

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



Université A. MIRA – BEJAIA

Faculté de Technologie



Département de Génie des Procédés

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

En génie des procédés

Spécialité : Génie chimique

Thème

**Suivi des paramètres physico-chimiques des eaux
de forage et traitées du complexe agroalimentaire
CEVITAL .**

Présenté par :

M^{elle} MIMOUCHE Hanane

M^{elle} NAIT IDIR Sarah

Devant le jury :

M^{me} D.AMIMER

M^{me} L.TAKORABET

Encadreur : M^{me} L.ZAIDI

Co-encadreur : M^{me} N.ROUBA

Présidente

Examinatrice

Remercîment

Nos profonds remerciements au bon dieu qui a éclairé notre chemin et
qui

Nous a donné la foi et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier en premier lieu notre encadreur

M^{me} ZAIDI Lynda et notre co-encadreur M^{me} ROUBA Nabila

De nous avoir encadrés et orientés, ainsi que pour leur aide et leur
précieux conseils tout au long de ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à M^r ZAIDI Lyes et M^r

MAOUCHE Azzedine qui nous ont beaucoup aidés.

Nos remerciements vont également à l'ensemble du personnel de

l'entreprise CEVITAL surtout les opérateurs de l'unité d'osmose

inverse et

toute l'équipe du laboratoire des eaux pour l'aide et l'intérêt qu'ils ont

apporté à notre travail.

Nous exprimons aussi notre remerciement à tous les

membres de jury et tous

les responsables, enseignants et membres du département

Génie des procédés.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À

Mes très chers parents

Sans qui je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui.

Je vous dédie ce premier fruit en reconnaissance de vos sacrifices et en témoignage de la profondeur des sentiments que j'éprouve à votre égard.

À mes frères A toute ma famille, Mon fiancé, mes amis, ma binôme Sarah, tous ceux qui me sont chers.

En témoignage de mes sentiments les meilleurs, qu'ils trouvent dans ce travail les expressions de mon dévouement et mon attachement infini.

Hanane

DEDICACE

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude avant tout au DIEU qui

nous à

Aider et donné le courage pour mener à bien ce modeste travail.

J'ai l'honneur et le plaisir de dédier ce travail à tous nombreux qui ont

partagé cette période importante de ma vie Tout d'abord aux personnes

qui me sont très chères au cœur et qui me suivent

inconditionnellement depuis toujours avec leur soutien et bon conseils

et encouragement à chaque instant de ma vie : Mes très chers parents,

Mes sœurs et mon frère, à ma binôme Hanane. À tous mes proches et mes

très chers amis. À toutes les personnes que j'aime et je tien beaucoup.

Merci à vous tous et merci d'être toujours aussi présents.

Sarah

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur l'eau

Figure I.1 : Cycle de l'eau..... 8

Chapitre II : Procédés de traitements des eaux

Figure II.1 : Poste de prétraitement des eaux usées..... 12

Figure II.2 : Principe de l'adoucissement de l'eau 16

Figure II.3 : Mise en œuvre des membranes 18

Figure II.4 : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse 19

Chapitre III : Protocole expérimental

Figure III.1 : Dosage de la dureté totale 26

Figure III.2 : Dosage de la dureté calcique 27

Figure III.3 Dosage alcalimétrique 29

Figure III.4 : Dosage alcalimétrique complet 30

Figure III.5 : Dosage des chlorures 32

Figure III.6 : Appareil NANOCOLOR ® UV/VIS 33

Figure III.7 : Face externe des filtres à cartouches utilisés au niveau de CEVITAL..... 37

Figure III.8 : Lignes d'osmose inverse de CEVITAL 38

Figure III.9 : Cycle de l'eau de forage au niveau du complexe agroalimentaire de Bejaia. 39

Chapitre IV : Résultats et discussions

Figure VI.1 : L'évolution du pH de EBD, d'EO durant les quatre semaines de stage 39

Figure VI.2 : Variation de la conductivité durant quatre semaines de EBD, d'EO 40

Figure VI.3 : Variation du TH de l'EBD et EO 41

Figure VI.4 : Variation du TH Ca⁺⁺ EBD et EO durant les quatre semaines de stage 42

Figure VI.5 : Variation de TAC de EBD et EO durant les quatre semaines de stage 43

Figure VI.6 : Variation des teneurs en chlorures de EBD et EO durant les quatre semaines de stage..... 44

Figure VI.7 : Variation de la teneur en chlore libre dans les différentes eaux analysées (EBD, EF et EFD) 46

Figure VI.8 : Variation de la teneur en manganèse durant les quatre semaines d'étude de EBD et EF 47

Figure VI.9 : Variation de la teneur en silice durant les trois semaines d'étude de EBD
et EF.....47

Liste des tableaux

Chapitre I : Généralités sur l'eau

Tableau I.1 : Principaux éléments majeurs de l'eau3

Tableau I.2 : Classes de turbidité usuelle (UTU, Unité de Turbidité Néphélométrique)4

Tableau I.3 : Plage de valeurs hydrotimétriques5

Chapitre II : Procédés de traitements des eaux

Tableau II.1 : différents types de dégrillage.....12

Chapitre III : Protocole expérimental

Tableau III.1 : Code des différents eaux prélevé.....23

Liste des abréviations

ADE : Algérienne des eaux

CIP : lavage sur place (Cleaning In Place).

DBO : Demande biologique en oxygène

DBO5 : Demande biologique en oxygène au bout de 5 jours à 20°C et dans le noir

DCO : Demande Chimique en oxygène

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique.

HP : haute pression

MES : Matière En Suspension

MF : Microfiltration

N.E.T : Noir Eriochrome Toluène

NF : Nanofiltration

UTN : Unité de Turbidité Néphélométrique

PCB : Polychlorobiphényles

pH : potentiel Hydrogène.

R1, R2, R3, R4 : réactif 1, 2, 3,4..

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TD-FLOC : flocculant, Alkaline Detergent FLOC

TD WASH 1 AlkalineDetergentwash 1 (Lavage au detergent alcalin 1)

TD WASH 2 AlkalineDetergentwash 2 (Lavage au detergent alcalin 2)

TH : Titre Hydrotimétrique (TCa + TMg).

THCa⁺² : Titre calcique.

THMg⁺² : Titre magnésienne.

Sommaire

Listes des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction..... 1

Chapitre I : Généralités sur l'eau

I.1 Définition de l'eau..... 2

I.2 Composition de l'eau..... 2

I.2.1 Matières inorganiques 3

I.2.1.1 Constituants majeurs..... 3

I.2.1.2 Eléments traces métalliques (ETM) 3

I.2.1.3 Eléments nutritifs..... 3

I.2.2 Matières organiques..... 3

I.2.2.1 Matières organiques dissoutes..... 3

I.2.2.2 Matières organiques particulières..... 4

I.3 Propriétés de l'eau 4

I.3.1 Propriétés organoleptiques..... 4

I.3.2 Propriétés physico-chimiques 5

I.4 Sources d'eaux 6

I.4.1 Eau de pluie..... 7

I.4.2 Eau souterraine..... 7

I.4.3 Eau de mer 7

I.4.4 Eau de surface 7

I.5 Cycle de l'eau 8

I.5.1 Evaporation..... 8

I.5.2 Précipitations..... 8

I.5.3 Ruissellement 9

I.5.4 Infiltration 9

I.6 Usage de l'eau et ses fonctions dans l'industrie 9

I.7 Polluant des eaux 10

Chapitre II : Procédés de traitements des eaux

II.1 Prétraitement.....	11
II.1.1 Dégrillage	12
II.1.2 Dessablage.....	12
II.1.3 Déshuilage et dégraissage.....	12
II.2 Traitement physico-chimique (traitement secondaire).....	13
II.2.1 Coagulation /floculation	13
II.2.2 Décantation.....	13
II.2.3 Flottation.....	14
II.2.4 Filtration	14
II.2.4.1 Filtration sur charbon actif.....	14
II.2.4.2 Échangeurs d'ions	15
II.2.4.3 Filtration membranaire	16
II.2.4.4 Filtre à sable.....	21
II.2.5 Désinfection.....	21
II.3 Traitement biologique	21

Chapitre III : Protocole expérimental

III.1 Échantillonnage	23
III.2 Méthodes d'analyses	24
III.2.1 Méthodes électrochimiques.....	24
III. 2.1.1 Potentiel d'hydrogène (pH).....	24
III.2.1.2 Conductivité.....	24
III. 2.2 Méthodes titrimétriques.....	25
III.2.2.1 Titre hydrotimétrique total TH (dureté total).....	26
III.2.2.2 Titre hydrotimétrique calcique (TH Ca ⁺⁺).....	26
III.2.2.3 Titre alcalimétrique (TA)	28
III. 2.2.4 Titre alcalimétrique complet(TAC).....	29
III.2.2.5 Dosage des chlorures par la méthode de « MOHR »	31
III.2.3 Méthodes spectrophotométriques	32
III.3 Méthodes de traitement au niveau du complexe CEVITAL	35
III.3.1 Désinfection.....	35
III.3.2 Filtre à sable	35
III.3.3 Déchloration	36

III.3.4 Dosage des produits biocides	36
III.3.5 Dosage des produits séquestrants	36
III.3.6 Filtration par cartouche	37
III.3.7 Système d'osmose inverse	37

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1 Potentiel d'hydrogène (pH)	39
IV.2 Conductivité	40
IV.3 Titre hydrotimétrique total TH (dureté totale)	41
IV.4 Titre hydrotimétrique calcique (TH Ca ⁺⁺)	42
IV.5 Titre alcalimétrique (TA).....	42
IV.6 Titre alcalimétrique complet (TAC).....	43
IV.7 Chlorures Cl ⁻	43
IV.8 Teneur en silice SiO ₂	44
IV.9 Teneur en Chlore libre Cl ₂	45
IV.10 Teneur en Manganèse	47
Conclusion	48

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

Introduction

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale indispensable à toute forme de vie et ses usages sont divers. Elle est utilisée pour satisfaire les besoins dans la vie humaine, dans l'agriculture, dans les processus industriels en tant que fluide thermique, fluide de nettoyage et agent intervenant dans un procédé de fabrication comme solvant ou matière première [1].

Quel que soit son utilisation l'eau doit être traitée afin d'éliminer les éléments susceptibles (argile, déchets de végétations, virus, bactéries, sels,...etc) de modifier ses caractéristiques physicochimiques, organoleptiques et/ou d'agents pathogènes responsables de maladies dites hydriques (cholera, hépatite, diarrhée...etc) . Ces derniers peuvent engendrer des perturbations dans les installations de l'entreprise (entartage, corrosion...etc).Par conséquent et on fonction des caractéristiques de l'eau brute destinée à l'industrie agroalimentaire, la mise en place de traitements spécifiques (décantation, filtration, dégraissage,..etc) s'avère nécessaire afin de produire une eau qui puisse satisfaire à leurs exigences [1].

L'objectif de ce présent travail consiste à vérifier l'efficacité de ce type de traitement et de l'eau brute de puits de forage utilisée au niveau de CEVITAL. Et pour ce faire plusieurs analyses physico-chimiques ont été effectuées aux différents points de la chaîne de traitement (désinfection, filtration, osmose).

Notre étude comporte quatre principaux chapitres : le premier chapitre est consacré aux généralités sur les eaux en montrant leurs caractéristiques organoleptiques, physicochimiques, les différentes sources ainsi que leurs applications dans l'industrie. Le deuxième chapitre se focalisera sur les différents traitements physicochimiques de l'eau. Le troisième chapitre, sera consacré à la description des protocoles analytiques suivis pour mesurer les paramètres physico-chimiques des eaux au cours du traitement. Enfin dans le quatrième chapitre, nous présenterons les principaux résultats et leurs discussions.

Chapitre I

Généralités sur l'eau

Chapitre I : Généralités sur l'eau

L'eau est un fluide indispensable à la vie, très largement répandue à la surface de la terre et jouant un rôle essentiel dans la structure organique des êtres vivants et des végétaux. Elle a aussi une importance industrielle considérable liée à son abondance relative, son prix de revient peu « onéreux » et surtout à ses propriétés physico-chimiques particulièrement intéressantes. Actuellement nous sommes confrontés à ces propriétés dont d'une part nous profitons des avantages, mais qui d'autre part peuvent être à l'origine de nombreux désagréments lorsqu'elles sont mal connues ou mal maîtrisées.

I.1 Définition de l'eau

L'eau est un élément sous forme liquide en conditions standards (température et pression ambiante) composés sous sa forme pure de molécule qui associent deux atomes d'hydrogènes et un atome d'oxygène sous la forme H₂O [2].

L'eau représente le constituant majeur de la matière vivante . L'eau liquide est souvent perçue comme une substance assez ordinaire car elle est transparente, inodore, insipide et présente sur Terre en grande quantité. Cependant, c'est un composé chimique remarquable. Bien que nous la buvions et que nous l'utilisons pour laver ou cuisiner, nous oublions presque toujours la relation spéciale qu'elle a avec nos vies.. En effet, il y a très peu de molécules qui sont plus petites ou plus légères qu'elle. La taille de la molécule d'eau, cependant, montre la complexité de ses actions ainsi que ses capacités uniques et ses propriétés anormales semblent s'adapter idéalement pour créer les conditions de la vie [2].

I.2 Composition de l'eau

L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules de H₂O, elle contient en réalité naturellement une très grande variété de matières dissoutes inerte ou vivantes : gaz, substances minérales ou organiques, microorganismes (bactéries, virus plancton) ainsi que des particules en suspension. En effet, l'eau est un excellent solvant qui se charge en composé solides ou gazeux tout au long de son cycle, suivant les milieux (rivières, roches, atmosphère) dans laquelle elle circule. La composition chimique de l'eau est ainsi complètement liée aux

caractéristiques du bassin versant dans lequel elle opère son cycle (la nature du sol et du sous-sol, les espèces végétales et animales mais également les activités humaines) [3].

I.2.1 Matières inorganiques

I.2.1.1 Constituants majeurs

Ce sont essentiellement de composés ioniques, anions et cations, qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circulent à leur contacts . Les principaux éléments majeurs rencontrés dans l'eau sont réunis dans le tableau I.1 ci dessous [4].

Tableau I.1 Principaux éléments majeurs de l'eau

Types de minéraux	Anions (-)	Cations(+)
Sels minéraux	Carbonates CO_3^{-2} Bicarbonates HCO^{-3} Silicates SiO_2^{-2} Sulfates SO_4 Chlorures Cl^- Nitrates NO_3^-	Sodium Na^+ Calcium Ca^{2+} Magnésium Mg^{+2} Fer Fe^{+2} Potassium K^+

I.2.1.2 Eléments traces métalliques (ETM)

Ils sont définis comme les éléments métalliques présents avec une concentration, une partie par millions ($10^{-3}\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) en masse, ou moins. Les principaux éléments traces métalliques présents dans l'eau sont : titane Ti, zinc Zn, nickel Ni, aluminium Al, chrome Cr, cadmium Cd, cuivre Cu, manganèse Mg, plomb Pb [5].

I.2.1.3 Eléments nutritifs

Ces éléments sont composés principalement par le nitrate NO_3^- et l'ammoniac NH_3 , le phosphate PO_4^{-3} et le silicium SiO_2 [5].

I.2.2 Matières organiques

I.2.2.1 Matières organiques dissoutes

La plupart du carbone organique dans l'eau est sous la forme de matières dissoutes et principalement des molécules à faible poids moléculaire et d'origine diverse. La concentration des matières organiques dissoutes et particulaires dépend du type d'eau et sa profondeur. L'eau de mer surfacique a une concentration plus élevée que l'eau en profondeur. On peut trouver milliers de molécules différentes dans l'eau comme les produits de déchets végétaux, produits de synthèse organique soluble, et matières azotée [6].

I.2.2.2 Matières organiques particulières

C'est les matières en suspension et en émulsion. Elles peuvent être classées selon leur taille. Dans l'eau surfacique, la plupart d'entre elles sont d'origine biologique. Les plus petites particules (moins de 1µm jusqu'à quelques dizaines de µm) se composent de bactéries et d'autres débris organiques fins, et des particules inorganiques particulièrement des minéraux d'argile et des composés hydratés insolubles tels que $\text{Fe}(\text{OH})_3$. La gamme de taille allant de quelques dizaines à quelques centaines de µm comporte des grands débris et des agglomérats fécaux, produits l'agrégation biologique [7].

I.3 Propriétés de l'eau

I.3.1 Propriétés organoleptiques

Ils concernent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. Ce dernier doit être agréable à boire, claire et sans odeur. Ces paramètres étant liés au confort de consommation, ils n'ont pas de valeur sanitaire directe. Ces propriétés constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

- **Turbidité**

La turbidité est une caractéristique optique de l'eau, permet de préciser les informations visuelles. Elle peut être altérée par la présence de particules en suspension et de matières colloïdales (grains de silice, limons, argiles, micro-organismes,...). L'unité de mesure est UTN, (Unité de Turbidité Néphélométrique) tableau I.2

Tableau I.2 : Classes de turbidité usuelle UTN.

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

- **Couleur**

Les eaux naturelles sont toujours plus ou moins colorées et cette coloration varie selon la nature et la concentration des pigments, du jaune pâle à peine perceptible au brun rougeâtre. Ces matières colorantes proviennent de la dégradation des végétaux ou de la dissolution de certains minéraux, tels que les oxydes de fer.

- **Goût-odeur**

D'après les normes canadiennes, les eaux de consommations doivent posséder un goût et une odeur non désagréable, tolérés et naturels. Les odeurs sont causées par la présence des substances relativement volatiles dans l'eau, ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore ou organique comme les esters, les alcools, les composés azotés et sulfurés [8].

I.3.2 Propriétés physico-chimiques

- **Dureté TH (Ca^{+2} , Mg^{+2})**

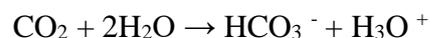
Le titre hydrotimétrique (TH), ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est due uniquement aux ions calcium et magnésium. La dureté s'exprime en ppm ou mg/l de CaCO_3 ou en degrés français ($^{\circ}\text{F}$), un degré français correspond à 10 ppm de calcaire représentent 10^{-4}mol/l de calcium, soit 4 mg/l de Ca^{2+} ou encore 2,4 mg/l de magnésium par litre d'eau : $\text{TH} = 10 ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}])$ avec les concentrations en mmol/l La classification de la dureté de l'eau est résumée dans le tableau I.3 ci dessous :

Tableau I.3. Plage de valeurs hydrotimétriques [9]

TH ($^{\circ}\text{f}$)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+40
Eau	Très douce	Douce	Plutôt dure	Dure	Très dure

- **Acidité**

L'acidité d'une eau correspond à la présence d'anhydride carbonique libre HCO_3^{-2} , d'acide minéraux, de sel d'acide fort et de base faible. L'acidité est attribuable à la présence du gaz carbonique provenant de la dissolution de CO_2 atmosphérique et de la respiration des êtres vivants aquatiques. En solution, cet acide faible, se dissocie comme suit [10] :



- **Alcalinité**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates HCO_3^- , carbonates CO_3^{-2} et hydroxydes. Cette alcalinité est déterminée par la mesure du titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) [8].

➤ **Alcalinité à la phénophtaléine (titre alcalimétrique TA)**

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalins libres et en carbonates alcalins caustiques [8]. Tel que :

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

➤ Titre alcalimétrique complet TAC

Le titre alcalimétrique complet ou TCA correspond à la teneur de l'eau en alcalin libre, carbonates et hydrogénocarbonates [3].

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

- **Conductivité**

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Elle peut être comme la somme des conductivités des différents ions présents dans l'eau. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par centimètre (ms/cm) [10].

- **Potentiel d'hydrogène pH**

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+). L'échelle des pH s'étend en pratique de pH=0 (très acide) à pH=14 (très alcalin) ; la valeur médiane pH=7 correspond à une solution neutre à 27 °C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de la présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons[11].

- **Température**

La température joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH [12]. La température optimale d'une eau d'alimentation se situe entre 9 et 12°C. Les eaux souterraines, qui circulent à des profondeurs moyennes, présentent des températures sensiblement constantes, qui sont autour de 10 à 12°C. Les eaux de rivières sont transmises à des variations de température selon les saisons (de 0 à 25°C) [13]. Les eaux du sud algérien d'une grande profondeur sont caractérisées par une température variante de 25 à 73°C et à une minéralisation forte, menant à une dureté très forte [14].

I.4 Sources des eaux

Sur notre planète, l'eau est partout sous des formes diverses. On trouve quatre sources principales d'eau brute : l'eau de pluie, l'eau de surface, nappe phréatique et l'eau de mer. Les caractéristiques de chacune de ses sources reflètent l'interaction de l'eau avec le milieu environnant.

I.4.1 Eau 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 calcium, 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 qui utilisent cette source d'eau [15].

I.4.2 Eau souterraine

Elles sont souvent de meilleures qualités que les eaux de surface. Leurs teneurs en matière organiques dépendent du chemin suivi par les eaux d'infiltration qui alimentent les nappes souterraines. Les caractéristiques principales de ces eaux sont présentées ci-dessous [15].

- Turbidité faible
- Contamination bactérienne faible
- Indice de couleur faible
- Dureté élevée

Une nappe souterraine est une masse d'eau contenue dans les interstices ou fissures du sous-sol. On trouve deux types de nappes : libres ou phréatiques et captives. Les nappes captives sont piégées sous des formations géologiques imperméables. Le niveau des nappes peut varier en fonction des infiltrations et des prélèvements d'eau [16].

I.4.3 Eau de mer

Les eaux de mers sont une source d'eau brute qu'on utilise lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leur concentration en sel dissout ; c'est ce qu'on appelle salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie dans un intervalle de 33000 à 37000 mg/l [17].

I.4.4 Eau de surface

Les eaux de surface sont toutes eaux circulantes ou stagnantes à la surface des continents. On peut y accéder facilement mais elles se polluent rapidement et aisément à cause de l'activité humaine [18]. On peut répartir l'eau de surface en trois catégories: eaux de rivières (partie amont), eaux de rivière (partie aval), et les eaux de lac [15].

I.5 Cycle de l'eau

Entre terre et ciel, la même eau est en circulation permanente depuis des milliards d'années. Apparue il y a 3 à 4 milliards d'années, l'eau est presque aussi ancienne que la Terre. Depuis, son volume est resté globalement stable. C'est toujours la même eau qui circule et se transforme en permanence dans l'atmosphère, à la surface et dans le sous-sol de notre terre [19]. Le cycle de l'eau est un concept qui englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre. En effet, au cours de son cycle, l'eau circule continuellement entre les différents réservoirs de la planète via des phénomènes tels que l'évaporation, les précipitations, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration dans les nappes...etc. La figure I.1 présente le cycle de l'eau:

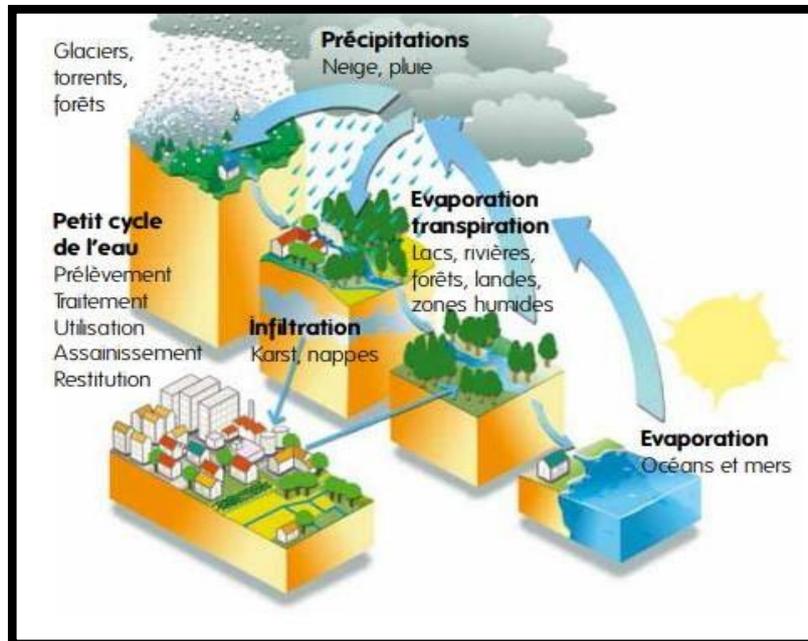


Figure I .1 : Cycle de l'eau [8]

I.5.1 Evaporation

Sous l'action du soleil, une partie de l'eau de mer s'évapore pour former des nuages. Avec les vents, ces nuages arrivent au dessus des continents où ils s'ajoutent à ceux déjà formés.

I.5.2 Précipitations

Lorsqu'il pleut, qu'il neige ou qu'il grêle sur ces mêmes continents, une partie de l'eau de ces précipitations repart plus ou moins rapidement dans l'atmosphère, soit en s'évaporant directement, soit du fait de la transpiration des végétaux et des animaux.

I.5.3 Ruissellement

Une deuxième partie, en ruisselant sur le sol, rejoint assez vite les rivières et les fleuves puis la mer.

I.5.4 Infiltration

Quant au reste du cycle de l'eau, il s'infiltré dans le sol et est stocké en partie dans des nappes. Cette eau finira aussi par retourner à la mer, à beaucoup plus longue, voire très longue, échéance, par le biais des cours d'eau que ces nappes alimentent. C'est ce mouvement perpétuel de l'eau sous tous ses états qu'on appelle le grand cycle de l'eau. Les activités humaines peuvent parfois perturber ce cycle et provoquer ou amplifier des phénomènes de pénuries ou d'inondation.

I.6 Usage de l'eau et ses fonctions dans l'industrie

Dans l'industrie, l'eau est nécessaire à plusieurs niveaux et dans de nombreux domaines et secteurs d'activités, elle est partout, dans les matières premières ; dans les systèmes de refroidissement ; dans le process (lavage, nettoyage, désinfection...) ; dans les installations sanitaires. Elle est principalement utilisée dans l'industrie lourde comme eau pour les circuits chaleurs et alimentation des circuits de refroidissement. On entend par "systèmes de refroidissement industriel, des systèmes destinés à extraire le trop plein de chaleur d'un fluide par échange calorique avec de l'eau ou de l'air de manière à abaisser la température de ce fluide à la température ambiante. Les industries utilisent l'eau :

- Dans les circuits de refroidissement fluide thermique
- Pour l'alimentation de chaudière
- Pour les dilutions de produits chimiques.

Les industries paramètrent l'eau recherchée par une ou plusieurs étapes successives afin d'obtenir une eau pure qui n'endommage pas leurs installations lors de son passage, toutes les eaux susceptibles d'être en contact avec les denrées alimentaires doivent faire l'objet d'analyses régulières, une eau de mauvaise qualité peut contaminer votre production et le risque est souvent sous-estimé. Ces traitements peuvent être physiques, chimiques, physico-chimiques ou encore biologiques. L'industrie recouvre une large gamme d'utilisation de l'eau extrêmement variable tant en quantité qu'en qualité. L'eau peut être destinée à plusieurs usages dans l'industrie, On distingue deux types d'utilisation :

- Une seule utilisation en circuit ouvert ou en appoint direct. en recyclage avec ou sans altération.
- Deux utilisations différentes successives ou réutilisation ou utilisation en cascades.

I.7 Polluant des eaux

La pollution de la ressource en eau se caractérise par la présence de micro-organismes, de substances chimiques ou encore de déchets industriels. Elle peut concerner les cours d'eau, les nappes d'eau, les eaux saumâtres mais également l'eau de pluie, la rosée, la neige et la glace polaire. Cette pollution peut avoir des origines diverses :

- La pollution industrielle : avec les rejets de produits chimiques comme les hydrocarbures ou le PCB rejetés par les industries ainsi que les eaux évacuées par les usines
- La pollution agricole : avec les déjections animales mais aussi les produits phytosanitaires/pesticides (herbicides, insecticides, fongicides) contenus dans les engrais et utilisés dans l'agriculture. Ils pénètrent alors dans les sols jusqu'à atteindre les eaux souterraines.
- La pollution domestique : avec les eaux usées provenant des toilettes, les produits d'entretien ou cosmétiques (savons de lessives, détergents), les peintures, solvants, huiles de vidanges, hydrocarbures...
- La pollution accidentelle : avec le déversement accidentel de produits toxiques dans le milieu naturel et qui viennent perturber l'écosystème [20].

Industrielles, agricoles, domestiques ou accidentelles... Les origines de la pollution de l'eau sont nombreuses. La préservation des ressources en eau passe par une meilleure gestion des polluants issus, pour la plupart, des activités humaines.

Chapitre II

Procédés de traitements des eaux

Chapitre II : Procédés de traitements des eaux

En industrie agroalimentaire, l'eau est une matière première incontournable et ses usages sont multiples. Elle peut être utilisée dans le processus de fabrication et ainsi être mise au contact direct des denrées alimentaires, incorporée directement comme ingrédient lors de la préparation des aliments, utilisée dans les systèmes de refroidissement et de production de vapeur, dans le lavage, le nettoyage et la désinfection ainsi que dans l'hygiène des locaux et du personnel de l'entreprise. Cette eau peut, en l'absence de traitement, engendrer des désordres dans les installations de l'entreprise (entartrage, encrassement, bio films et corrosion). En outre, une eau de mauvaise qualité peut contaminer la production. Pour ces raisons, très souvent, les industries agroalimentaires procèdent à des traitements spécifiques des eaux naturelles afin de produire une eau qui puisse satisfaire leurs exigences de qualité [2]. L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des micro-organismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé. Qu'elle soit d'origine souterraine ou superficielle [21].

II.1 Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface. Le prétraitement permet d'éliminer les déchets grossiers solides et les matières insolubles. Les opérations de prétraitement sont les suivantes figure II.1 :

- Dégrillage.
- Dessablage.
- Déshuilage et dégraissage.

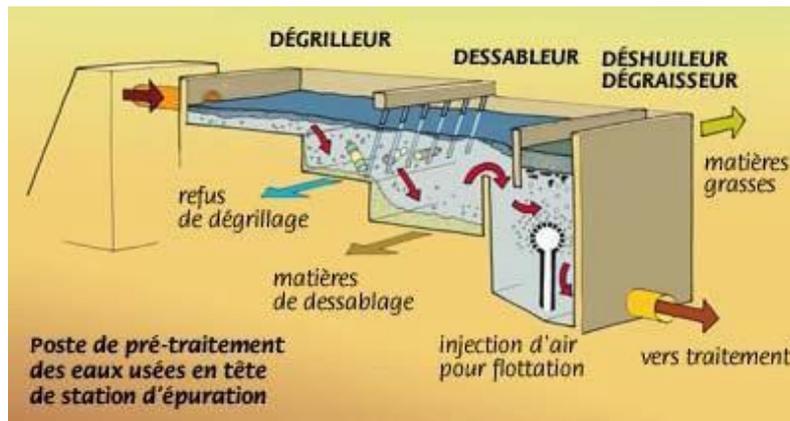


Figure II .1 Poste de prétraitement des eaux usées en tête de la station d’épuration.

II.1.1 Dégrillage

Le dégrillage est une opération indispensable, permettant d’éliminer les corps flottant et les gros déchets qui ne peuvent pas être éliminés par un traitement biologique ou physico chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement. Pour ce faire les eaux usées passent à travers une grille qui retient les gros déchets flottants (bois, plastiques, papiers..etc)

Tableau II.1 : différents types de dégrillage [22].

Type de dégrillage	Espacement des barreaux
Dégrillage fin	< 10 mm
Dégrillage moyen	10 –30 mm
Pré -dégrillage	30 –100 mm

II.1.2 Dessablage

Il consiste à l’élimination des sables présent dans les eaux brutes, c’est une opération indispensable pour:

- Eviter les dépôts dans les amenées et installations.
- Protéger les pompes et les autres organes mécaniques contre l’abrasion.
- Eviter de perturber les autres stades de traitement [23].

II.1.3 Déshuilage et dégraissage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide [24]. C’est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l’élimination des huiles. Son principe est basé sur l’injection de fines bulles d’air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface. Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface [25]. Elle a pour but d’éviter divers problèmes au cours du traitement.

- Les boules graisseuses, diminution des transferts d'oxygène, apparition de bactéries Filamenteuses.
- L'endommagement des équipements et des pompes.
- La surconsommation des produits chimiques lors de la préchloration et coagulation floculation.

II.2 Traitement physico-chimique

Après les prétraitements, une charge polluante dissoutes et de MES et colloïdale restent dans l'eau alors le traitement physico-chimique permet aux matières en suspension de se déposer par simple gravité sous forme de boues dans un décanteur primaire. Il est possible aussi d'ajouter des produits chimiques coagulants et floculants pour éliminer les matières colloïdales.

II.2.1 Coagulation / floculation

La coagulation est la déstabilisation des particules colloïdales par addition d'un réactif chimique appelé coagulant comme le sulfate d'alumine, sulfate de fer, aluminat de soude, la chaux, chlorure ferrique [15]. Elle est utilisée pour agglomérer les particules de très petites tailles. Les MES sont souvent de très petites dimensions, sédimentent difficilement, pour faciliter leur prise en masse. L'ajout de ces coagulants permettent l'accroissement de la taille de MES et une décantation plus rapide, déstabilisation des suspensions colloïdales, réduire la turbidité et la concentration en polluants dissous par précipitation [26]. Ce procédé permet aussi d'augmenter substantiellement l'efficacité des traitements ultérieurs (décantation et/ou filtration) [25].

La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité de contact entre les particules, déstabilisées colloïdales. Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres, pour former des micros floes puis des floes plus volumineux et d'écartables. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers.

II.2.2 Décantation

La décantation est la méthode de séparation gravitaire la plus fréquente de MES et colloïdes (rassemblés sous forme de floe après l'étape de coagulation/floculation). Il s'agit d'un procédé de séparation solide/liquide basé sur la pesanteur. Cette séparation est induite par réduction de la vitesse horizontale qui doit être inférieure à la vitesse verticale (de chute, de décantation ou ascensionnelle) afin de favoriser la sédimentation des particules dans un piège. Ces particules s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement.

L'eau récoltée en surface est dite décantée [27]. C'est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. On utilise soit un décanteur cylindrique ou un décanteur conique .

II.2.3 Flottation

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide. Elle consiste à former un ensemble de particules et des bulles d'air plus léger que l'eau [28]. Les bulles d'air s'accrochent aux particules fines à éliminer [29]. Ce traitement élimine jusqu'à 55% de matière en suspension et réduit environ 30% de la DBO5 et de la DCO [30].

II.2.4 Filtration

Arriver à ce stade, l'eau peut paraître trouble (on parle de la turbidité) à cause de la présence de matières encore en suspension (algues ,microorganisme ,fer ;substances utilisées dans le processus précédant ,...). L'eau est alors filtrée par passage à travers des couches de matériaux divers (sable ,gravier ,charbon, ...). Que l'eau soit décanté (ou « flotté ») ou non, il faut toujours la filtrer pour que l'élimination des matières soit aussi complète que possible dans le but d'obtenir une eau avec une turbidité voisine de zéro .

II.2.4.1 Filtration sur charbon actif

Le charbon actif est d'un très grand intérêt industriel vu son utilisation pour la gestion et le contrôle des déchets polluants aqueux et gazeux. Les charbons actifs utilisés pour la séparation en phase liquide ont des tailles de pores distribuées autour ou supérieures à 3 nanomètres (nm) tandis que ceux utilisés en phase gazeuse ont des tailles de pores inférieures. La filtration sur charbon actif consiste à biodégrader et oxyder les matières organiques ainsi qu'éliminer ou absorber certains micropolluants (organiques, minéraux) pour améliorer le goût, l'odeur et la couleur de l'eau [31]. 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 [32].

II.2.4.2 Échangeurs d'ions

Les minéraux que l'eau dissout lors de son passage dans le sol sont sous forme d'ions. Les ions sont des particules électriquement chargées. Les uns sont négatifs, issus des acides, ce sont les anions (ex : chlorures Cl^- , bicarbonates HCO_3^- , sulfates SO_4^{2-}). Les autres, issus des métaux, sont positifs, ce sont les cations (ex : calcium Ca^{2+} , magnésium Mg^{2+} , sodium Na^+). Les échangeurs d'ions sont des composés capables de fixer certains ions et d'en céder d'autres dont ils sont chargés (figure II.2). Dans les adoucisseurs d'eau, on utilise une résine de synthèse porteuse d'ions sodium. Cette résine se présente sous forme de billes poreuses de 0,2 à 3 mm de diamètre, de densité réelle légèrement supérieure à celle de l'eau. Cette résine a beaucoup plus d'affinité pour les ions calcium et magnésium que pour les ions sodium dont elle est chargée à l'origine. Lorsque cette résine est mise en contact avec de l'eau dure contenant des ions calcium et magnésium, ces derniers sont attirés par la résine. Ils se fixent sur la résine en prenant la place des ions sodium qui y étaient à l'origine. Ces ions sodium sont libérés dans l'eau en lieu et place des ions calcium et magnésium. L'eau qui a ainsi percolé de haut en bas sur un lit de résine va céder tous les ions calcium et magnésium qu'elle contenait sa dureté tend donc vers zéro. Lorsque la résine a cédé tous les ions sodium dont elle était chargée, l'échange d'ions ne peut plus se faire la résine est dite « saturée », les ions calcium et magnésium ne sont plus fixés, et l'eau qui sort du lit de résine est aussi dure que celle qui y rentre. Il est possible de chasser les ions calcium de la résine et de les remplacer par des ions sodiques, c'est à dire de redonner à la résine sa forme d'origine. Cette opération est appelée « régénération » [33]. Pour « régénérer » une résine saturée, il suffit de la mettre en contact avec une solution très riche en ions sodium. Dans la pratique, on utilise une solution concentrée de chlorure de sodium, appelée « saumure », obtenue par dissolution dans de l'eau de sel raffiné commercialisée sous forme de pastilles ou de granulés. Comme la résine a plus d'affinité pour le calcium et le magnésium que pour le sodium, on est obligé, pour régénérer la résine, d'utiliser un excès de sodium [33].

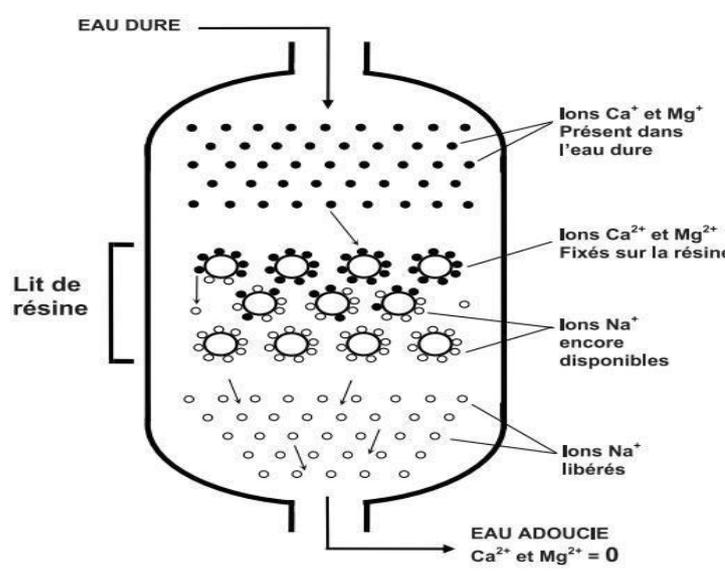


Figure II.2 Principe de l'adoucissement de l'eau

II.2.4.3 Filtration membranaire

Le terme technologie membranaire est un terme générique pour différents procédés de séparations très caractéristiques. La filtration membranaire est de plus en plus utilisée comme procédé de séparation dans de nombreux domaines notamment dans le cycle de l'eau (potabilisation de l'eau, traitement des effluents, réutilisation de l'eau, adoucissement, dessalement ...)

- **Principe**

On peut définir une membrane comme étant une paroi mince, liquide ou solide, qui oppose une résistance sélective au transfert des différents constituants d'un fluide. Elle possède donc la propriété de séparer sélectivement des espèces chimiques moléculaires ou ioniques [34]. Les critères de séparations des particules, des molécules et/ou des ions dépendent de :

- La dimension et la forme
- La nature chimique
- L'état physique
- La charge électrique,...etc.

- **Séparation membranaire**

La filtration sur membrane est considérée ces dernières années comme une technique d'avenir, très utilisée dans le domaine du traitement de l'eau, à cause du fait qu'elle fonctionne sans ajout de produits chimiques [35]. L'application d'une différence de pression provoque le transfert du solvant à travers une membrane dont la taille des pores assure la rétention de solutés. Les différents procédés de séparations sont classés selon une taille des pores décroissantes, on peut citer :

la microfiltration, l'ultrafiltration, la nano filtration et l'osmose inverse. La microfiltration, l'ultrafiltration et nano filtration mettent en jeu des membranes possédant une structure poreuse tandis que les membranes d'osmose inverse sont des matériaux denses[36,37].

- **Microfiltration**

La microfiltration est définie comme un procédé de séparation solide /liquide. Le mécanisme est basé sur l'effet tamis (taille) et rend possible la rétention des particules en suspension ou des bactéries dont la taille se situe entre 0,1 et 10 μm . Les pressions appliquées sont de quelques dixièmes de bar pour éviter un colmatage important[38].

- **Ultrafiltration**

Les membranes d'UF sont 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, colloïdes). Cette technique est souvent utilisée pour la concentration de solutions macromoléculaires (protéines, polysaccharides, Polymères variés) et aussi l'élimination de macro solutés présents dans les effluents ou dans l'eau à usage domestique, industriel (électronique) ou médical [36,39]. On distingue deux types d'ultrafiltration selon le mode de circulation du solvant voir la figure II.3 il s'agit de [36,40] :

- L'ultrafiltration frontale dans laquelle la solution circule perpendiculairement à la membrane.
- L'ultrafiltration tangentielle dans laquelle la solution circule tangentiellement à la membrane.

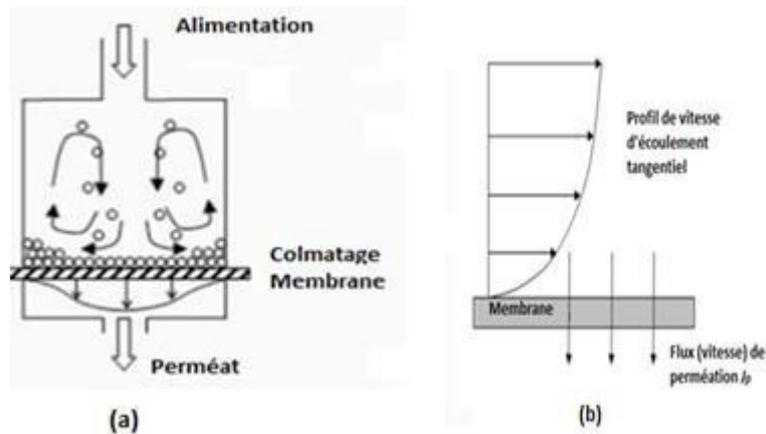


Figure II.3 Mise en œuvre des membranes

(b) Écoulement tangentiel (a) Écoulement frontale [31].

➤ Nanofiltration

La nanofiltration est un procédé membranaire qui couvre un domaine de séparation intermédiaire entre l'ultrafiltration et l'osmose inverse. Les membranes de nano filtration permettent la séparation de composés de taille voisine du nanomètre. Elle retient fortement les sels ionisés bivalents tels que le calcium et le magnésium et surtout les sulfates ainsi que des composés organiques non ionisés [41]. Cette technique se situe entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration tant au niveau du seuil de coupure (200 à 1000 Dalton) qu'au niveau de la pression transmembranaire (5 à 25 bars). Les membranes de nano filtration ont une structure de pores plus resserrée et peuvent, de ce fait, rejeter les petites molécules organiques ayant un poids moléculaire de seulement 200 - 300 Dalton. Les mécanismes de transfert sont intermédiaires entre ceux de l'osmose inverse et ceux de l'ultrafiltration [42]. Elle est souvent utilisée pour l'adoucissement ainsi que pour la purification des eaux vis-à-vis de leurs polluants organiques tels que les pesticides. La modification de sa surface reste l'une de ses principales avancées technologiques, déjà appliquée à Mery sur Oise et maintenant largement utilisée; cela permet de favoriser un peu plus le passage de Ca et Mg, cations vitaux, au détriment des sulfates. Cette technologie a été proposée comme option de traitement pour les barrages algériens, souvent contaminés par les métaux lourds et la matière organique anthropique [38].

➤ **Osmose inverse**

• **Définition**

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de 10^{-7} mm de taille. L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes haute pression. La teneur en sels de l'eau osmosée est de l'ordre de $0,5 \text{ g.L}^{-1}$ [43].

• **Principe**

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Considérons un système de deux compartiments séparés par une membrane semi perméable sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes. Le solvant (généralement l'eau) s'écoule à travers la membrane du compartiment de la solution moins concentrée vers le compartiment contenant la solution la plus concentrée, c'est le phénomène d'osmose. Si on applique progressivement une pression sur le compartiment de la solution la plus concentrée, le flux d'eau qui traverse la membrane va diminuer, puis s'annuler quand la pression appliquée atteindra la pression osmotique. Si on applique une pression supérieure à la pression osmotique, l'eau va traverser la membrane dans le sens inverse du flux osmotique, c'est le phénomène d'osmose inverse [44].

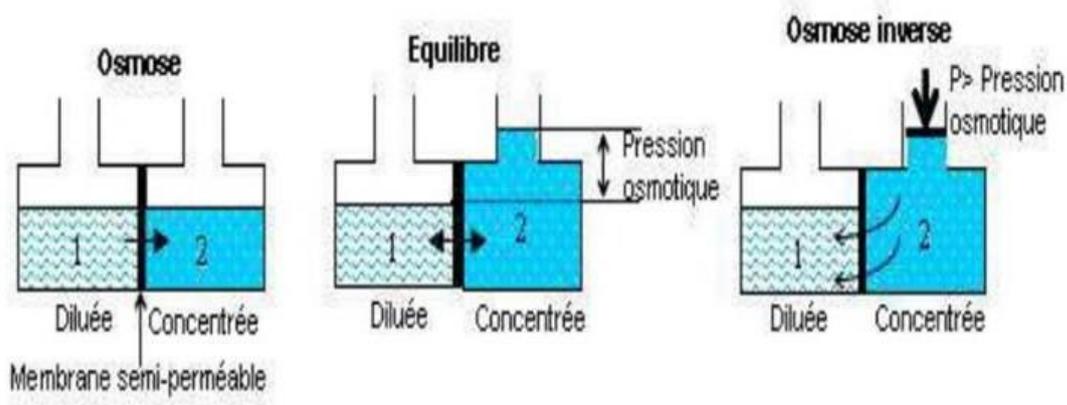


Figure II.4: Principe de l'osmose et de l'osmose inverse [31].

- **Pression osmotique**

La pression osmotique peut être calculée par la loi de Van'tHoff qui stipule que la pression osmotique exercée par un soluté est égale à la pression que ce corps aurait exercé dans l'état gazeux parfait dans le même volume (V) et à la même température (T). Si le soluté est dissocié en n ions, la pression osmotique sera n fois supérieure [45]. La pression osmotique d'une solution est proportionnelle à la concentration en solutés.

$$\Pi = n.C.R.T$$

Avec : Π : Pression osmotique (bar)

n : Nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte

C : Concentration molaire (mol.l^{-1})

R : Constante des gaz parfaits ($0,082 \text{ l.bar.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$)

T : Température absolue (Kelvin)

- **Modules d'osmose inverse**

Un système membranaire est constitué d'une membrane de séparation et d'un module servant de support. Les modules permettent une circulation étanche de l'alimentation, du perméat et du retentât, ainsi qu'une minimisation des pertes de charges lors de la circulation des fluides. Ils permettent aussi de maximiser le rapport surface filtrante/volume occupé, et de faciliter le nettoyage. Il existe différents types de modules, les plus utilisés actuellement dans le traitement de l'eau sont :

- ✓ Modules tubulaires
- ✓ Modules fibres creuses
- ✓ Modules plans
- ✓ Modules spiralés

a. Modules tubulaires

Un module tubulaire contient plusieurs tubes qui peuvent être en série ou en parallèle. L'eau à traiter circule à l'intérieur des tubes et le perméat est recueilli à l'extérieur des tubes. Les tubes constituent des canaux d'écoulement tangentiel. C'est le seul type de module qui peut être nettoyé mécaniquement avec un système de balles de mousse qui raclent les parois des tubes [46,42].

b. Modules fibres creuses

Ces modules associent un ensemble de fibres creuses de diamètre inférieur au micromètre, sous forme de faisceaux en polymère organique. La couche filtrante peut être

placée à l'intérieur de la fibre, alors que la filtration est réalisée de l'intérieur vers l'extérieur de la fibre. En osmose inverse, le perméat circule à l'intérieur des fibres et est collecté aux extrémités, rassemblé d'un même côté et fixé sur un support époxy [39].

c. Modules plans

Les modules plans sont les plus anciens et les plus simples peut se présenter sous forme de plaques unitaires ou sous forme de cartouches. La forme varie selon le fabricant. Elles sont disposées parallèlement les unes aux autres et sont séparées par des séparateurs-joints et des supports qui font office de compartiments amont et aval [47].

d. Modules spiralés

Sont des cylindres multicouches constitués d'une superposition de feuillets de membranes enroulés autour d'un tube percé qui collecte le perméat. Ce dernier s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube central tandis que le retentât circule le long de l'axe dans les canaux formés par les feuillets de membranes [48].

II.2.4.4 Filtre à sable

Un filtre à sable est un type de filtre mécanique fréquemment constitué de sable disposé en couches de granulométrie croissante de haut en bas. Souvent utilisé pour le traitement d'eau et l'obtention d'un fort degré de purification, non seulement par l'élimination des matières en suspension mais également par la dégradation de la matière organique dissoute[49].

II.2.5 Désinfection

La désinfection est sans aucun doute l'étape la plus importante du traitement de l'eau destinée à la consommation [50]. Elle est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les microorganismes susceptible de transmettre des maladies hydriques. Ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction totale des organismes vivants dans un milieu donnée. On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont: le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, le brome, l'iode et le permanganate de potassium. On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques: ébullition, ultrasons, ultraviolets ou rayons gamma [51].

II.3 Traitement biologique

On ajoute des traitements tertiaires (biologiques) aux traitements de base lorsque les eaux usées doivent être rejetées dans des écosystèmes fragiles. Le traitement biologique a

pour but d'éliminer le plus possible des polluants biodégradables contenus dans l'eau usée. Au cours de ce traitement, l'eau arrive dans un bassin où se développent des cultures de micro-organismes (bactéries aérobies) qui vont digérer la matière organique contenue dans l'eau. Dans le procédé de lits bactériens, l'eau usée passe à travers des lits aérés de roches poreuses contenant des micro-organismes qui décomposent la matière organique. Dans un autre procédé biologique, celui des boues activées, les eaux usées sont aérées par des turbines dans les bassins d'aération. Les bactéries seront alors constamment mêlées à l'eau et supportées par des particules et décomposent les matières organiques. Au cours de ce procédé des boues secondaires sont aussi produites [52].

Chapitre III

Protocole expérimental

Chapitre III : Protocole expérimental

III.1 Échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension,... etc.).

Le prélèvement consiste à ouvrir une vanne de sortie d'eau, puis laisser couler l'eau quelques minutes et remplir des bouteilles de 500 ml étiquetées. Les échantillons récupérés sont immédiatement acheminés au laboratoire pour l'analyse. Les échantillons sont prélevés trois fois par jour, et les analyses sont faites au laboratoire des eaux 3 fois chaque jour de la semaine durant un mois. Les eaux utilisées proviennent du puits d'IBOURASSEN. Les prélèvements ont été effectués au seuil des circuits de l'eau (forage, filtration et sur l'eau osmosée). Les différents points de prélèvement sont décrits dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.1 Code des différentes eaux prélevées

Codes	Echantillons
EBD	Eau Brute Désinfectée
EF	Eau Filtrée
EFD	Eau Filtrée Déchlorée
EO	Eau Osmosée

III.2 Méthodes d'analyse

III.2.1 Méthodes électrochimiques

III.2.1.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

➤ **Le principe**

Le pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre l'électrode de mesure (électrode de verre) et une électrode de référence à potentiel connu (électrode au calomel à concentration saturée en KCl) [53].

➤ **Matériels**

- pH-mètre HACH HQ40d muni d'une électrode de mesure de pH.
- Becher.

➤ **Mode opératoire**

- Avant la mesure, le pH-mètre est étalonné à l'aide de deux solutions tampons de pH 4 et 7 ou 7 et 10 (selon la gamme de mesure à réaliser) .
- La mesure consiste à plonger l'électrode en verre dans le bécher contenant l'eau à analyser.
- La lecture se fait après stabilité de la valeur affichée.

III.2.1.2 Conductivité

➤ **Principe**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (en platine ou en graphite) de 1cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre d'une distance de 1 cm, elle est l'inverse de la résistivité électrique [54].

➤ **Matériels**

- Conductimètre HACH HQ40D
- BECHER

➤ **Mode opératoire**

Après avoir étalonné le conductimètre avec une solution de KCl :

- Plonger la sonde de l'appareil préalablement rincée dans un bécher avec l'eau à Analyser.
- Secouer la sonde légèrement afin d'éliminer les bulles d'air.
- Attendre quelques secondes et mesurer la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

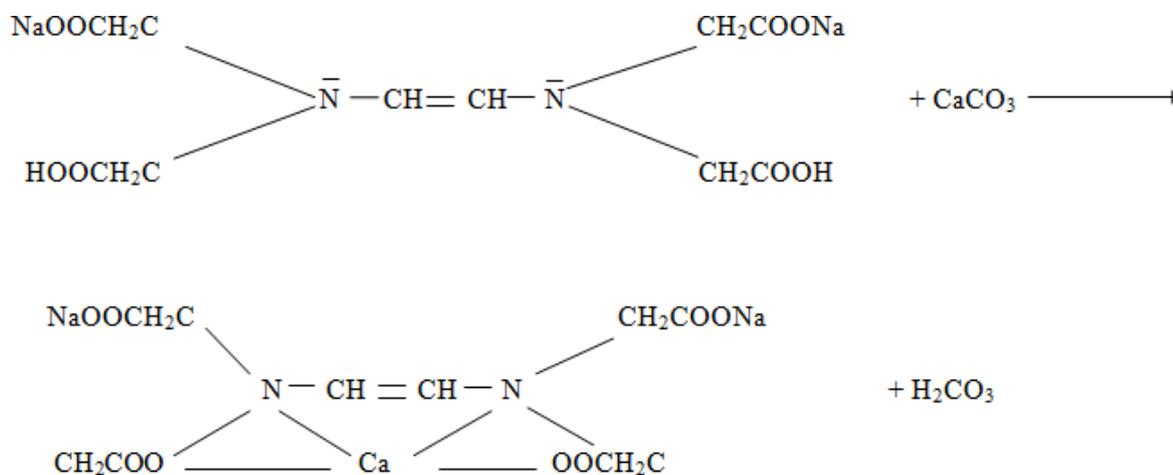
III.2.2 Méthodes titrimétriques

III.2.2.1 Titre hydrotimétrique total (TH total)

➤ Principe

Le TH total est déterminé par dosage complexométrique en présence de sel disodique de l'EDTA et du Noir Eriochrome comme indicateur coloré. Le sel disodique de l'EDTA (complexon) ou acide éthylène diamine tétra acétique se combine aux ions calcium puis magnésium en donnant des complexes solubles peu dissociés. La fin de la réaction est mise en évidence par le noir Eriochrome T, violet rose au bleu lorsque les dernières traces d'ions magnésium sont complexées l'EDTA [55].

➤ Réaction chimique



➤ Matériels

- Erlenmeyer 250 ml.
- Fiole de 100 ml.
- Burette graduée de 10 ml.

➤ Réactifs

- EDTA (0.02 N).
- Solution tampon ammoniacal pH=10 (qui sert à stabiliser le Ph durant le titrage).
- Noir Eriochrome T (NET) indicateur coloré.

➤ Mode opératoire

- Prendre 100 ml de l'eau à analyser dans un Erlenmeyer
- Ajouter 8 gouttes de la solution Tampon Ammoniacal (qui sert à stabiliser le pH durant le titrage)

- Ajouter quelques gouttes de N.E.T. (Noir Eriochrome T) et mélanger
- Si une coloration bleu apparaît, le TH est nul ($TH = 0^{\circ}F$)
- Si une coloration violette apparaît (présence d'ions de Ca^{++} et Mg^{++}), titrer le mélange avec une liqueur hydrométrique d'EDTA (sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra Acétique) à 0,02N jusqu'au virage de la coloration violette vers le bleu vert.

Le schéma du dosage de la dureté totale est représenté sur la figure III.1

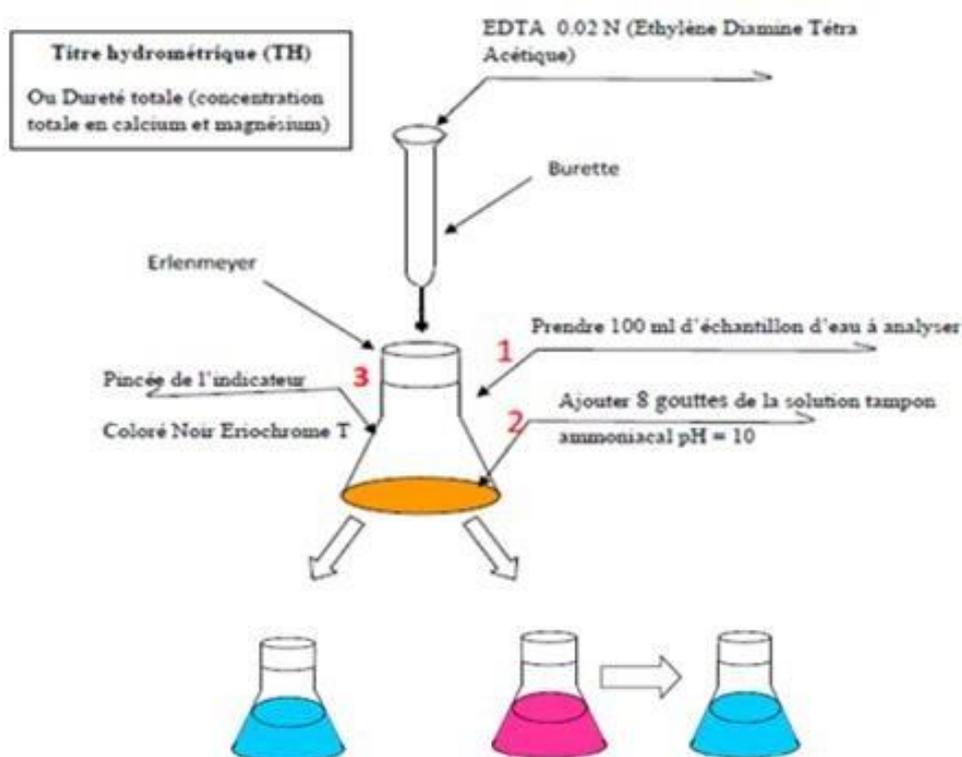


Figure III.1 Dosage de la dureté totale.

➤ Expression des résultats

$$TH = (V_{EDTA} * N_{EDTA} * 100 * 1000) / V_{\text{échantillon}}$$

V_{EDTA} : Volume de l'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

N_{EDTA} : Normalité de l'EDTA.

$V_{\text{échantillon}}$: Volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage.

III.2.2.2 Titre hydrotimétrique calcique (TH Ca^{++})

➤ Principe

Pour le dosage du calcium, on procède de la même manière que pour le titre hydrotimétrique total en changeant uniquement l'indicateur coloré (N.E.T) par du

MUREXIDE. Le pH est porté à 12-13 par addition de soude pour faire précipiter les ions Mg^{++} sous formes d'hydroxydes [53].

➤ **Matériels**

- Erlenmeyer 250 ml
- Fiole de 100 ml
- Burette graduée de 10 ml.
- Murexide

➤ **Réactifs**

- EDTA (0.02 N).
- Solution de soude caustique à 5N.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 100 ml de l'eau à analyser dans un Erlenmeyer.
- Ajouter 25 gouttes de NaOH à 5N (soude), en remuant délicatement.
- Ajouter une pincée de Murexide et mélanger.
- Une coloration rose doit alors se développer.
- titrer alors avec la solution d'EDTA à 0,02N jusqu'au virage du rose au violet.

Le schéma du dosage de la dureté calcique est représenté sur la figure III.2

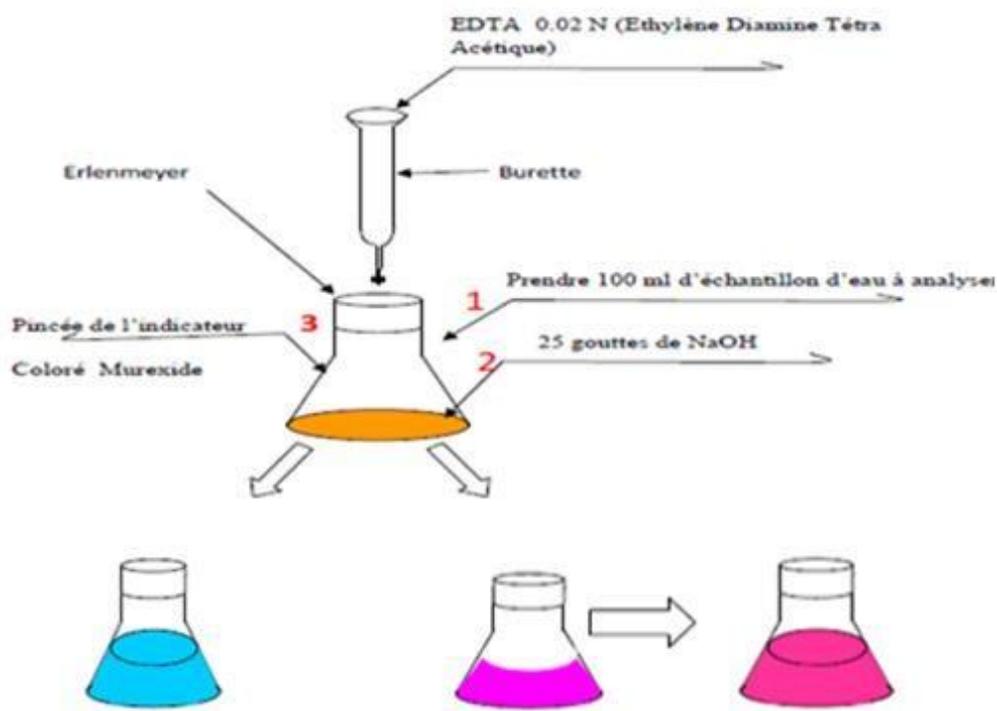


Figure III.2 Dosage de la dureté calcique

➤ **Expression des résultats**

$$TH \text{ Ca}^{++} = (V_{\text{EDTA}} * N_{\text{EDTA}} * 100 * 1000) / V_{\text{échantillon}}$$

V_{EDTA} : Volume de l'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

N_{EDTA} : Normalité de l'EDTA.

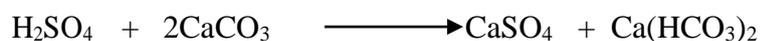
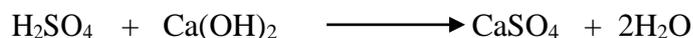
$V_{\text{échantillon}}$: Volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage.

III.2.2.3 Titre alcalimétrique (TA)

➤ **Principe**

Détermination du volume d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser au niveau de pH 8.3, le volume d'eau à analyser [54].

➤ **Réactions chimiques**



➤ **Matériels**

-Erlenmeyer 250 ml.

-Burette graduée de 10 ml.

-Fiole de 100 ml.

➤ **Réactifs**

-Acide sulfurique (0.02 N).

-Phénolphthaléine.

➤ **Mode opératoire**

-Prélever 100ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer.

-Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénolphthaléine.

-Une coloration rose doit alors se développer, dans le cas contraire le TA est nul, (pH < 8,3) verser ensuite doucement l'acide dans l'erlenmeyer à l'aide d'une burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH=8,3).

Le schéma du dosage alcalimétrique est représenté sur la figure III.3

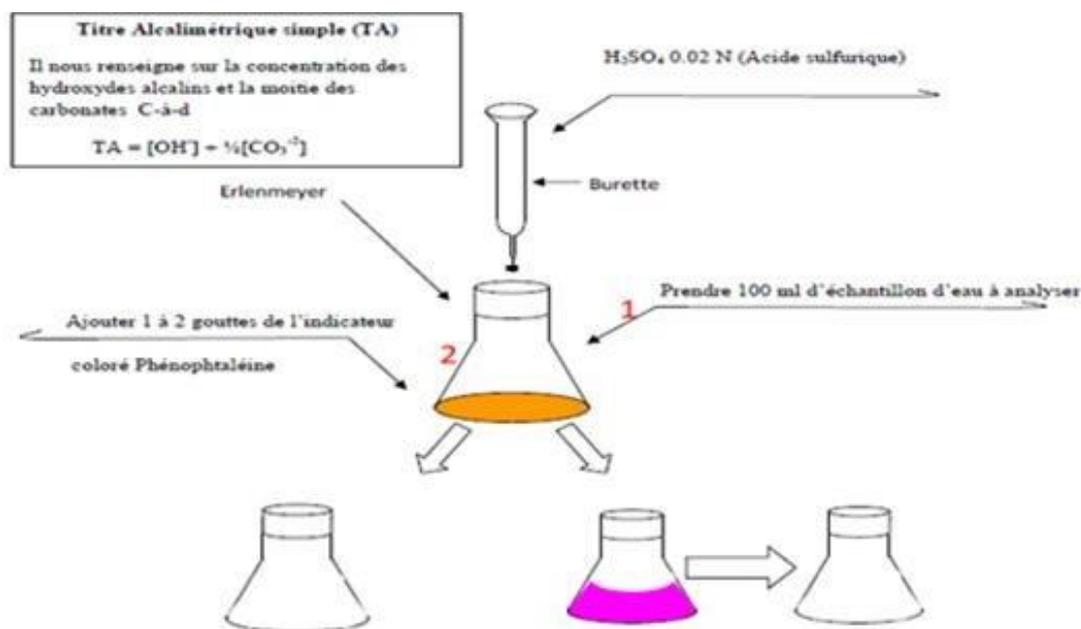


Figure III.3 Dosage alcalimétrique.

➤ **Expression des résultats**

$$TA = (V_{H_2SO_4} * N_{EDTA} * 100 * 1000) / V_{\text{échantillon}}$$

$V_{H_2SO_4}$: Volume de l' H_2SO_4 nécessaire pour une concentration donnée.

$N_{H_2SO_4}$: Normalité de l' H_2SO_4 .

$V_{\text{échantillon}}$: Volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage.

III.2.2.4 Titre alcalimétrique complet (TAC)

➤ **Principe**

Détermination du volume d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser au niveau de pH 8.3, le volume d'eau à analyser [54].

➤ **Réactions chimiques du TAC**



Ca (HCO₃)₂ déjà existant

Ca (HCO₃)₂ formé dans 2^{ème} réaction

➤ **Matériels**

- Erlenmeyer 250 ml.

- Becher.

- Burette graduée de 10 ml.

➤ **Réactifs**

-Acide sulfurique (0.02 N).

-Méthyle orange.

➤ **Mode opératoire**

-Prendre le même échantillon pour l'analyse du TA et ajouter 2 gouttes d'Hélianthine ou du Méthyle Orange.

-Une coloration jaune doit apparaître.

-Titrer avec le même acide (H_2SO_4) jusqu'au virage de la coloration jaune vers l'orange.

Le schéma du dosage alcalimétrique complet est représenté sur la figure III.4

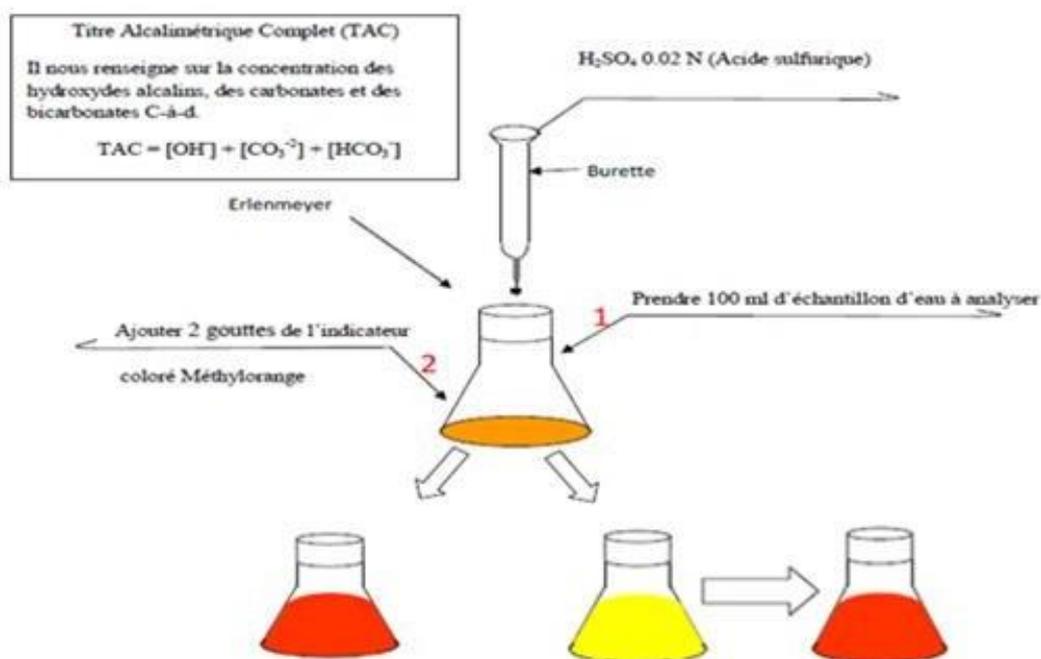


Figure III.4 Dosage alcalimétrique complet.

➤ **Expression des résultats**

$$TAC = (V_{H_2SO_4} * N_{EDTA} * 100 * 1000) / V_{\text{échantillon}}$$

$V_{H_2SO_4}$: Volume de l' H_2SO_4 nécessaire pour une concentration donnée.

$N_{H_2SO_4}$: Normalité de l' H_2SO_4 .

$V_{\text{échantillon}}$: Volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage.

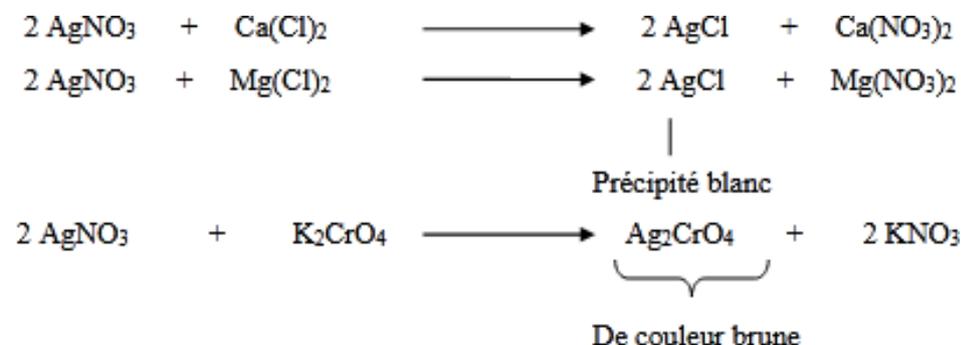
III.2.2.5 Dosage des chlorures par la méthode de « MOHR »

Cette méthode consiste à doser la teneur en chlorure (Cl^-) dans l'eau. La teneur en chlorures doit être comprise entre 5 et 150 mg/l. En dehors de cet intervalle, la méthode conduit à des résultats erronés. Le pH doit être comprise entre 5 et 9 (pour éviter les transformations des ions Ag^+ et CrO_4^{2-} , ce qui rendrait le dosage impossible).

➤ Principe

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former des chlorures d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions d'argent et formation de chromate d'argent (Ag_2CrO_4) brun rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage [54].

➤ Réactions chimiques des chlorures



➤ Matériels

- Erlenmeyer 250 ml.
- Fiole de 100 ml.
- Burette graduée de 10 ml.

➤ Réactifs

- Nitrate d'argent AgNO_3 (0.02N).
- Chromate de potassium.

➤ Mode opératoire

- Dans un Erlenmeyer, prendre un échantillon de 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 5 gouttes de Chromate de Potassium (Indicateur coloré). Une coloration jaune doit alors apparaître. Titrer avec la solution AgNO_3 à 0,02N (Le nitrate d'argent précipite les chlorures alcalins et alcalino-terreux sous forme de chlorures d'argent) et agiter délicatement le soluté jusqu'à disparition de la coloration jaune citron. Le schéma du dosage des chlorures est représenté sur la figure III.5 ci-dessous.

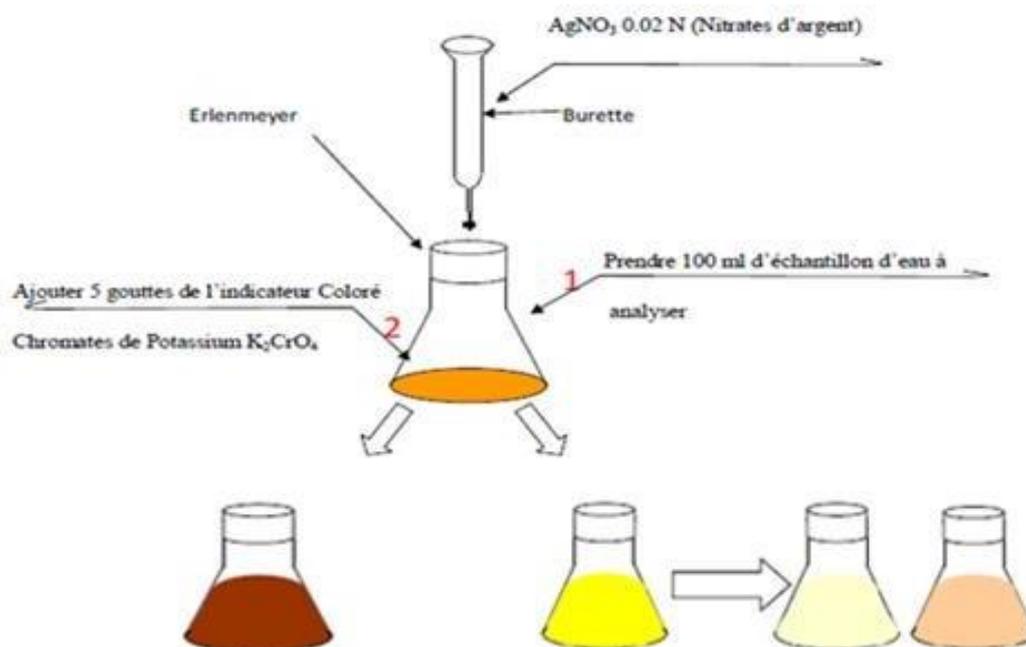


Figure III.5 Dosage des chlorures.

➤ **Expression des résultats**

$$Cl^- = (V_{H_2SO_4} * N_{EDTA} * 100 * 1000) / V_{\text{échantillon}}$$

V_{AgNO_3} : Volume de l'AgNO₃ nécessaire pour une concentration donnée.

N_{AgNO_3} : Normalité de l' AgNO₃.

$V_{\text{échantillon}}$: Volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage.

III.2.3 Méthode spectrophotométriques

Le spectrophotomètre NANOCOLOR ® UV/VIS (figure III.6) est un appareil très performant, rapide et compact pour l'analyse. Il permet l'évaluation des tests en cuve ronde ou rectangulaire NANOCOLOR ®. Son écran tactile HD et le guidage par menus intuitifs assurent l'exécution aisée et rapide des tâches, et en font le spectrophotomètre idéal pour toutes les analyses d'eau en laboratoire [56].

Au niveau du laboratoire des eaux CEVITAL, les méthodes d'analyses avec des kits NANOCOLORUV/VIS sont appliquées pour déterminer la concentration des minéraux



Figure III.6 Appareil NANOCOLOR ® UV/VIS .

Les méthodes d'analyses spectrales sont appliquées pour déterminer la concentration des minéraux ci-dessous :

▪ **Silice**

➤ **Définition**

La silice est un composé chimique (dioxyde de silicium) qui entre dans la composition de nombreux minéraux de formule SiO_2 , la silice existe à l'état libre sous différentes formes cristallines ou amorphes et à l'état combiné dans les silicates, les groupes SiO_2 étant alors liés à d'autres atomes (Al, Fe, Mg, Ca, Na).

➤ **Principe**

La silice dissoute et les silicates réagissent en milieu acide avec le molybdate d'ammonium pour former de l'acide silicomolybdique jaune. Ce dernier sera réduit en un composé bleu par addition d'un réducteur [54].

➤ **Matériels**

- Cuve rectangulaire 5cm NANOCOLOR .
- Pipette 1 ml, 20ml .
- Fiole de 25 ml .
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV/VIS.
- Réactifs.
- Réactifs 1, 2 et 3 NANOCOLOR UV/VIS.

➤ **Mode opératoire**

Introduire respectivement dans une fiole de 25 ml :

- 20 ml d'échantillon à analyser.
- 1 ml de R1, mélanger et attendre 3 min .
- 1 ml de R2, mélanger et attendre 1 min .
- 1 ml de R3.

Ajuster à 25 ml avec de l'eau distillée et mesurer après 15 mn après avoir transvaser dans des cuves rectangulaires. On définit le numéro de test sur l'appareil (NANOCOLOR® Silice Test 1-48Art. N° 918 48). La lecture se fait à une longueur d'onde de 690 nm.

R1, R2 et R3 : sont des kits chimiques pour le dosage de la silice.

▪ **Chlore libre**

➤ **Définition**

Le chlore libre est un gaz halogène de couleur jaune vert contenue dans l'hypochlorite de sodium ajouté à l'eau de forage. Il agit comme un désinfectant et un régénérant du MnO_2 [56].

➤ **Principe**

Le chlore libre, réagit avec la DPD (N, N-diéthyl-1,4-phénylènediamine) pour donner une coloration rouge-violette par addition d'une quantité définie d'ions iodures. Les turbidités provoquées par des particules en suspension peuvent être éliminées par centrifugation de l'échantillon. Les oxydants comme le bromure, les bromamines, l'iode et les composés de manganèse de haute valence simulent le chlore [54].

➤ **Mode opératoire**

Introduire respectivement dans une fiole de 25 ml : 20 ml d'échantillon à analyser 1 ml de R1, mélangé ; Une pincée de R2, mélangé ; Ajuster à 25 ml avec de l'eau distillée et mesurer après 30 secondes après avoir transvasé dans des cuves rectangulaires. On définit le numéro de test sur l'appareil (NANOCOLOR® Chlore Test 1-16). La lecture se fait à une longueur d'onde de 540 nm.

▪ **Manganèse**

➤ **Définition**

Métal de transition ; gris argent avec une teinte rosée. Le minerai le plus abondant est la pyrolusite(MnO_4), utilisé dans les processus industriels des filtres à sables.

➤ **Principe**

Les ions manganèse réagissent en milieu alcalin avec la formaldoxime pour donner un complexe orange-rouge [54].

➤ **Matériels**

- cuve ronde NANOCOLOR .
- pipette 1ml et 5ml .
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV / VIS.

➤ **Mode opératoire**

Dans une cuve ronde, ajouter 04 ml de l'échantillon à analyser et 0.5 ml de R2. Fermer, mélanger et attendre une minute, puis ajouter une cuillère de mesure de R3 et mesurer après 5 mn. Analyses physico-chimiques des eaux Laboratoire des eaux 42 Le blanc est préparé avec 04 ml de l'échantillon à analyser, 0.5 ml de R2 et une cuillère de mesure de R3.

III.3 Méthodes de traitement de l'eau au niveau du complexe CEVITAL

III.3.1 Désinfection

La désinfection de l'eau signifie l'élimination ou la désactivation des microorganismes pathogènes. Les microorganismes sont détruits ou désactivés. A l'entrée des filtres à sable, on injecte de l'hypochlorite de sodium NaOCl de 48 à 50° d'un débit 5 l/h est dosé afin de prévenir toutes proliférations bactériennes. De même le dosage en continu du chlore permet la régénération du dioxyde de manganèse par réaction catalytique du manganèse soluble après oxydation superficielle du MnO_4 en MnO_4^- suivant la réaction [57] :



III.3.2 Filtre à sable

Pour éviter l'entassement des filtres à cartouche, six filtres à sable retiennent les particules en suspension ayant un diamètre supérieur à 40 microns [58]. Ces filtres sont constitués par réservoir, le plus souvent cylindrique, contenant un lit de sable calibré (granulométrie comprise entre 0,4 et 1mm), sur laquelle l'eau à clarifier circule de haut en bas. Les impuretés sont pour la plupart retenues à la surface de lit de sable et, pour le reste, dans les couches hautes du lit filtrant. Les vitesses de filtration sont en générales comprises entre 30 et 40 m/h., pour des hauteurs des couches comprises entre 50 et 100 cm. Lorsque le filtre est colmaté, le sable est lavé par un contre-courant pendant 4 à 15 minutes. Un jeu de vannes ou une vanne multivoie permet d'inverser le flux d'eau qui traverse la masse de sable

pendant la phase de service et durant les lavages [59]. L'eau filtrée sera ensuite stocké au niveau du réservoir d'eau filtrée pour alimenté les lignes d'osmose .

▪ **Contre lavage**

Il permet de prévenir l'excessive perte de pression causée par les particules retenues dans les filtres , et pour éviter tout encrassement des filtres, leur lavage est indispensable et il s'effectue en deux phases :

- **Première phase :** L'air passe à travers ces filtres pour détacher du matériau filtrant les impuretés retenues.
- **Deuxièmes phase :** On effectue un retour d'eau à fort débit assurant une mise en expansion des matériaux filtrant. Cette dernière permet d'extraire du lit et d'évacuer les impuretés lors de la première phase [58].

III.3.3 Déchloration

Sur la ligne d'alimentation des lignes d'osmose, et avant les filtres à cartouche, dumétabisulfite de sodium est injecté pour neutraliser le chlore libre. Ce dernier peut oxyder les parois superficielles des membranes en polyamide. La réaction du métabisulfite de sodium avec le chlore et l'eau est la suivante:



Le métabisulfite de sodium permet d'éliminer l'action du chlores sur les membranes .Il présente aussi l'avantage d'être un réducteur d'oxygène ce qui ralentit considérablement le développement des germes sur l'osmoseur [57].

III.3.4 Dosage des produits biocides

Pour éviter toute prolifération bactérienne et formation de bio films, il est prévu de doser une fois par semaine pendant une demi-heure un produit biocide comme les pesticides, les antiparasitaires et les antibiotiques à usages médicaux [57].

III.3.5 Dosage de produit séquestrant

Avant les filtres à cartouche, une quantité préétablie de produit séquestrant est injectée dans l'eau d'alimentation pour permettre la dispersion des carbonates de calcium, des sulfates de calcium, des sulfates de baryum...etc. Il retarde ainsi leur précipitation, et de cette manière, les membranes s'entassent moins rapidement et le nombre de CIP diminue .

III.3.6 Filtration par cartouche

D'après cette (figure III.7) constituée d'une enveloppe de pression contenant une ou plusieurs cartouches avec un orifice d'arrivée d'eau à filtrer et un orifice de sortie d'eau filtrée [58]. Ils sont prévus pour éliminer toutes les particules ayant un diamètre supérieur à 5μ [57].



Figure III.7 Face externe des filtres à cartouches utilisés au niveau de CEVITAL [57].

III.3.7 Système d'osmose inverse

C'est la section principale de tout le système, elle est composée de quatre lignes de $100\text{ m}^3/\text{h}$ chacune. L'eau provenant des filtres de sécurité est envoyée aux modules R01, R02, R03 et R04 par des pompes (HP) à hautes pressions d'exercice ($11\text{ à }18\text{ bar}$). Il est à noter que la ligne d'osmose se compose de deux stades, le concentrat de premier stade sert à alimenter le deuxième stade pour augmenter le rendement de la ligne d'osmose (Figure III.8). Chaque ligne d'osmose est conçue pour produire un volume de $100\text{ m}^3/\text{h}$ d'eau osmosée et un volume de concentrat de $40\text{ m}^3/\text{h}$. Après un certain temps de fonctionnement, du tartre va se déposer sur les membranes à ce moment-là un lavage sur place (CIP) s'impose. La filtration par ces osmoseurs permet d'éliminer toutes les particules ayant un diamètre inférieur à $0.0001\ \mu\text{m}$ efficacement elle permet d'éliminer 98% à 99% des sels minéraux et 100% des microorganismes.



Figure III.8 lignes d'osmose inverse de CEVITAL.

▪ **Lavage sur place**

Lorsque la pression exercée sur la membrane est diminuée de 10 % pour les mêmes conditions d'exercice, il est nécessaire de laver les membranes dans le but de les débarrasser de toutes les particules et les minéraux qui provoquent le colmatage. Le lavage sur place s'effectue en deux phases :

- Phase basique en utilisant les produits suivants :
 - TD WASH 2 pour un faible entassement ;
 - TD WASH 3 + TD WASH 4 pour un fort entassement.
- Phase acide en utilisant les produits suivants :
 - TD WASH 1 + TD WASH 1 FER selon l'approvisionnement.

On peut utiliser aussi de HCl si l'entassement est fort avec l'apparition de carbonate (CO_3^{2-}). L'eau de forage au niveau de complexe du Cevital subit le traitement présenté dans la (Figure III.9) .

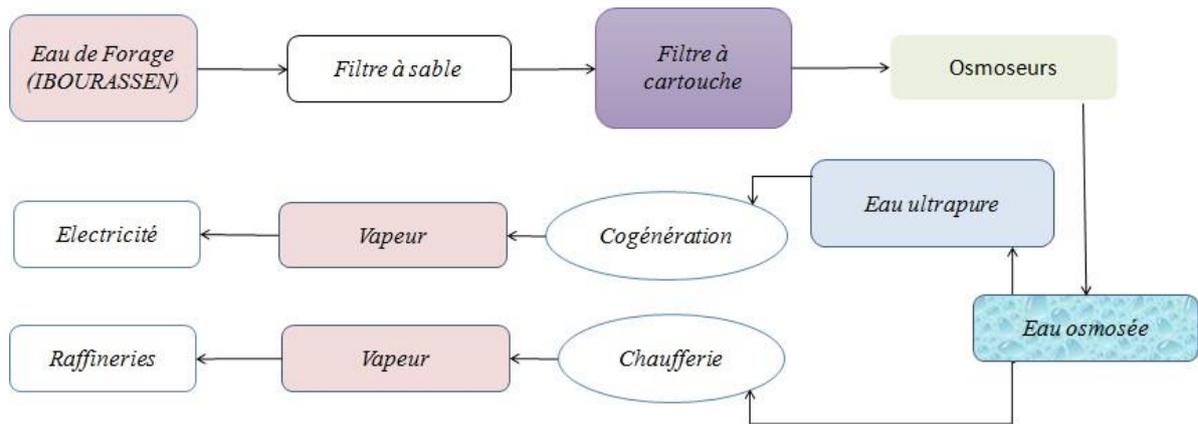


Figure III.9 Cycle de l’eau de forage au niveau du complexe agroalimentaire de Bejaia.

l’eau produite à la ligne d’osmose est appelée l’eau osmosée , cette derrière sera stockée au niveau des bacs eaux osmosées pour alimenter les chaudières qui produit de la vapeur destiner à alimenter les différentes raffinerie (conditionnement de sucre, raffinerie huile, raffinerie margarine) et aussi pour produire de l’eau ultra pure destiner à la production de l’électricité.

Chapitre IV

Résultats et discussions

Chapitre IV : Résultats et discussions

Ce chapitre est consacré à la présentation des valeurs moyennes des paramètres physicochimiques obtenues durant les différentes étapes de traitements de l'eau de forage de puits d'IBOURASSEN réalisées au niveau de l'entreprise de CEVITAL.

IV.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

La figure IV.1 présente les valeurs moyennes journalières du pH mesurées de l'eau de forage et l'eau osmosée durant les quatre semaines de stage.

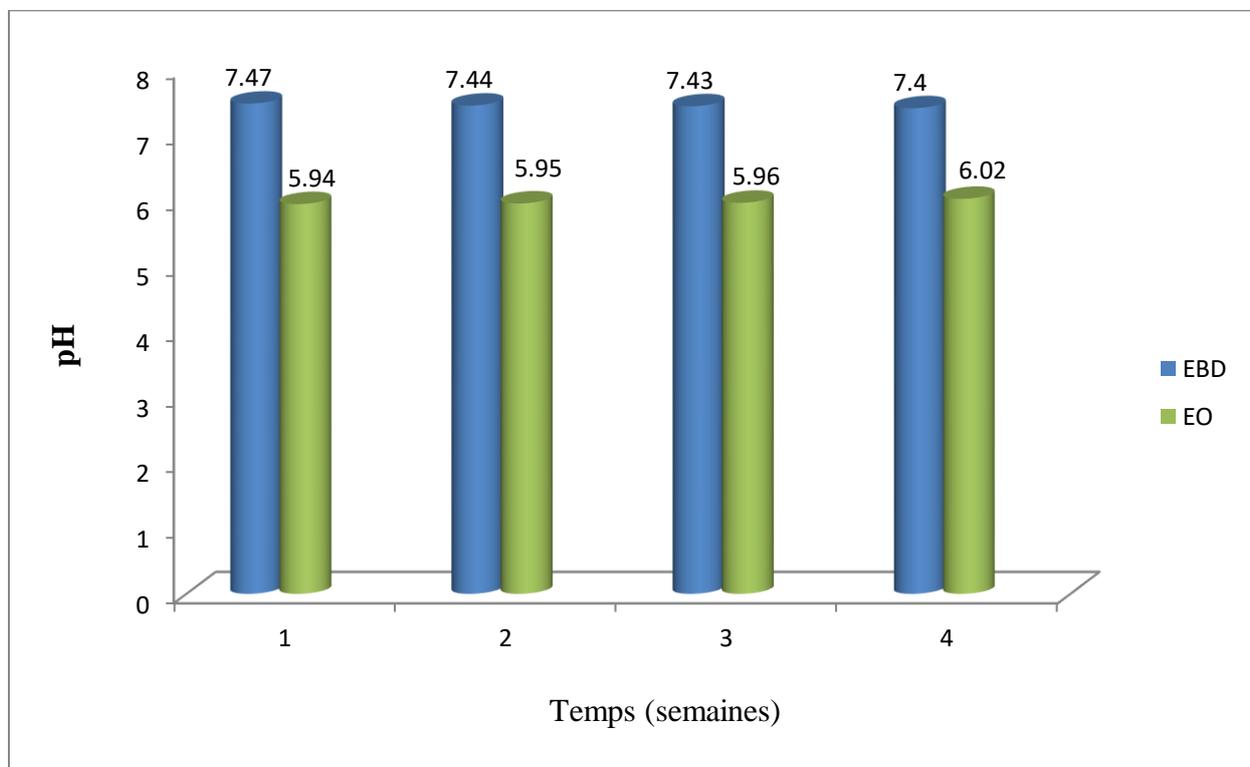


Figure IV.1 : L'évolution du pH de EBD, d'EO en fonction du temps.

Selon la figure IV.1, il est constaté que les valeurs du pH de l'eau de forage désinfectée EBD sont basique. Ces valeurs ne varient pas beaucoup au cours de la période de traitement, elles sont entre 7.47 et 7.40. Cependant, les valeurs du pH de l'EO sont au tour de 6.02 et 5.94, cela s'explique par la présence de l'hypochlorite de sodium NaOCl.

On constate que les valeurs du pH de l'eau traité par l'osmose inverse (EO) sont conformes à la norme entre 5.5 et 7.5) adoptée par l'entreprise.

IV.2 Conductivité

La figure IV.2 montre les valeurs moyennes journalières de la conductivité mesurées de l'eau de forage et l'eau traitée par l'osmose inverse (EO) durant les quatre semaines.

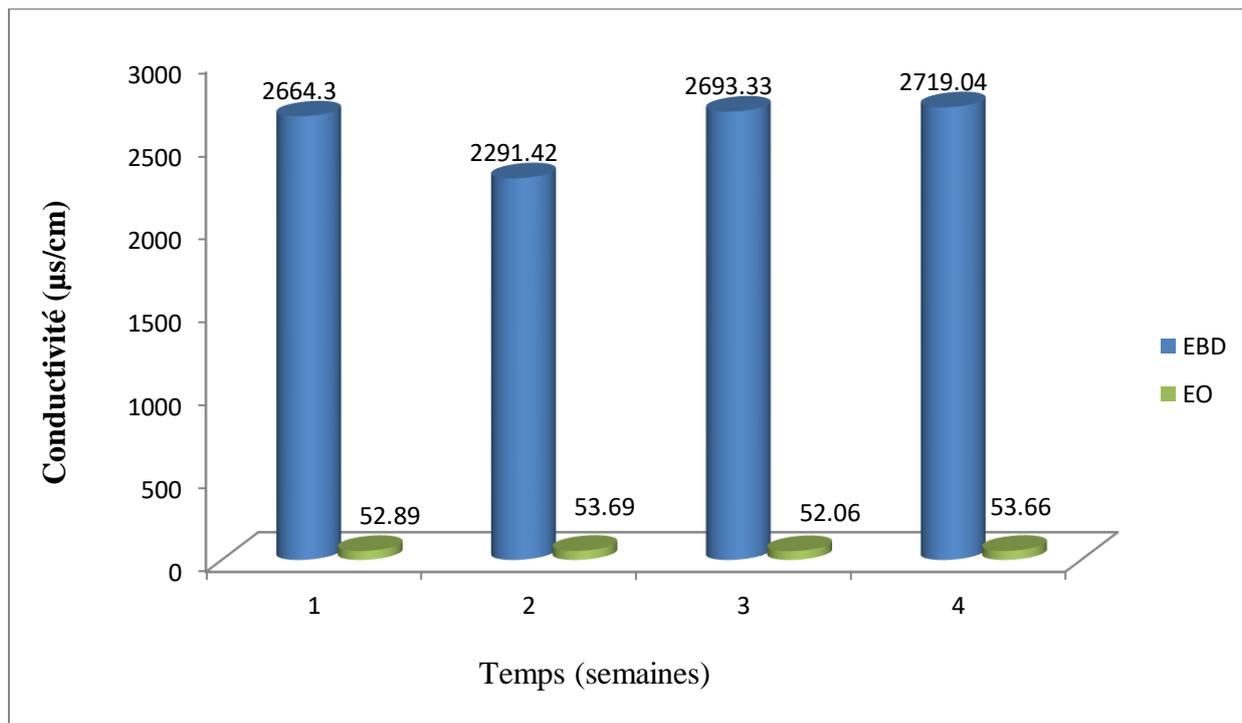


Figure IV.2 : Variation de la conductivité durant quatre semaines de EBD, d'EO.

Selon les résultats de la conductivité, il est constaté que l'eau de forage est très chargée en ions minéraux avec une valeur maximale de la conductivité de 2719,04 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et une valeur minimale de 2291,42 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Après traitement par l'osmose inverse, on constate une grande diminution de la conductivité avec des valeurs qui varient entre 53,69 et 52,06 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Cela est dû à l'élimination des ions présent dans l'eau d'alimentation par les membranes de l'osmoseur.

D'après les résultats obtenus, les valeurs de la conductivité pour l'EO répondent largement aux normes exigées par l'entreprise ($< 100 \mu\text{s}/\text{cm}$), les résultats montrent le rôle important que jouent les membranes de l'osmose inverse ainsi que leurs efficacités dans la séparation des particules de l'eau.

IV.3 Titre hydrotimétrique total TH (dureté totale) (Ca^{2+} , Mg^{2+})

La figure IV.3 illustre les résultats les valeurs moyennes du titre hydrométrique total TH mesurées avant et après traitement (osmose inverse) durant les quatre semaines de stage.

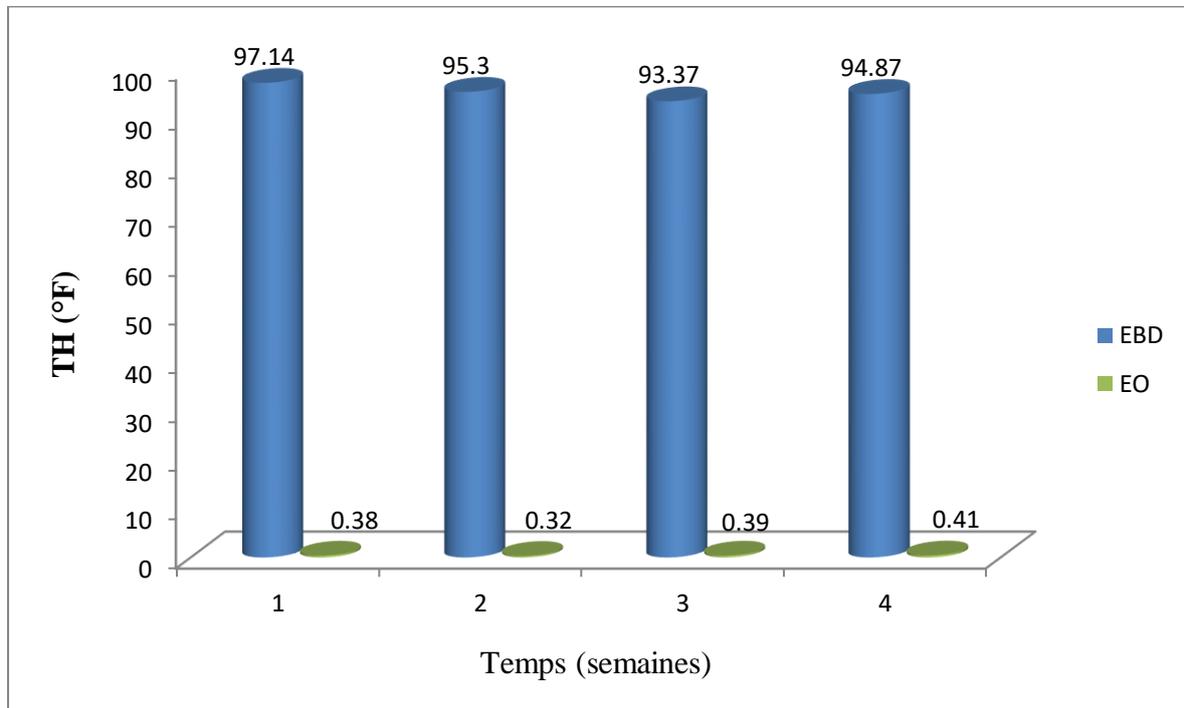


Figure IV.3 : Variation du TH de l'EBD et EO en fonction du temps.

L'évolution des valeurs de TH des eaux de forage EBD ne varient pas au cours de la période d'étude, avec des valeurs enregistré entre 97.14 °F et 93.37 °F. Les valeurs de l'EBD dépassent largement la norme (<100°F). L'eau dure provoque l'entartrage et la corrosion des différentes installations de l'entreprise d'où la nécessité du traitement cette eau.

Après traitement avec les membranes d'osmose inverse, la dureté des eaux traitées EO retrouve des valeurs conformes aux normes (1°F), elles varient entre 0.41°F et 0.32°F.

Cette diminution de TH indique une élimination des ions carbonates de calcium et Magnésium dans l'eau à la sortie des membranes d'osmoseurs.

IV.4 Titre hydrotimétrique calcique (TH Ca⁺⁺)

La figure IV.4 montre les valeurs moyennes journalières du titre hydrotimétrique calcique (TH Ca⁺⁺) mesurées de l'eau de forage et de l'eau traitée par l'osmose inverse durant les quatre semaines d'études.

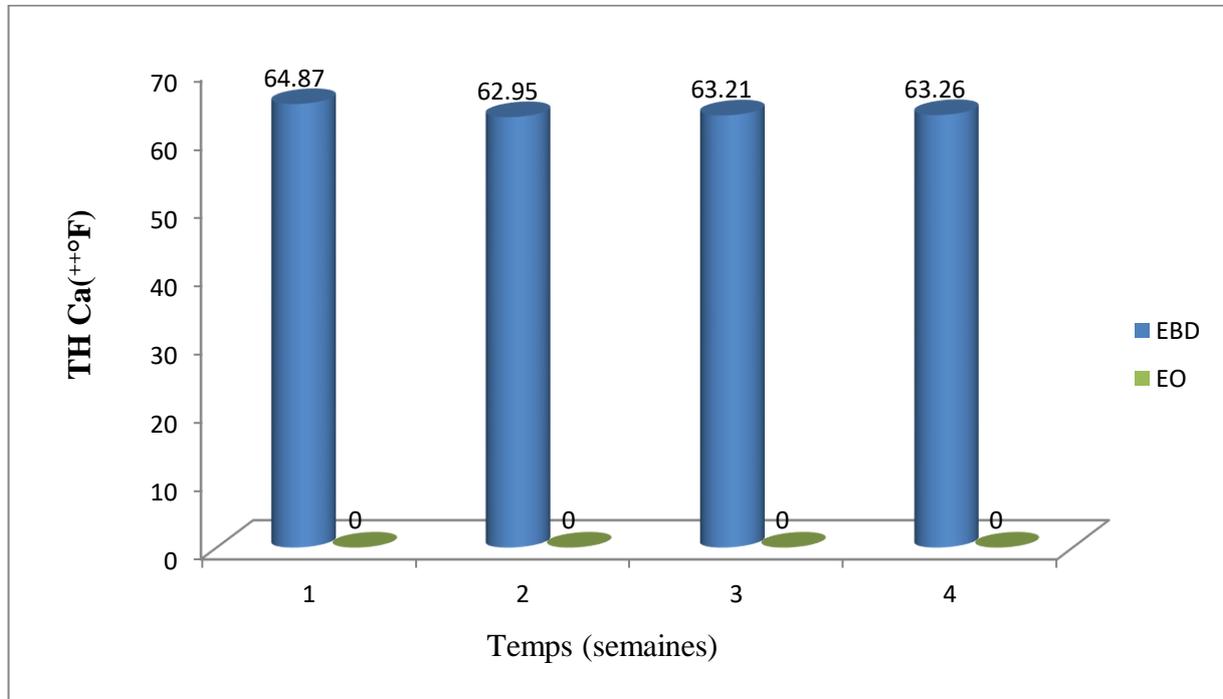


Figure IV.4 : Variation du TH Ca⁺⁺ EBD et EO en fonction du temps.

D'après cette, figure on constate que l'évolution des valeurs de TH calcique de l'EBD ne varie pas beaucoup au cours de la période d'étude avec des valeurs entre 64.87 et 62.26 °F.

Après traitement par l'osmose inverse, les valeurs de TH calcique sont nulles, cela s'explique par la rétention du calcium Ca⁺⁺ par les membranes d'osmose inverse. Confirment ainsi l'efficacité du traitement par l'osmose inverse.

La dureté calcique de l'EO au cours des quatre semaines est conforme à la norme exigée par l'entreprise qui est de 0°F.

IV.5 Titre alcalimétrique (TA)

Le titre alcalimétrique est nul pour les deux échantillons durant les quatre semaines d'études. Cela s'explique par l'absence de carbonates, de bicarbonates et d'alcalins libres. Les résultats obtenus sont conformes à la norme exigée par l'entreprise (0°F).

IV.6 Titre alcalimétrique complet (TAC)

La figure IV.5 montre les valeurs moyennes journalières du titre alcalimétrique complet (TAC) mesurées de l'eau de forage EBD et l'EO durant les quatre semaines d'études.

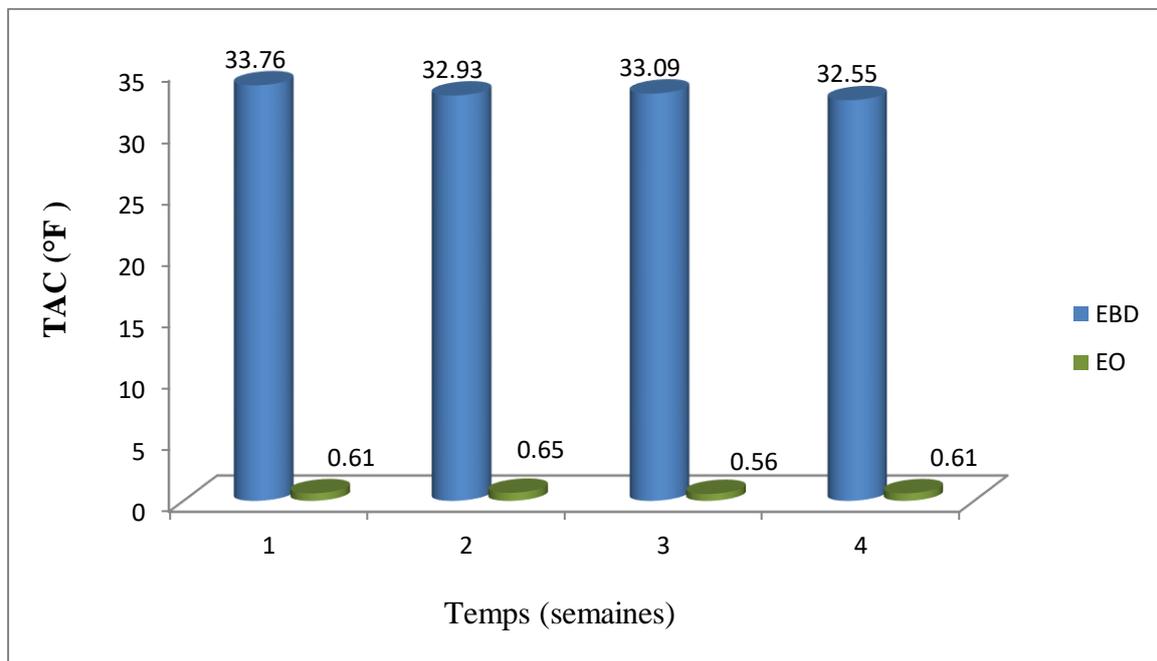


Figure IV.5 : Variation de TAC de EBD et EO en fonction du temps.

L'évolution des valeurs de TAC des eaux de forage au niveau de l'entrée ne varient pas au cours de la période d'étude, c'est entre 33,76 °F et 32,55 °F.

L'évolution des valeurs de TAC ne varie pas aussi pour l'eau osmosée (EO), mais on enregistre des valeurs de TAC très inférieures entre 0,65°F et 0,56°F à celles enregistrées à l'entrée. Cela s'explique par la rétention des ions hydrogénocarbonates par les membranes d'osmose inverse. En effet, ces valeurs sont conformes à la norme exigée par l'entreprise (<1,5°F) indiquant ainsi l'efficacité du traitement par l'osmose inverse.

IV.7 Chlorures Cl⁻

La figure IV.6 montre les valeurs moyennes journalières du chlorures (Cl⁻) de l'eau de forage (EBD) et l'eau traitée par osmose inverse (EO) durant les quatre semaines d'études.

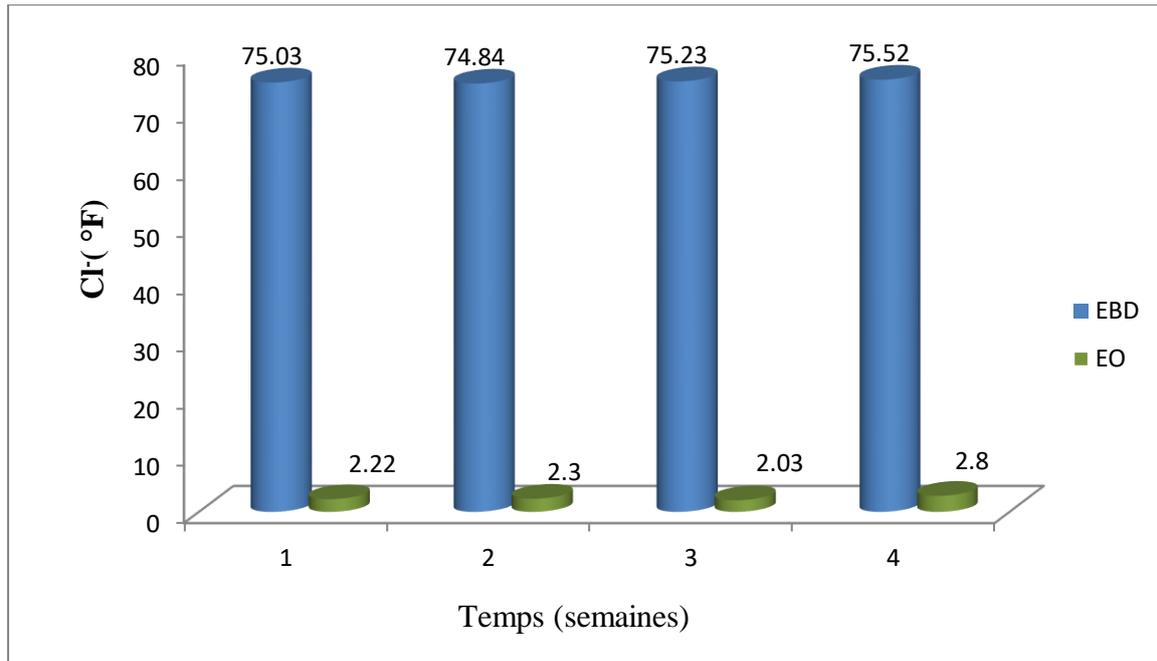


Figure IV.6 : Variation des teneurs en chlorures de EBD, EO en fonction du temps.

On remarque que les concentrations en chlorures varient entre 75.52 °F et 74.84 °F, ce qui met en évidence la présence d'une forte concentration en ions chlorures dans l'eau de forage.

À la sortie (EO) on remarque une grande diminution des valeurs de la concentration en chlorure par rapport à celle de l'entrée. En effet la majorité des ions chlorures sont retenus par les membranes indiquant ainsi l'efficacité du traitement.

Les valeurs des ions de chlorures de l'EO au cours des quatre semaines sont conformes à la norme exigée par l'entreprise (<3 °F).

IV.8 Teneur en silice SiO₂

La figure IV.9 présente les valeurs moyennes hebdomadaire de la teneur en silice (SiO₂) mesurées de l'eau de forage et EO durant les trois semaines d'études.

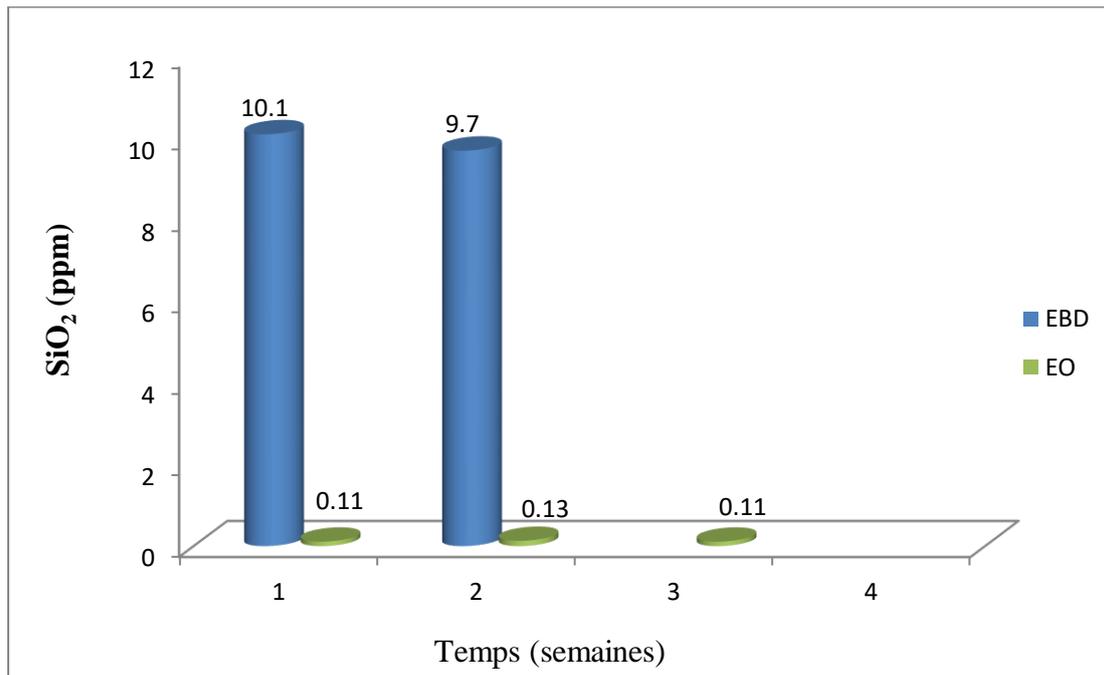


Figure IV.7 : Variation de la teneur en silice durant les trois semaines d'étude d'EBD et EO

D'après cette figure, nous remarquons une légère variation des concentrations en silice pour l'EBD durant les deux semaines de stage, elles varient entre 10.1 et 9.7 ppm. Tandis qu'au niveau de l'EO, les concentrations en silice sont largement inférieures à celles enregistrés à l'entrée avec des valeurs comprises entre 0.13 et 0.11 ppm. Cela s'explique par la rétention de la silice par les membranes d'osmose inverse. La concentration en silice au cours des trois semaines de l'EO est conforme à la norme exigée par l'entreprise (<2ppm).

IV.9 Teneur en Chlore libre Cl_2

La figure IV.7 indique les valeurs moyennes journalières de la teneur en chlore libre (Cl_2) mesurées de l'eau de forage, de l'EF, de l'EFD durant les quatre semaines d'études.

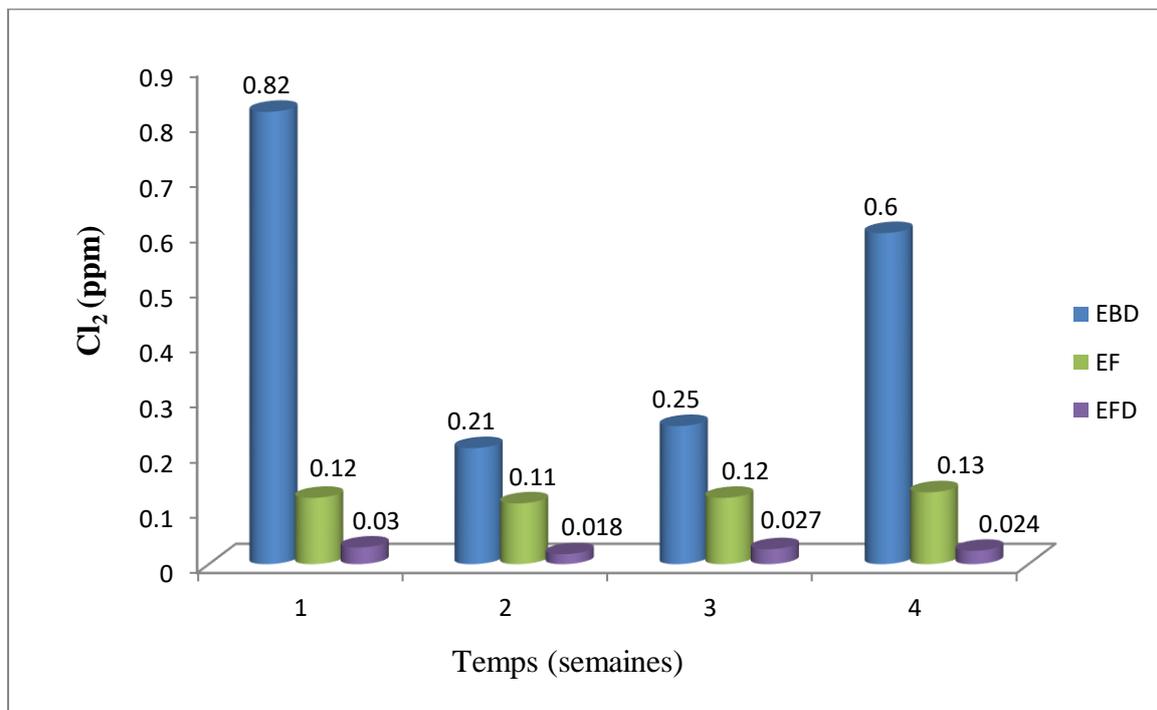


Figure IV.8 : Variation de la teneur en chlore libre dans les différentes eaux analysées (EBD, EF et EFD).

À l'entrée (EBD) nous observons que la concentration en chlore libre est variable dans l'eau brute désinfectée. Au cours des périodes d'étude (entre 0.82 et 0.21 ppm). Par ailleurs on remarque une importante réduction de la teneur en chlore dans l'eau filtrée (à la sortie du filtre à sable), ceci est dû à la consommation du chlore par la réaction de régénération de sable pyrolusite.

Après injection de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, une réduction des teneurs en chlore libre est remarquée cela s'explique par l'addition des métabisulfites de sodium qui a le rôle d'éliminer le chlore dans l'eau. Les valeurs du chlore libre après injection de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ sont supérieures à la norme (0.00ppm) cela due à l'insuffisance de déchloration ou la faible quantité de métabisulfite de sodium ajoutée. Il est important de signaler que les membranes d'osmose inverse sont très sensibles au chlore. L'accumulation de ce dernier sur la surface des membranes accélère le processus de dégradation et réduit ainsi la durée de vie de ces membranes.

IV.10 Teneur en Manganèse

La figure IV.8 montre les valeurs moyennes hebdomadaires de la teneur en manganèse (Mn) mesurées de l'eau de forage à l'entrée (EBD) et après filtration (EF) durant les quatre semaines d'étude.

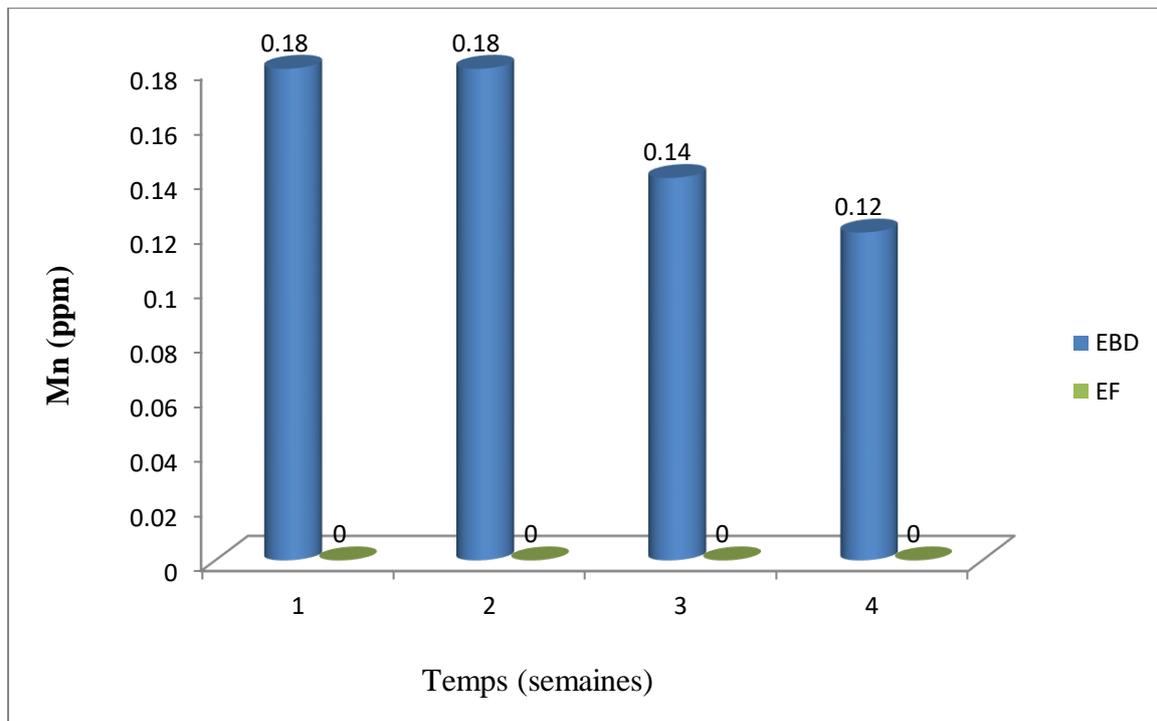


Figure IV.9 : Variation de la teneur en manganèse durant les quatre semaines d'étude d'EBD et EF

D'après cette figure, nous remarquons une variation des teneurs en manganèse dans l'eau de forage (EBD) en fonction du temps et elle est comprise entre 0,18 à 0,12 ppm.

L'absence du manganèse (0 ppm) à la sortie du filtre à sable s'explique par son élimination complète, après l'injection du l'hypochlorite de sodium (NaOCl) dans l'eau brute qui favorise la régénération du dioxyde de manganèse, ce dernier se précipite et se retient par le filtre. La teneur en manganèse au cours des quatre semaines de l'EF est conforme à normes exigées par l'entreprise et qui est de 0 ppm.

Conclusion

Conclusion

Dans le but d'étudier la performance des différents procédés de traitement des eaux de forage d'IBOURASSEN (Oued Ghir) de la Wilaya de Bejaia utilisées par le complexe agroalimentaire CEVITAL, on a effectué une série d'analyses physico-chimiques journalière et hebdomadaire sur différents échantillons, à savoir l'eau brute avant et après traitement (EBD,EF,EFD,EO).

D'après les résultats journaliers obtenus des différents paramètres physico-chimiques: pH, conductivité, TH, TH Ca⁺⁺, TA et TAC de l'eau à l'entrée et à la sortie, on peut témoigner de l'efficacité des différents procédés de traitement. En effet, à la fin du traitement, ces derniers sont conformes aux normes exigées par l'entreprise CEVITAL. Nous concluons que l'osmose inverse est très efficace dans la purification de l'eau et la diminution de sa dureté.

Les résultats de la concentration en chlorures des eaux traitées sont conformes à la norme exigée par l'entreprise (<3°F).

Nous avons relevé la présence à l'état de traces de chlore libre (Cl₂) alors que la norme impose son absence. Pour cela, CEVITAL produit de l'eau ultra pure dans le processus de cogénération qui exige une eau sans ions en chlore libre (Cl₂).

D'après les résultats hebdomadaires, les teneurs en silice et en manganèse au niveau des différents circuits de traitement indiquent une diminution graduelle en passant par les différentes étapes de production d'eau osmosée jusqu'à atteindre des valeurs quasi-nulles à la fin du processus. Cela montre l'efficacité de chaque étape de traitement dans la production d'une eau qui répond aux normes exigées par l'entreprise.

D'une manière générale, à l'issue de notre travail, nous pouvons conclure que l'unité osmose inverse de l'entreprise agroalimentaire CEVITAL, est performante et produit une eau de très bonne qualité qui répond aux normes exigées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] S. Cheret, Les grandes catégories d'usages de l'eau dans l'industrie, Article , techniques de l'ingénieur ,G1150 v2 , France (2017).
- [2] Rodriguez G, (2004), Etude de la congélation comme technique de traitement des eaux applications spécifiques, Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse. (2004).
- [3] K.Sardi, Contrôle de la qualité de l'eau de la station de L'EHU 1 er Novembre, Mémoire de Master, Faculté e chimie Département de chimie physique, Université de sciences et de technologie d'Oran, Mohamed Boudiaf,(2014). .
- [4] B. Régis, B. Selim, Technique de la gestion et de la distribution de l'eau, Livre édition du Moniteur, paris,(2011).
- [5] E.Brown , A.Colling, D.Park, J.Phillips, D.Rothery, et J.Wright, Sea water its composition properties and behavior , livre, The Open University, Second edition, (1997) .
- [6]M.Whitehouse, J.Priddle et Symon , Seasonal and annual change in seawater temperature salinity nutrient and chlorophyll a distributions around south Georgia , South Atlantic Deep-Sea Research ,(1996).
- [7] R. Benner, B.Biddanda, B.Blac, et M. Mccarthy, Abundance size distribution and stable carbon and nitrogen isotopic compositions of marine organic matter isolated by tangential flow ultrafiltration,Thèse Doctorat, Marine Chemistry57,(1997).
- [8] M.Trdat-Henry, chimie des eaux . 1ère édition griffon argyle INC,Canada ,(1984) .
- [9] Dégagement, Mémento technique de l'eau , tomes1 , livre , 10 ème Edition , paris ,(2005).
- [10] M.dore, Chimie des oxydants et traitement des eaux, édition technique et documentation, Lavoisier,(1995) .
- [11] J. Villers, M.Squilbin, C.Yourassowsky ,Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface , Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnemen,(2005) .
- [12] J.Rodier, Analyse de l'eau, eaux de mer, eaux résiduaire, 7ème édition, Paris, (1984).
- [13] A.dupont, Hydraulique urbaine, tome 1, Hydrologie-Captage et traitement des eaux, livre , 5 ème édition , Paris, (1981).
- [14] S.Chamebrek, M.bezzi, Conception et réalisation d'une installation d'étude du phénomène d'entartrage par la méthode de dégazage contrôlé LCGE , Influence de certains paramètres, thèse d'ingénieur, Université Bejaia, (2005).

- [15] R. Desjardins, Le traitement des eaux. Editions de l'Ecole Polytechnique de Montréal, (1997).
- [16] https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaireenvironnement/definition/nappe_souterraine.php4
- [17] H. Bair, F. Ghemari, Techniques et méthodes de traitement des eaux Primaires. Mémoire, Université Bejaia, (2018).
- [18] S. Ihaddaden, M. Hamza, analyses physico-chimiques des eaux de process et des boissons de Sarl IFRI, Mémoire de Master. Chimie. Université Abderrahmane Mira - Bejaia. (2016).
- [19] ONEMA, les agences de l'eau, cycle de l'eau, (2012).
- [20] <https://www.cieau.com/connaitre-leau/la-pollution-de-leau/pollution-ressource-eau-comment-reduire/>
- [21] N. Valentin, Gestion des eaux : Alimentation en eau assainissement, Presse .33 de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris (2000).
- [22] M. Bessedik, Traitement et épuration de l'eau, université de Tlemcen, (2015).
- [23] C. Bassompierre, Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles, Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, (2007).
- [24] Dégrément, R. Malmaison, Mémento technique de l'eau, tome 1, Paris, Dégrément Lyonnaise des eaux, (1989).
- [25] Dégrément, Mémento technique de l'eau, Lavoisier technique de l'eau tome 1, Paris, 2005.
- [26] C. Gregorio, M-B. Pierre, N-M. Crini, G. Torri. Traitement et épuration des eaux industrielles polluées, édition presses universitaires de Franche-Comté, (2007).
- [27] Chaufer et M. Rabiller-Baudry, Rétention of ions in nanofiltration at various ionic strength, (1996)
- [28] F. Edeline. L'épuration physico-chimique des eaux, édition TEC & DOC, Paris, (1992)
- [29] M. Satin, R. Bourrier, B. Selmi. Guide technique de l'assainissement. 4ème édition. Ed. Le moniteur référence technique, (2010).
- [30] R. Villagines. Eau, Environnement et santé publique. 2ème édition. Ed. TEC & DOC, Paris, (2000).
- [31] Dégrément. Mémento technique de l'eau, 8ème Édition, Paris, (1978).
- [32] L. Khezami, Production du charbon actif et son application en traitement des eaux, Production et caractérisation des charbons actifs à partir du bois et autres application en traitement des eaux, Livre, Édition universitaire européennes, (2018).

- [33] <https://elyotherm.fr/principe-fonctionnement-adoucisseur>
- [34] B.Ranson, K.Shea, P.Bennett, R. Bennett, ET R.Baerwald Comparison of pelagic and nepheloid layer marine snow implications for carbon cycling, *Marine Geology*, (1998) .
- [35] A. Maurel, *Traitement des eaux avant utilisation Filières de traitement*, Technique de l'ingénieur, (2007).
- [36] M. Metaiche. *Technologie Membranaire. Mémoire d'ingénieur*. Université de Bouira,, (2014).
- [37] S.Ouali , *Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux*, édition office des publications universitaires, Alger, 1^{ère} édition, (2001).
- [38] H.Elkhabaze , *Traitement des solutions modèles du lait par des membranes de Nanofiltration et d'osmose inverse*, Thèse de doctorat, Rabat Université Mohammed V – AGDAL , (2008).
- [49] M.Wilf, *Intensive course: RO, NF and membrane filtration technology for potable water applications*. EDS, University of L'Aquila, (2005).
- [40] A.Maurel, *Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce*, édition office des publications universitaires, Alger, 2^{ème} édition, (2006).
- [41] A.Houari, *Caractérisation de biofilms formés à la surface de membranes de nanofiltration dans un processus de production d'eau potable et stratégies de lutte antibiofilm*, Ecole Doctorale Science Et Ingénierie, Université de Cergy-Pontoise Rouen, France,(2009) .
- [42] J-M .Berland, et C.Juery, *Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau*. Edition Office international de l'eau, France page 71, (2002) .
- [43] <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-physique/thermodynamique-chimique/le-dessalement-de-l-eau-de-mer-et-des-eaux>
- [44] <https://www.actu-environnement.com>
- [45] T.Cakaew , *Procédés Hybrides à membranes pour le traitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse*. Thèse doctorat. Toulouse. Université de Toulouse , (2009).
- [46] C.Bouchard, P.Kouadio, D. Ellis, M.Rahni, R.E. Lebrun. *Les procédés à membranes et leurs applications en production d'eau potable*, Vecteur Environnement, (2000).
- [47] J-P. Brun, *Procédés de séparation par membranes transport techniques membranaires applications*, (1989).

- [48] P. Danis. Dessalement de l'eau de mer. Techniques de l'Ingénieur, J2700 v1, (2003).
- [49] <https://www.aquaportail.com/definition-6310-filtre-a-sable.html>.
- [50] OMS. Directives de qualité pour l'eau de boisson volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2^{ème} édition, (2000).
- [51] R.Bourrier ,B.Selmi. Technique de la gestion et de la distribution de l'eau, Edition Moniteur, Paris (2011).
- [52] M.Azzoug ,Cours Pollution Air, sol et eau ,3^{ème} Année Licence Génie des Procédés Traitement des eaux usées ,Université de Bejaia,(2017) .
- [53] J.Rodier . L'analyse de l'eau : eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. Edition Dunod, France , (1996).
- [54] J. Rodier J, B. Legube et N. Marlet. L'analyse de l'eau. Dunod, Paris, France. 9^{ème} édition ,(2009) .
- [55] M. Tardart ,La chimie de l'eau ,Edition Griffon d'argile, Québec, (1994).
- [56] Atlantic labo. Réactifs matériels consommables pour laboratoires, Guide de démarrage rapide NANOCOLOR ® UV/VIS II V 1.00 / 06.2015.
- [57] A. Zatouche, S. Bouakkaz, Etude et redimensionnement du tableau général basse tension de l'unité osmose Cevital , Mémoire d'ingénieur, Bejaïa, (2012).
- [58]K.Gaid,Y. Treal. Le dessalement des eaux par osmose inverse, l'expérience de Véolia water, Mémoire master. Université de Bejaia ,(2007).
- [59]P.Wolf, S.Siverns, et S.Monti. Ultrafiltration membranes for RO désaliénation prétraitement, Mémoire d'ingénieur, (2005).

Annexes

Annexe 1

❖ Définitions

• Produits biocide

Le mot biocide (éthymologiquement : bio + cide «qui tue la vie») désigne une large famille de substances chimiques qui regroupe les pesticides, les anti-parasitaires et les antibiotiques à usages médicaux, vétérinaires, domestiques ou industriels, les désinfectants de l'eau , de l'air, de sols, surfaces de travail, etc.

• Produits séquestrants

Les séquestrant, sont, au sens chimique, des ligands qui forment des complexes chimiques avec les ions métalliques, tels que le cuivre, le fer et le nickel, qui servent comme catalyseurs dans l'oxydation des matières grasses. Les séquestrants limitent donc la disponibilité de ces cations. Ils sont donc en quelque sorte des agents conservateurs et des antioxydants.

Les séquestrant communs sont :

Acide éthylène-diamine-tétraacétique ($C_{10}H_{16}N_2O_8$).

Acitade de sodium (CH_3COONa).

• Flocculant (TD-FLOC)

C'est un nom commercial du flocculant utilisé au niveau des filtre à sable. Un flocculant est un polymère (une longue molécule constitué par la répétions d'un motif de base), qui emprisonne les matières colloïdales agglomérées et forme ainsi des flocc volumineux qui déposent par sédimentation et peuvent être plus facilement arrêtés par les filtres.

• Métabisulfite de sodium ($Na_2S_2O_5$)

Le Métabisulfite de sodium ou pysosulfite de sodium, c'est un désinfectant, antioxydant et conservateur alimentaire jaunâtre. Il est couramment utilisé dans le brassage et vinification pour désinfecter les équipements. Il est utilisé comme agent de nettoyage pour les membranes d'osmose inverse utilisé dans le traitement d'eau potable et pour les systèmes de dessalement. Il est également utilisé pour éliminer les chloramine d'eau potable après traitement.

• TD WACH 1

C'est un nom commercial de la solution acide utilisée pour le lavage des membranes au niveau de CEVITAL.

- **TD WACH 2**

C'est nom commercial de la solution basique utilisée pour le lavage des membranes utilisés dans l'unité de production des eaux pures au niveau du complexe CEVITAL.

- **Coagulant**

Produit chimique ou organique destiné à favoriser la coagulation des matières colloïdales en suspension dans une eau. Les plus courants sont le sulfate d'aluminium $A_{12}(SO_4)_3,18H_2O$, et le chlorure ferrique $FeCl_3$. Peut toujours contenir des sels de calcium et de magnésium autres que les carbonates.

- **L'hypochlorite de sodium NaClO(Eau de Javel)**

Solution aqueuse d'hypochlorite de sodium (NaClO) utilisée, en particulier, pour la désinfection des eaux. C'est un oxydant puissant. La concentration d'une eau de Javel s'exprime en degrés chlorométriques ($^{\circ}Cl$) ou degrés Gay-Lussac : un degré chlorométrique correspond à 3,17 grammes de chlore libre par litre, les concentrations les plus courantes sont $48^{\circ}Cl$ (extrait de Javel) et $12^{\circ}Cl$.

- **Matières en suspension**

Particules solides très fines présentes dans l'eau, que la pratique divise en :

- ✓ matières décantables, qui se séparent naturellement, sans apport de réactif, quand l'eau est au repos,
- ✓ matières colloïdales trop fines pour décanter par gravité, mais éliminables par coagulation.

- **Membrane semi-perméable**

Membrane perméable à un liquide (solvant) et imperméable (ou peu perméable) aux substances dissoutes dans le liquide (soluté). Il existe des membranes semi-perméables naturelles (certains tissus animaux et végétaux) et des membranes synthétiques (polyamides, acétate de cellulose) utilisées en osmose inverse.

- **Degré français**

Unité de concentration des substances chimiques en solution aqueuse. Un degré français ($1^{\circ}f$) équivaut à 0,2 milliéquivalent par litre. Cette unité, employée essentiellement en traitement d'eau, est appliquée en particulier à l'expression :

- ✓ du titre hydrotimétrique (TH),
- ✓ du titre alcalimétrique simple (TA),
- ✓ du titre alcalimétrique complet (TAC).

✓ Chlorures

❖ **Préparation des solutions au laboratoire des eaux**

Métabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) à 1N : 158.11g dans 1L d'eau distillée

EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) à 0.02N : 3.7224g EDTA dans 1L d'eau distillée.

Nitrate d'argent (AgNO_3) 1 N : 169 g dans 1L d'eau distillée.

Nitrate d'argent (AgNO_3) à 0.02 N : 3.3974g dans 1L d'eau distillée.

Acide sulfurique (H_2SO_4) à 0.02 N : 0.5548 ml de H_2SO_4 à 96 %

Méthyle orange : 1 g dans 100 ml d'eau distillée.

Phénolphtaléine : 1 g dans 100 ml d'alcool.

Chromate de potassium (K_2CrO_4) : 10 g dans 100 ml d'eau distillée.

Tampon ammoniacale : 54 g NH_4Cl et 350 ml NH_4OH dans 1L d'eau distillée.

Annexe 2

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimique de l'eau de forage (après injection de NaOCl).

Paramètre Semaine	pH	Conductivité	TH total	TAC	Cl ⁻	SiO ₂	Cl ₂	Mn
Norme unité	6.5-9	<3000 μS/cm	<100 °F	<60 °F	<70 °F	<12 ppm	1.5-3 ppm	<1.2 ppm
S1	7.47	2664.30	97.14	33.76	75.03	10.10	0.82	0.18
S2	7.44	2291.42	95.3	32.93	74.88	9.70	0.21	0.18
S3	7.43	2693.33	93.37	33.09	75.23	00	0.25	0.14
S4	7.40	2719.04	94.87	32.55	75.52	00	0.60	0.17
Moyenne	7.44	2592.02	95.17	33.08	75.17	4.95	0.47	0.67

Tableau 2: Détermination de la concentration d'eau filtrée en chlore, fer et manganèse, avant et après injection de Na₂S₂O₃.

Eau filtrée	Avant injection de Na ₂ S ₂ O ₃			Après injection de Na ₂ S ₂ O ₃
Paramètre Semaine	Cl ₂	Fer	Mn	Cl ₂
Norme	<0.5 ppm	<0.1 Ppm	0.00 ppm	0.00 ppm
S1	0.12	00	00	0.03
S2	0.11	00	00	0.018
S3	0.12	00	00	0.027
S4	0.13	00	00	0.024
Moyenne	0.12	00	00	0.024

Tableau 3 : Les résultats d'analyses physicochimiques d'eau osmosée.

Paramètre Semaine	PH	Conductivité	TH total	TA	TAC	Cl ⁻	SiO ₂	Fer
Norme	5.5- 7.5	<100 μS/cm	<1 °F	0°F	<1.5 °F	<3 °F	<2ppm	<0.1ppm
S1	5.94	52.89	0.38	00	0.61	2.22	0.11	00
S2	5.95	53.69	0.32	00	0.65	2.30	0.13	00
S3	5.96	52.06	0.39	00	0.56	2.03	0.11	00
S4	6.02	53.66	0.41	00	0.62	2.23	00	00
Moyenne	5.97	53.08	0.38	00	0.61	2.19	0.09	00

Résumé

L'eau est indispensable dans notre vie quotidienne. L'utilisation de cette eau nécessite un traitement préalable que ce soit pour la consommation ou pour l'utilisation industrielle. Le traitement de l'eau dans cette dernière a pour but d'éliminer tout éléments capables d'endommager leurs dispositifs de production.

Notre travail a pour objectif de suivre les paramètres physico-chimiques des eaux de forage provenant des puits d'IBOURASSEN de la wilaya de Bejaia et traitées (désinfectées, filtrées, dichlorées et osmosées) du complexe agroalimentaire CEVITAL.

Les différents paramètres physico-chimiques (pH, TH, TH Ca⁺⁺, TA, TAC, ...etc.) étudiés ont montré que l'eau traitée (osmosée) répondent aux normes exigées par l'entreprise. Elle est d'une qualité très satisfaisante ceci revient au bon fonctionnement de l'unité d'osmose inverse et du système de prétraitement appliqué.

Mots clés : Eau de forage, osmose inverse, paramètres physico-chimiques, eau osmosée, traitement des eaux.

Abstract

Water is very essential in our life. The use of this water requires pre-treatment whether for consumption or for industrial use. The water treatment in the latter aims to eliminate any elements capable damage their production devices.

Our work aims to monitor the physico -chemical parameters of drilling from IBOURASSEN wells in the state of Bejaia and treated (disinfected, filtered, dichlorinated and osmosis) of the CEVITAL agri-food complex.

The different physico-chemical parameters (pH, TH, TH Ca⁺⁺, TA, TAC, ... etc.) Studied have shown that the treated (reverse osmosis) water meets the standards required by the company. It is of a very satisfactory quality this comes back to the proper functioning of the osmosis unit inverse and the preprocessing system applied.

Key words :

Drilling water, reverse osmosis, physico-chemical parameters, osmotic water, water treatment