

Réf :

Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du Diplôme de Master
en
Biodiversité et Sécurité Alimentaire

Thème

**Contrôle de la Qualité des eaux de
process Osмосe Inverse du
Complexe Cevital Agroalimentaire,
Bejaia.**

Présenté par :

M^{elle} Azzoune Feyrouz & M^{elle} Maza Samira

Soutenue le : 21-06-2018

Devant le jury composé de :

Mme. Kebbi M.	MAA	Présidente
Mme. Djouad S.	MAA	Encadreur
Mme Mancer K	Responsable de laboratoire à Cevital	Co encadreur
Mme. Maouche A.	MAB	Examineur

Année universitaire : 2017 / 2018

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions DIEU tout puissant, de nous avoir donné la force et la patience de pouvoir mener ce travail à terme.

Ce travail a été effectué au laboratoire de l'entreprise Cevital, agro-alimentaire de la wilaya de Béjaia, sous la direction de madame DJOUAD S, Maître assistante classe A à l'université de Béjaia et madame NACER K, responsable du laboratoire d'analyse à Cévital. Nous tenons à les remercier de nous avoir guidés durant ce travail pratique.

Nous remercions aussi à madame KEBBI-BELHADJ M, Maître assistante classe A à l'université de Béjaia qui nous a fait l'honneur de présider le jury de soutenance et madame MAOUCHE A, Maître assistante classe B à l'université de Béjaia d'avoir accepté d'examiner le manuscrit. Qu'elles sachent que nous sommes très honorés par leurs présences au jury de soutenance.

Nous tenons également à citer ici les personnes dont la collaboration a été essentielle pour plusieurs aspects de ce travail. En premier lieu, notre vive gratitude va à Mr BENHAMICHE N, maître de conférence à l'université de Béjaia, de nous avoir proposé ce thème, de nous avoir guidé et pour ses judicieux conseils, son aide, ses critiques constructives, ses commentaires éclairés dans la réalisation de ce mémoire.

Nous exprimons profondément nos remerciements et notre vive reconnaissance à :

- Tout le personnel du laboratoire d'analyses des eaux ainsi que Ami Mahmoud pour leurs accueils et leurs encadrements durant toute la période de stage. C'est également pour nous une occasion de faire part de toute notre gratitude à tout le personnel de l'unité osmose inverse du complexe Cevital pour sa disponibilité et son accueil chaleureux ;
- Tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation.

Nous tenons également à remercier très sincèrement tous nos ami (es), il nous est impossible de les citer tous ici. Mais merci à tous car leur amitié a été le meilleur des réconforts lorsque la fatigue et la lassitude rendaient toujours plus improbable notre soutenance.

Nous n'aurions pas pu mener ce travail jusqu'au bout sans le soutien de ceux qui nous sont proches et très chers. Nous adressons donc nos derniers (et forcément les meilleurs) remerciements à nos familles pour leurs irremplaçables et inconditionnels soutiens. A toutes et à tous, un grand merci ! Ce mémoire est un peu le leur, aussi.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de gratitude ;

A mes très chers parents que dieu me les gardent pour leurs sacrifices ; encouragements et leurs croyances en moi,

A mes très chers frères Billal, Nourdine et sa femme Miliza,

A mes très chers Sœurs Zoubida, Samiha sans oublier son mari Hakim,

A mes très chers neveux faiz, Sami,

A mon cher fiancé Imad qui m'a encouragé durant Tout mon parcours,

A mes chères copines Sonia, Souad, Nabila, Lynda, Nadia et Sabah

A tous mes camarades de la promo et tous mes Camarades du groupe et tous mes amis de loin ou de prêt.

A mon très cher binôme Samira.

Merci à tous.

A. Feyrouz.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

À mes très chers parents

Aucune dédicace ne peut exprimer mon respect, ma considération et l'amour éternel pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être.

À ma sœur et frères

NASSIMA, AZEDINE, MALEK et à ma belle-sœur Wardiya.

À tout la famille.

À mes enseignants

À tous mes amis en particulier ma binôme ferouza.

À tous ceux qui me sont chers.

M.SAMIRA

Remerciements
Dédicaces
Liste des figures
Liste des tableaux
Les abréviations
Le sommaire

Introduction -----01

Chapitre I: Synthèse Bibliographique sur l'eau et Procédés de Traitement par Osmose Inverse -----03

I.1. La molécule d'eau

I.2. Les différents types de l'eau

I.3. Composition de l'eau

I.3.1.Espèces inorganiques

I.3.2.Matières organiques

I.4. Conséquence de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques de l'eau de Cevital ----- 06

I.4.1.Entartrage ----- 06

I.4.2.Le primage----- 06

I.4.3.La corrosion ----- 07

I.5. Procédés de traitement de l'eau par osmose inverse----- 07

I.5.1.Généralités sur les procédés membranaires----- 07

I.5.1.1. La membrane----- 07

I.5.1.2. Les différents types de séparation membranaire ----- 08

I.5.1.3. Mise en œuvre des membranes ----- 10

I.5.2.Osmose inverse ----- 10

I.5.3.Procédé d'osmose inverse----- 10

I.5.4.Caractéristiques de l'unité d'osmose inverse.....16

I.6.Description générale de processus de traitement de l'osmose inverse au niveau de Cevital ----- 16

Chapitre II: Organisme d'accueil et méthodologies de travail-----19

II.1. Présentation du complexe Cevital ----- 19

II.1.1. Historique----- 19

II.1.2. Situation géographique----- 19

II.2. Source de l'eau utilisée pour la production de l'eau ultra pure----- 20

II.3. Méthodologie de travail----- 21

II.3.1. Suivi et contrôle de la qualité des eaux Cevital----- 21

II.3.1.1. Echantillonnage -----	21
II.3.1.2. Mesures des paramètres physico-chimiques -----	22
1.Des analyses journalières -----	22
2. Des analyses hebdomadaires -----	22
II.3.2. Les paramètres analysés -----	22
II.3.2.1. Les paramètres journaliers-----	22
1.La détermination du potentiel d'hydrogène (<i>pH</i>) -----	22
2.La détermination de la conductivité -----	22
3.La détermination du titre hydrotimétrique total (dureté total) -----	23
4.la détermination du titre alcalimétrique (<i>TA</i>)-----	23
5.La détermination du titre alcalimétrique complet (<i>T AC</i>) -----	23
6.La détermination de la teneur des chlorures-----	24
7.La détermination de la teneur en Chlore libre-----	24
8.La détermination de la teneur en Manganèse-----	24
9.La détermination de la teneur en Aluminium -----	24
II.3.2.2. Les paramètres hebdomadaires -----	25
1.La Détermination de la teneur en Fer-----	25
2.La Détermination de la teneur en Silice -----	25
Chapitre III : Résultats et discussion -----	27
III. Evolution des paramètres physico-chimiques des eaux au niveau de l'entreprise	
Cevital.....	27
III.1.Les analysés journaliers -----	31
III.1.1. Le potentiel d'hydrogène (<i>pH</i>) -----	31
III.1.2. Conductivité-----	32
III.1.3. Le titre alcalimétrique complet (<i>T AC</i>) -----	33
III.1.4. Titres alcalimétriques <i>TA</i> -----	34
III.1.5. Le titre hydrométrique <i>TH</i> -----	34
III.1.6. La teneur en chlore -----	35
III.1.7.La teneur en chlorure -----	36
III.1.8 .La teneur en Manganèse. -----	36
III.1.9.La teneur en Aluminium-----	37
III.2.Les analyses hebdomadaires -----	38
III.2.1. La teneur en fer -----	38
III.2.2. La teneur en silice -----	39
Conclusion -----	41
Perspective	
Bibliographie	
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

°C	: Degré Celsius
CIP	: Lavage sur place (cleaning in place)
EDTA	: Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique
°F	: Degré Français
MES	: Matière En Suspension
N.E.T	: Noir Eriochrome Toluène
OI	: Osmose Inverse
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
PH	: Potentiel hydrogène
Ppm	: Partie par millions
K	: Kelvin
TA	: Titre Alcalimétrique
TAC	: Titre Alcalimétrique Complet
TH	: Titre Hydrotimétrique ($TCa + TMg$)
TC	: Taux de conversion
Q_p	: Débit de perméat
Q_0	: Débit de la solution
R	: Taux de rejet
C_P	: Concentration d'une espèce dans le perméat
C_0	: Concentration d'une espèce dans la solution

Liste des figures

Figure N°1 : Structure interne d'une membrane à spirale -----	7
FigureN°2 : Principe de l'ultrafiltration -----	9
FigureN°3 : Mise en œuvre des membranes(a)Écoulement tangentiel (b) Ecoulement frontale.....	10
Figure N°4 : Principe d'osmose et osmose inverse -----	11
FigureN°5 : Processus de traitement de l'eau par osmose inverse-----	12
Figure N°6 : Face externe des filtres à cartouches utilisées au niveau de Cevital-----	14
Figures N°7 : La face externe d'un module d'osmose inverse utilisée au niveau de Cevital	15
Figure N°8 : Plan de masse du complexe de Cevital -----	20
Figure N°9 : Variation du pH des eaux à l'entrée et la sortie de l'unité Osmose inverse-----	31
Figure N°10 : Variation des valeurs de la conductivité des eaux à l'entrée et la sortie de l'unité OI-----	33
Figure N°11 : Variation des valeurs de TAC des eaux à l'entrée et la sortie de l'unité OI---	33
Figure N°12 : Variation des valeurs de TH des eaux à l'entrée et la sortie de l'unité OI ----	34
Figure N°13 : Variation des teneurs en Chlore des eaux à l'entrée et la sortie de l'unité Osmose inverse	35
Figure N°14 : Variation de la teneur en Chlorure des eaux à l'entrée et la sortie de l'unité Osmose inverse -----	36
Figure N°15 : Variation de la teneur en manganèse des eaux à l'entrée et la sortie de l'unité Osmose inverse -----	37
FigureN°16 : Variation de la teneur en Aluminium à l'entrée et la sortie de l'unité Osmose inverse-----	38
Figure N°17 : Variation des teneurs de Fer au niveau des différents circuits de traitement -	38
Figure N°17 : Variation des teneurs de la silice (SiO_2) au niveau des différents circuits de traitement -----	40

Liste des Tableaux

Tableau I. Principaux éléments majeurs de l'eau	4
Tableau II : Récapitulatif des résultats d'analyses physico-chimiques journalières et hebdomadaires des eaux utilisées par Cevital à l'entrée (forage) et à la sortie (osmose inverse durant la période d'étude.....	28
Tableau. III : Comparaison des paramètres physico- chimiques hebdomadaires au niveau des circuits de l'eau.....	29
Tableau IV : valeurs de <i>pH</i> à l'entrée et sortie de l'unité osmose inverse.....	Annexe2
Tableau V: valeurs de la conductivité à l'entrée et la sortie l'unité osmose inverse	Annexe2
Tableau VI: Les valeurs de TAC à l'entrée et la sortie de l'unité osmose inverse.....	Annexe2
Tableau VII : Les valeurs de <i>TA</i> à l'entrée et la sortie de l'unité osmose inverse	Annexe 2
Tableau VIII : Les valeurs de <i>TH</i> à l'entrée et la sortie l'unité osmose inverse... ..	Annexe2
Tableau IX : Les valeurs de la teneur en chlore à l'entrée et la sortie de l'unité osmose inverse	Annexe 2
Tableau X: les valeurs des chlorures à l'entrée et la sortie de l'unité OI.....	Annexe2
Tableau XI : Les valeurs des à l'entrée et Le Manganèse a la sortie de l'unité OI.....	Annexe2
Tableau XII : Les valeurs Aluminium des à l'entrée et al a sortie de l'unité OI.....	Annexe2
Tableau XIII : Les valeurs du Fer aux cinq points de prélèvement.....	Annexe2
Tableau XIV : Les valeurs de la silice aux cinq points de prélèvement ;;;;;;;;.....;Annexe2	

Introduction

L'évolution que connaît l'environnement urbain et industriel pose, dans de nombreux pays, le problème de l'eau et sa contamination se pose avec acuité. En effet, l'eau est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques et même des microorganismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé. D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé, cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies dues à la contamination de l'eau de boisson et/ou des aliments Par (Amokrane, 2015). Est certain que nos besoins en eau ne cesseront de croître alors que les réserves en eau de bonne qualité diminuent

Lors des précipitations, l'eau ruisselle ou s'infiltré et se charge en composants des sols et des roches mères. Ainsi, elle peut acquérir des sels minéraux en grande quantité (Ca, Mg, Mn, Fe, SiO_4 ...) et, d'autres éléments, liés à l'activité de l'homme Ainsi pour (Berlandet Juery, 2002). Qu'elle soit utilisée par l'homme et les différents usagers, l'eau doit être traité afin d'éliminer les éléments susceptibles de modifier ses caractéristiques physico-chimiques, organoleptiques et/ou d'agents pathogènes responsables de maladies dites hydriques (Noureddenne ,2008).

Les moyens utilisés à cet effet sont nombreux et les procédés membranaires font partie de nouvelles technologies qui peuvent jouer un rôle environnemental important. Ces procédés permettent la production d'eau destinée, soit à la consommation humaine (dessalement de l'eau), soit aux industries (réutilisation de l'eau).

L'osmose inverse est un de ces procédés, ainsi son utilisation au niveau des industries a été démontré dans plusieurs études (mémoire réalisé par Issaadi et KHebat Abdeslam ;2015). Dans ce contexte et en vue de compléter nos connaissances en environnement et sécurité alimentaire, nous avons effectuées un stage au niveau de complexe CEVITAL de Bejaia, particulièrement dans l'unité osmose inverse. En effet, dans cette unité, l'eau est utilisée en grande quantité mais elle est très chargée en sels minéraux en particulier le fer et qui posent un problème car ils gênent les différents processus de production (margarinerie, huile, sucre...).

Malgré un premier procédé d'élimination par l'utilisation de bassins de décantation avec injection d'hypochlorite de sodium, Pour éliminer l'excès en ces éléments, Cette eau, une fois arrivée au niveau de l'unité de production doit subir un second traitement par osmose inverse afin d'éliminer les éléments restants.

L'objectif de ce présent travail est de vérifier l'efficacité de ce type de traitement et contrôler la qualité des eaux de Cevital depuis la source (forage) jusqu'à la production d'une eau ultrapure (osmose inverse) en passant par la chaîne de traitement (forage, osmose, ADE, chaudière et ultrapure). Ainsi plusieurs analyses des paramètres physico-chimiques (potentiel hydrogène, la conductivité, Titre alcalimétrique, Titre alcalimétrique complet, Titre hydrotimétrique, le chlore, les chlorures, manganèse et l'aluminium) ont été effectuées aux différents points de la chaîne de traitement. La comparaison des teneurs en ces éléments, à l'entrée et à la sortie, permet de juger l'efficacité du procédé de traitement utilisé par l'entreprise Cevital.

Ce présent travail est scindé en trois principaux chapitres :

- ❖ Le premier chapitre est réservé une synthèse bibliographique sur l'eau et les procédés de traitement par osmose inverse;
- ❖ Le second chapitre est consacré à la description de l'organisme d'accueil et la méthodologie de travail;
- ❖ Le troisième chapitre est consacré à présenter les résultats obtenus au cours des diverses expérimentations et discussions.

Nous terminons par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I :
**[Synthèse bibliographique sur
l'eau et procédés de traitement
par osmose inverse]**

I.1. La molécule d'eau

Dans la molécule d'eau chaque atome d'hydrogène est lié à l'atome d'oxygène par une liaison dite (covalente) c'est-à-dire, qu'une paire d'électrons est mise en commune, ce qui confère une très grande stabilité à la molécule (Beaudry et Tardat ,1984).

I.2. Les différents types de l'eau

On trouve quatre sources principales d'eaux brutes: les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de mer, les caractéristiques de chacune de ses sources reflètent l'interaction de l'eau et de milieu environnant (Desjardins, 1997 ; KHarfallh et Mohded, 2007).

1) Eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous comme les sels de magnésium et de calcium, elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, Les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques (Desjardins, 1997).

2) Eau de surface

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 (Desjardins, 1997; Hachemaoui, 2014).

3) Eaux souterraines

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 (Desjardins, 1997).

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

- ✓ Concentration élevée de fer et de manganèses.

4) Eaux de mers

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. Elles sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle salinité. La plupart des eaux de mer a une salinité qui varie dans un intervalle de 33000 à 37000 mg/l (Desjardins, 1997 ; Hachemaoui, 2014).

I.3. Composition de l'eau

La composition chimique de l'eau varie énormément d'une région à l'autre et pour une même région d'une saison à l'autre. Ces variations chimiques dépendent de plusieurs paramètres comme la solubilité des sels constituant l'écorce terrestre (Bicarbonates Calcium, Carbonates Sulfates, Bicarbonates Magnésium, Chlores) ainsi la composition physique des roches (Régis et Selim, 2011).

I.3.1. Espèces inorganiques

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 contact.

Les principaux éléments majeurs rencontrés dans l'eau sont réunis dans le Tableau I (Régis et *al.* 2011).

Tableau I. Principaux éléments majeurs de l'eau :

Types de minéraux	Anions	Cations
Sels minéraux	Carbonates	Sodium
	Bicarbonates	Calcium
	Silicates	Magnésium
	Sulfates	fer
	Chlorures	potassium
	Nitrates	

2) . Les éléments traces métallique(ETM)

Sont définis comme les éléments métalliques présents avec une concentration, une partie par millions (10-3mg .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(*Mn*), Plombe(*Pb*), Mercure(*Mn*) (Brown et *al.*, 1997).

3). Les éléments nutritifs

Ces éléments sont composés principalement par le Nitrate (NO_3) et l'Ammoniac (NH_4), le Phosphate (PO_4^{-3}) et le Silicium tel que la silice (SiO_2) (Brown et *al.* 1997).

I.3.2. Matières organiques

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 des molécules différentes dans l'eau comme les produits de déchets végétaux, produits de synthèse organique soluble, et matières azotée (Whitehouse et *al.*, 1996).

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 organique fine, et des particules inorganiques particulièrement des minéraux d'argile et des composées hydratés insolubles tels que $Fe(OH)_3$. 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 (sables, boues, pétrole, huiles, ...) (Benner et *al.*, 1997).

I.4. Conséquence de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Les principales conséquences de cette évolution sont :

- L'entartrage
- Le primage
- La corrosion

I.4.1. Entartrage

L'entartrage est un dépôt de sels minéraux qui a tendance à se former sur les surfaces d'échanges, à cause des ions présents dans les eaux salines (calcium, magnésium, bicarbonates et sulfates). Ces dépôts sont constitués principalement par du carbonate de calcium (CaCO_3) ; de l'hydroxyde de magnésium (Mg(OH)_2) et de sulfate de calcium (CaSO_4) ...etc (Song et Elimelech, 1995 ; Gadoum et Hamichi, 2002).

I.4.2. Le primage

Selon Gadoum et Hamichi (2002), le primage est l'entraînement d'eau et de matières minérales par la vapeur. Il affecte uniquement les chaudières. Ce phénomène est d'autant plus dangereux quand :

- ✓ L'eau de chaudière à une salinité plus élevée .
- ✓ Le poids de gouttelettes contenues dans la vapeur est élevé.

Il est fonction notamment des caractéristiques de la chaudière et des conditions de son exploitation.

Les facteurs favorisant le primage sont :

- ❖ Une hauteur d'eau
- ❖ Une pression de marche élevée
- ❖ La composition de l'eau de chaudière ; le primage augmente du fait de la présence des éléments suivants :
 - Sels dissous
 - Soude libre
 - Particules solides en suspension

I.4.3. La corrosion

La corrosion est la dégradation d'une substance, en particulier un métal ou un alliage, provoquée par l'action chimique d'un liquide ou d'un gaz sur la substance. Le terme corrosion s'applique plus particulièrement à l'action graduelle d'agents naturels, tels que l'air ou l'eau salée sur les métaux) (Song et Elimelech, 1995 ; Thorsen, 1999).

Les principales conséquences de la corrosion sont : Rupture des conduites, augmentation de la rugosité, fuites d'eau.

I.5. Procédés de traitement de l'eau par osmose inverse

I.5.1. Généralités sur les procédés membranaires

I.5.1.1. La membrane

D'après la (Figure N°1) une membrane est 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 (Ranson et *al.*, 1998).

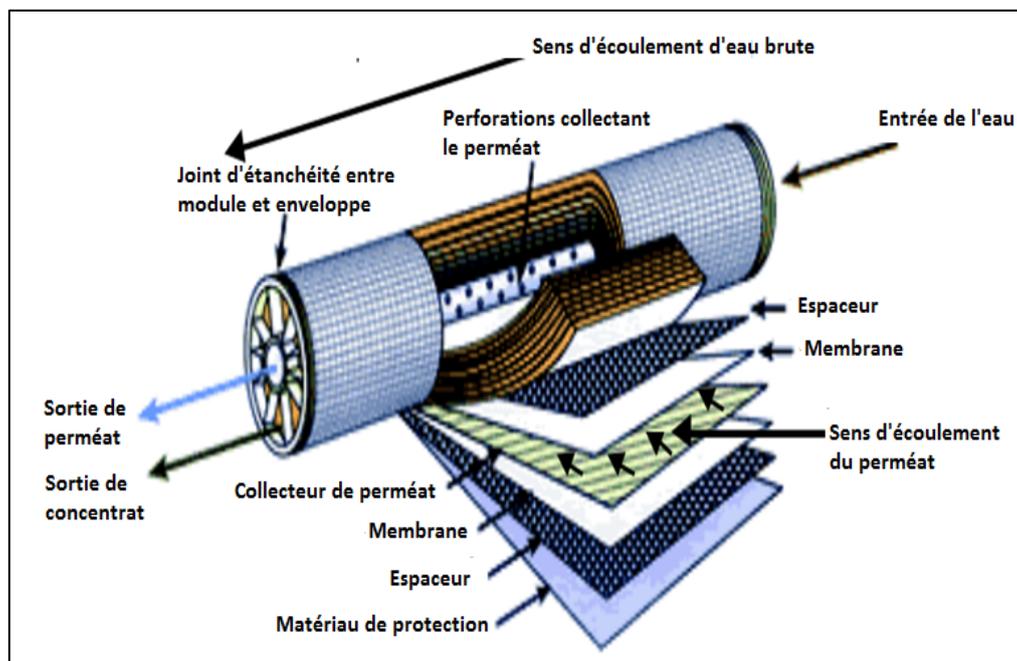


Figure N°.1 : Structure interne d'une membrane à spirale (Degremont, 2005 ; Berland et Juery, 2002).

I.5.1.2. Les différents types de séparation membranaire

- ❖ Microfiltration
- ❖ Ultrafiltration
- ❖ Nano filtration
- ❖ 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 (Ouali, 2001 ; Metaiche, 2014).

1). La microfiltration

C'est la plus ancienne et la plus répandue des techniques membranaires. Elle a été mise au point en Allemagne au début du vingtième siècle et s'est développée vers 1945 à la faveur des besoins urgents en analyses bactériologiques des eaux (Ouali, 2001 ; Metaiche, 2014).

D'après El khabbaze (2008), 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.

2). L'ultrafiltration

L'ultrafiltration est une filtration qui utilise des membranes microporeuses dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 100 nm (figure N°2). De telles membranes laissent passer les petites molécules (eau, sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes). Pour cette raison, cette technique est utilisée pour l'élimination de macro solutés présents dans les effluents ou dans l'eau à usage domestique, industriel (électronique) ou médical. Elle concerne donc les colloïdes, les macromolécules synthétiques et naturelles, les virus ...etc (Brun, 1989 ; Chauffer et *al.*, 1996).

Selon Maurel (2006) et Metaiche (2014), on distingue deux types d'ultrafiltration selon le mode de circulation du solvant. Il s'agit de :

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

Cette dernière est la plus performante car le colmatage des membranes se trouve ainsi réduit.

L'ultrafiltration permet d'atteindre trois objectifs : la concentration de solutions macromoléculaires ; les macros solutés et le fractionnement, par élimination des petits solutés (Metaiche, 2014).

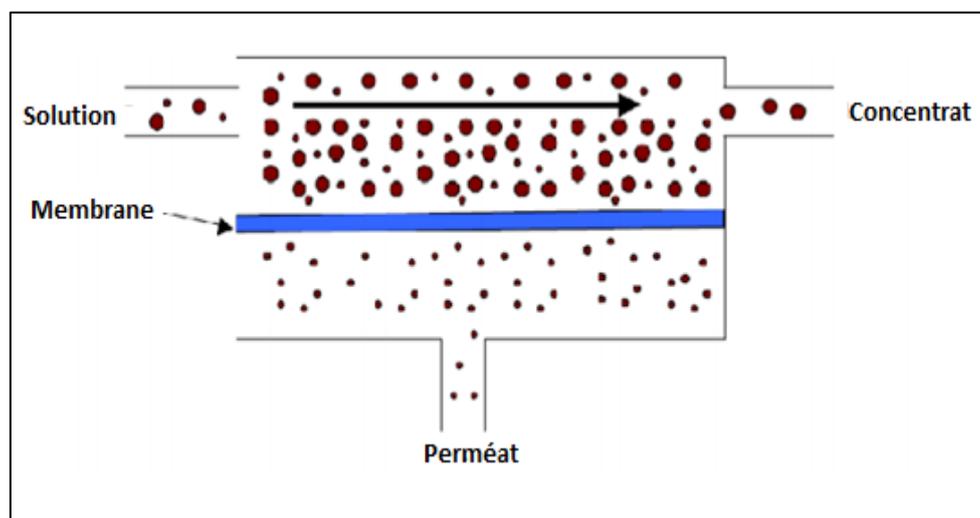


Figure N°2 : Principe de l'ultrafiltration (Brun, 1989).

3).Nano filtration

Cette technique se situe entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. Elle permet la séparation des composants ayant une taille en solution voisine de celle du nanomètre (soit 10 Å) d'où son nom. Les sels ionisés monovalents et les composés organiques non ionisés de masse molaire inférieure à environ 200 - 250 g/mol ne sont pas retenus par ce type de membrane alors que les sels ionisés multivalents (calcium, magnésium, aluminium, sulfates...) et les composés organiques non ionisés de masse molaire supérieure à environ 250 g/mol sont fortement retenus) (Berland et Juery, 2002).

I.5.1.3. Mise en œuvre des membranes

Selon Focke (1983) et Berland et Juery (2002), il existe deux types de mise en œuvre des membranes (Figure N°3) qui sont :

- **Écoulement frontal :** Ce mode de filtration consiste à amener la solution à filtrer perpendiculairement à la membrane. Les molécules retenues se concentrent au niveau de la surface membranaire ce qui provoque une diminution du flux.
- **Écoulement tangentiel :** Dans ce cas, la solution à filtration circule parallèlement à la membrane. Le fonctionnement du système de filtration s'effectue en continu et l'accumulation des espèces retenues à la surface de la membrane est moins importante qu'en filtration.

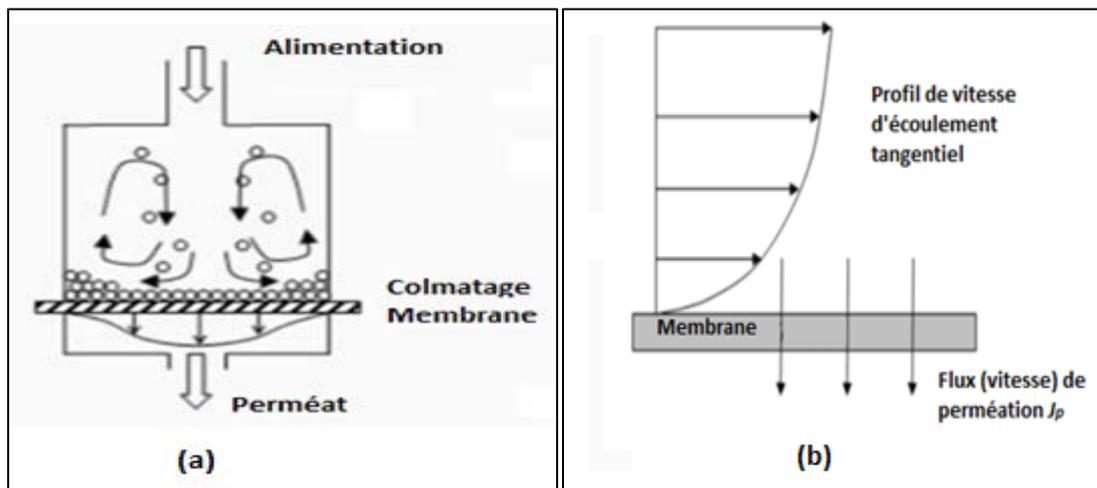


Figure N°3: Mise en œuvre des membranes
(b) Écoulement tangentiel (a) Écoulement frontale (Luo et Wang, 2001).

I.5.2. Osmose inverse

➤ Principe de l'osmose inverse

D'après la figure N°3 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 concentration différentes. Le solvant (généralement eau) s'écoule à travers la membrane du compartiment de la solution la moins concentrée vers le compartiment

la plus concentrée c'est l'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 de flux osmotique, c'est le phénomène d'osmose inverse (Cakaew, 2009).

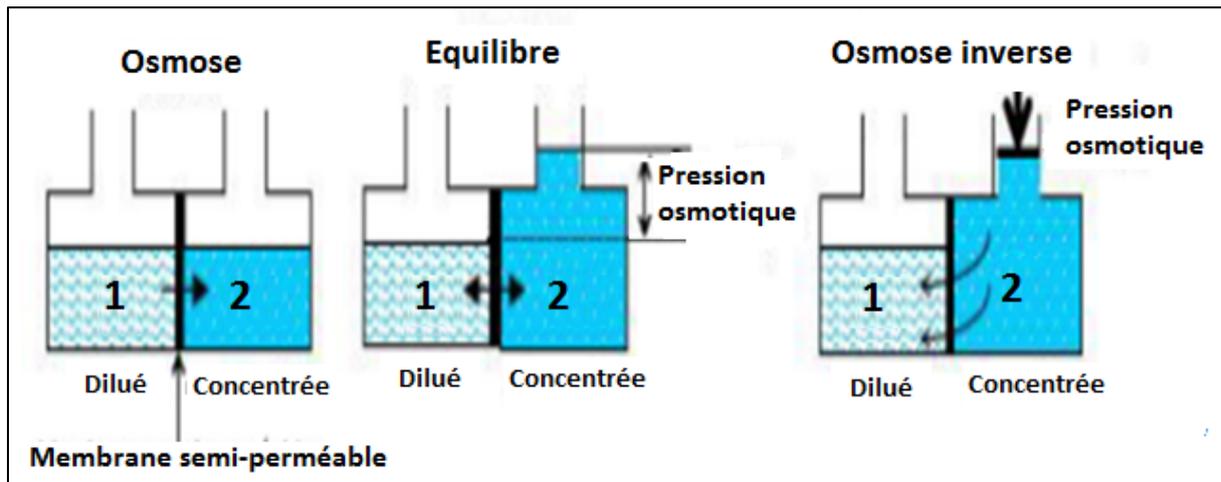


Figure N°4 : Principe d'osmose et osmose inverse (Cakaew, 2009 et Zatouche et Bouakkaz, 2012).

- **Pression osmotique :** La pression osmotique peut être calculée par loi de Van Hoff 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 (Mulder, 1991 ; Cakaew, 2009).

I.5.3. Procédé d'osmose inverse

Le procédé de traitement des eaux par osmose inverse (figure N°5) se divise en divers sous-systèmes décrits ci-dessous :

1). Système d'alimentation en eau brute

L'eau brute utilisée au niveau de l'osmose inverse est l'eau de forage. L'eau est pompée puis acheminée vers un bassin de pré-décantation de 120 m de long et 30 m de large. A

ce niveau, de l'hypochlorite de sodium est dosé favorisant l'oxydation des ions ferreux et la formation de l'hydroxyde de fer capable de se précipiter (Thoreau, 2009).

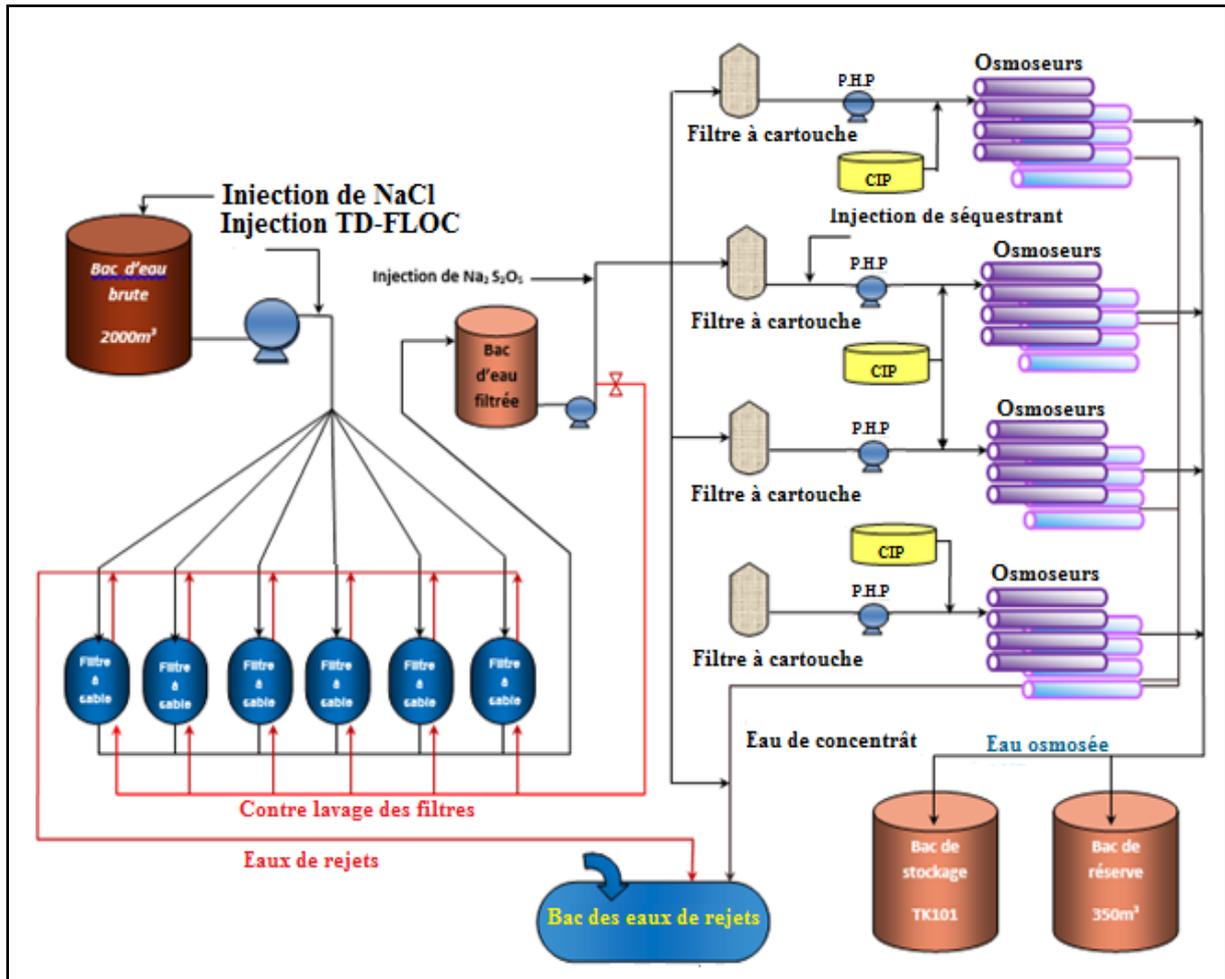


Figure N°5 : Processus de traitement de l'eau par osmose inverse (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

2). Système de prétraitement composé de :

➤ Groupe de stérilisation et régénération du dioxyde de manganèse

A l'entrée des filtres à sable, de l'hypochlorite de sodium 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 de manganèse soluble après oxydation superficielle du MnO_2 en MnO_4^- suivant la réaction (Zatouche et Bouakkaz, 2012).





Pour éliminer le fer, le produit TD-FLOC est dosé. On utilise aussi le MnO_2 par l'oxydation des ions ferreux pour former de l'hydroxyde de fer (Gaid et Treal, 2007).

➤ **Pré-filtration avec des filtres 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 (Gaid et Treal, 2007).

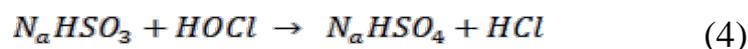
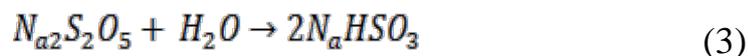
Ces filtres sont constitués par réservoir, Le plus souvent cylindrique, contenant un lit de sable calibré (granulométries comprise entre 0,4 et 1mm), sur laquelle l'eau à clarifier circule de haut en bas. Les impuretés sont pour la plupart retenues à la surface de lit de sable et, pour le reste, dans les couches hautes du lit filtrant. Les vitesses de filtration sont en général comprises entre 30 et 40 $m^3 \cdot h^{-1}$ par m^2 , pour des hauteurs des couches comprises entre 50 et 100cm. 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 (Wolf et *al.*, 2005).

➤ **Réservoir d'eau filtrée**

L'eau filtrée est stockée dans un réservoir intermédiaire, ce qui rend indépendant la section osmose (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

➤ **Groupe de déchloration :**

Sur la ligne d'alimentation d'osmose, et avant les filtres à cartouche, du métabisulfite de sodium est dosé 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 :



L'avantage du métabisulfite par rapport aux autres techniques (filtres à charbon actif ...) est qu'il est aussi un réducteur d'oxygène, ce qui ralentit considérablement le

développement des germes sur l'osmoseur (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

➤ **Groupe de dosage de produits séquestrant**

Avant les filtres à cartouche, une quantité préétablie de produit séquestrant est dosée dans l'eau d'alimentation pour permettre la dispersion des carbonates de calcium, des sulfates de calcium ...etc. Il retarde ainsi leur précipitation, et de cette manière, les membranes s'entassent moins rapidement et le nombre de CIP (lavage sur place) diminue (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

➤ **Groupe de dosage de 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 (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

➤ **Filtres à cartouche**

D'après cette (figure N°6) constitués 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 (Gaid et Treal, 2007). Ils sont prévus pour éliminer toutes les particules ayant un diamètre supérieur à 5 μ (Zatouche et Bouakkaz, 2012).



Figure N°6 : Face externe des filtres à cartouches utilisées au niveau de Cevital (Zatouche et Bouakkaz , 2012).

➤ **Contre lavage**

Pour éviter tout encrassement des filtres, leur lavage est indispensable et il s'effectue en deux phases :

- A. Première phase :** L'air passe à travers ces filtres pour détacher du matériau filtrant les impuretés retenues.
- B. Deuxième 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 (Gaid et Treal, 2007).

➤ **Système d'osmose inverse**

C'est la section principale de tout le système, il est composé de 100m²/h chacune. L'eau provenant des filtres de sécurité est envoyée aux modules RO1, RO2, RO3 et RO4 par des pompes hautes pressions (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

Dans ces modules (figure N°7), l'eau est séparée en eau déminéralisée et concentré (eau de décharge). L'eau produite est stockée et acheminée vers les chaudières par deux pompes centrifuges) (Kim et al., 1983 ; Zatouche et Bouakkaz, 2012).



Figures N°7 : La face externe d'un module d'osmose inverse utilisée au niveau de Cevital (Zatouche, Bouakkaz, 2012).

➤ **Lavage sur place**

Lorsque la pression d'exercice sur les membranes diminue de 10% pour les mêmes conditions d'exercice, il est nécessaire de laver les membranes avec un produit acide ou basique (Michaels, 1968).

I.5.4. Caractéristiques de l'unité d'osmose inverse

1). Taux de conversion (TC)

Le taux de conversion (TC) est, par définition, la fraction du débit de liquide qui traverse la membrane et se calcule selon la formule suivante (Zatouche et Bouakkaz, 2012 ; Amokrane, 2015) :

$$TC = \frac{Q_P}{Q_o}$$

Q_o : Débit de l'espèce à retenir dans la solution ;

Q_P : Débit de même espèce dans le perméat.

2). Sélectivité

La sélectivité d'une membrane est définie par le taux de rejet R (ou taux de rétention) de l'espèce que la membrane est censée retenir elle est calculée à partir de la formule suivante (Zatouche et Bouakkaz, 2012 ; Amokrane, 2015) :

$$R = \frac{C_o - C_P}{C_o} = 1 - \frac{C_P}{C_o}$$

Où C_o est la concentration de l'espèce à retenir dans la solution .

C_p est la concentration de la même espèce dans le perméat.

3) Taux de production

C'est la capacité d'un osmoseur à produire une quantité d'eau donnée en temps donné, il est exprimé en l/h, m³/h ou m³/jour (Zatouche et Bouakkaz, 2012 ; Amokrane, 2015).

I.6. Description générale de processus de traitement de l'osmose inverse au niveau de Cevital

La procédure de traitement par osmose inverse suit le procédé du prétraitement on entame. L'unité d'osmose inverse produit 200 m³/h d'eau déminéralisée. Cette dernière est

constituée d'une ligne de 100 m³/h de produit ayant en commun la partie prétraitement et filtration. Le réservoir intermédiaire pour l'eau filtrée permet de faire fonctionner la ligne d'osmose. (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

L'eau provenant du réservoir d'eau filtrée est détectée par le transmetteur de flux et de pression ce qui enclenche la pompe d'alimentation puis les pompe doseuses par l'injection du mètarsulfite, qui a pour rôle d'éliminer le chlore injecté auparavant, chaque groupe de dosage est équipé d'un transmetteur de niveau, qui indique le niveau des produits chimiques contenus dans les réservoirs. Ces derniers sont remplis manuellement dès que le niveau atteint 20% de leurs capacités. Dans le cas contraire, ils continueront à diminuer jusqu'à atteindre 10%. L'arrêt de filtration est enclenché afin de protéger les pompes doseuses (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

L'eau poursuit son cheminement vers la ligne d'osmose. Le système d'osmose inverse est la section principale dans tout le système de traitement proposé. L'eau est pressurisée et envoyée aux modules d'osmose par les pompes à hautes pression après l'ouverture des vannes. (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

L'enclenchement de ces deux pompes s'effectue 2 minutes après le démarrage des pompes doseuses. Dans les modules (vessels+membrane), l'eau est séparée en eau déminéralisée (eau osmose) et en concentrée (eau décharge), cette dernière sera acheminée vers les rejets (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

L'eau osmose est acheminée vers le réservoir d'eau osmose qui lorsque le réservoir atteint 80% de sa capacité, la filtration s'arrête en fermant les vannes d'entrées, et arrêtant les pompes doseuses et pompes d'alimentation si celles-ci sont enclenchées (Issaadi, et Khebat, 2015).

➤ La cogénération

C'est une production combinée de chaleur/force qui recouvre un ensemble de techniques de production et délivrant de façon simultanée de l'énergie thermique et de l'énergie mécanique, cette dernière étant le plus souvent utilisée pour produire de l'électricité par couplage à un alternateur. L'énergie primaire utilisée peut être le fuel, le gaz, le charbon, le bois ou les déchets ménagers (Damien, 2007 ; Issaadi et Khebat, 2015).

La cogénération est un dispositif d'économie d'énergie : on récupère l'énergie thermique gaspillée lors de la production d'électricité. Ce concept technique classique répond aux préoccupations actuelles de préservation de l'environnement, non seulement en réduisant la consommation d'énergie, mais aussi en limitant les rejets nocifs. Les industries les plus concernées sont celles dont les procédés utilisent l'eau chaude, la vapeur ou l'air chaud (Damien, 2007 ; Issaadi et Khebat, 2015).

➤ **La Chaudière**

La chaufferie est composée de quatre chaudières de marque LOOS d'une capacité de 40 tonnes/heure chacune à une pression de service de 14 bars. Chaque chaudière est équipée de deux brûleurs utilisant comme combustible le gaz naturel. Les chaudières sont du type « à tube de fumée », les gaz circulent à l'intérieur des tubes entourés par l'eau de la chaudière (Issaadi, et Khebat, 2015).

Chapitre II :

[Organisme d'accueil et Méthodologie de travail]

II-1 Présentation du complexe Cevital

II-1-1 Historique

CEVITAL est une société par action, parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée de notre pays en économie de marché. Elle a été créée sur des fonds privés en 1998. Cevital contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale. Elle vise à satisfaire le marché national et exporter le surplus, en offrant une large gamme de Produits de qualité. En effet les besoins du marché national sont de 1200T/J d'huile, L'équivalent de 12 litre par personne et par an. Les capacités actuelles de Cevital sont de 1800T/J, avec un excédent commercial de 600T/J. Les nouvelles données économiques nationales dans le marché de l'agroalimentaire ont montré que les meilleures unités sont celles qui maîtrisent de façon optimale les couts et les charges ainsi que celles qui offrent le meilleur rapport qualité/prix (Bounceur et Mammasse, 2002).

II-1-2 Situation géographique

CEVITAL est implanté au niveau du nouveau quai du port de Bejaia à 3 Km au sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN 26. Elle est limitée au Nord et au Nord-Est par la mer méditerranée, à l'Ouest par le port de Bejaia, au Sud-Est par l'entreprise Sonagraphe et enfin au Sud-Ouest par l'entreprise Naftal (Figure N°8). Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité, étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité. En effet, elle se trouve proche du port et de l'aéroport. En plus, elle est équipée d'un laboratoire, qui sert à effectuer les différents analyses et mesures de contrôle du fonctionnement de l'installation, pour assurer le suivi de la qualité de l'eau brute, l'eau de l'unité de l'osmose, les eaux de la chaufferie et de la cogénération, (Bounceur et Mammasse, 2002).



Figure N°8 : Situation géographique du complexe de Cevital extrait du plan de masse de l'entreprise (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

II.2. Source de l'eau utilisée pour la production de l'eau ultra pure

Au niveau du CEVITAL, l'eau brute utilisée est une eau obtenue à partir de deux sources La première source est une eau de forage issue d'un puits artésien situé à Iboulassen environ 12km du complexe à Oued Ghir (Bejaïa) composé de trois puits ouverts dont l'eau est

épuisée d'une nappe phréatique. Chaque puits possède une pompe à environ 40m de profondeur, ceci envois environ (9000-10000) m³ /jour (Zatouche et Bouakkaz, 2012).

II.3. Méthodologie de travail

L'analyse des caractéristiques physico-chimique présente un rôle très important dans le contrôle de qualité des eaux, d'où la nécessité qu'elle soit réalisée à la fois au cours et après le traitement.

La méthodologie d'étude choisie est fondée sur une approche destinée à répondre aux différents objectifs de ce présent travail ; un suivi journalier et hebdomadaire de certains paramètres physicochimiques des eaux utilisées dans les différentes productions de l'entreprise Cevital depuis la source (forage) jusqu'à la production d'une eau ultra pure (osmose inverse).

II.3.1.Suivi et contrôle de la qualité des eaux Cevital

Il a été réalisée au cours de la période s'étalant du 18 février jusqu'au 18-mars de l'année 2018 sur des échantillons d'eau provenant du forage (entrée) et du procédé d'osmose inverse (sortie), à raison d'un échantillon par site tous les jours

II.3.1.1. Echantillonnage

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 résultera sur les données. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.),

Les prélèvements d'eau ont été faits au niveau des sites d'étude (forage et osmose inverse), en récoltant l'eau de vanne de sortie puis laisser couler l'eau brute quelques minutes et mis directement dans des bouteilles en verres préalablement lavées, séchées et étiquetées (nom du site et date du prélèvement). Un volume de 500ml à un litre à été récolté pour chaque site et les échantillons récupérés sont immédiatement acheminés au laboratoire de l'entreprise Cevital pour différentes analyses physico-chimiques. Au total, 30 campagnes d'échantillonnages ont été réalisées durant la période d'étude.

II.3.1.2. Mesures des paramètres physico-chimiques

Deux types d'analyses physicochimiques ont été effectués sur les échantillons d'eau récoltés, à savoir :

1. Des analyses journalières : elles concernent : le potentiel d'hydrogène pH ; Conductivité, le titre alcalimétrique complet TA , le Titres alcalimétriqueTA, le titre hydrométriqueTH, la teneur en chlore, la teneur en chlorures Pour ces analyses, les prélèvement d'eau ont été effectués à l'entrée et à la sortie de l'unité de l'osmose inverse chaque jour pendant 30 jours.

2. Des analyses hebdomadaires : elles concernent : le Fer (Fe) et la Silice (SiO_3) et les prélèvements ont été effectués au seuil des circuits de l'eau (forage, osmose, ADE, chaudière et ultrapure) une fois par semaine et exactement chaque dimanche

II.3.2. Les paramètres analysés

II.3.2.1. Les paramètres journaliers

1) La détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

Définition : Le potentiel d'hydrogène est une mesure de l'acidité, de l'alcalinité ou de la neutralité d'une solution aqueuse, exprimée par le logarithme (base 10) de l'inverse de la concentration de la solution en ions hydrogène (H^+) exprimée en mol /l. Le pH varie entre 0 et 14. 7 étant le pH correspondant à la neutralité. Une eau est d'autant plus acide que son pH (inférieur à 7) est plus près de 0 et d'autant plus alcaline que son pH (supérieur à 7) est plus près de 14 (Hunter et al., 1980).

Principe : C'est la mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeantes dans une même solution. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ (Hunter et al., 1980 ; Rodier, 2009).

2) La détermination de la conductivité

Définition: La conductivité (exprimée en micro siemens par centimètre) est liée à la présence d'ions en solution. Elle augmente avec la température et la concentration des sels dissous (Rodier, 2009).

. **Principe :** La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métallique de 1cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (Rodier, 2009).

3. La détermination du titre hydrotimétrique total (dureté total)

Définition : Le titre Hydrotimétrique total (dureté totale) ou le TH total est une mesure globale de la concentration en sels dissous de calcium et de magnésium dans l'eau (Alpha, 2005).

Principe : Le TH total est déterminé par dosage complexométrique en présence de sel disodique (EDTA) et du Noir Eriochrome comme indicateur coloré. Le sel disodique de l'EDTA (complexon) 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, qui vire lorsque les dernières traces d'ions magnésium sont complexées (Alpha, 2005 ; Rodier, 2009).

4. la détermination du titre alcalimétrique (TA)

Définition : C'est une mesure de la teneur d'une eau en alcalis (hydroxydes) et de la moitié de sa teneur en carbonates alcalins et alcalino-terreux, déterminée par addition de la quantité d'acide sulfurique nécessaire au virage de la phénophtaléine du rouge à l'incolore à $pH 8,3$. Le *TA* s'exprime en degrés français (Rodier, 2009).

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 (Rodier, 2009).

5. La détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

Définition : C'est une teneur d'une eau en alcalis (hydroxydes), en carbonates et en bicarbonates (ou hydrogénocarbonates) alcalins et alcalino-terreux, déterminée par addition de la quantité d'acide sulfurique nécessaire au virage du méthylorange (ou hélianthine) du jaune à l'orangé à $pH 4,3$. Le *TAC* s'exprime en degrés français (Rodier, 2009).

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 (Rodier, 2009).

6. La détermination de la teneur des chlorures

Principe : Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former des chlorures d'argent insoluble qui est précipité quantitativement (Rodier ., 2009).

Addition de petit excès d'ions d'argent et formation de chromate d'argent brun rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage (Rodier ,2009).

7. Détermination de la teneur en 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 (Rodier., 2009).

La teneur en chlore libre a été déterminée par le test NANOCOLOR® Chlore Test 1-16(Annexe 1)

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 (Rodier., 2009).

8. Détermination de la teneur en Manganèse

Définition : Métal de transition ; gris argent avec une teinte rosée. Le minerai le plus abondant est la pyrolusite (MnO_2), utilisé dans les processus industriels des filtres à sables.

La teneur en manganèse a été déterminée par le test NANOCOLOR® Manganèse 10 Test 0-58 Art. N° 985 058(Annexe 1).

Principe : Les ions manganèse réagissent en milieu alcalin avec la formaldoxime pour donner un complexe orange-rouge (Rodier, 2009).

9. Détermination de la teneur en Aluminium:

Définition : L'aluminium est l'un des métaux les plus utilisés, et aussi l'un des composés les plus abondants dans l'écorce terrestre. La forme soluble dans l'eau de

l'aluminium, c'est-à-dire les ions, est la plus nocive. En général, on trouve ces ions aluminiums en combinaison avec d'autres ions, par exemple sous forme de chlorure d'aluminium. L'aluminium est quasiment insoluble dans l'eau à des *pH* supérieurs à 6. En revanche, sa solubilité croît rapidement en milieu acide (Rodier, 2009).

La teneur en aluminium a été déterminée par le test *NANOCOLOR® Aluminium 07 Test 0-98* Art. N°985 098(Annexe 1).

Principe : L'ériochromocyanine R développe avec l'aluminium en solution faiblement acide une coloration rouge-violette.les échantillons fortement et tamponné doivent être ajustés à *ph*6 (Rodier., 2009).

II-3-2-2-Les paramètres hebdomadaires

Au niveau du laboratoire des eaux, les méthodes d'analyses *NANOCOLORUV/VIS* sont appliquées pour déterminer la concentration des minéraux ci-dessous :

1. Détermination de la teneur en Fer

Définition : En abondance, le fer est le quatrième élément dans l'écorce terrestre et le premier parmi les métaux lourds. On le trouve surtout sous forme de Fe^{+2} ou de Fe^{+3} (Rodier, 2009).

La teneur en fer a été déterminée en utilisant le test *NANOCOLOR® Fer 3 Test 0-37* Art. N° 985 037de Cevital (Annexe 1).

Principe : Le fer Fe^{+2} réagit avec un dérivé de la triazine pour donner un complexe violet. La capsule *NANOFIX*sert pour la réduction de Fe^{+3} en Fe^{+2} et pour l'ajustage du *pH* (Rodier, 2009).

2. Détermination de la teneur en 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*) (Rodier., 2009).

La teneur en silice a été déterminée en utilisant le test NANOCOLOR® Silice Test 1-48Art. N° 918 48 de Cevital (Annexe 1).

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 (Rodier, 2009).

Chapitre III :

[Résultats et discussion

III. Evolution des paramètres physico-chimiques des eaux au niveau de l'entreprise Cevital.

Afin d'établir l'évolution de chacun des paramètres mesurés au cours de la période d'étude deux tableaux de données ont été construits. (Tableau. II et Tableau. III). Ces tableaux, nous ont permis de faire les commentaires suivants pour chacun de nos paramètres étudiés. Ceci aiderait à connaître la qualité des eaux au sein de chaque niveau de traitement des éléments mesurés au cours de la période d'étude depuis la source (forage) jusqu'à la production d'une eau ultra pure (osmose inverse) d'une part et de vérifier la performance de l'unité osmose inverse d'autre part. Nous avons d'abord mesuré les paramètres journaliers : pH, conductivité, TA, TAC, TH, Chlore, chlorures, manganèse, et l'aluminium au niveau de la source (l'entrée) et à l'unité osmose inverse (la sortie) puis des mesures hebdomadaires sur la silice et le fer ont été effectués au seuil des différents circuits de traitement de l'eau (forage, osmose, ADE, chaudières et ultrapure).

Tableau II : Récapitulatif des résultats d’analyses physico-chimiques journalières et hebdomadaires des eaux utilisées par Cevital à l’entrée (forage) et à la sortie (osmose inverse durant la période d’étude.

		Analyses journalières (moyennes hebdomadaires)										Analyses hebdomadaires	
Paramètres		pH	Cond (µs/cm)	TH total (°F)	TH Ca ⁺² (°F)	TA (°F)	TAC (°F)	Cl ⁻ (°F)	Cl ₂ (ppm)	Mn (ppm)	Al (pmm)	SiO ₂ (ppm)	Fer (ppm)
L'entrée (le forage)	Norme	6,5<pH< 9	<300	<100	0	0	60	< 70	1,5<Cl₂<3	<1,2	0,00	<12	<3
	N1	7,37	2523,3	87,3	54,3	0,0	29,1	63,3	0,02	0,00	0,04	6,8	0,85
	N2	7,27	2480,0	86,7	54,7	0,0	27,5	63,5	0,02	0,00	0,07	-	0,75
	N3	7,34	2493,3	86,7	54,1	0,0	27,3	63,0	0,01	0,00	-	-	-
	N4	7,22	2536,7	87,0	54,9	0,0	26,4	63,5	0,02	0,1	0,03	7,0	0,3
	N5	7,24	2520,0	87,2	55,4	0,0	27,2	63,4	0,01	0,00	0,03	4,2	0,47
	Moyennes	7,28	2510,7	87,0	54,7	0,0	27,5	63,4	0,02	0,1	0,04	6,0	0,59
La sortie (osmose inverse)	Normes	5,5-7,5	<100µS/	<1	0,00	0<	<1,5	<3	0,00	0,00	0,00	<2	<0,1
	N1	6,09	71,73	0,43	0,00	0,00	0,60	2,57	0,02	0,00	0,00	0,076	0,01
	N2	6,25	73,85	0,56	0,00	0,00	0,61	2,95	0,01	0,00	0,00	-	0,006
	N3	6,15	82,69	0,49	0,00	0,00	0,80	3,26	0,02	0,00	0,00	-	0,026
	N4	6,13	76,84	0,45	0,00	0,00	0,73	3,02	0,02	0,00	0,00	0,15	0,00
	N5	6,19	79,96	0,50	0,00	0,00	0,80	3,20	0,010	0,00	0,00	0,153	0,026
	Moyennes	6,16	77,10	0,48	0,00	0,00	0,70	3	0,016	0,00	0,00	0,12	0,013

N :(moyennes hebdomadaires)

Tableau. III : Comparaison des paramètres physico- chimiques hebdomadaires au niveau des circuits de l'eau

		Sites des prélèvements				
		Forage <3ppm	Osmose < 0,1ppm	Chaudière <1°F	ADE 0,3mg /l	Ultrapure 0°F
Teneurs de la silice	Normes					
	Dates Prélèvements					
	18/02/2018	0.85	0.01	0.01	0.10	0
	25/02/2018	0.75	0.01	0.0	0	0
	04/03/2018	0.22	0.08	0.08	0	0
	11/03/2018	0.30	0.09	0.12	0	0
	18/03/2018	0.47	0.08	0.08	0.02	0
Moyennes	0.53	0.054	0.058	0.024	0	
Teneurs du fer	Normes					
	Dates Prélèvements					
	18/02/2018	6.84	0.08	0.26	1.81	0
	25/02/2018	5.02	1.01	0.01	1.02	0
	04/03/2018	6	0.93	3.26	0.92	0
	11/03/2018	6.95	0.15	0.21	1.82	0
	18/03/2018	4.21	0.15	0.21	2.72	0
Moyennes	5,8	0.464	0.79	1.658	0	

Remarque : ppm=mg/l et 1°F=10ppm

III.1. Analyses journalières :

III.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Les mesures du PHdes différentes eaux analysées sont illustrées dans la figure suivante :

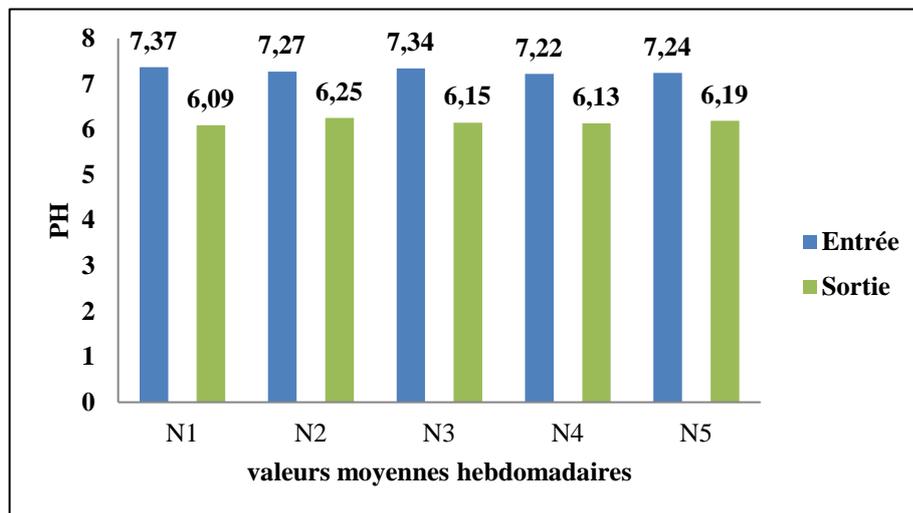


Figure N°9: Variation du pH des eaux à l'entrée et la sortie de l'unité Osmose inverse

D'après la figure N°9 (Tableau. IV, Annexe 2) les valeurs du pH des eaux au niveau de l'entrée (forage) ne varient pas beaucoup au cours de la période d'étude et elles sont en moyennes neutres. La plus grande valeur du pH est enregistrée est de 7,37

et la minimum est 7,22 avec une moyenne mensuelle de 7,28. La de la même évolution a été remarquée pour les valeurs du pH à la sortie (osmose inverse) en enregistrant une valeur maximale de 6,25 et le minimum de 6,09 avec une moyenne de 6,16, valeurs indiquant une eau légèrement acide.

Cependant on remarque que les valeurs du pH à l'entrée (forage) sont plus élevées qu'à la sortie (osmose inverse) durant toute la période d'étude ceci est due à la déminéralisation de l'eau car les membranes de l'unité osmose inverse retiennent les sels minéraux. De plus, les valeurs du pH sont conformes aux normes de l'entreprise ($5,5 < \text{pH} < 7,5$).

III.1.2. La Conductivité

L'évolution de la conductivité comme est indiquée sur la figure N°10 (Tableau V, Annexe 2), montre de très grandes variations entre les valeurs de ce paramètre à l'entrée et à la sortie. En effet, les valeurs de la conductivité avant le traitement de l'eau sont très importantes par rapport à celles enregistrées après le passage par l'unité d'osmose inverse en enregistrant une valeur moyenne maximale de l'ordre de 2536,7 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et une valeur minimale de 2480,0 $\mu\text{s}/\text{cm}$ avec une moyenne totale 2510,7 $\mu\text{s}/\text{cm}$, Ceci s'explique par la forte présence d'ions minéraux présents dans l'eau à l'entrée (forage)

Nous constatons que les membranes denses de l'osmoseur ont éliminés la quasi-totalité des ions présents dans l'eau d'alimentation ce qui a conduit à des valeurs de conductivité inférieures à la sortie qu'à l'entrée. Ces ions sont retenus et évacués dans les rejets. Ces résultats confirment le rôle important que jouent les membranes d'unité osmose inverse, ainsi que leur efficacité dans la séparation des particules de l'eau. Les résultats obtenus répondent aux normes de l'entreprise.

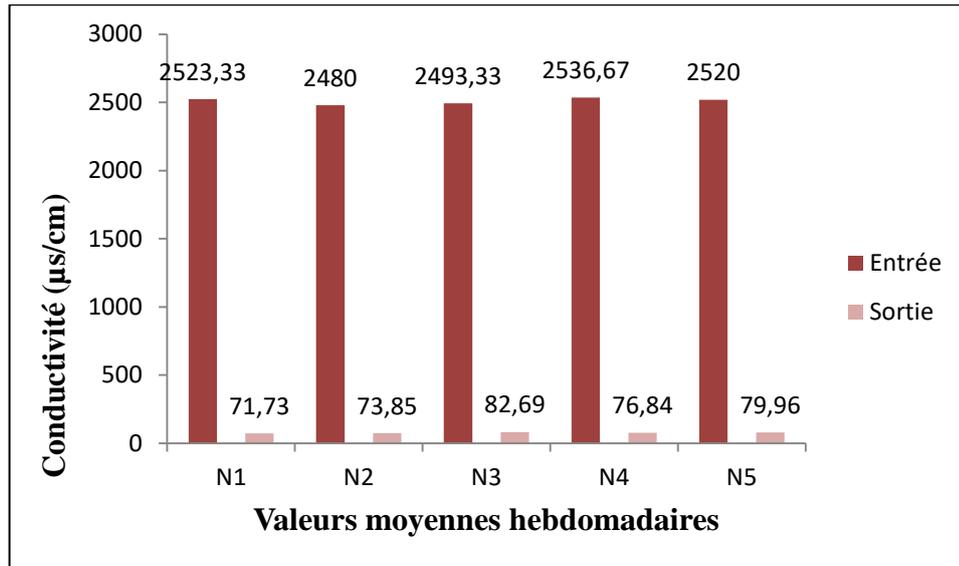


Figure N°10: Variation des valeurs de la conductivité des eaux à l’entrée et la sortie de l’unité OI

III.1.3 : Le titre alcalimétrique complet (TAC)

Les résultats obtenus sur l’alcalinité sont représentés dans la figure N°11 (Tableau.VI, Annexe 2).

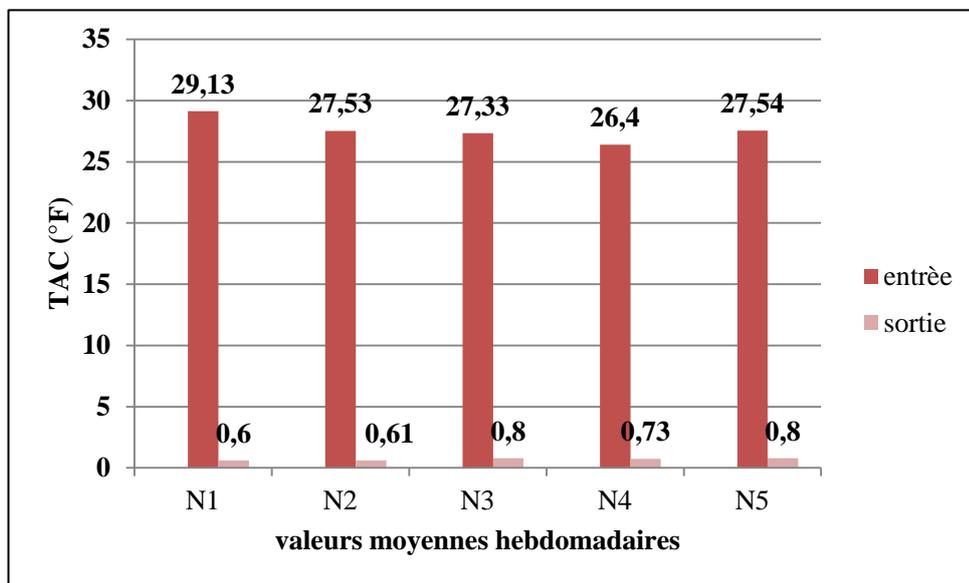


Figure N°11: Variation des valeurs de TAC des eaux à l’entrée et la sortie de l’unité OI

D’après cette, les valeurs de TAC des eaux à l’entrée ne varient pas au cours de la période d’étude. Cependant, la plus grande valeur de TAC enregistrée est en

moyenne de 29,13°F et la plus petite valeur enregistrée est de 26,40°F avec une moyenne totale de 27,5°F. La même évolution est constatée pour ce paramètre à la sortie mais avec des valeurs plus basses que celles à l'entrée. En effet, la plus grande valeur du TAC est de 0,80°F et la plus petite valeur est de 0,60 °F) avec une moyenne totale de 0,70°F. Cette différence des valeurs de TAC à l'entrée et à la sortie pourrait être expliquée par le bon fonctionnement des 4 osmoseurs en retenant la majorité des ions carbonates, hydrogénocarbonates.

Ces résultats sont conformes aux normes utilisées par l'entreprise Cevital.

III.1.4. Le Titre alcalimétrique TA

Comme est indiqué dans le (Tableau. VII, Annexe 2), le titre alcalimétrique (TA) est nul pour tous les échantillons analysés au cours de la période d'étude car le *PH* de nos échantillons comme est déjà souligné précédemment dans la figure N°9 est inférieur à 8, 3 ce qui s'explique par l'absence de base forte carbonates et alcalins libres dans l'échantillon d'eau analysé.

III.1.5. Le titre hydrométrique TH

D'après la figure N°(Tableau. VIII, Annexe 2), l'évolution des valeurs de TH des eaux au niveau de l'entrée ne varient pas au cours de la période d'étude. En effet, les données oscillent entre une valeur maximale du TH de 86,87°F et une valeur minimale de 86,73°F avec une moyenne totale de 87°F. La même évolution est constatée pour ce paramètre à la sortie mais avec des valeurs largement inférieures à celles enregistrées à l'entrée en marquant le maximum de TH de 0,56°F et le minimum enregistré est de 0,43°F. Cette différence s'explique par l'élimination complète des ions carbonates de calcium et de magnésium dans l'eau une fois passée dans l'osmose inverse qui a retenu tous ions la membrane des osmoseurs.

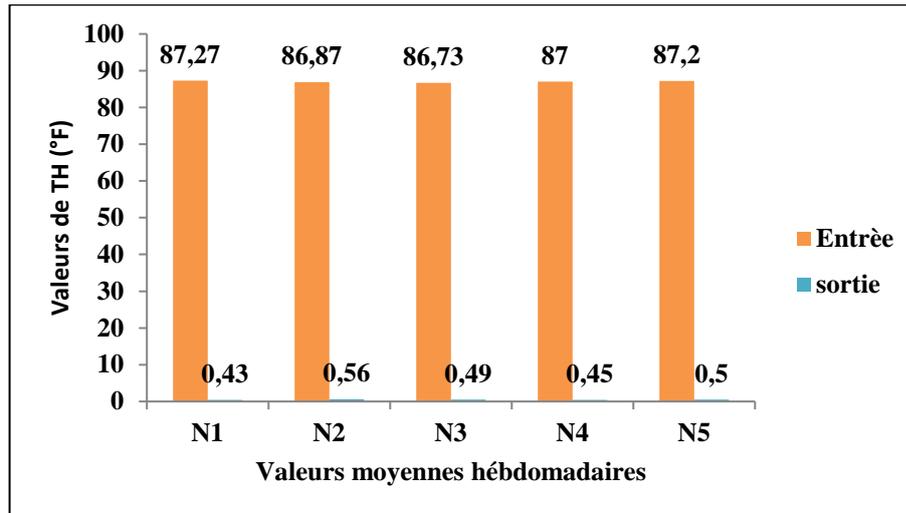


Figure N°12 : Variation des valeurs de TH des eaux à l'entrée et la sortie de l'unité OI

Il est aussi à noter que tous les résultats de *TH* obtenus sont conformes aux normes appliquées par l'entreprise. Ils attestent le bon état des membranes de l'osmoseur qui empêchent le passage des ions carbonates de calcium et de magnésium qui pourraient présenter un risque d'entartrage des conduites.

III.1.6 : La teneur en chlore

Les variations des teneurs en chlore des eaux analysées à l'entrée et à la sortie sont indiquées sur la figure N° 13 (Tableau. IX, annexe 2).

D'après cette figure, nous observons que la concentration en chlore est variable mais faible dans l'eau brute. En effet Les valeurs du chlore oscillent entre un maximum de 0,02ppm et un minimum de 0,01 ppm. A la sortie, ces valeurs ne varient pas beaucoup et presque similaires à celles enregistrées à l'entrée ceci pourrait être expliqué par le fait que l'addition de métabisulfite de sodium n'a pas complètement éliminé les traces du chlore dans l'eau filtrée et par l'insuffisance de la déchloration due à la faible quantité de métabisulfite de sodium ajoutée. Donc il est important de signaler que les membranes d'unité osmose inverse sont très sensibles au chlore. L'accumulation de ce gaz sur la surface des membranes accélère le processus de dégradation et réduit ainsi la durée de vie de ces membranes. D'une manière générale, ces résultats répondent aux normes de l'entreprise cevital.

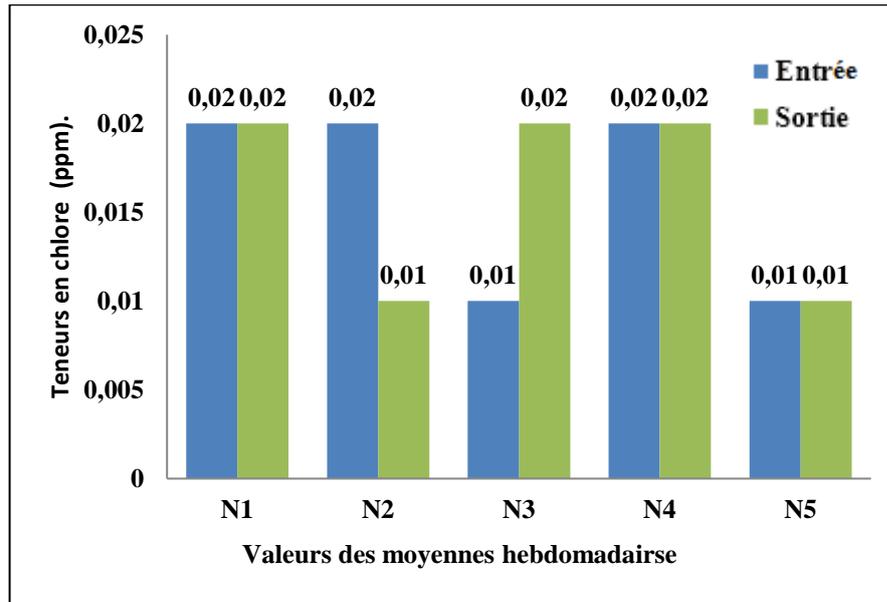


Figure N°13: Variation des teneurs en Chlore des eaux à l'entrée et la sortie de l'unité OI

III.1.7 : Teneur en chlorures Cl^-

L'évolution des teneurs en chlorures comme est indiquée sur la figure N°14 (Tableau. X, annexe 2), montre une stabilité de ce paramètre aussi bien à la sortie et à l'entrée. Cependant, les teneurs le Cl^- sont plus élevées à l'entrée qu'à la sortie avec une moyenne totale de 63,34°F. Les concentrations en chlorures à la sortie ne dépassant pas une valeur moyenne totale de 3°F, ceci est expliqué par la rétention de Cl^- par les membranes des osmoseurs et la confirmation de leurs activités optimales dans la rétention des ions.

Globalement, les valeurs du taux de Cl^- obtenues sont conformes aux normes de Cevital, en effet des rendements très élevés ont été calculés pour les échantillons d'eau analysés.

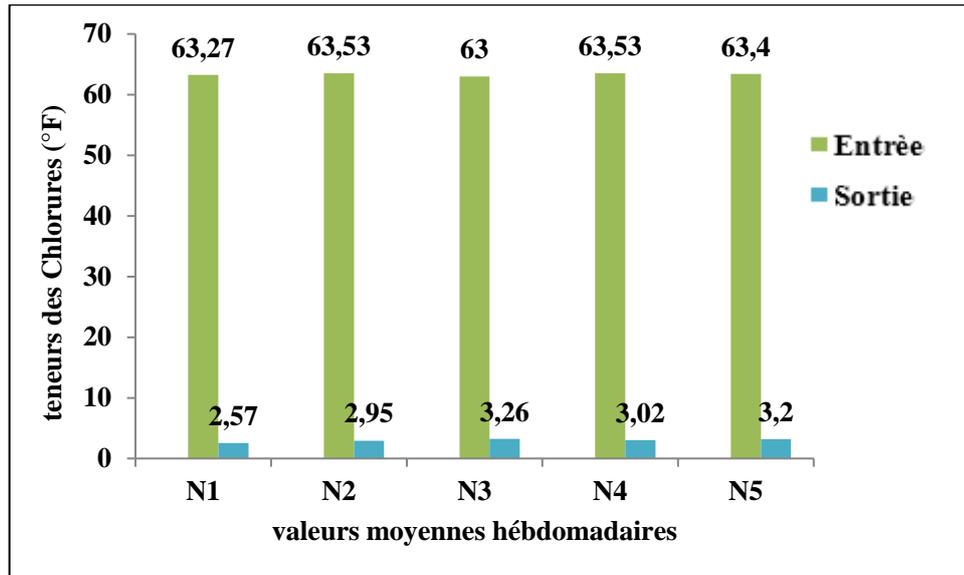


Figure N°14 : Variation de la teneur en chlorures à l'entrée et la sortie de l'unité OI.

III.1.8 : Teneur en Manganèse

L'évolution du manganèse au cours de la période d'étude des eaux de cevital au niveau de la sortie et de l'entrée de l'osmose inverse est indiquée sur la figure N°15 (Tableau. IX, Annexe 2).

D'après cette figure, entrée d du forage, nous remarquons une absence totale du manganèse dans tous les échantillons analysés et ceci durant les trois premières semaines d'étude (N1, N2, N3) puis une augmentation de ce paramètre apparaît juste après mais très faible en enregistrant une valeur de 0,01°F avant de s'annuler complètement à la sortie de l'osmose inverse. L'absence du manganèse durant les trois premières semaines d'étude et à la sortie de l'osmose inverse s'explique respectivement par la dilution des eaux alimentant le forage par les eaux de pluies et la filtration du manganèse par les quatre osmoseurs de l'unité osmose inverse. Par contre, son apparition à la quatrième semaine pourrait être expliquée l'injection de l'hypochlorite de sodium qui favorise la régénération du dioxyde de manganèses qui précipite et retenu par le filtre à sable.

Globalement, ces résultats répondent aux normes de l'entreprise cevital.

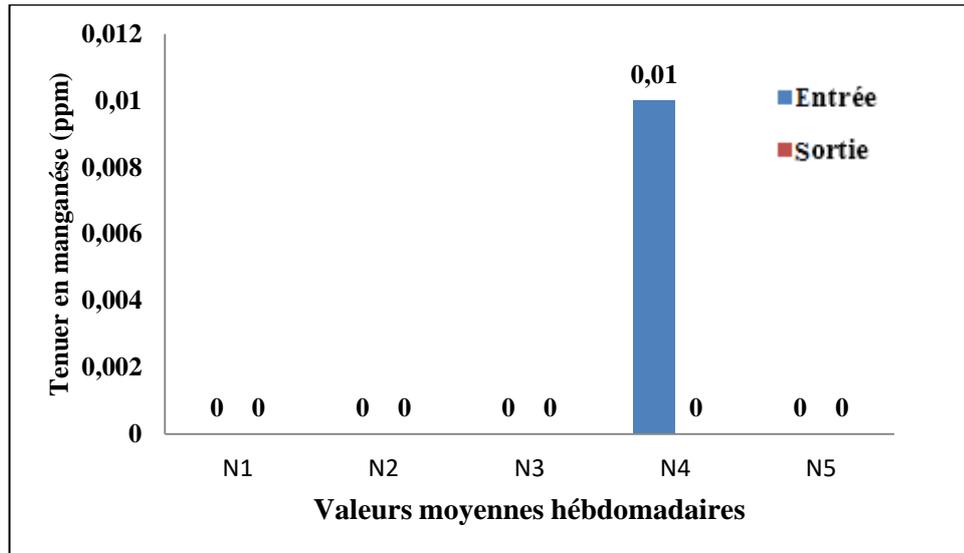


Figure N°15: Variation de la teneur en manganèse des eaux à l'entrée et la sortie de l'unité Osmose inverse.

III.1.9 : Teneur en Aluminium

Les variations des teneurs en Aluminium au niveau de la sortie (forage) et la sortie (osmose inverse) sont indiquées sur la figure N°16 (Tableau. XII, Annexe 2).

D'après cette figure, les teneurs en aluminium des eaux analysés sont très variables à l'entrée et nulles à la sortie. En effet, les valeurs oscillent entre un maximum d'aluminium de 0,07ppm et un minimum de l'ordre de 0,03ppm avec une moyenne de 0,034ppm. Ces résultats pourraient être expliqués par les eaux chargées en aluminium arrivant au forage (l'entrée) d'une part et son élimination lors dors du passage par l'unité osmose inverse qui retient tous les ions grâce aux membranes des osmoseurs d'autre part.

Globalement ces résultats sont conformes aux normes de l'entreprise cevital.

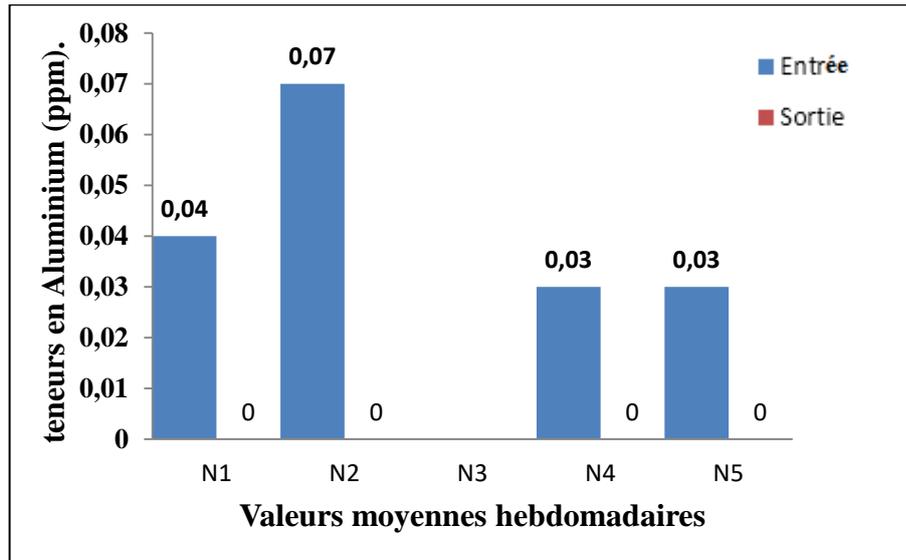


Figure N°16: Variation de la teneur en Aluminium à l'entrée et la sortie de l'unité Osrose inverse

III.2. Les analyses hebdomadaires

III.2.1. : La teneur en Fer

L'évolution des teneurs en fer au niveau des différents circuits de traitement des eaux de ce vital est indiquée sur la figure N°16 (Tableau. XIII, Annexe 2)

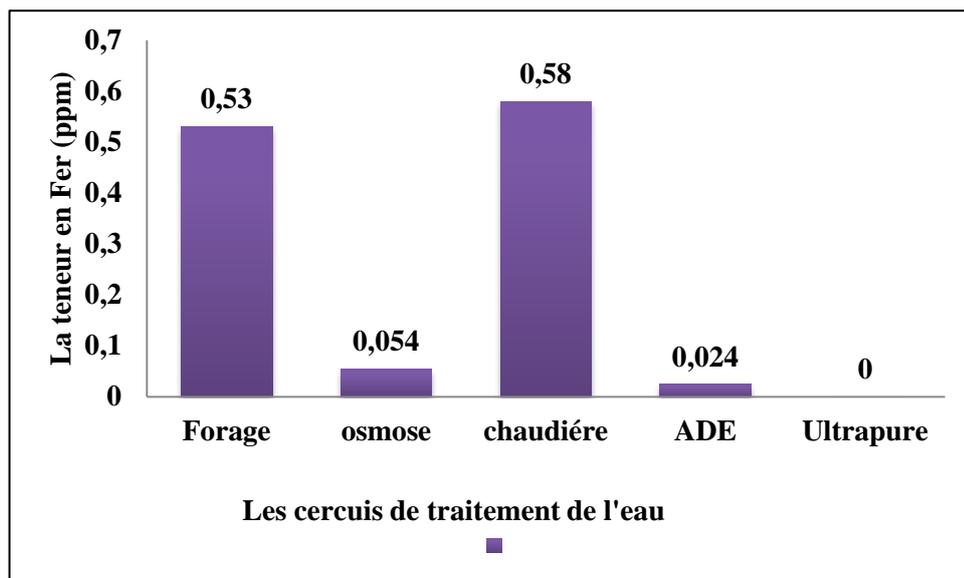


Figure N°17 : Variation des teneurs du Fer au niveau les différents circuits de traitement de l'eau.

D'après cette figure, les teneurs en Fer est très variable au niveau des différents circuits de traitement de l'eau. En effet, au niveau du forage qui constitue l'entrée de l'eau, la teneur en fer enregistrée est de 0,53 ppm puis diminue considérablement pour atteindre une valeur de 0,054 au niveau de l'osmose. Cette diminution est expliquée par la rétention du fer par les membranes de l'osmoseur. A partir de l'unité osmose, une augmentation importante du fer a été enregistrée au niveau de la chaudière marquant ainsi une valeur maximale de l'ordre de 0,58ppm suivit par une diminution progressive au niveau de l'ADE et de l'unité ultrapure où elle s'annule complètement. Cette augmentation pourrait être attribuée à un apport en fer par l'oxydation des conduits métalliques qui constituent les chaudières et sa diminution au niveau de l'ADE et ultrapure pourrait être expliquée par la sédimentation du Fer suite à l'injection d'hypochlorite de sodium avant le passage de l'eau au niveau de ces deux circuits

²Globalement, ces résultats répondent aux normes de l'entreprise cevital.

III.2.2. : La teneur en silice.

L'évolution des teneurs en silice des eaux analysées au niveau des différents circuits est montrée sur la figure N°17 (Tableau. XIV, Annexe 2).

D'après cette figure, les concentrations en silice sont très variables d'un circuit à un autre. En effet, la plus grande valeur a été enregistrée au niveau du forage (entrée) en enregistrant une valeur de 5,8 ppm indiquant une eau chargée en silice. Cette charge pourrait être attribuée au passage de l'eau des terrains (roches) riches en silice et leurs lessivages avant son arrivé au niveau du forage.

A partir du forage, une diminution de la teneur en silice est observée au niveau de l'osmose en enregistrant une valeur de 0,46ppm et indiquant une filtration de cet élément par les membranes d'osmose puis suivit par une augmentation progressive au niveau de la chaudière et l'ADE en enregistrant respectivement des concentrations de 0,79 ppm et 1,658ppm avant de s'annuler complètement au niveau de l'unité ultrapure. Cette augmentation pourrait être expliquée par l'entartrage des filtres des conduites acheminant l'eau vers les unités chaudières et l'ADE en diminuant leurs porosités et retenant ainsi des ions de silice.

Globalement, ces résultats répondent aux normes de l'entreprise cevital.

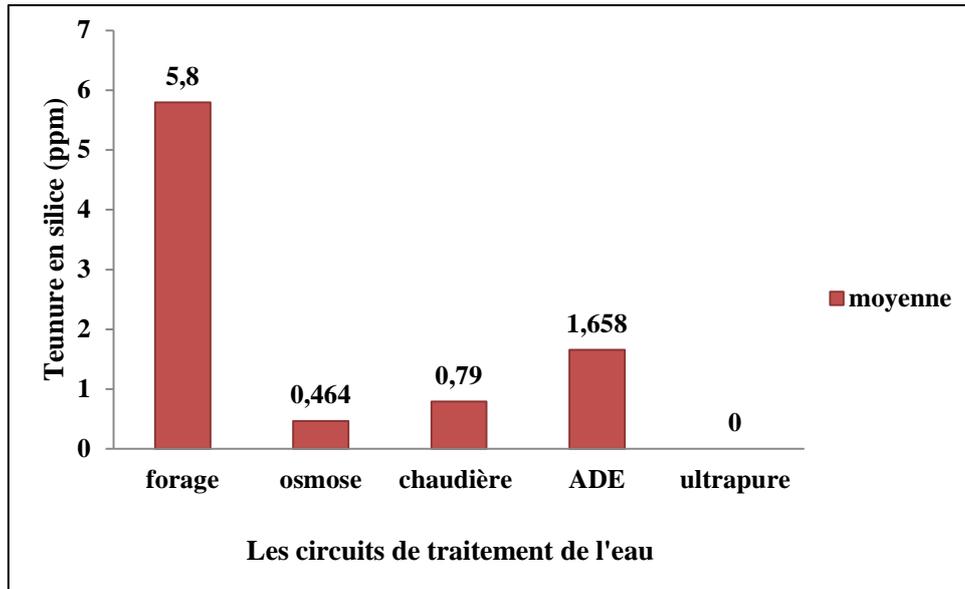


Figure N°18 : Variation des teneurs de la silice (SiO_2) au niveau des différents circuits de traitement

Conclusion

Ce présent travail constitue une contribution au Contrôle de la Qualité des eaux de process Osmose Inverse du Complexe Cevital Agroalimentaire, Bejaia.

Les résultats d'analyses journalières obtenus sur les eaux utilisées (l'entrée) dans les différents procédés de production de l'entreprise agroalimentaire Cevital, nous ont permis de confirmer que ces eaux sont de nature neutre et leur pH est en moyenne ne dépassant pas 7,8 avec une conductivité moyenne de l'ordre de 2510,7 μ s/cm. Les titres alcalimétriques (*TAC*, *TH*, *TA* et *THCa⁺²*) de ces eaux témoignent de leurs absences en ions calcaires et confirment cette nature neutre. Pour les teneurs en chlorures, chlore, manganèse et aluminium sont respectivement de 63,4°F, 0,02ppm, 0,1ppm et 0,04ppm et ne dépassant pas les normes appliquées par l'entreprise Cevital. Concernant la composition de ces eaux avant l'osmose inverse en éléments silice et fer, les analyses indiquent des valeurs faibles, en moyenne de 6,0ppm et 0,59ppm respectivement. Cependant, à la sortie (osmose inverse) tous les éléments analysés (pH, conductivité, TA, TAC, TH, TAc²⁺, chlore, chlore, manganèse, aluminium, fer et la silice) présentent des valeurs plus faibles ou sont totalement absents. Ceci confirme que l'unité osmose inverse produit une eau osmosée de très bonne qualité et répond aux normes.

Pour les analyses hebdomadaires, les teneurs en silice et en fer au niveau des différents circuits de traitement indiquent des valeurs maximales respectivement de 0,53ppm et 5,8ppm qui diminuent graduellement avant qu'elles s'annulent à la fin du dernier circuit ceci témoigne du rôle que joue chaque niveau dans l'élimination de ces deux paramètres jusqu'à la production d'une eau ultrapure qui répond aux normes.

L'efficacité de l'osmose inverse dans l'entreprise a été vérifiée par des analyses physico-chimiques journalières et hebdomadaires de certains paramètres présents dans l'eau au niveau des différents circuits de traitement récoltée sur une période d'un mois (février-mars), 2018. Au total, 30 échantillons ont été effectués durant cette période.

D'une manière générale et d'après ce qui vient d'être cité, nous pouvons déduire que l'unité osmose inverse de l'entreprise agroalimentaire, Cevital, est performante en produisant une eau de très bonne qualité et répondant aux normes exigées. Cette performance s'explique par :

- L'efficacité de l'unité osmose inverse et le bon fonctionnement des modules;
- Le système de prétraitement appliqué ;

- L'entretien et le nettoyage permanent de l'installation des membranes d'osmose inverse.

Perspectives

En vue de mieux garantir la qualité de l'eau, les différents résultats obtenus nous permettent de formuler les perspectives suivantes :

- Renforcer correctement l'équipement du laboratoire surtout pour l'analyse des métaux lourds et micro polluants organiques ;
- C'est mieux de changer les conduites qui acheminent l'eau de puits de Ibouressen vers les bacs de la station de CEVITAL, pour éviter la formation d'entartrage et la corrosion, qui provoque la diminution de diamètre de conduites ;
- Mettre au point une méthode de nettoyage des membranes de l'osmoseur inverse, avec un délai de périodicité plus rapproché (chaque 3 jours au lieu d'une semaine) ;
- Optimiser et prolonger la durée du traitement et du lavage jusqu'à quelques heures.

- Alphas, F. (2005). Qualité organo-liptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDMSA dans la Rille de Bamako. Thèse Doctorat en pharmacie, Université de Bamako. Pages 103-133.
- Amokrane, M. (2015). Etude thermodynamique des écoulements d'eau salée en vue d'une application à un procédé de purification par Osmose Inverse. thèse doctorat en science et technologie Université A. Mira- Bejaia p : 65-71.
- Beaudry, H. Tardat. S. Chimie des eaux, Edition Grifan d'argile. (1984), 2^{ème} édition 53-62Pages.
- BRUN, J. (1989). « Procédés de séparation par membranes, transport, techniques membranaires, applications ». Thèse Doctorat. Paris. P156-166.
- Benner, R. Biddanda, B. Blac, B. et McCarthy, M. (1997). « Abundance size distribution and stable carbon and nitrogen isotopic compositions of marine organic matter isolated by tangential flow ultrafiltration ». Thèse Doctorat. Marine Chemistry 57 P 243-263.
- Brown, E. Colling, A. Park, D. Phillips, J. Rothery, D. et Wright, J. Seawater ionic composition properties and behavior. (1997). The Open University, Second edition Page 143.
- Berland, M. Juery, C. (2002). Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau, édition office international de l'eau, mémoire fin étude, Université France, pages 71.
- Bounceur, A. Mammasse, M. (2002). Gestion optimale des silos à céréales de l'entreprise, Mémoire d'ingénieur, Université de Bejaia. Pages 62-64.
- Chaufer, B. Rabiller, M. Guihard, L. et Daufin, G. (1996). Rétention of ions in nanofiltration at various ionic strength, Desalination 104 pages 37-46.
- Cakaew, T., (2009). Procédés Hybrides à membranes pour le traitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse. Thèse doctorat. Toulouse. Université de Toulouse. Page 213.
- Desjardins, R. Le traitement des eaux, 2^e Édition. . (1997). Montréal, pages 22-31.
- Damien, D. (2007). Modélisation et comparaison thermo-énergétique de systèmes de Cogénération, Thèse doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy I. France, P69.
- El khabbaze, H. (2008). Traitement des solutions modèles du lait par des membranes de Nanofiltration et d'osmose inverse, Thèse de doctorat, Rabat Université Mohammed V – AGDAL 151 pages.
- Focke, W. (1983). On the mechanism of mass transfer enhancement by solid promoters, electrochim. Acta. 28- Pages 37-46.

- Gadoum, S., Hamichi, F., (2002). Analyse des eaux de chaudières du complexe Cevital, Mémoire D.E.U.A. Université de Bejaia. Pages 33-34.
- Gaid, K., Treal, Y., (2007). Le dessalement des eaux par osmose inverse, l'expérience de Véolia water, Mémoire master. Université de Bejaia. Pages 54-65.
- Greenlee,L.F ;Lawler,D.F ;Freeman,B.D;Marrot,B;Moulin,P;(2009)
Reverse osmosis desalination: water source, technology and today's challenges, water Res, Université Henri Poincaré, Nancy I.43pages 23-34.
- Hachemaoui, B. (2014). Qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de souk tlata. Mémoire master. Université de M. Page 72.
- Henry, M. (1991). Les eaux naturelles et les eaux de consommation Saint Laurent. Université de Tlemcen. Mémoire master. Page 22.
- Hunter J. Rey L ET Scott D, (1980). L'action de prévention et de lutte contre les maladies dans le cadre des grands travaux hydrauliques. Mémoire master. P45-55.
- Issaadi, M. Khebat, A. (2015). Contrôle du procédé combiné osmose inverse électrodéionisation CEDI par analyses physicochimique des eaux de process de CEVITAL.Mémoire en génie des procédés Université Abderrahmane Mira Bejaia page 4-13.
- Jean, J. (2002). La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Mémoire master Université Paris. Pages 23-44.
- Kim, D; Chang; N. (1983). Experimental study of mass transfer around a turbulence promoter by the limiting current methods, Heat Mass Tran. Mémoire Fin etude. Pages 10-16.
- Kuroda, O; (1983).Characteristics of flow and mass transfer rate in an electro dialyzer compartment including spacer, Desalination. Mémoire Fin etude. , Université Henri Poincaré, Nancy I Page 46
- LOEB, S., SOURIRAJAN, S., (1962). « Sea water demineralization by means of osmotic membrane » Advances in Chemistry Sertes, , Université Henri Poincaré, Nancy I 38, pages 32 – 117.
- Luo, M., Wang, Z., (2001).Complex fouling and cleaning-in-place of a reverse osmosis desalination system, Advances in Chemistry Sertes. Université Henri Poincaré, Nancy I pages 15-22.
- Noureddine,N (2008).,Etude d'impact des Rejets des Eaux de la station de Déminéralisation de Brédéah sur l'environnement .Mémoire de Magister .Université d'oran ,Es-Sénia-Algérie, page 44.

- Michaels, A; (1968). New separation technique for the CPI.chem.Eng. Advances in Chemistry Serres Université Henri Poincaré, Nancy I..Prog.64.
- Mulder, M. (1991). Basic principles of membrane technology, Kluwer academic academic, pays-bas. Mémoire de Magister. Page 55.
- Maiga, A. (2005). Qualité Organoleptique de L'eau de Consommation produite et distribuée par l'EDM.SA Dans la Ville de Bamako, Evaluation Saisonniere, Thèse Doctorat, Université de BAMAKO, page 13.
- Maurel, A., 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, (2006). 2en édition. Page 243.
- Metaiche, M., (2014). Technologie Membranaire. Mémoire d'ingénieur. Université de Bouira, Pages.44-78.
- Ouali, S, Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux, édition office des publications universitaires, Alger, (2001).1^{ere} édition .156pages.
- Porter, M ;(1972). Concentration polarization with membrane ultrafiltration Ind. Eng. Chem.prod RES 11. Pages 234-245.
- Pulim. B., (1991). L'eau et la santé en Afrique tropicale colloque pluridisciplinaire Géographique, Médecine limoges, Mémoire d'ingénieur. Page 23.
- Pellerin, E; M Ichelitsch, E; Darcovich, K; Lin, S ;(1995).Tubulent transport in membrane modules by CFDsimulation in two dimension.membr 100. Page 139-153.
- Rodier, J. L'analyse de l'eau, 7 ème édition (1974). Dunod.page 267.
- Ranson, B.,Shea, K., Bennett, P., Bennett, R., ET Baerwald, R., (1998) Comparison of pelagic and nepheloid layer marine snow implications for carbon cycling, Marine Geology 150 p 39-50.
- Régis, B, Selim, B. Technique de la gestion et de la distribution de l'eau, édition du Moniteur, paris. (2011). Pages 123-255.
- RODIER J., B. LEGUBE et N. MARLET. L'analyse de l'eau.DUNOD (éditeur), Paris, France (2009). 9e édition. Pages 234-293.
- Song, L; Elimelech, M ;(1995). Theory of concentration polarization in cross-flow filtration. Faraday Trans these de doctorat, Norway University of science and technology 91. Pages 33-39.
- Thorsen, T., (1999). Fundamental studies on membrane filtration of colored surface water, thèse de doctorat, Norway University of science and technology, p 352.

- Tharreau V. Techniques du traitement de l'eau dans les bâtiments. 3e édition, Paris, (2009). Pages 23-34.
- Whitehouse, M., Priddle, J., et Symon, (1996). Seasonal and annual change in seawater temperature salinity nutrient and chlorophyll a distributions around south Georgia, South Atlantic Deep- Sea Research 1, 43(4) 425-443.
- Wolf, P., Siverns, S., et Monti, S., (2005). Ultrafiltration membranes for RO desalination pretreatment, Mémoire d'ingénieur. Pages 182-293-300.
- Zatouche, A. Bouakkaz, S., (2012). Etude et redimensionnement du tableau général basse tension de l'unité osmose Cevital, Mémoire d'ingénieur, Bejaïa. p55.
- Benner, R. (1991) Ultrafiltration for the concentration of bacteria, viruses and dissolved organic matter. In: *Marine particles: analysis and characterization*, D.C. Hurd, D.W. Spencer, pp. 181-185.
- Kilduff, J.E., Mattaraj, S., Wigton, A., Kitis, M., Karanfil, T. (2004) Effects of reverse osmosis isolation on reactivity of naturally occurring dissolved organic matter in physicochemical processes. *Water Research*, 38(4), 1026-1036.
- Kharfallh N. et Mohdeb L ; (2007). Contrôle de fluor, sodium, potassium et les métaux lourds dans les eaux. Mémoire D.E.U.A. Bejaia Université de Bejaia. Page 04-07.

Annexe 1

Modes opératoires

1. PH-mètre

Étalonner le *pH*-mètre avec deux solutions étalons de *pH* 7 et 10 ou 4 et 7 (selon la gamme de mesure à réaliser) ; Prendre un bécher avec l'eau à analyser ; Plonger la sonde du *pH*-mètre dans l'échantillon ; Après stabilisation, lire le résultat.

2. Conductivité

Après avoir étalonné le conductimètre : 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.

3. Le titre hydrotimétrique total (dureté total)

Prendre 100 ml de l'eau à analyser dans un ERLLENMEYER ; - 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 Si une coloration violette apparaît (présence d'ions de Ca^{+2} et Mg^{+2}) ; titrer le mélange avec une liqueur hydrométrique d'EDTA (sel tétra sodique de l'acide Ethylène Diamine Tétra Acétique) à 0,04N jusqu'au virage de la coloration violette vers le bleu vert.

4. Le titre alcalimétrique (*TA*)

Prendre 100 ml d'une eau à analyser dans un ERLLENMEYER ; - Ajouter deux gouttes de Phénolphthaléine (un indicateur de *pH*) et agiter. Si la solution reste incolore, le *TA* est considéré comme nul ($TA = 0$), et cela indique que le *pH* est inférieur à 8,3. Dans le cas où une coloration rose se forme, titrer avec une solution étalon d'acide sulfurique à 0,04 N jusqu'à la décoloration totale.

5. Le titre alcalimétrique complet (*TAC*)

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.

6. Chlorures

Dans un ERLLENMEYER, prendre un échantillon de 100 ml d'eau à analyser, - Ajouter 5 gouttes de Chromate De Potassium (Indicateur coloré). Une coloration rose doit alors apparaître. Titrer avec la solution $AgNO_3$ à 0,04N (Le nitrate d'argent précipite les chlorures— alcalins et alcalino-terreux sous forme de chlorures d'argent) et agiter délicatement le soluté jusqu'à l'obtention d'une teinte rouge brique signalant la fin de la réaction.

7. Le fer:

Dans une cuve ronde, ajouter 04 ml de l'échantillon à analyser et un NANOFIX R2 (fermer le tube de NANOFIX immédiatement après l'addition de R2) et mesurer après 10 mn. Le blanc est préparé avec 04 ml d'eau distillée et un NANOFIX R2. La lecture se fait à une longueur d'onde de 540 nm.

8. La silice

Introduire respectivement dans une fiole de 25 ml : 20 ml d'échantillon à analyser 1 ml de R1, mélanger et attendre 3 mn ; 1 ml de R2, mélanger et attendre 1 mn ; 1 ml de R3 Ajuster à 25 ml avec de l'eau distillée et mesurer après 15 mn après avoir transvasé dans des cuves rectangulaires. La lecture se fait à une longueur d'onde de 690 nm

9. Chlore libre

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. La lecture se fait à une longueur d'onde de 540 nm.

10. Manganèse

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.

11.Aluminium

Dans une cuve ronde ajouter : 0,5 ml de R2 0,5 ml de R3 04 ml de l'échantillon à analyser 0,5 ml de R4 fermer et mélanger et mesurer après 5 mn. La lecture se fait à une longueur d'onde de 540 nm.

Annexes2

Tableau IV : valeurs de pH à l'entrée et sortie de l'unité osmose inverse.

Dates des Prélèvements	Entrée	Sortie
N1	7,37	6,09
N2	7,27	6,25
N3	7,34	6,15
N4	7,22	6,13
N5	7,24	6,19
Moyenne (\bar{X})	7,28	6,16

Tableau V: valeurs de la conductivité à l'entrée et la sortie l'unité osmose inverse.

La date	Entrée ($\mu S/cm$)	Sortie ($\mu S/cm$)
N1	2523,3	71,7
N2	2480,0	73,9
N3	2493,3	82,7
N4	2536,7	76,8
N5	2520,0	80,0
Moyenne (\bar{X})	2510,7	77,0

Tableau VI: valeurs de TAC à l'entrée et la sortie de l'unité osmose inverse.

Date	Entrée ($^{\circ}F$)	Sortie ($^{\circ}F$)
N1	29,13	0,60
N2	27,53	0,61
N3	27,33	0,80
N4	26,40	0,73
N5	27,20	0,80
Moyenne	27,51	0,70

Tableau VII : valeurs de TA à l'entrée et la sortie de l'unité osmose inverse.

La date	Entrée ($^{\circ}F$)	Sortie ($^{\circ}F$)
N1	0,00	0,00
N2	0,00	0,00
N3	0,00	0,00
N4	0,00	0,00
N5	0,00	0,00
Moyenne	0,00	0,00

Tableau VIII : valeurs de *TH* à l'entrée et la sortie l'unité osmose inverse.

Date	Entrée (°F)	Sortie (°F)
N1	87,27	0,43
N2	86,87	0,56
N3	86,73	0,49
N4	87,00	0,45
N5	87,20	0,50
Moyenne	87,01	0,48

Tableau IX : valeurs de la teneur en chlore à l'entrée et la sortie de l'unité osmose inverse.

Date	Entrée	Sortie
N1	2,57	0,00
N2	2,95	0,00
N3	3,26	0,00
N4	3,03	0,00
N5	3,20	0,00
Moyenne	3	0,00

Tableau X : valeurs des chlorures à l'entrée et la sortie de l'unité OI

La date	Entrée	Sortie
N1	63 ,27	0,02
N2	63,53	0,01
N3	63	0,02
N4	63,53	0,02
N5	63,40	0,01
Moyenne (\bar{X})	63,34	0,016

Tableau XI : valeurs des à l'entrée et Le Manganèse a la sortie de l'unité OI.

La date	Entrée	Sortie
N1	0 ,02	0 ,00
N2	0,02	0 ,00
N3	0,001	0 ,00
N4	0 ,02	0 ,00
N5	0 ,01	0 ,00
Moyenne	0 ,02	0 ,00

Tableau XII : valeurs Aluminium des à l'entrée et al a sortie de l'unité OI.

La date	Entrée	Sortie
N1	0,04	0,00
N2	0,07	0,00
N3	-	0,00
N4	0,03	0,00
N5	0,03	0,00
Moyenne	0,0	0,00

Tableau XIII : valeurs du Fer aux cinq points de prélèvement.

prélèvements	forage	osmose	chaudière	ADE	ultrapure
18/02/2018	0.85	0.01	0.01	0.10	0
25/02/2018	0.75	0.01	0.0	0	0
04/03/2018	0.22	0.08	0.08	0	0
11/03/2018	0.30	0.09	0.12	0	0
18/03/2018	0.47	0.08	0.08	0.02	0
moyenne	0.53	0.054	0.058	0.024	0

Tableau XIV : valeurs de la silice aux cinq points de prélèvement.

Prélèvements	forage	osmose	chaudière	ADE	ultrapure
18/02/2018	6.84	0.08	0.26	1.81	0
25/02/2018	5,02	1.01	0.01	1.02	0
04/03/2018	6	0.93	3.26	0.92	0
11/03/2018	6.95	0.15	0.21	1.82	0
18/03/2018	4.21	0.15	0.21	2.72	0
moyenne	5,8	0.464	0.79	1.658	0

Résumé : Contrôle de la Qualité des eaux de process Osmose Inverse du Complexe Cevital Agroalimentaire, Bejaia.

L'étude sur la qualité des eaux de process osmose inverse du complexe cevital agroalimentaire implantée au niveau du nouveau quai du port de Bejaia à 3 Km au sud-ouest de cette ville et à proximité de la RN 26 a été réalisée durant la période allant du 18 février jusqu'au 18-mars de l'année 2018 sur des échantillons d'eau provenant du forage (entrée) et du procédé d'osmose inverse (sortie), à raison d'un échantillon par site tous les jours. Au total, 30 échantillons d'eau ont été récoltés au cours de cette période. Les sources d'échantillonnage étudiés ont été choisis pour suivre l'évolution de certains paramètres physico-chimique de l'eau utilisée dans l'entreprise Cevital depuis la source (forage) jusqu'à la production d'une eau ultra pure (osmose inverse). Ce suivi concernait deux types d'analyses physicochimiques à savoir : des analyses journalières : *pH*, la conductivité, TA, TAC, TH, le chlore, les chlorures, manganèse et l'aluminium Pour ces analyses, les prélèvements d'eau ont été effectués à l'entrée et à la sortie de l'unité de l'osmose inverse chaque jour pendant 30 jours et des analyses hebdomadaires elles concernent : le Fer (Fe) et la Silice (SiO₃). Les prélèvements ont été effectués au seuil des circuits de l'eau (forage, osmose, ADE, chaudière et ultrapure) une fois par semaine et exactement chaque dimanche

Les résultats d'analyses journalières obtenus sur les eaux utilisées (l'entrée) dans les différents procédés de production de l'entreprise agroalimentaire Cevital, nous ont permis de confirmer que ces eaux sont de nature neutre ($pH=7,8$) avec une conductivité moyenne de $2510,7\mu s/cm$. Les titres alcalimétriques (TAC, TH, TA et $THCa^{+2}$) de ces eaux témoignent de leurs absences en ions calcaires. Les teneurs en chlorures, chlore, manganèse et aluminium ne dépassant pas les normes appliquées par l'entreprise Cevital. Concernant In silice et le Fer, leur présence est faibles à l'entrée. Par contre à la sortie, (osmose inverse) tous les éléments analysés présentent des valeurs plus faibles qu'à l'entrée ou sont totalement absents. Ceci confirme que l'unité osmose inverse produit une eau osmosée de très bonne qualité et répond aux normes. Pour les analyses hebdomadaires, les teneurs en silice et en fer au niveau des différents circuits de traitement diminuent graduellement depuis la source avant qu'elles s'annulent à la fin du dernier circuit ceci témoigne du rôle que joue chaque niveau dans l'élimination de ces deux paramètres. D'une manière générale tous ces résultats confirment la performance de l'unité osmose inverse de l'entreprise agroalimentaire, Cevital.

Motsclés : Contrôle - eau osmose - osmose inverse .

Summary: Quality control of process water Reverse osmosis of the Cevital Agribusiness Complex, Bejaia.

The study of the water quality of the reverse osmosis process of the agro-food cevital complex located at the new wharf of the port of Bejaia, 3 km southwest of the city and near the RN 26 was carried out during the period from February 18 to March 18, 2018 on samples of water from the borehole (inlet) and the reverse osmosis process (outlet), one sample per site every day. A total of 30 water samples were collected during this period. The sampling sources studied were chosen to follow the evolution of certain physicochemical parameters of the water used in the Cevital company from the source (drilling) to the production of ultra pure water (reverse osmosis). This follow-up concerned two types of physicochemical analyzes, namely: daily analyzes: pH, conductivity, TA, TAC, TH, chlorine, chlorides, manganese and aluminum For these analyzes, the water samples were taken at the inlet and outlet of the reverse osmosis unit every day for 30 days and weekly analyzes they concern: Iron (Fe) and Silica (SiO₃). The samples were taken at the threshold of the water circuits (drilling, osmosis, ADE, boiler and ultrapure) once a week and exactly every Sunday

The daily analysis results obtained on the water used (the input) in the various production processes of the agro-food company Cevital, allowed us to confirm that these waters are of a neutral nature ($pH = 7.8$) with a average conductivity of $2510.7\mu s / cm$. The alkalimetric titres (TAC, TH, TA and TH $[[Ca]^{+2})$ of these waters testify to their absence in calcareous ions. The chloride, chlorine, manganese and aluminum contents do not exceed the standards applied by Cevital. Silica and iron have a low presence at the entrance. On the other hand, at the exit, (reverse osmosis) all the elements analyzed have lower values than at the entrance or are totally absent. This confirms that the reverse osmosis unit produces an osmosis water of very good quality and meets the standards. For the weekly analyzes, the silica and iron contents at the level of the different treatment circuits gradually decrease from the source before they cancel each other at the end of the last circuit. This testifies to the role played by each level in the elimination of these two parameters In a general way, all these results confirm the performance of the reverse osmosis unit of the agrifood company, Cevital.

Key words: Control-water osmosis-reverse osmosis.