonction le temps

IV.3.Résultat d'analyse : Adoucisseur

Tableau IV.5: Résultats des analyses de l'eau traitée dans l'Adoucisseur

Temps jours	0	1	4	5	6	7	10	12	13	18	19
Lieu de prélèvement	<i>Adoucisseur</i>										
TH (°F)	0	0	0	0	0,6	0,6	42,4	0	0	0	0
PH	8,3	8,23	8,17	8,33	8,45	8,34	8,16	8,32	8,24	8,45	8,4
Conductivité (µs)	1618	1594	1530	1530	1605	1620	1565	1412	1515	1479	1533
Calcium (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlore (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TA (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAC (°F)	-	-	-	-	-	-	24	25,6	22,4	22,4	-
Chlorures (°F)	30,8	-	25,2	7,5	8	29,2	28,4	-	-	-	-
Phosphate (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Chapitre IV : résultats et discussions

Tableau IV.6 : les normes de potabilité de l'eau après traitée dans l'adoucisseur

<i>Les normes</i>	<i>valeur</i>
PH	7,5-8
TH (°F)	0-5

- Le rôle de l'adoucisseur c'est d'éliminer le calcium et magnésium qui se trouvent dans l'eau (pour éviter leurs influences sur le reste du process).

Leurs teneur est représentée par le titre hydrotimétrique, on remarque des valeurs dans les normes admises sauf pour le 10^{ème} jour ceci est dû à un problème de défaillance de la colonne de l'adoucisseur qui doit être régénérée, après régénération les résultats sont redevenus conformes à la norme admise.

L'augmentation de la conductivité est due à l'élimination des ions calcium et magnésium se trouvant dans la solution.

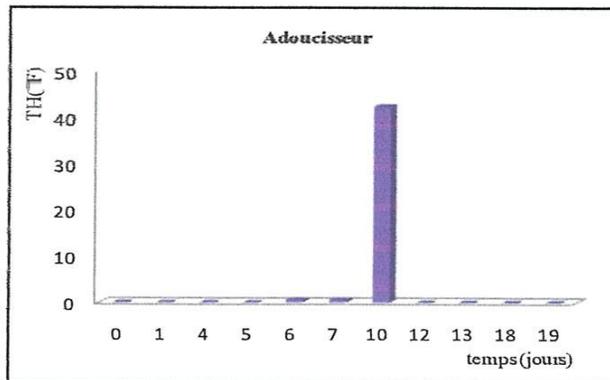


Figure IV. 5 : variation de titre alcalimétrique dans l'adoucisseur en fonction le temps

IV.4.Résultat d'analyse : Osmoseur

Après l'adoucisseur qui a pour rôle d'éliminer les petites particules qui n'ont pas été retenues par le premier filtre, et après élimination des ions calcium et magnésium, l'eau se dirige vers l'osmoseur qui a pour rôle d'éliminer les ions restant dans la solution (Na^+ , Cl^-). La quantité totale des ions existants peut être exprimée par la conductivité.

Chapitre IV : résultats et discussions

Tableau 7 : Résultats des analyses de l'eau traitée dans l'osmoseur

Temps jours	0	1	4	5	6	7	10	12	13	18	19
Lieu de prélèvement	<i>Osmoseur</i>										
TH (°F)	0	0	0	0,5	0,4	0,6	0	0	0	0	0
PH	7,66	7,66	7,57	7,53	7,5	7,62	7,27	7,25	7,02	7,73	7,66
Conductivité (µs)	22,4	22,7	25,7	25	13,9	33,5	35,9	20,02	20,8	20,6	20,5
Calcium (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlore (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TA (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAC (°F)	-	-	-	-	-	-	0,4	1,2	0,8	-	0,6
Chlorures (°F)	-	-	-	-	-	-	2,4	2	2	2	-
Phosphate (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau IV.8 : les normes de potabilité de l'eau traitée dans Osmoseur

Les normes	Valeur
PH	6-7
TII (°F)	0-5
conductivité	150
chlorure	0-25

- La conductivité observée est très inférieure à la conductivité maximale de la norme, ceci nous indique une faible teneur en ions dans la solution. On remarque aussi une diminution du taux de chlorures qui sont aussi retenus par l'osmoseur.
- La valeur du pH présente aussi une diminution remarquable, ceci est en concordance avec la valeur du TAC qui a aussi diminuée (une diminution des alcalins dans la solution).

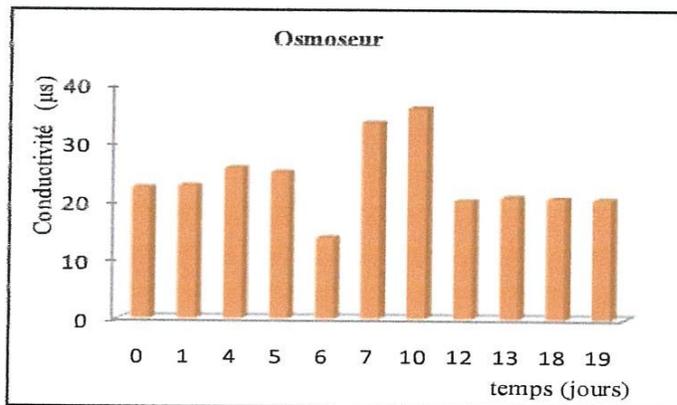


Figure IV. 6: variation de conductivité dans l'osmoseur en fonction le temps

Chapitre IV : résultats et discussions

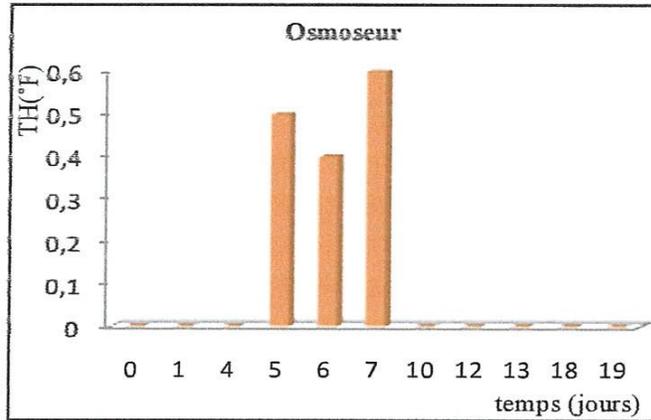


Figure IV. 7 : variation de titre alcalimétrique dans l'osmoseur en fonction le temps

IV.5.Résultat d'analyse : Cuve de stockage

Tableau IV.9 : Résultats des analyses de l'eau après traitée dans le Cuve de stockage

Temps jours	0	1	4	5	6	7	10	12	13	18	19
Lieu de prélèvement	Cuve de stockage										
TH (°F)	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	1,2
PH	-	-	-	-	-	-	8,16	8,17	8,29	8,27	8,28
Conductivité (µs)	-	-	-	-	-	-	1005	956	1542	840	1094
Calcium (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlore (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TA (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAC (°F)	-	-	-	-	-	-	16	15,6	24	12,8	16
Chlorures (°F)	-	-	-	-	-	-	18,4	26,4	27,2	14,8	19,2
Phosphate (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau IV.10 : les normes de potabilité de l'eau traitée dans Cuve de stockage

Les normes	Valeur
TH (°F)	0-5
conductivité	7000
chlorure	0-25

- L'origine de l'eau contenue dans la cuve de stockage (70% de l'adoucisseur et 30% de l'osmoseur)
- On vérifie la qualité de l'eau stockée dans la cuve de stockage en vue de prévoir sa qualité Les valeurs de TH et conductivité sont dans les normes admises, tandis que le taux de chlorure présente un faible excès le 10^{ème} et la 11^{ème} journée.

Chapitre IV : résultats et discussions

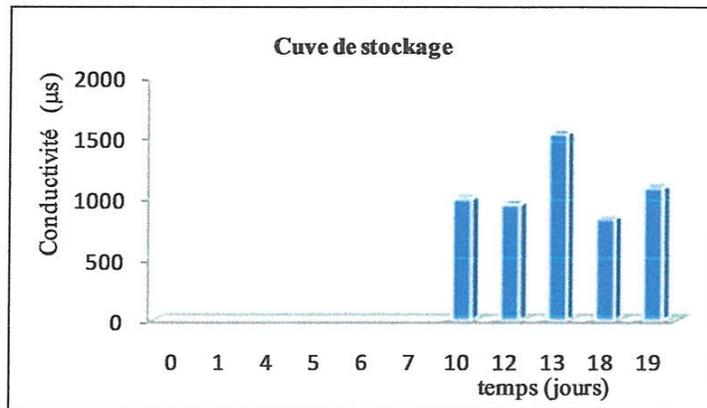


Figure IV.9: variation de conductivité dans la cuve de stockage en fonction le temps

IV.6. Résultat d'analyse : Chaudière à eau surchauffée

Tableau IV.11 : Résultats des analyses de l'eau traitée dans le Chaudière à eau surchauffée

Temps jours	0	1	4	5	6	7	10	12	13	18	19
Lieu de prélèvement	Chaudière à eau surchauffée										
TH (°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PH	9,4	9,28	9,35	9,34	9,40	9,40	9,49	9,39	9,3	9,37	9,42
Conductivité (µs)	923	921	931	934	934	940	949	949	943	944	954
Calcium (°F)	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,4
Chlore (mg/l)			-	-	-	-	-	-	-	-	-
TA (°F)	3,2	3,2	2,4	2,8	0,7	2,8	2,4	2,8	2	2,4	3,2
TAC (°F)	14	13,6	14,40	14,8	14,8	14,8	14,8	15,2	14,8	14,4	16,4
Chlorures (°F)	18	-	19,6	18,4	18	-	18,8	-	-	-	-
Phosphate (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Chapitre IV : résultats et discussions

Tableau IV.12 : les normes de potabilité de l'eau après traitée dans Chaudière à eau surchauffée

<i>Caractéristique</i>	<i>Valeur limites</i>
<i>PH</i>	9,5
<i>TA</i>	60-80
<i>TAC</i>	80-120
<i>Conductivité</i>	7000
<i>Chlorure</i>	140
<i>Calcium</i>	0-5

- Pour éviter l'entartrage du réseau de la chaudière, l'eau utilisée doit contenir un minimum de calcium et magnésium.
- La présence d'un taux excessive de sels (spécialement les chlorures) avec un pH acide peut accélérer la corrosion du circuit. C'est pour cela qu'on remarque des valeurs faibles de la conductivité, chlorures et un pH « un peut basique » (ceci est confirmé par les valeurs de TA et TAC).

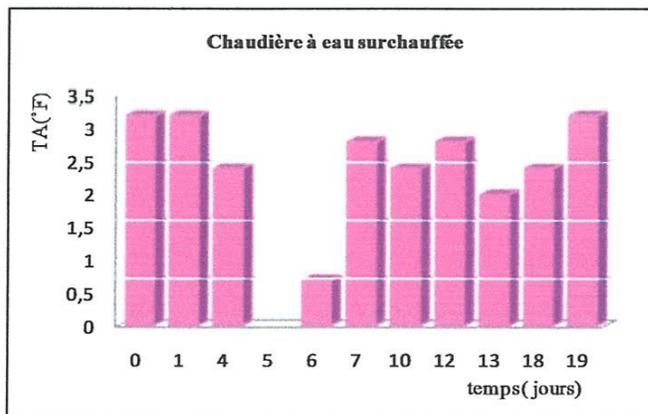


Figure IV.10: variation de titre alcalimétrique dans la Chaudière à eau surchauffée en fonction le temps

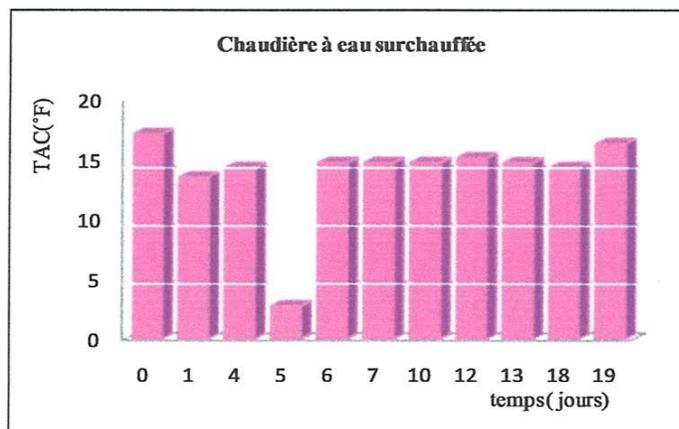


Figure IV.11: variation de titre alcalimétrique total dans la Chaudière à eau surchauffée en fonction le temps

Chapitre IV : résultats et discussions

IV.6. Résultat d'analyse : Chaudière à vapeur

Tableau IV.13 : Résultats des analyses de l'eau après traitée dans le Chaudière à vapeur

Temps jours	0	1	4	5	6	7	10	12	13	18	19
Lieu de prélèvement	<i>Chaudière à vapeur</i>										
TH (°F)	0	0	0	0,5	0,4	0,6	0	0	0	0	0
PH	12,05	12,21	11,65	11,99	11,87	11,87	11,89	11,99	11,87	11,88	11,96
Conductivité (µs)	7780	1064	3670	5910	5740	4300	4170	5410	5410	4710	5100
Calcium (°F)	-	-	0	0	0	0,6	0,8	0	0,4	0	0,4
Chlore (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TA (°F)	75,6	105,6	36	86,4	53,2	38,4	39,6	51,2	42	43,2	44,4
TAC (°F)	97,2	131,6	48	102,8	72,8	49,6	53,6	66,8	55,6	56	60,4
Chlorures (°F)	120	120	73,6	28,4	112,4	78,4	76	-	-	-	82,5
Phosphate (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5

Tableau IV.12 : les normes de potabilité de l'eau après traitée dans le Chaudière à vapeur

caractéristique	Valeur
PH	9,5-12
calcium	0-5
TA	60-80
TAC	80-120
Chlorure	140
Conductivité	7000

- Lors de la production des vapeurs d'eau (qui sera utilisée pour exposé le couscous aux vapeurs), on aura une concentration des éléments existants dans la solution ce qui engendre une augmentation de la conductivité, de TA, TAC, Chlorures et du pH ; mais les valeurs restent toujours dans les normes admissibles.

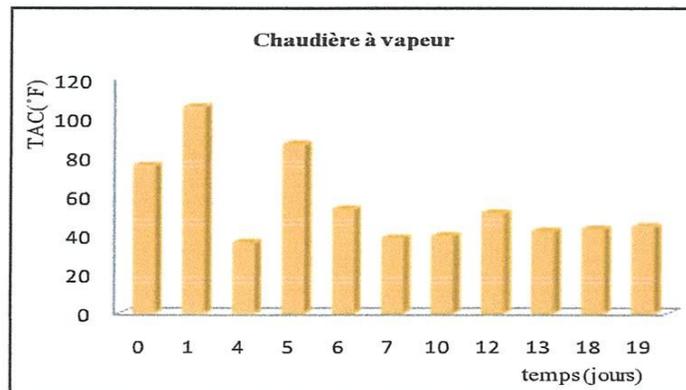


Figure IV.12: variation de titre alcalimétrique total dans chaudière à vapeur en fonction

Chapitre IV : résultats et discussions

Le temps

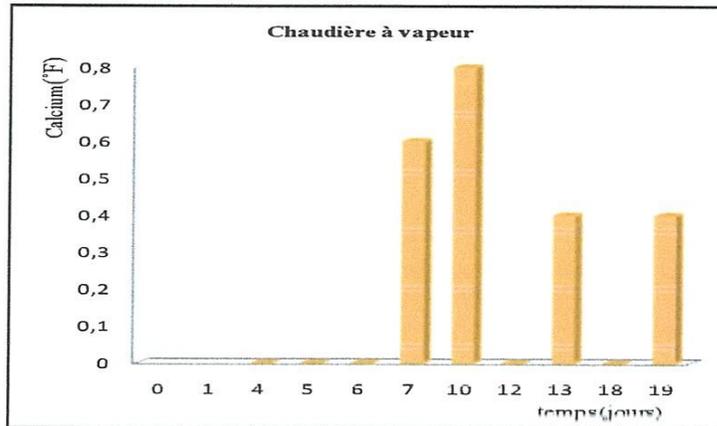


Figure IV.13: variation de calcium dans la chaudière à vapeur en fonction le temps

Conclusion Générale

Conclusion générale

4 secteurs de l'industrie d'eau sont le rôle très très important

Au terme de ce travail effectué aux laboratoires de l'unité ^{de} pâte alimentaire (Amor Ben Amor), et à l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité des eaux de consommation de la l'usine pour les différentes étapes de traitement, nous avons pu dégager les conclusions suivantes :

L'usine est alimentée à partir des eaux de forage, cette eau doit être traitée pour la rendre potable.

- L'eau subit différents traitement : désinfection par eau de javel, traitement sur filtre à charbon actif, un adoucissement, une déminéralisation par osmose inverse et un dégazage.
- Les différentes étapes de traitement, ont pour objectifs d'éliminer : les germes pathogènes et les matières organiques par oxydation (ajout de l'eau de javel), les matières en suspension, pesticides et bactéries et les virus (avec le filtre à charbon), le calcium et magnésium (par l'adoucisseur), les ions restant dans la solution (osmose inverse) et l'oxygène dissout (par le dégazeur).
- Les analyses physiques effectuées et qui sont exigées par les normes de traitements sont : le pH, la conductivité, le TH, TA, TAC et le taux de (calcium, chlore, chlorures et phosphates) ;
- La quantité totale des ions existants peut être exprimée par la conductivité.
- Un excès de calcium et de magnésium (représenté par le TH) cause l'entartrage du réseau de la chaudière.
- La présence d'un taux excessive de sels (spécialement les chlorures) avec un pH acide avec la présence d'oxygène accélère la corrosion du circuit.
- La présence des phosphates peut provoquer la croissance des algues dans le réseau de l'usine.
- Lors de la production des vapeurs d'eau, on aura une concentration des éléments existants dans la solution ce qui engendre une augmentation de la conductivité, de TA, TAC, Chlorures et du pH.
- Les résultats des paramètres analysés montrent généralement une concordance avec les normes admissibles pour chaque étape de traitement. Dans le cas de divergence, la cause doit être déterminée et résolut afin d'éviter les problèmes de production.

Référence bibliographique