

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A. MIRA - Béjaïa -
Faculté des Sciences Exactes
Département de Chimie

Mémoire de Master

Présenté par :

M^{elle}: AIT BOUDA Yasmina

M^{elle}: MEHENNI Fairouz

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie

Spécialité : Analyse

Thème

***Traitement des eaux par osmose inverse au
niveau du complexe agro-alimentaire***

ceVital

Soutenu le : 13/06/2013

Devant le jury composé de :

M ^{me} ISSAADI	Hamida	Présidente
M ^{me} DJERADA	Farida	Examinatrice
M ^{me} MALEK	Nouara	Examinatrice
M ^{me} AIT BRAHAM	Laila	Encadreur

2012-2013

Remerciements

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 promotrice M^{me} AIT BRAHEME leila de nous avoir encadrés et orientés, ainsi que pour son aide et ses précieux conseils tout au long de ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à toute l'équipe de laboratoire Cevital, Bejaia

Spécialement au personnel du laboratoire des eaux qui nous ont beaucoup aidés et à leur tête M^{me} Mancer.

Nous exprimons aussi notre remerciement à tous les membres de jury et tous les responsables, enseignants et membres du département de chimie.

M^{elle} : AIT BOUDA yasmina

M^{elle} : MEHENNI fairouz

Dédicaces

J'adresse, surtout, ma plus profonde gratitude et tout mon amour à mon cher père à ma chère mère, qui ont su me faire confiance et me soutenir en toutes circonstances au cours de toutes mes années d'études, c'est avec émotion que je leurs exprime toute mon affection, mon admiration et mon profond respect.

Mes dédicaces sont adressées à mes frères Fateh et Hossam, ainsi qu'à mes adorables sœurs Zina, son Mari et sa fille Sirine, Razika, Hayet et Meriam.

Mon cher future mari Riadh et toute sa famille

Mes dédicaces ne seront pas complètes sans cité mes copines : Fatiha, Zina, Nawel, Soumia et Lamia et à celle avec qui j'ai partagé ce travail Yasmina, tous les membres de sa famille et toute la promotion Chimie-analyse 2012 -2013.

A tous ceux qui me sont chers et qui m'aiment.



FAIROUZ

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Ceux que j'ai tant aimé avec beaucoup d'affection et je suis très fière de les avoir et tout les mots du monde ne peuvent exprimer l'amour et le respect que je leur porte : mes parents.

A mes sœurs Hanene et son Mari Yacine, Kahina et Soraya.

A mon cher frère Hamid

A toute ma famille sans exception, qui m'a aidé et supporté mes mauvaises et rares bonnes humeurs.

A mes chères amies.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

A celle que j'ai partagée ce travail Fairouz et toute sa famille.

En fin, à toute la promotion chimie-analyse 2012-2013.



YASMINA

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I- Définition de l'eau 3

II- Le cycle de l'eau 3

III- La molécule d'eau 3

IV- Différents types des eaux naturelles 4

V- Propriétés de l'eau 6

V-1 Propriétés physique 6

V-2 Caractéristiques physico-chimiques 7

V-3 Caractéristiques chimiques 8

VI- Classification des eaux 9

VII- Classement des impuretés 9

VIII- Éléments fondamentaux – éléments caractéristiques 13

IX- Conséquence de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques de l'eau 14

Chapitre II : Procédé de traitement de l'eau par osmose inverse

Partie A : Présentation du complexe Cevital

I-Historique 16

II- Situation géographique 16

III- Principales activités de Cevital 18

IV- Missions et objectifs 18

V- Présentation et structuration du complexe 19

Partie B : Procédé de traitement de l'eau par osmose inverse

I-Généralités sur les procédés membranaires	22
I-1 La membrane	22
I-2 Les différents types de séparation membranaire	25
I-3 Les membranes poreuses et denses	27
I-4 Mise en œuvre des membranes.....	27
II- Module	28
III- Osmose inverse	30
IV- Procédé d'osmose inverse.....	31
IV-1 Les étapes du procédé	31
IV-2 Système d'alimentation en eau brute	32
IV-3 Système de prétraitement.....	32
IV-3-1 Groupe de stérilisation et régénération du dioxyde de manganèse	32
IV-3-2 Pré-filtration avec des filtres à sable	32
IV-3-3 Réservoir d'eau filtrée	33
IV-3-4 Groupe de déchloration	33
IV-3-5 Groupe de dosage de produit séquestrant.....	33
IV-3-6 Groupe de dosage de produits biocides	34
IV-3-7 Filtres à cartouche	34
IV-3-8 Contre lavage.....	34
IV-4 Système d'osmose inverse	34
IV-5 Lavage sur place	34

Chapitre III: Méthodes, matériels et réactifs utilisés

I-Méthodes d'analyse	35
I-1 Méthodes électrochimiques	35
I-2 Méthodes Titrimétriques.....	36
I-3 Méthodes spectrophotométriques	47

Chapitre IV : résultats et discussion

I-Résultats des analyses physico-chimiques	52
II- Discussions.....	53
Conclusion.....	61

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Figure N°1 : Cycle de l'eau.

Figure N°2 : Présentation de la molécule d'eau.

Figure N°3 : Le phénomène de l'entartrage.

Figure N°4 : Le phénomène de la corrosion.

Figure N°5 : Plan de masse du complexe de Cevital.

Figure N°6: Organigramme du complexe Cevital.

Figure N°7 : Échelle des procédés membranaires.

Figure N°8 : Filtration frontal et filtration tangentiel.

Figure N°9 : Structure interne d'une membrane à spirale.

Figure N°10 : Principe de l'osmose et l'osmose inverse.

Figure N°11: Principe d'un filtre à sable.

Figure N°12 : Schéma du processus de traitement de l'eau par osmose inverse.

Figure N°13 : Dosage de la dureté totale.

Figure N°14: Dosage de la dureté calcique.

Figure N°15 : Dosage alcalimétrique.

Figure N°16 : Dosage alcalimétrique complet.

Figure N°17: Dosage des chlorures.

Figure N°18 : Variation de pH à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Figure N°19 : Variation de la conductivité à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Figure N°20 : Variation de TH à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Figure N°21 : Variation de TAC à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Figure N°22 : Variation de la teneur en chlorures à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Figure N°23 : Variation de la teneur en chlore à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Figure N°24 : Variation de la teneur en silice à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Figure N°25 : Variation de la teneur en fer à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Liste des tableaux

Tableau N° 1: Principales impuretés des eaux naturelles.

Tableau N° 2: Principaux ions présents dans l'eau.

Tableau N°3 : Avantages et inconvénients des membranes.

Tableau N°4 : Caractéristique physico-chimique de l'eau de forage (après injection de NaOCl).

Tableau N°5 : Détermination de la concentration d'eau filtrée en chlore, fer et manganèse, avant et après injection de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Tableau N°6 : Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau osmosée.

Tableau N°7 : Mesure de pH à l'entrée et la sortie de l'unité OI.

Tableau N° 8 : Mesure de la conductivité à l'entrée et la sortie de l'unité OI.

Tableau N° 9 : Mesure de TH à l'entrée et la sortie de l'unité OI.

Tableau N°10 : Mesure de TA à l'entrée et la sortie de l'unité OI.

Tableau N°11 : Mesure de TAC à l'entrée et la sortie de l'unité OI.

Tableau N°12 : Variation des chlorures à l'entrée et la sortie de l'unité OI.

Tableau N° 13 : Evolution de la concentration en chlore des différents types d'eau analysée.

Tableau N° 14 : Détermination de la teneur de silice à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Tableau N°15 : Détermination de la teneur en fer à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Liste des abréviations

°C : Degré Celsius.

CIP : lavage sur place (Cleaning In Place).

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

°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).

THCa⁺² : Titre calcique.

THMg⁺² : Titre magnésien.

TD-FLOC : floculant.

µm : micromètre.

Introduction

L'histoire de l'eau est en quelque sorte l'histoire de la vie elle-même. L'eau est une substance naturelle qui constitue un élément essentiel dans la vie, son utilité peut varier avec les différents besoins de l'homme (alimentation, arrosage des terres, processus industriel...Etc.)

L'eau contient des gaz dissous, essentiellement de l'oxygène et du gaz carbonique mais aussi de l'azote. Excellent solvant, l'eau est capable de dissoudre un grand nombre de composés solides ou gazeux. Au cours de son périple, qu'elle tombe sous forme de pluies, ruisselle sur les sols, s'infiltré dans la croûte terrestre, ou simplement coule le long des pentes, elle se charge en éléments solubles. Elle contient donc naturellement, en l'absence de toute ingérence humaine, une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des substances minérales ou organiques

Le dépôt de calcaire dans les systèmes de conduite d'eau pose un problème technique important pour l'alimentation en eau et les systèmes de chauffage dans les foyers et l'industrie.

Pour cela, le complexe Cevital dispose d'une station de traitement des eaux pour produire une eau débarrassée d'impuretés en vue d'une production de vapeur nécessaire pour ces différents processus de fabrication.

Dans le cadre de la préparation de notre mémoire de fin d'études, nous avons effectué un stage au complexe Cevital où le processus de traitement des eaux par osmose inverse, nous a particulièrement intéressés.

Le but de ce travail, est de maîtriser toutes les techniques d'analyses utilisées pour la caractérisation et le traitement des eaux au niveau du complexe agro-alimentaire Cevital et nous avons suivie toutes les étapes de purification de l'eau destinée à son utilisation par osmose inverse.

Notre étude est partagée en quatre chapitres :

- Synthèse bibliographiques sur les différentes eaux naturelles et leurs propriétés physico-chimiques.
- Le deuxième chapitre comprend la présentation de complexe Cevital et les étapes de purification utilisées dans l'osmose inverse.
- Le troisième chapitre basé sur les matériels et les méthodes d'analyses utilisées.

- Le dernier chapitre de cette étude est consacré à la présentation des résultats ainsi qu'à leurs discussions, on termine cette étude par une conclusion générale.

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I- Définition de l'eau

L'eau est un liquide transparent, incolore et insipide, corps composé dont les molécules sont formées de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H_2O). L'eau bout à $100^{\circ}C$ à la pression atmosphérique et solidifié à $0^{\circ}C$. Sur la terre ; l'eau est la seule substance qu'on trouve dans ses trois phases à l'état naturelle : Solide (glace ; neige) ; liquide (eau liquide) et gazeux (vapeur d'eau) [1].

II- Le cycle de l'eau

D'après le déplacement de l'eau, dans l'atmosphère, à la surface et dans les sous sols de la terre, le cycle de l'eau peut être décomposé en quatre processus (Figure N°1) distincts :

Le stockage, l'évaporation, la précipitation et le ruissellement. L'eau peut être stocker temporairement dans le sol, les océans, les lacs terrestres, pour s'évaporer et se condenser en nuage et retomber sur les continents et les océans, sous forme de précipitation (pluies ou nuage) qui s'écoule et ruisselle pour être de nouveau stockée ou s'évapore dans l'atmosphère [2].

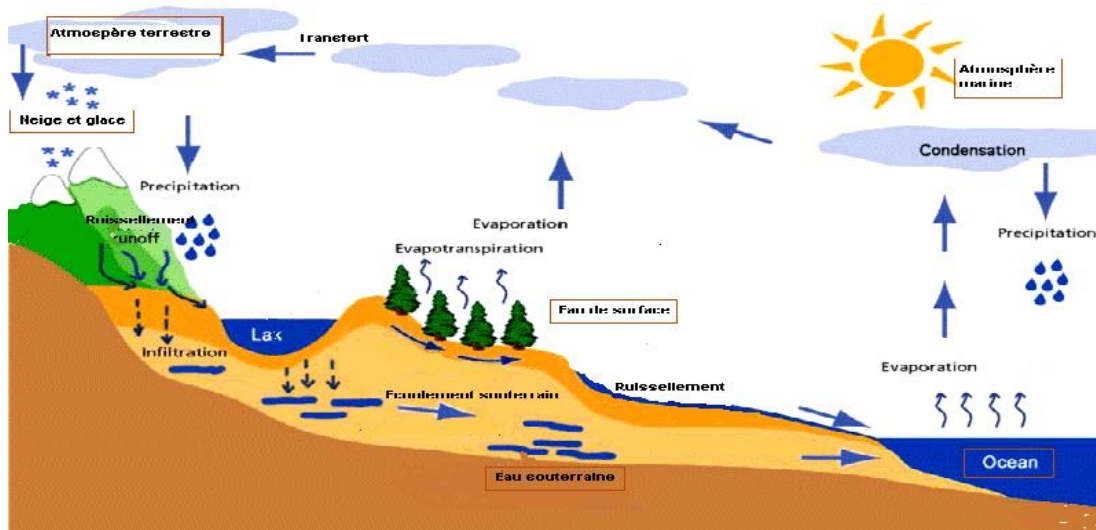


Figure N°1 : Cycle de l'eau.

III- La molécule d'eau

Dans la molécule d'eau (Figure N°2), chaque atome d'hydrogène est lié à l'atome d'oxygène par une liaison dite « covalent » c'est-à-dire, qu'une paire d'électrons est mise en commun, ce qui confère une très grande stabilité à la molécule [2].

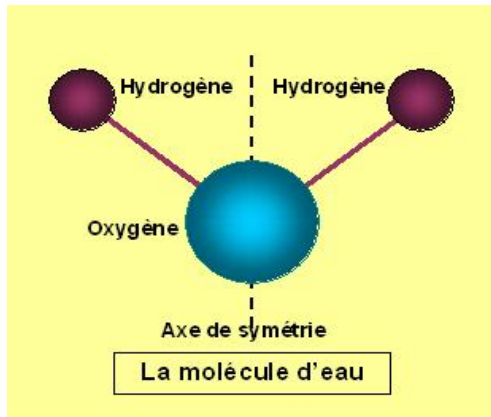


Figure N°2 : Présentation de la molécule d'eau

IV- Différents types des eaux naturelles

On trouve quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de surfaces, 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.

IV-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.

IV-2 Eaux de surface

On peut répartir les eaux de surfaces en trois catégories : eaux de rivières (partie amont), eaux de rivière (partie aval), et les eaux de lac.

➤ Eaux de rivières « partie amont »

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, où la densité de population est faible et l'industrie est pratiquement inexistante. Les principales caractéristiques de ses eaux sont présentées ci-dessous

- Turbidité très élevés ;
- Contamination bactérienne faible ;
- Température froide ;
- Indice de couleur faible.

➤ **Eaux de rivière « partie aval »**

L'aval d'une rivière est en générale situé dans une région ou la population est dense l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Ces eaux sont donc habituellement de moins bonne qualités qu'on amont. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous

- Contamination bactérienne élevée ;
- Contamination organique et inorganique élevée ;
- Indice de couleur pouvant être élevé.

➤ **Eaux de lac**

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne peu imposante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année.

IV-3 Eaux souterraines

Elles sont souvent de meilleures qualités que les eaux de surface. Leurs teneurs en matières 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

- Turbidité faible ;
- Contamination bactérienne faible ;
- Indice de couleur faible ;
- Dureté élevée ;
- Concentration élevée de fer et de manganèses.

IV-4 Eaux de mer

Les eaux de mer 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 caractérisée par leur concentration en sel dissous ; c'est ce qu'on appel salinité.

La salinité de la plupart des eaux de mer varie dans un intervalle de 33000 à 37000 mg/l.

IV-5 Eaux potables

L'eau potable ou eau de boisson peut être définie se référant à l'OMS comme une eau ne renfermant en quantité dangereuse ni substances chimiques ni germes nocifs pour la santé. En outre elle doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent [3].

V- Propriétés de l'eau**V-1 Propriétés physique****V-1-1 La température**

La mesure de la température permet de mieux connaître le caractère d'une eau et son comportement dans un circuit.

La température influe également sur certains paramètres physico-chimiques mesurés (notamment pH, conductivité, redox, etc.). La plupart des appareils de mesure de ces paramètres possède une sonde de température intégrée qui corrige (compense) la valeur à une température de référence (généralement 25°C) [4].

V-1-2 Turbidité

En relation avec la mesure des matières en suspension, elle donne une première indication sur la teneur en matières colloïdales, d'origine minérale ou organique, qui troublent l'eau (c'est donc une notion opposée à celle de limpidité) [5].

V-1-3 Matières en suspension (MES)

Ce paramètre englobe tous les éléments en suspension dans l'eau dont la taille permet leur rétention sur un filtre de porosité donnée ou leur rassemblement, sous forme de culot, par centrifugation. Il n'existe pas de relation générale entre turbidité et MES, mais une telle corrélation peut être établie empiriquement pour chaque type d'eau [5].

V-1-4 Caractères organoleptiques de l'eau

➤ Couleur

La couleur est évaluée par comparaison de l'échantillon à la couleur de solutions de référence. Elle est souvent due à la présence de composés du fer ou du manganèse.

➤ Saveur

La détermination s'effectue en goutant différentes dilutions de l'échantillon. La nature de la saveur doit être précisée (amère, gout chloré, etc.). Certaines molécules sont susceptibles de donner du goût à l'eau, même lorsqu'elles sont présentes en très faible quantité (quelques $\mu\text{g.L}^{-1}$) comme par exemple les chloramines.

➤ Odeur

Il s'agit de déterminer le seuil de perception de l'odeur en diluant l'échantillon jusqu'à la disparition de son odeur. Comme pour la saveur, la nature de l'odeur doit être précisée (odeur de chlore, d'herbe, de moisi, etc.) [4].

V-2 Caractéristiques physico-chimiques

V-2-1 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est le paramètre essentiel pour qualifier l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse. Il est en fonction de la quantité d'acide ou de base présente dans la solution, et du degré de dissociation de l'acide ou de la base [6].

On définit le pH d'une solution par la relation :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Le pH est une grandeur sans dimension. La concentration des ions oxonium s'exprime en mol.L^{-1} . On peut aussi écrire la relation :

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad [7]$$

V-2-2 Conductivité et résistivité

La conductivité électrique, exprimé en siemens par centimètre (S/cm), est l'inverse de la résistivité, exprimée en ohm centimètre ($\Omega \cdot \text{cm}$).

Dans le cas des eaux potables, on l'exprime en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ; elle est proportionnelle à la minéralisation, alors que la résistivité varie à l'inverse de celle-ci [6].

V-2-3 Acidité

L'acidité d'une eau correspond à la présence d'anhydride carbonique libre, d'acides minéraux et des sels d'acides forts et de bases faibles [8].

V-3 Caractéristiques chimiques

V-3-1 Titres

Pour les ions majeurs, qui constituent l'essentiel des composants d'une eau naturelle, les titres (exprimés en meq.l^{-1} ou en $^{\circ}\text{F}$) regroupent un ensemble d'ions.

➤ Titre hydrotimétrique (TH)

Appelé aussi dureté totale, le titre hydrotimétrique mesure l'ensemble des ions alcalinoterreux, c'est-à-dire essentiellement les ions calcium et magnésium (Ca^{2+} et Mg^{2+}). Le titre hydrotimétrique calcique (ou TH calcique), qui ne mesure que la teneur en ions calcium, est parfois distingué du titre hydrotimétrique magnésien (ou TH magnésien), qui ne mesure que la teneur en ions magnésium.

Le TH se mesure par méthode volumétrique.

➤ Titre alcalimétrique complet (TAC)

Ce titre mesure l'ensemble des anions suivants :

- Hydroxyde des bases libres OH^- ;
- Carbonate CO_3^{2-} ;
- Hydrogénocarbonate HCO_3^- ;
- Hydrogénosilicate HSiO_3^- ;
- ainsi que deux des trois valences des ions orthophosphate (PO_4^{3-}).

On peut alors écrire :

$$TAC = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{HSiO}_3^-] + \frac{2 \times [\text{PO}_4^{3-}]}{3}$$

➤ **Titre alcalimétrique simple (TA)**

Ce titre mesure la totalité des bases libres, une des deux valences des ions carbonate et une des trois valences des ions ortho phosphate. On peut ainsi écrire :

$$TA = [\text{OH}^-] + \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{2} + \frac{[\text{PO}_4^{3-}]}{3} \quad [4]$$

VI- Classification des eaux

Divers qualificatifs sont attribués à l'eau suivant la nature des désagréments ou désordres qu'elle engendre. Les eaux peuvent être dites :

- Douces par opposition aux eaux saumâtres et aux eaux de mer ;
- Douces par opposition aux eaux dures ;
- Agressives ;
- Incrustantes ;
- Calcifiantes ;
- Entartrantes ;
- Corrosives [4].

VII- Classement des impuretés

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées de plusieurs manières, selon :

- Leur nature : organique, minérale, gaz ;
- Leur forme et leur origine.

A chacun de ces états ou formes correspondent des dimensions de particules qui vont des plus grandes (algues, sables, etc.) aux plus petites (ions et gaz dissous), le tableau N°1 résume les principaux impuretés présentes dans les eaux naturelles [4].

Tableau N°1: Principales impuretés des eaux naturelles.

Forme	Nature et origine
Solide en suspension	Débris de roches, sables, argiles, débris végétaux et animaux
Matières en émulsion	Hydrocarbures, corps gras
Matières colloïdales	Argiles, silice, composés organiques plus ou moins dégradés
Matières organique dissoutes	<ul style="list-style-type: none"> - Substances d'origine naturelle (végétaux, animaux décomposé, etc.) - Substances de synthèse (pesticides, fongicides, etc.)
Matières minérales dissoutes	Roche solubilisées, rejets industriels et agricoles
Gaz dissous	Gaz de l'air, CO ₂ provenant de la décomposition des végétaux, pollution atmosphérique
Organismes vivants de règne végétal ou animal	Virus, bactéries, champignons, algues, insectes, etc.

VII-1 Matière solides

➤ Matière solides en suspension

Généralement visibles à l'œil nu, les matières solides en suspension nuisent à la limpidité de l'eau. Souvent, les matières solides demeurent en suspension tant que l'eau est en mouvement. Lorsque la vitesse d'écoulement de l'eau diminue et tend vers zéro, les matières solides sédimentent pour former des dépôts (au fond des réservoirs, par exemple).

➤ Matière en émulsion

Ce sont des matières insolubles qui, réparties uniformément dans l'eau et lui confèrent un aspect laiteux. Les émulsions sont plus ou moins stables.

➤ **Matière colloïdales**

Ce sont de très fines particules d'origine minérale ou organique, invisibles à l'œil nu. Elles sont dotées à leur surface de charges électriques partielles qui se repoussent mutuellement, créant ainsi un mouvement permanent qui les maintient en suspension même si le liquide est au repos. En l'absence d'une neutralisation de ces charges, les matières colloïdales ne décantent pas et ne peuvent être retenues que par des filtres très fins (membranes) [4].

VII-2 Matières dissoutes

➤ **Matières organiques dissoutes**

Elles proviennent de la dissolution par l'eau de pluie des végétaux, les animaux décomposés, des rejets urbains, industriels et agricoles (épandage des lisiers, pesticides, fongicides, herbicides, etc.). Ces matières sont très souvent à l'origine de la couleur, d'odeur ou de saveur désagréable. Elles peuvent aussi présenter une certaine toxicité.

➤ **Matières minérales dissoutes**

Les matières minérales dissoutes proviennent généralement de la dissolution des roches par l'eau lors de son cheminement dans la nature. Toutefois, la présence de certains éléments sous forme ionique (les ions chlorure ou nitrate, par exemple) peut provenir de l'activité humaine (pollutions industrielles ou agricoles) [4].

VII-3 Gaz dissous

Les gaz dissous présents dans les eaux ont deux origines :

- Les gaz de l'atmosphère ;
- Les gaz de la surface du sol et du sous sol.

➤ **Gaz de l'atmosphère**

- **Azote (N₂)**

Gaz inerte dans les conditions habituelles d'emploi de l'eau, l'azote ne génère aucun inconvénient particulier.

- **Oxygène (O₂)**

Ce gaz joue un très grand rôle dans les processus de corrosion des métaux, tantôt comme élément favorisant la destruction des métaux à base de fer et la formation des couches d'oxydes protecteurs.

- Dioxyde de carbone (CO₂)

L'eau de pluie s'enrichit en dioxyde de carbone au contact de l'atmosphère. Ce gaz, qui confère à l'eau un pH acide, peut jouer un rôle important dans la dissolution de certaines roches (les roches calcaires, par exemple).

- Oxydes de soufre (SO_x) et d'azote (NO_x)

Ces gaz sont des sous-produits de combustion présents dans l'atmosphère.

➤ Gaz de la surface du sol et du sous-sol

Ce sont principalement les gaz contenus dans les couches d'humus en cours de décomposition et les couches superficielles du sol que l'eau traverse.

- Dioxyde de carbone (CO₂)

Le dioxyde de carbone d'origine végétale constitue la plus grande partie du dioxyde de carbone présent dans les eaux d'infiltration. Tout comme pour l'eau de pluie, ce gaz joue un rôle déterminant dans la dissolution des roches calcaires, mais également dans les phénomènes de corrosion des métaux.

- Ammoniac (NH₃)

Issu de la dégradation des composés organiques azotés, l'ammoniac est biodégradable et peut donc, en qualité d'élément nutritif, intervenir dans le développement de certaines bactéries.

- Hydrogène sulfuré (H₂S)

Provenant de la dégradation de composés organiques soufrés en milieu non aéré, l'hydrogène sulfuré confère à l'eau une odeur et une saveur très désagréables.

Il compte parmi les gaz courants les plus toxiques et son inhalation accidentelle peut provoquer des intoxications graves, pouvant avoir une issue fatale à des concentrations dans l'air de l'ordre de 500 ppm.

Il intervient également comme agent de corrosion des métaux cuivreux et ferreux [4].

VIII- Éléments fondamentaux – éléments caractéristiques

On peut distinguer parmi l'ensemble des ions et molécules dissouts dans l'eau, ceux qui interviennent directement dans les divers équilibres et qui sont dénommés **éléments fondamentaux**. Ils sont au nombre de six :

Ca^{2+} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , H_2CO_3 , H_3O^+ et OH^- .

Les autres ions qui n'interviennent dans les équilibres que par leur poids dans la balance ionique et agissent ainsi sur la force ionique et donc la valeur des constantes apparentes, sont appelés **éléments caractéristiques**.

En règle générale, on considère les six ions suivants :

Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- et NO_3^- .

Dans certaines eaux, on peut trouver en quantité significative d'autres ions tels que les ions fluorure, les ions ferreux ou encore l'ammonium. Il convient, bien entendu, d'en tenir compte dans le calcul de la force ionique. Pour ce qui concerne la silice, elle n'est ionisée que si le pH est supérieur à environ 8,5. Il n'est donc pas souhaitable de prendre en compte la silice si le pH de l'eau est inférieur à cette valeur [9]. Le tableau N°2 résume les principaux ions présents dans l'eau [4].

Tableau 2: principaux ions présents dans l'eau.

Cations	Symbole	Anions	Symbole
Calcium	Ca^{2+}	hydrogénocarbonate	HCO_3^-
Magnésium	Mg^{2+}	carbonate	CO_3^{2-}
Sodium	Na^+	hydrogénosilicate	HSiO_3^-
Potassium	K^+	chlorure	Cl^-
Fer ferreux	Fe^{2+}	sulfate	SO_4^{2-}
Fer ferrique	Fe^{3+}	nitrite	NO_2^-
Cuivre	Cu^{2+}	nitrate	NO_3^-
Aluminium	Al^{3+}	phosphate	PO_4^{3-}

IX- Conséquence de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Les principales conséquences de cette évolution sont :

- L'entartrage ;
- Le primage ;
- La corrosion.

IX-1 L'entartrage

Le phénomène d'entartrage se traduit par des dépôts de plus en plus épais de composés insolubles dans les récipients et dans les conduites, le dépôt peut être constitué d'un grand nombre de composés insolubles, on trouve souvent :

- Le carbonate de calcium ;
- Le sulfate de calcium ;
- L'hydroxyde de calcium ;
- Le silicate de calcium et de magnésium ;
- Les oxydes de fer ;
- Le phosphate de calcium et de magnésium.

L'entartrage peu se manifester à l'intérieur des chaudières, lors de l'utilisation particulière de l'eau, sur les réseaux de distribution dans les circuits de chauffage, de refroidissement et plus précisément dans les échangeurs de température, la Figure N°3 met en évidence la détérioration des conduites d'eau par entartrage [10].



Figure N°3 : Le phénomène de l'entartrage

IX-2 Le primage

Le primage qui affecte uniquement les chaudières est l'entraînement d'eau et de matière minérale par la vapeur, ce phénomène est d'autant plus dangereux quand :

- L'eau des chaudières ont une salinité plus élevée ;
- Le poids de gouttelettes contenues dans la vapeur est élevé.

Il est en fonction des caractéristiques de la chaudière et des conditions d'exploitation.

Les facteurs favorisant le primage sont :

- Une hauteur d'eau ;
- Une pression de marche élevée ;
- De la composition de l'eau de chaudières, le primage augmente du fait des éléments suivants ;
- Sels dissous ;
- Soude libre ;
- Particules solides en suspension [10].

IX-3 Corrosion

La corrosion est une réaction d'oxydoréduction qui se produit un métal et son environnement lorsque ce dernier contient des agents oxydants. Au de cette réaction le métal



La corrosion est dit sèche lorsque les agents oxydants sont en phase gazeuse (par exemple la corrosion par le dioxygène de l'aire) et humide lorsque les agents oxydants sont en solution aqueuse. La figure N°4 nous montre la dégradation d'un métal par des ions corrosifs [11].



Figure N°4: Le phénomène de la corrosion

Chapitre II : Procédé de traitement de l'eau par osmose inverse**Partie A : Présentation du complexe Cevital****I-Historique**

Cevital est une société par action, parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée de notre pays en économie du marché. Elle a été créée par 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, sont excédent commercial de 600T/J.

Les nouvelles données économiques nationales dans le marché de l'agroalimentaire, font que les meilleures sont ceux qui maîtrisent d'une façon efficace et optimale les coûts, les charges et ceux qui offrent le meilleur rapport qualité/prix. Ceci est nécessaire pour s'imposer sur le marché que Cevital négocie avec les grandes sociétés commerciales internationales telles que CARREFOUR et AUCHAN(en France), ROYAL(en Suisse) et autres sociétés spécialisées dans l'import-export en Ukraine, Russie, ces produits se vendent dans différentes villes africaines (Tunis, Niamey, Bamako...) [12].

II- Situation géographique

Cevital est implanté au niveau du nouveau quai du port de Bejaia à 3Km du sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN 26.

Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet elle se trouve proche du port et l'aéroport, la figure N°5 nous montre le plan de masse du complexe Cevital [12].



Figure N°5 : plan de masse du complexe de Cevital [12].

III- Principales activités de Cevital

Lancé en Mai 1998, le complexe Cevital a débuté son activité par conditionnement d'huile en Décembre 1998.

En Février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté, Cette dernière est devenue fonctionnelle en Août 1999.

L'ensemble des activités de Cevital est concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et de sucre et se présente comme suit :

- Raffinage des huiles (1800 tonnes /jour) ;
- Conditionnement d'huile (1400 tonnes/jour) ;
- Production de margarine (600 tonnes/jour) ;
- Fabrication d'emballage (PET): Poly-éthylène-Téréphtalate (9600 unités/heure) ;
- Raffinage de sucre (1600 tonnes/jour et 3000 tonnes/jour) ;
- Stockage de céréales (120000 tonnes) ;
- La cogénération (une capacité de production arrive jusqu'à 64 MW).
- Minoterie et savonnerie en cours d'étude [12].

IV- Missions et objectifs

L'entreprise a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et de sucre à des prix nettement plus compétitifs et ce la dans le but de satisfaire le client et le fidéliser.

- L'extension de ses produits sur tout le territoire national ;
- L'importation de graines oléagineuse pour l'extraction directe des huiles brutes ;
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail ;
- L'encouragement des agriculteurs par des financiers pour la production locale de graines oléagineuse ;
- La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production ;
- Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leur exportation [13].

V- Présentation et structuration du complexe

Le diagramme présenté dans la figure N° 14 donne une vue général sur les différents organes constituant le complexe Cevital.

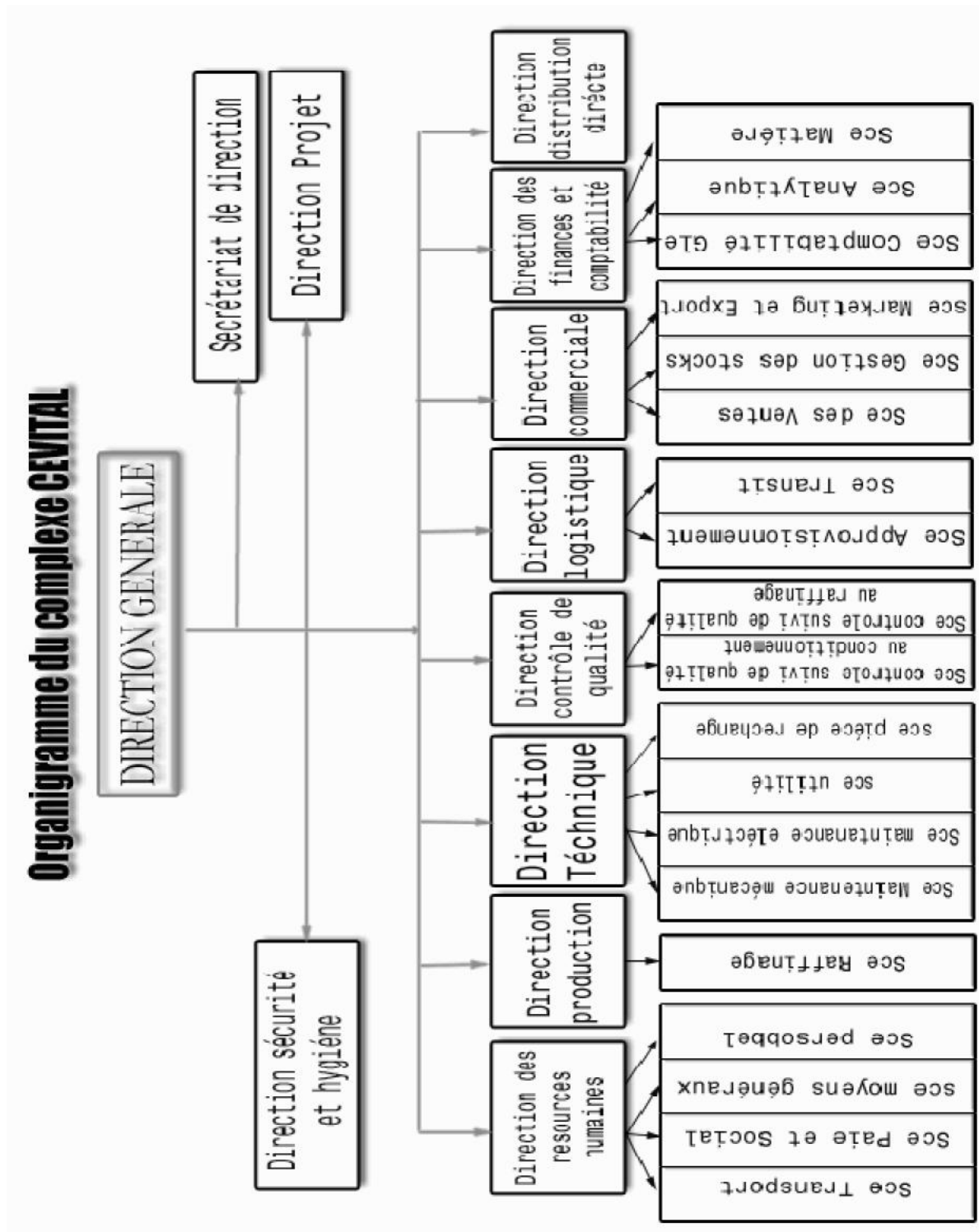


Figure N°6: Organigramme du complexe Cevital [14].

➤ **La direction logistique**

Celle-ci s'occupe essentiellement de l'approvisionnement, l'expédition, le transit et l'emmagasiner de toutes matières et marchandises achetées et son transport (locales, étrangères) ; assurant ainsi à l'entreprise une production constante et à moindre coût.

➤ **La direction commerciale**

Son objectif est de faire connaître les différents produits de l'entreprise avant leur commercialisation.

➤ **La direction des finances et comptabilité (D.F.C)**

Elle contrôle les emplois, les ressources ainsi que la présentation de documents officiels tels que: Le bilan fiscal, tableau des comptes et des différents bilans annuels...etc.

➤ **La sécurité et hygiène**

Elle maintient l'ordre et la sécurité au sein de l'entreprise ainsi que la prévention, et la surveillance.

➤ **La direction des ressources humaines (D.R.H)**

Son objectif étant principalement le suivi de la carrière du personnel, le traitement des salaires, le recrutement...etc.

➤ **La direction de margarinerie**

Celle-ci s'occupe essentiellement de la production de margarine et a à son actif un service maintenance et méthodes.

➤ **La direction des silos**

Ils servent à stocker et expédier les graines qui seront utilisées pour la production.

➤ **La direction de conditionnement d'huile**

La direction de conditionnement d'huile s'occupe de la mise en bouteilles de l'huile.

➤ **La direction de raffinerie d'huile**

Son but de produire l'huile qui sera distribué vers les différentes villes d'Algérie, celle-ci compte un bureau méthodes, maintenance et les utilités.

➤ **La direction de raffinerie de sucre**

Son objectif est de fabriqué et produire du sucre, qui nécessite une grande quantité en vapeur d'eau déminéralisée, cette dernière est produite dans l'unité osmose inverse (qui fait toujours partie de ce même service, cette unité a été conçu en 2002).

➤ **La direction du projet**

Cette direction s'occupe de la réalisation et de la construction de nouveaux domaines pour l'expansion du complexe.

➤ **La direction marketing**

➤ **La direction énergie et électrique**

Son but est d'assurer le bon fonctionnement du réseau électrique ou autre équipements et machines du complexe.

➤ **Les laboratoires**

Ils servent à contrôler et analyser les matières premières et les produits finis avant leurs commercialisations [13].

Partie B : Procédé de traitement de l'eau par osmose inverse

I-Généralités sur les procédés membranaires

I-1 La membrane

I-1-1 Définition

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 [15].

I-1-2 Structure

Deux types de membranes sont utilisés en traitement de l'eau :

- Les membranes symétriques (ou isotropes), qui possèdent des propriétés identiques sur toute leur épaisseur ;
- Les membranes asymétriques (ou anisotropes), dont la structure composite varie de la surface de la membrane vers l'intérieur.

Ces membranes sont généralement supportées, c'est-à-dire fixées sur un support de manière à leur conférer une bonne stabilité mécanique [4].

I-1-3 Nature

Les membranes symétriques, asymétriques et supportées sont classées selon la nature des matériaux qui les composent :

➤ Membranes organiques

Elles sont fabriquées à partir de polymères organiques (acétate de cellulose, polyamides, etc). Les qualités de ces matériaux leur confèrent une grande adaptabilité aux différentes applications. Environ 90 % des membranes d'ultrafiltration et de microfiltration sont constituées par des membranes organiques [16].

➤ Membranes minérales ou inorganique

Ces dernières ont été diffusées plus tardivement par rapport aux membranes organiques. Elles sont composées de corps entièrement minéraux (matières céramiques, métal fritté).

Leur arrivée a permis de travailler dans des conditions extrêmes de température et d'agression chimique, ce qui a ouvert de nouvelles voies dans la séparation par membrane [16].

➤ **Membranes composites**

Elles sont caractérisées par une structure asymétrique, beaucoup plus fine que celle des membranes classiques non composites et par une superposition de plusieurs couches différenciées soit par leur nature chimique, soit par leur état physique. Elles peuvent être organiques (superposition de polymères organiques différents), organo-minérales ou minérales [16].

Le tableau N°3 montre les avantages et les inconvénients des membranes [4].

Tableau N°3 : avantages et inconvénients des membranes.

Type de membrane	composition	Avantages	inconvénients
organique	Acétate de cellulose	-Perméabilité élevée -Sélectivité élevée -Mise en ouvre aisée -Faible adsorption des protéines	-Sensible à la température -sensible au pH -sensible au compactage -sensible aux micro-organismes
	polyamide	Bonne stabilité chimique, thermique et mécanique	-Très sensible au chlore -faible perméabilité -phénomènes d'adsorption (risque de colmatage)
	polysulfone	-Bonne stabilité thermique -bonne stabilité au pH	-sensible au compactage -Phénomènes d'adsorption (risque de colmatage)
	composite	-Perméabilité élevée -sélectivité élevée -excellente tenue aux pH, extrêmes -bonne stabilité thermique	
Minérale		-bonne stabilité chimique -Bonne stabilité thermique	-Faible perméabilité Microfiltration uniquement

I-2 Les différents types de séparation membranaire

- Microfiltration ;
- Ultrafiltration ;
- Nanofiltration ;
- Osmose inverse.

La microfiltration, l'ultrafiltration et nanofiltration mettent en jeu des membranes possédant une structure poreuses tandis que les membranes d'osmose inverse sont des matériaux denses.

I-2-1 La microfiltration

Elle est définie comme un procédé de séparation solide/ liquide. Le mécanisme est basé exclusivement sur l'effet tamis (taille) et rend possible la rétention de particules en suspension ou de 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 [17].

I-2-2 L'ultrafiltration

Utilisée pour séparer des macromolécules et d'espèces colloïdales. Le solvant ainsi que les solutés de faible masse molaire traversent la membrane selon un mécanisme convectif sous l'effet de la pression, tandis que les espèces de taille supérieures (colloïdes, protéines, polymères) sont retenues.

Les pressions sont supérieures à celle rencontrées en microfiltration et le seuil de coupure se situe entre 10^3 et 10^6 Dalton [17].

I-2-3 La nanofiltration

Pour traiter des espèces de taille inférieure à 2 nm (sucre, colorants, sels,.....) elle se situe à la transition 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 bar). Les membranes de nanofiltration possèdent également une sélectivité spécifique vis-à-vis des espèces ioniques, une

réention plus faible des co-ions monovalents que des co-ions divalents et une forte réention globale pour les sels minéraux à faible concentration [17].

I-2-4 L'osmose inverse

Osmose directe est un procédé naturel dans lequel la mise en œuvre d'une membrane semi-perméable entre deux solutions de concentrations différentes permet d'obtenir une migration à travers de la membrane d'une partie de l'eau pure, de la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée jusqu'à obtention d'un équilibre ionique [18].

L'osmose inverse est un procédé mettant en œuvre des membranes semi perméables qui laissent passer facilement l'eau pure et retiennent les différents sels, la figure N°7 résume les différentes types de séparations membranaire [19].

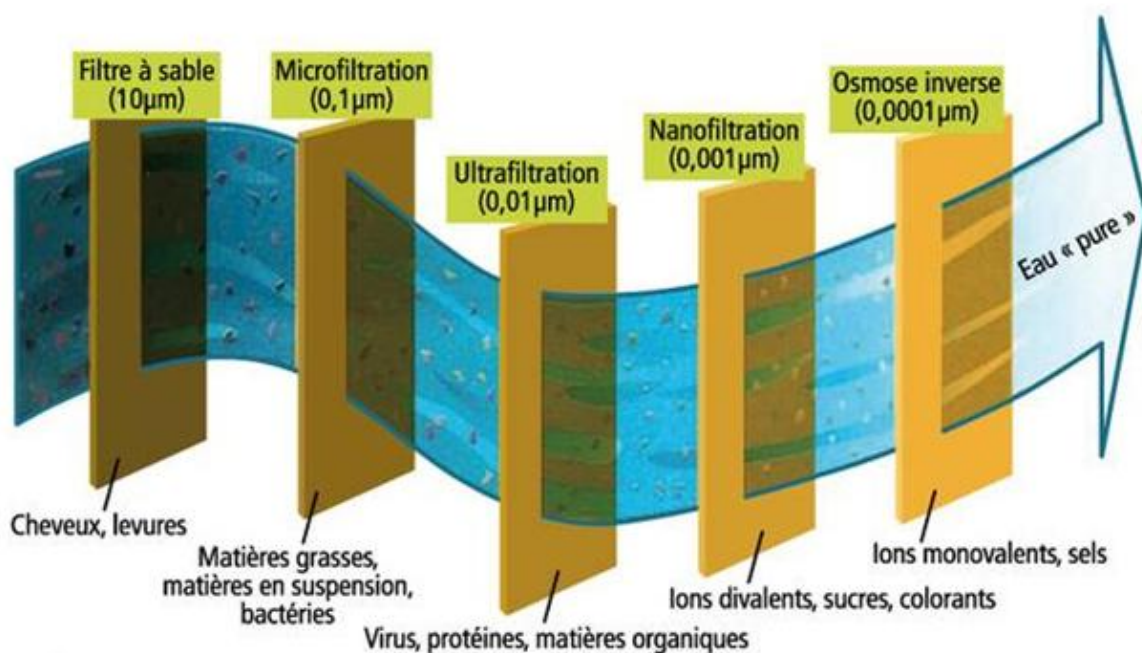


Figure N°7 : Échelle des procédés membranaires.

Remarque

Chaque technique séparative arrête les polluants jusqu'à une certaine taille critique.

I-3 Les membranes poreuses et denses

I-3-1 La structure poreuse

Résulte par les interstices entre les constituants solides d'une membrane, elle est présentée par les espaces entre les chaînes de polymère pour les membranes organiques, et les espaces intergranulaires pour les membranes inorganiques.

Selon la taille des pores on distingue trois catégories :

- Micropores : de diamètres inférieurs à 2 nm.
- Mésopores : de diamètres compris entre 2 et 50 nm.
- Macropores : de diamètres supérieurs à 50 nm.

I-3-2 La structure dense

Dont la taille des interstices formés entre les constituants de la matrice membranaire est voisine de celle d'un ion solvate [20].

I-4 Mise en œuvre des membranes

Il existe deux types de mise en œuvre des membranes : l'écoulement frontal et l'écoulement tangentiel.

➤ 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 (Figure N°8a).

➤ Écoulement tangentiel

Dans ce cas, la solution à filtrer circule parallèlement à la membrane. Le fonctionnement du système de filtration s'effectue en continu : l'accumulation des espèces retenues à la surface de la membrane est moins importante qu'en filtration (Figure N°8b) [20].

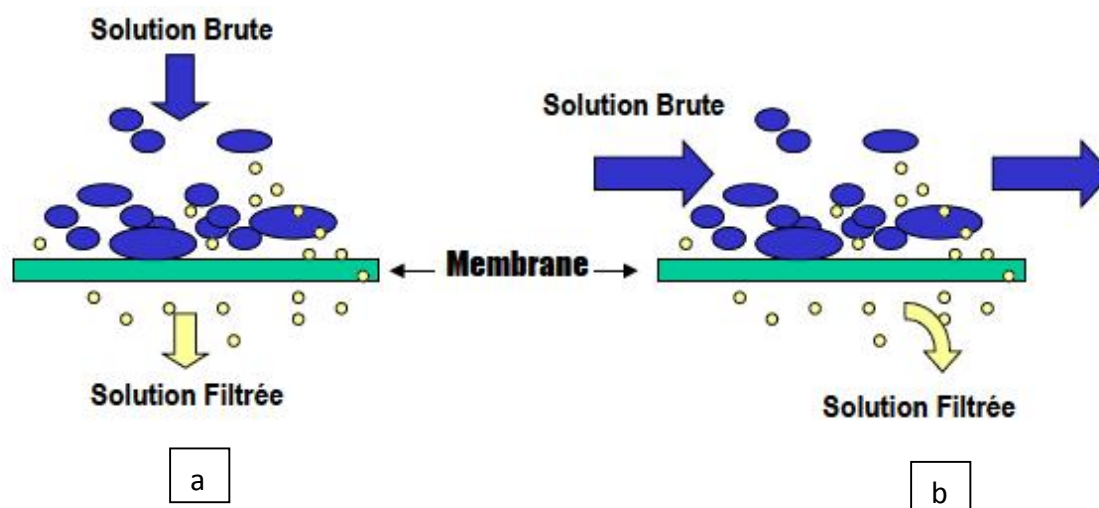


Figure N°8 : Filtration frontale (a) et filtration tangentielle (b).

II- Module

Quelle que soit leur nature, les modules pressurisés sont contenus à l'intérieur d'un corps de pression. Ces enveloppes sont appelées modules, elles peuvent être de différentes géométries :

II-1 Module plan ou filtre-presse

Cette configuration dérivée des filtres-presses est constituée d'un empilement de membranes sous forme de feuille. Les membranes sont disposées parallèlement les unes aux autres et sont séparées par des grilles ou support [21].

II-2 Modules tubulaires

Ils sont constitués d'une ou plusieurs membranes inorganiques ou organiques de forme tubulaire, ayant des diamètres internes entre 4 et 25 mm. Plusieurs tubes individuels peuvent être placés dans un module. Le module multicanaux représente la forme optimisée actuelle [21].

II-3 Les modules fibres creuses (écoulement tangentiel ou frontal)

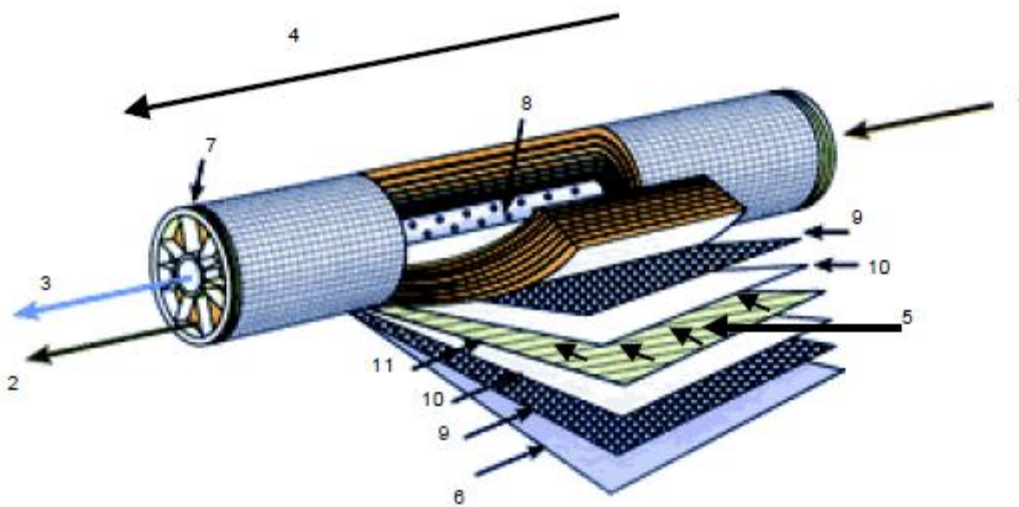
Ils contiennent plusieurs milliers de fibres dont le diamètre est de l'ordre de 1mm.

Les faisceaux obtenus sont encollés aux extrémités de façon à assurer l'étanchéité entre le compartiment (perméat) et l'alimentation.

L'alimentation peut se faire à l'intérieur (interne externe) ou à l'extérieur (externe-interne) des fibres creuses, selon que la peau active est à l'intérieur ou à l'extérieur de la fibre creuse [21].

II-4 Les modules spirales (écoulement tangentiel)

C'est un module particulier de membranes planes qui sont enroulées autour d'un axe creux collecteur de perméat. L'ensemble est introduit dans une enveloppe cylindrique dont les sections donnent accès à l'entrée de l'alimentation et à la sortie du retentât comme présenté sur la figure N°9 [21].



- 1 Entrée d'eau
- 2 Sortie de concentrat
- 3 Sortie de perméat
- 4 Sens d'écoulement de l'eau brute
- 5 Sens d'écoulement du perméat
- 6 Matériau de protection
- 7 Joint d'étanchéité entre module et enveloppe
- 8 Perforations collectant le perméat
- 9 Espaceur
- 10 Membrane
- 11 Collecteur de perméat

Figure N°9 : Structure interne d'un module spirale.

III- Osmose inverse

III-1 Principe

Rappelons qu'on appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane sous l'action d'un gradient de concentration.

Considérons un système à deux compartiments séparés par une membrane perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes (figure N°10). Le phénomène d'osmose va se traduire par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée.

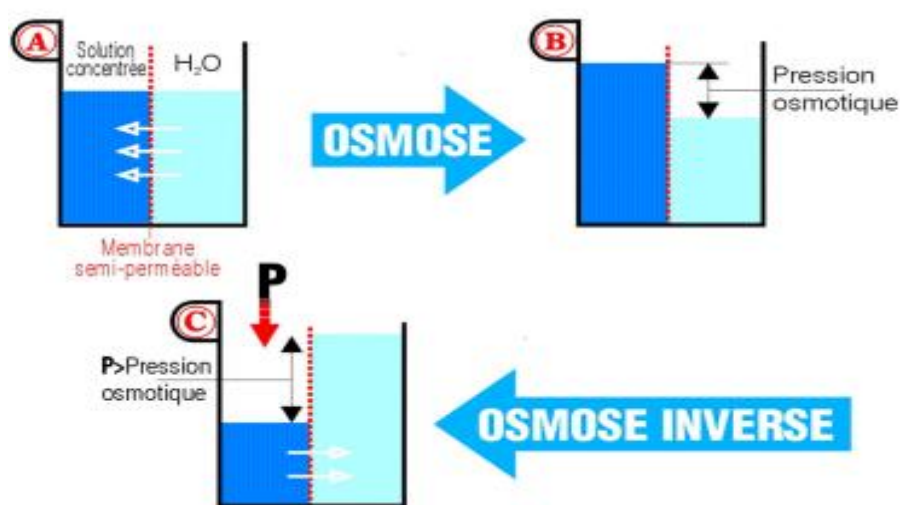


Figure N°10 : Principe de l'osmose et l'osmose inverse.

Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau va s'annuler. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pur, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique.

Une augmentation de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse [22].

III-2 Pression osmotique

La pression osmotique peut être calculée en assimilant le comportement des molécules du soluté à celles de molécules gazeuses. Dans le cas d'une solution diluée, on peut appliquer la loi des gaz parfaits :

$$V = n RT$$

- π : pression osmotique en bar;
- V : volume de la solution en litre;
- n : nombre de mole de soluté;
- R : constante de gaz parfaits ($0,0821 \text{ bar}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$);
- T : température absolue en K [22].

IV- Procédé d'osmose inverse

L'unité d'osmose inverse au niveau de Cevital est d'une capacité de production de 300 m³/heure d'eau déminéralisée. Elle est constituée de quatre lignes séparées de 100 m³/heure chacune. L'eau brute de départ est déminéralisée à 98% [18].

IV-1 Les étapes du procédé

Le système de traitement se divise en divers sous systèmes décrits ci-dessous :

- Un système d'alimentation en eau brute ;
- Un système de prétraitement composé de :
 - Système de stérilisation et régénération du dioxyde de manganèse ;
 - Pré-filtration avec filtres à sable ;
 - Réservoir de stockage de l'eau filtrée ;
 - Groupe de déchloration ;
 - Groupe de dosage de produit séquestrant ;
 - Groupe de dosage de produits biocides ;
 - Filtres à cartouche ;
 - Système de contre lavage.
- Système d'osmose inverse

- Lavage sur place CIP (Cleaning In Place) [18].

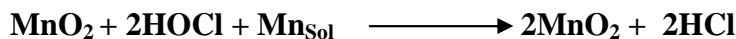
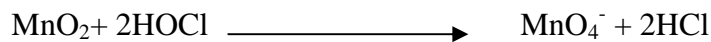
IV-2 Système d'alimentation en eau brute

L'eau brute utilisée au niveau de l'osmose inverse est une 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 (NaOCl) est dosé favorisant l'oxydation des ions ferreux et la formation de l'hydroxyde de fer capable de précipiter [18].

IV-3 Système de prétraitement

IV-3-1 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 du manganèse soluble après oxydation superficielle du MnO_2 en MnO_4^- suivant la réaction :



Pour éliminer le fer, le produit TD-FLOC est dosé. La déferrisation utilise aussi le MnO_2 (pyrolusite) par l'oxydation des ions ferreux pour former de l'hydroxyde de fer [18].

IV-3-2 Pré-filtration avec des filtres à sable

Pour éviter l'entassement des filtres à cartouche, six filtres à sable sont prévus pour retenir toutes les particules en suspension ayant un diamètre supérieur à 40 microns [18].

Ces filtres sont constitués par un réservoir, le plus souvent cylindrique, contenant un lit de sable calibré (granulométrie comprise entre 0,4 et 1 mm), sur lequel l'eau à clarifier circule de haut en bas. Les impuretés sont pour la plupart retenues à la surface du 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 de couche 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 (Figure N°11) [4].

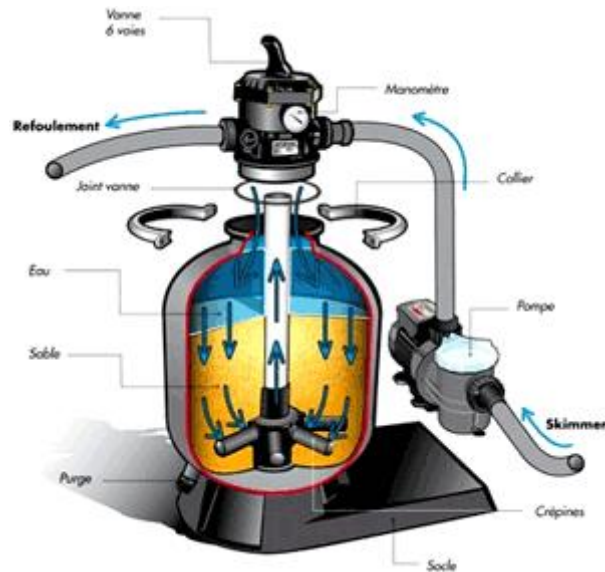


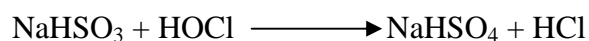
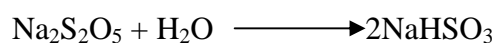
Figure N°11: principe d'un filtre à sable

IV-3-3 Réservoir d'eau filtrée

L'eau filtrée est stockée dans un réservoir intermédiaire, ce qui rend indépendant la section osmose [18].

IV-3-4 Groupe de déchloration

Sur la ligne d'alimentation des lignes 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 [18].

IV-3-5 Groupe de dosage de produit 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 [18].

IV-3-6 Groupe de dosage de produits biocides

pour éviter toute prolifération bactérienne et formation de bio film, il est prévu de doser une fois par semaine pendant une demi heure un produit biocide [18].

IV-3-7 Filtres à cartouche

Très simples de construction, puisque constitués d'une enveloppe de pression contenant la ou les cartouches avec un orifice d'arrivée d'eau à filtrer et un orifice de sortie d'eau filtrée, ces filtres sont d'encombrement et d'investissement réduits [4].

Ils sont prévus pour éliminer toutes les particules ayant un diamètre supérieur à 5 microns [18].

IV-3-8 Contre lavage

Pour éviter tout encrassement des filtres on procède à leur lavage qui s'effectue en deux phases :

➤ **Première phase**

L'air passe à travers ces filtres pour détacher du matériau filtrant les impuretés retenus.

➤ **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 détachées lors de la première phase [23].

IV-4 Système d'osmose inverse

C'est la section principale de tout le système, il est composé de quatre lignes de 100 m³/h chacune. L'eau provenant des filtres de sécurité est envoyée aux modules R01, R02, R03 et R04 par des pompes hautes pression. Dans ces modules, l'eau est séparée en eau déminéralisée (produit) et en concentré (eau de décharge). L'eau produite est stockée et acheminée vers les chaudières par deux pompes centrifuges [18].

IV-5 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 [18].

Le processus général de traitement de l'eau par osmose inverse est schématisé dans la figure N°12.

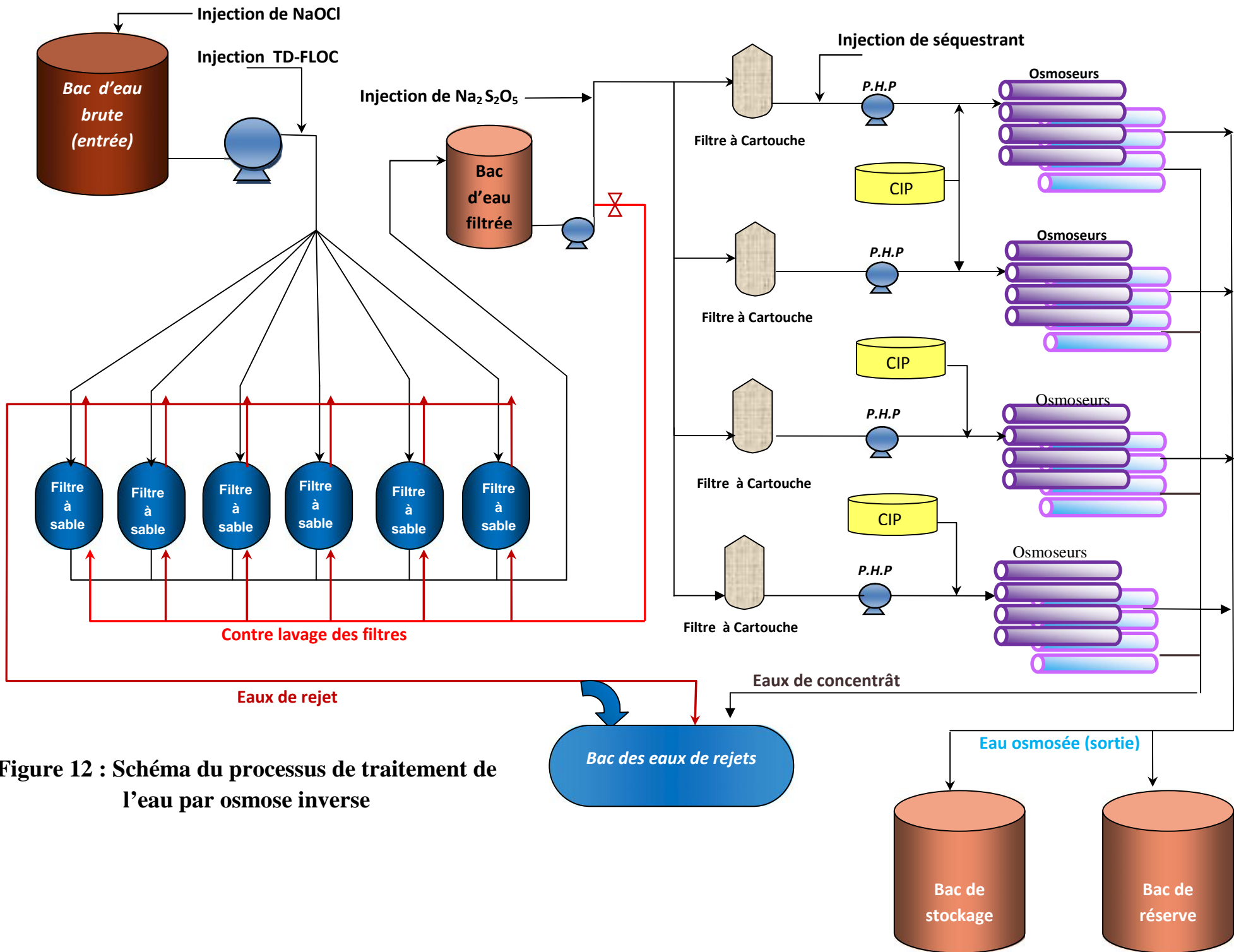


Figure 12 : Schéma du processus de traitement de l'eau par osmose inverse

Chapitre III : Méthodes, Matériels et réactifs utilisés

Les bouteilles d'échantillonnage doivent être rincées plusieurs fois avec l'eau à prélever, afin d'éviter la dissolution ou l'évaporation de gaz. On laisse déborder largement, puis on bouche le contenant plein à ras bord [24].

I-Méthodes d'analyses

I-1 Méthodes électrochimiques

I-1-1 Le potentiel d'hydrogène (pH)

➤ Principe

C'est la mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ .

➤ Matériels

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

➤ Mode opératoire du pH-mètre

- Etalonner 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 l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon ;
- Après stabilisation, lire le résultat.

I-1-2 La conductivité

➤ 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 [3].

➤ **Matériels**

- Conductimètre HACH HQ40d muni d'une cellule conductimétrique ;
- Bécher.

➤ **Mode opératoire**

Après avoir étalonné le conductimètre :

- Plonger la cellule de l'appareil préalablement rincée dans un bécher avec l'eau à analyser ;
- Secouer la cellule légèrement afin d'éliminer les bulles d'air ;
- Attendre quelques secondes et mesurer.

➤ **Expression des résultats**

La conductivité est exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

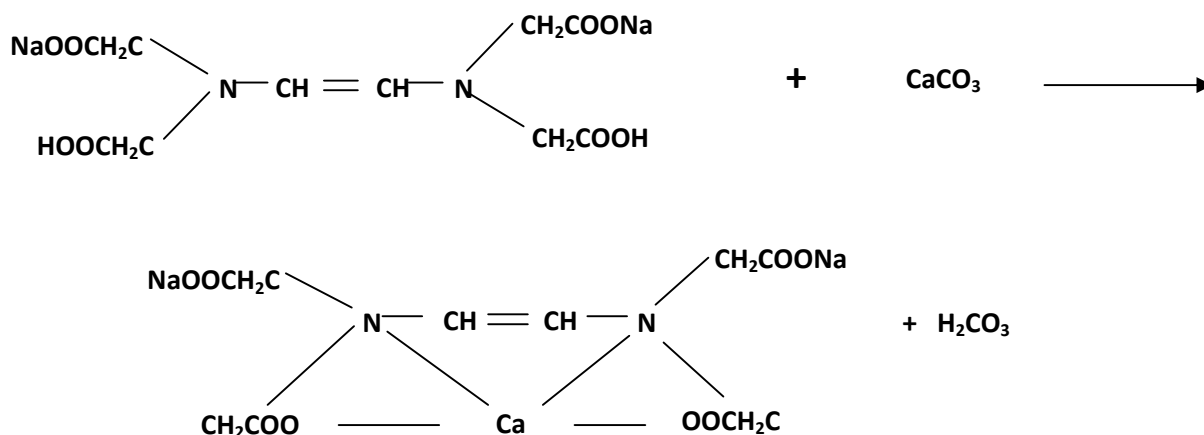
I-2 Méthodes Titrimétriques

I-2-1 Le titre hydrotimétrique total (dureté total)

➤ **Principe**

Les alcalinoterreux présents dans l'eau (Mg^{2+} et Ca^{2+}) sont amenés à former un complexe par le sel disodique de l'acide éthylènediamine tétraacétique à $\text{pH} = 10$. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium [3].

➤ **Réactions chimiques**



➤ Matériels

- Erlenmeyer 250 ml ;
- Becher ;
- Burette graduée de 10 ml.

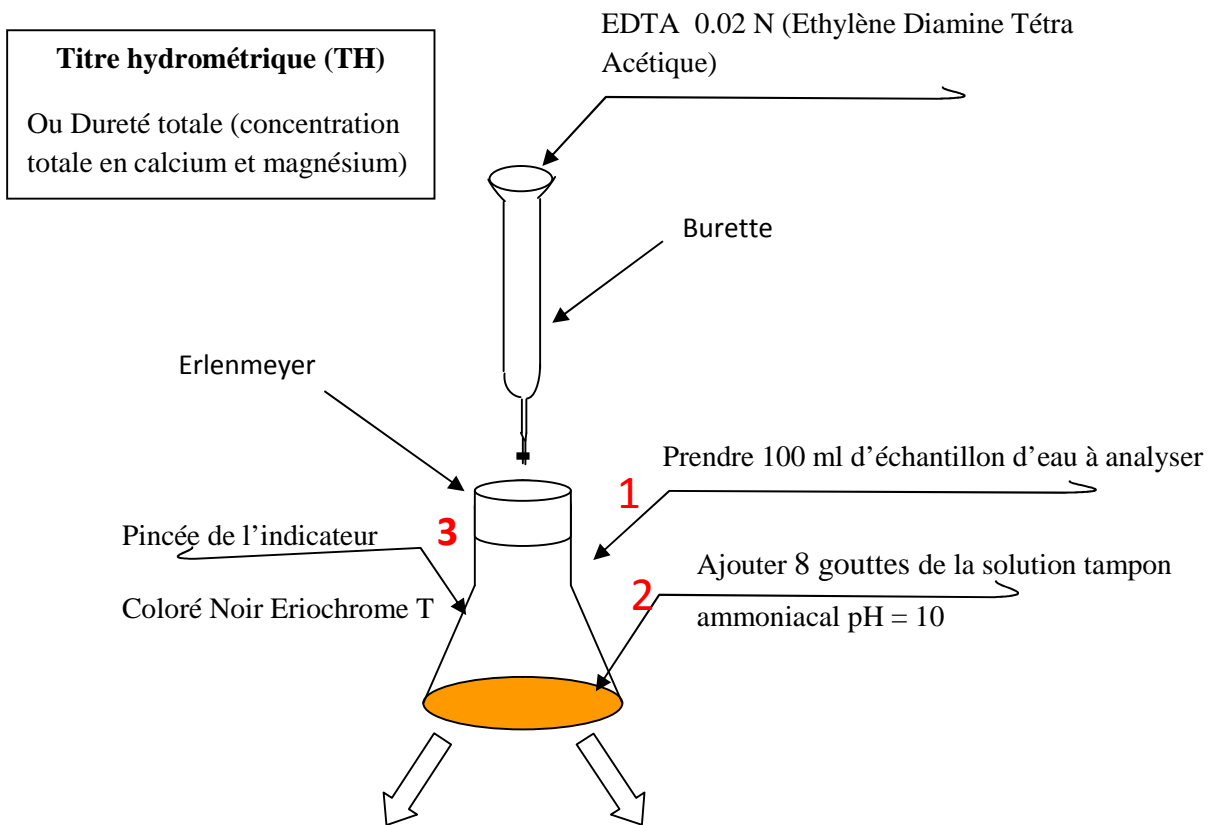
➤ Réactifs

- EDTA (0.02 N) ;
- Solution tampon ammoniacal pH=10 ;
- Noir Eriochrome T (NET) indicateur coloré.

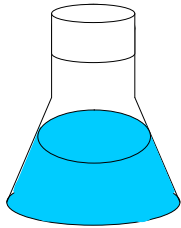
➤ Mode opératoire

- 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 Pincée de l'indicateur Coloré 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 à 0,02N jusqu'au virage de la coloration violette vers le bleu vert.

Le schéma du dosage de la dureté totale est représenté par la figure N°13.

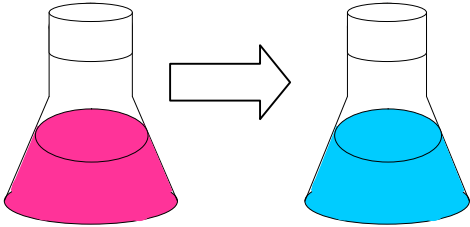


1^{er} cas : Coloration bleue n'implique pas de titrage.



TH = 0°F

2^{ème} cas : Coloration violette implique il y a titrage avec EDTA 0.02 N jusqu'à coloration violette vers le bleu vert.



TH = chute de burette (°F)

Figure N°13 : Dosage de la dureté totale.

➤ **Expression des résultats : (Annexe)**

Le calcul du TH total

$$\text{TH total (°F)} = V_{\text{EDTA}} \text{ ml}$$

- TH total : Titre hydrotimétrique total.
- °F : Degrés français ($1^\circ\text{F} = 10 \text{ mg/l de CaCO}_3$).
- V_{EDTA} : Volume de titrage, chute de la burette.

I-2-2 Le 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.

➤ **Matériels**

- Erlenmeyer 250 ml ;
- Becher ;
- Burette graduée de 10 ml.

➤ **Réactifs**

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

➤ **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 par la figure N°14.

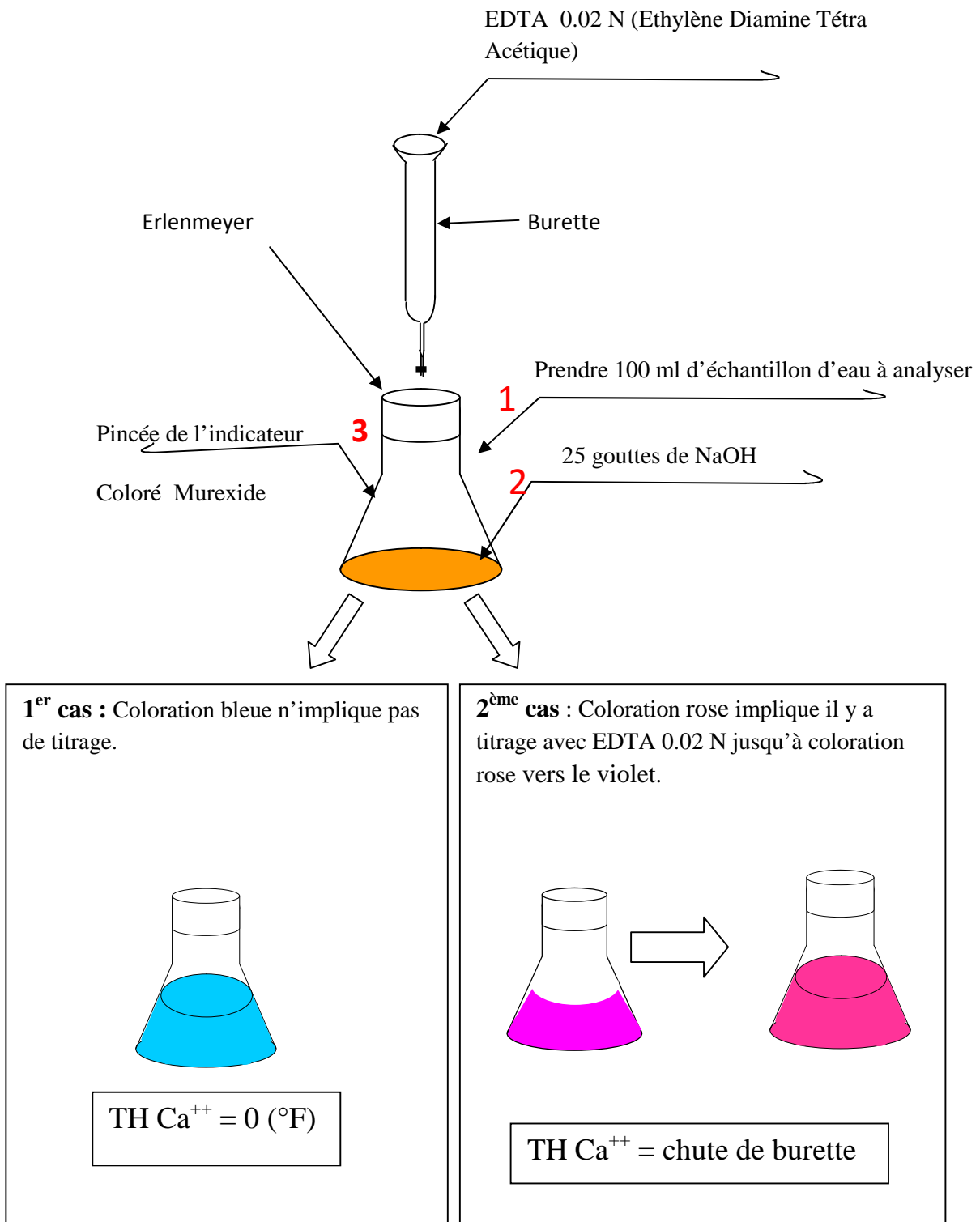


Figure N°14: Dosage de la dureté calcique.

➤ **Expression des résultats : (Annexe)**

Le calcul du $TH Ca^{2+}$:

$$TH Ca^{2+} \text{ (}^\circ F) = V \text{ ml}$$

- $TH Ca^{++}$: Titre hydrométrique calcique.

- °F : Degrés français ($1^{\circ}\text{F} = 10 \text{ mg/l de CaCO}_3$).

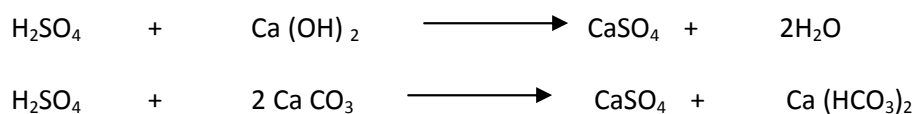
- V : Chute de la burette en ml.

I-2-3 Le 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.

➤ Réaction chimique



➤ Matériels

- Erlenmeyer 250 ml ;
- Bécher ;
- Burette graduée de 10 ml.

➤ Réactifs

- Acide sulfurique (0.02 N) ;
- Phénolphtaléine.

➤ Mode opératoire

Prélever 100ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénolphtaléine. Une coloration rose doit alors se développer. Dans le cas contraire le TA est nul, ($\text{pH} < 8,3$) 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 ($\text{pH}=8,3$) [3].

Le schéma du dosage alcalimétrique est représenté par la figure N°15.

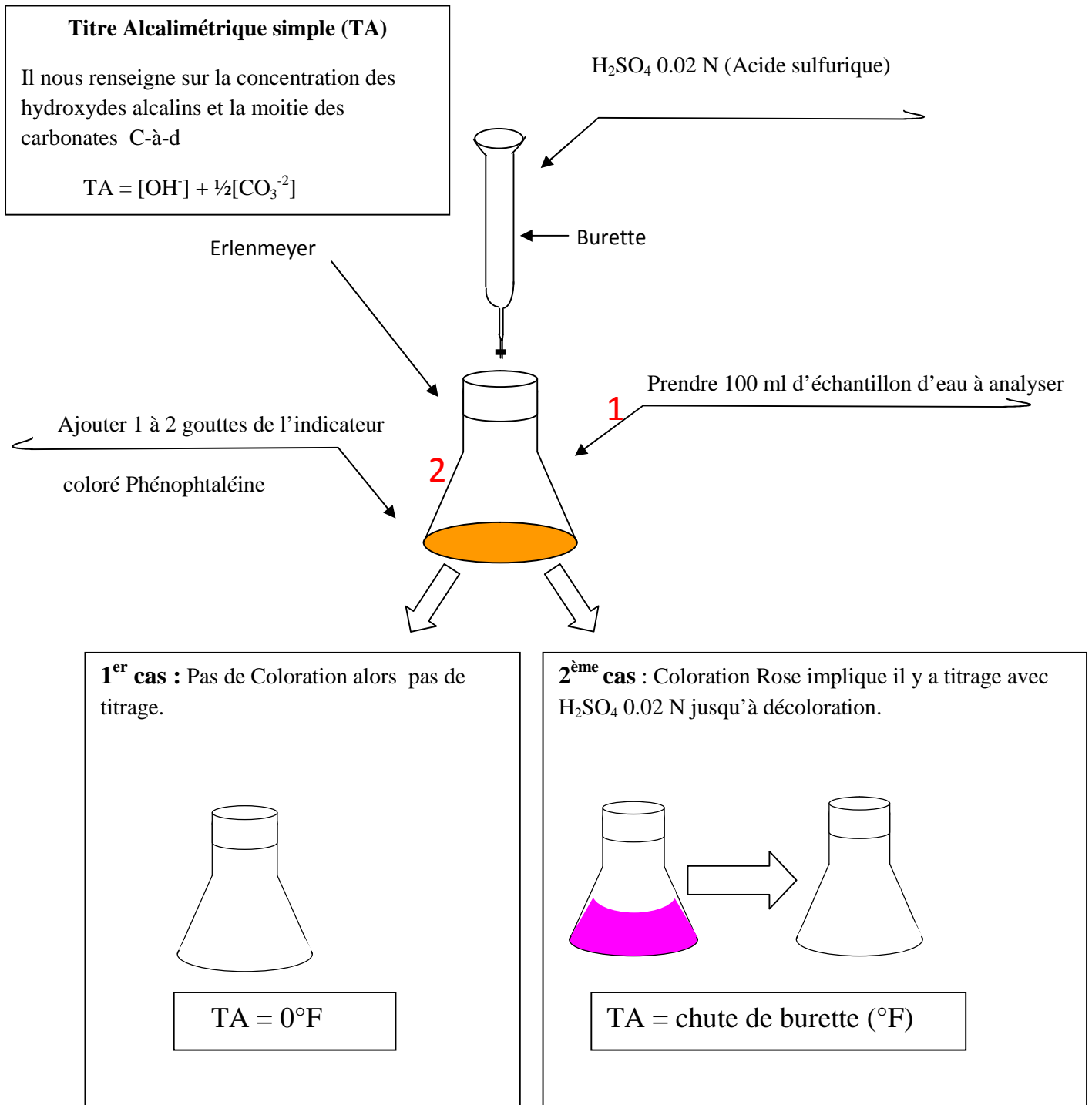


Figure N°15 : Dosage alcalimétrique.

➤ **Expression des résultats :(Annexe)**

Le calcul du TA :

$$TA (°F) = V \text{ ml}$$

- TA : Titre alcalimétrique.
- °F : Degrés français (1°F = 10mg/l de CaCO₃).

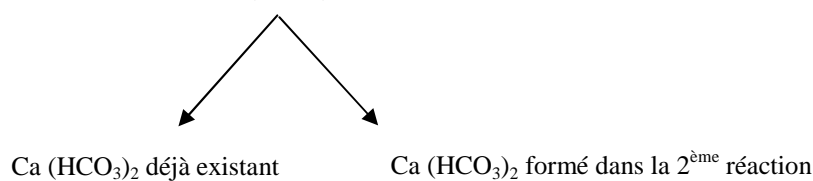
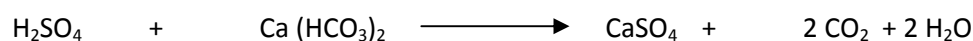
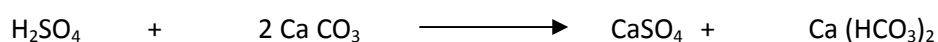
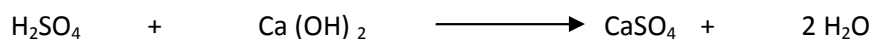
- V : Volume de la chute de la burette en ml.

I-2-4 Le 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.

➤ Réactions chimiques du TAC



➤ 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 par la figure N°16.

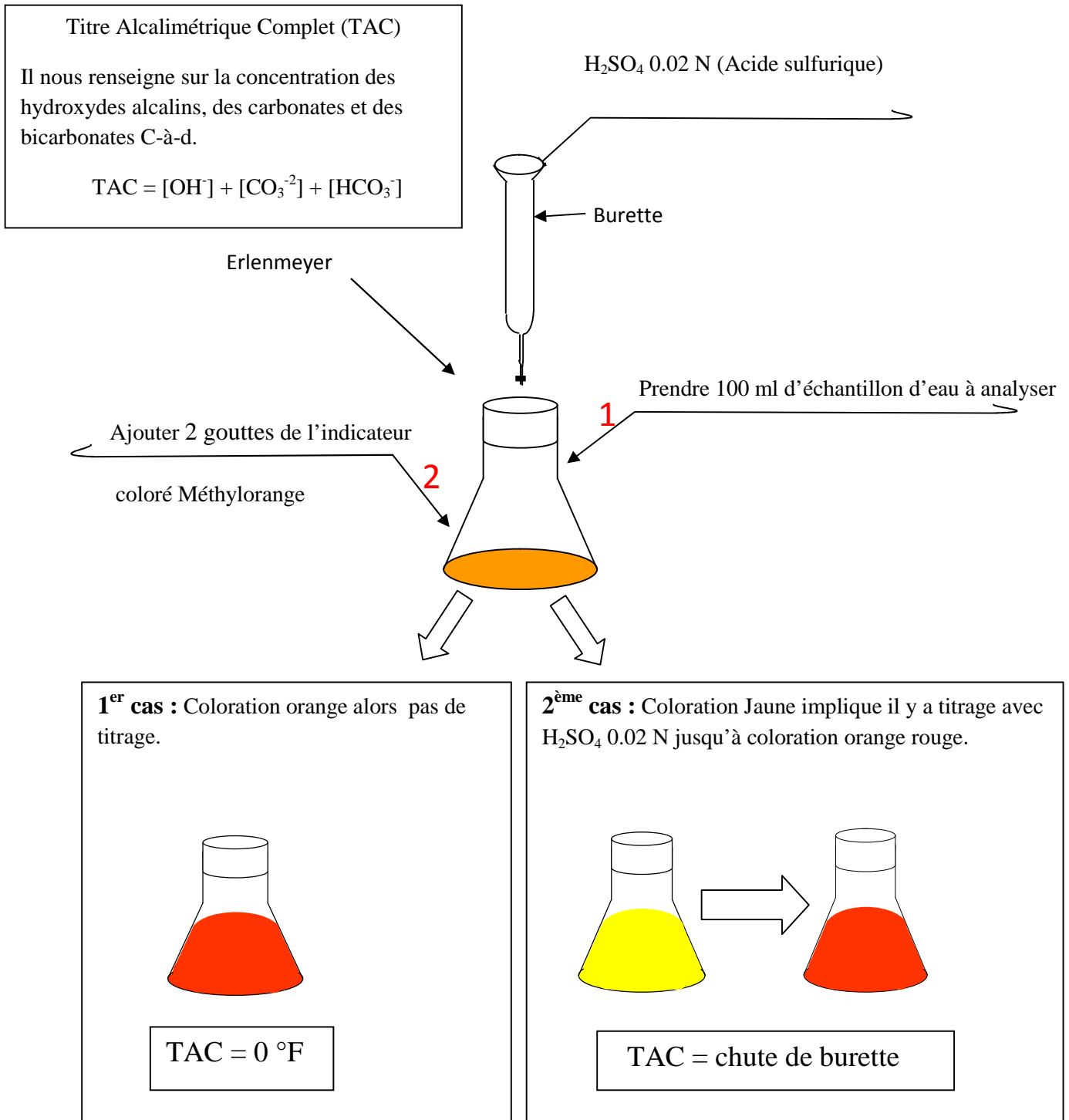


Figure N°16 : Dosage alcalimétrique complet.

➤ **Expression des résultats : (Annexe)**

Le calcul du TAC

$$\text{TAC (°F)} = V \text{ ml}$$

I-2-5 Dosage des chlorures par la méthode de « MOHR »

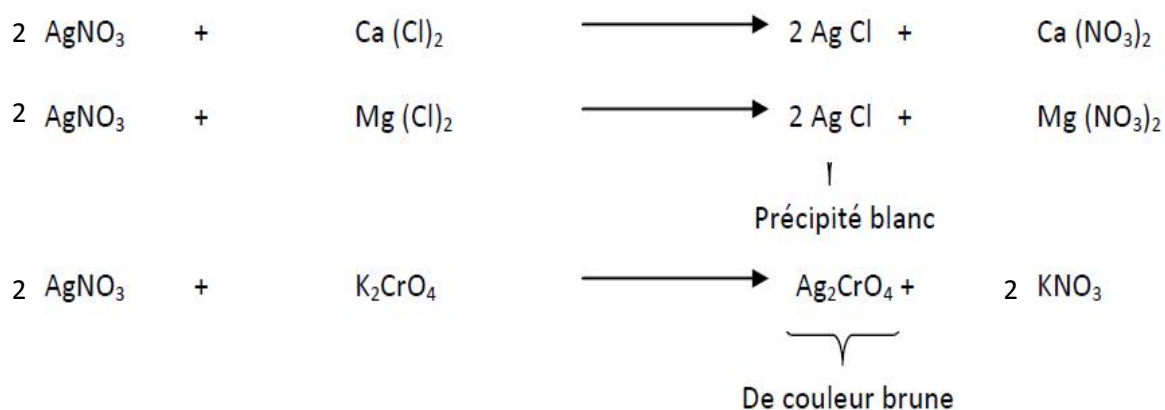
Cette méthode de dosage est pour l'analyse de la teneur en chlorure (Cl) dans l'eau.

- 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) [8].

➤ Principe

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former des chlorures d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition de 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.

➤ 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 par la figure N°17.

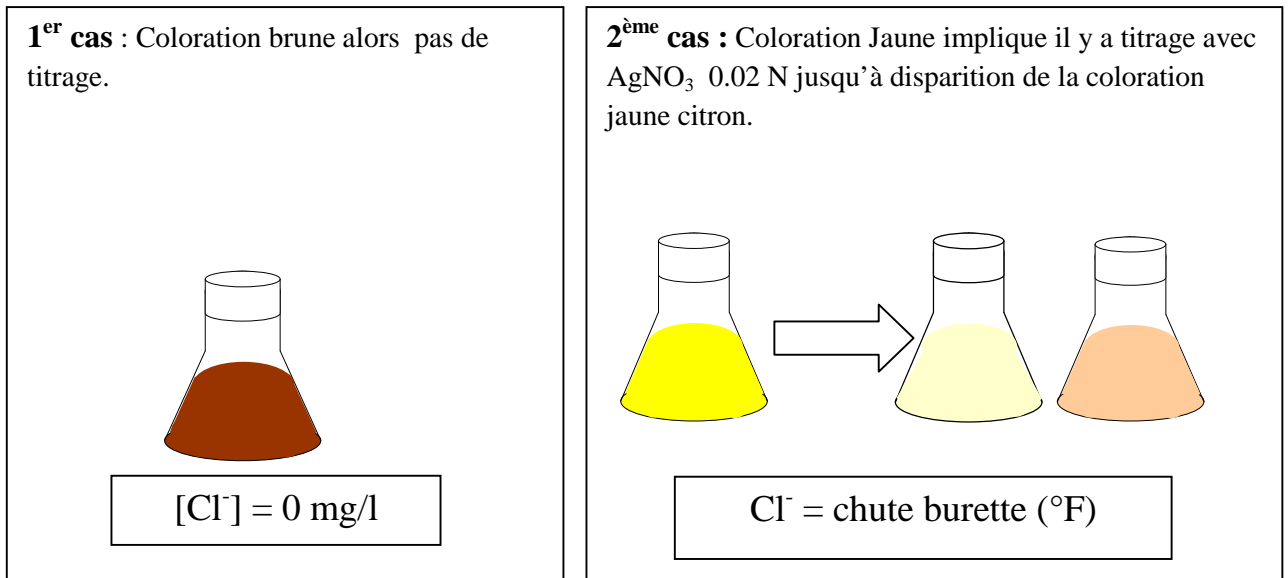
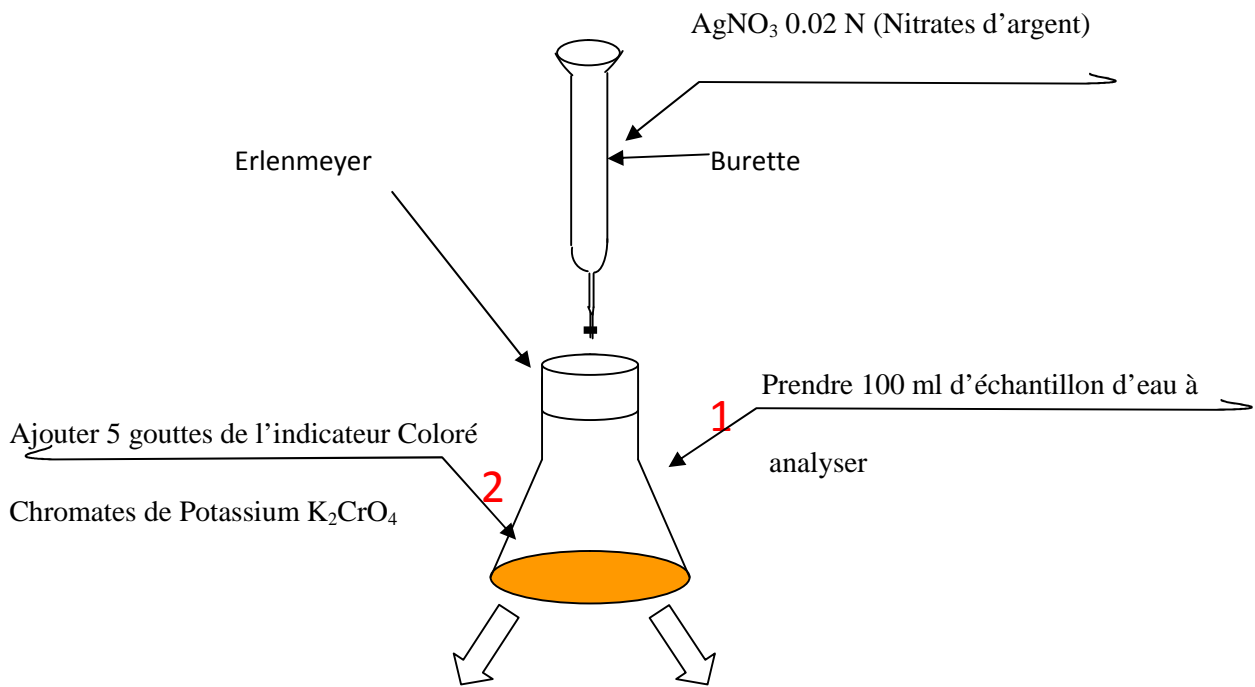


Figure N°17: Dosage des chlorures.

➤ **Expression des résultats : (Annexe)**

Le calcul des chlorures :

$$\text{Cl}^- (\text{°F}) = V \text{ ml}$$

- Cl⁻ : Chlorures
- °F : Degrés français (1°F = 7,1 mg/l de Cl⁻).
- V_{AgNO₃} : Volume de titrage, chute de la burette.

I-3 Méthodes spectrophotométriques

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

I-3-1 Le fer: NANOCOLOR® Fer 3 Test 0-37 Art. N° 985 037

➤ **Définition**

Fer, élément métallique blanc argenté, de symbole Fe et de numéro atomique 26. Le fer appartient au groupe VIII (colonne 8) des éléments de transition et est situé dans la quatrième période du tableau périodique.

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 (II) ou de Fe (III).

➤ **Principe**

Le fer(II) réagit avec un dérivé de la triazine pour donner un complexe violet. La capsule NANOFIX sert pour la réduction de Fe(III) en Fe(II) et pour l'ajustage du pH.

➤ **Matériels**

- Cuve ronde NANOCOLOR ;
- pipette 5 ml;
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV/VIS.

➤ **Réactifs**

- Réactifs 2 NANOCOLOR

➤ **Mode opératoire**

Dans une cuve ronde, ajouter 4ml 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.

R₂ : est un kit chimique pour le dosage du fer.

I-3-2 La Silice: NANOCOLOR® Silice Test 1-48Art. N° 918 48

➤ **Définition**

La silice est un composé chimique (dioxyde de silicium) qui entre dans la composition de nombreux minéraux de formule SiO₂, la silice existe à l'état libre sous différentes formes cristallines ou amorphes et à l'état combiné dans les silicates, les groupes SiO₂ 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.

➤ **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 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 transvaser dans des cuves rectangulaires. 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.

I-3-3 Le chlore libre: NANOCOLOR® Chlore Test 1-16

➤ **Définition**

Le chlore libre est un gaz halogène de couleur jaune vert ; contenue dans l'hypochlorite de sodium (NaOCl) ajouté à l'eau de forage. Il agit comme un désinfectant et un régénérant du MnO₂.

➤ **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.

➤ **Matériels**

- Cuve rectangulaire 5cm NANOCOLOR ;
- Pipette 1 ml, 20ml ;
- fiole 25 ml ;
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV/VIS

➤ **Réactifs**

- Réactifs 1 et 2 NANOCOLOR

➤ **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 transvaser dans des cuves rectangulaires. La lecture se fait à une longueur d'onde de 540 nm.

R₁, R₂ : sont des kits chimiques pour le dosage du chlore libre.

I-3-4 Le manganèse : NANOCOLOR® Manganèse 10 Test 0-58 Art. N° 985 058

➤ **Définition**

Manganèse, élément chimique métallique cassant, blanc argenté, de symbole Mn et de numéro atomique 25. C'est un élément de transition.

➤ **Principe**

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

➤ **Matériels**

- Cuve ronde NANOCOLOR;
- pipette 1 ml et 5ml ;
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV/VIS

➤ **Réactifs**

- Réactifs 2,3 NANOCOLOR;

➤ **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. Le blanc est préparé avec 04 ml de l'échantillon à analyser, 0.5 ml de R2 et une cuillère de mesure de R3.

R₂, R₃ : sont des kits chimiques pour le dosage du manganèse.

I-3-5 Aluminium : NANOCOLOR® Aluminium 07 Test 0-98 Art. N°985 098

➤ **Définition**

Aluminium, élément métallique de symbole Al et de numéro atomique 13. L'aluminium appartient au groupe III A (colonne 13) du tableau périodique et son état d'oxydation le plus stable est + 3. C'est l'élément métallique le plus abondant dans la croûte terrestre.

➤ **Principe**

L'ériochromocyanine R développe avec l'aluminium en solution faiblement acide une coloration rouge-violette.

Les échantillons fortement acides et tamponnés doivent être ajustés à pH = 6.

➤ **Matériels**

- Cuve ronde NANOCOLOR
- Pipette 1 ml, 5 ml
- Spectrophotomètre NANOCOLOR UV/VIS

➤ **Réactifs**

- Réactifs 2, 3 et 4 NANOCOLOR

➤ **Mode opératoire**

Dans une cuve ronde on introduit :

- 0,5 ml de R2
- 0,5 ml de R3
- 04 ml de l'échantillon à analyser
- 0,5 ml de R4

Ensuite on ferme et on agite le mélange. En fin on mesure après 5 mn.

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

R₂, R₃, R₄ : sont des kits chimiques pour le dosage de l'aluminium.

Chapitre IV : résultats et discussion

Interprétation et discussion des résultats

Les analyses sont effectuées sur des échantillons d'eau de forage IBOURASSEN (BEJAIA) avant et après traitement.

Les paramètres étudiés sont : le pH, la conductivité, TA, TAC, TH, TH Ca²⁺, Cl⁻, SiO₂, Cl₂, fer, Mn, Al.

I- Résultats des analyses physico-chimiques

Tableau N°4 : Caractéristique physico-chimique de l'eau de forage (après injection de NaOCl).

Paramètre Echantillon	pH	Conducti- vité μS/cm	TH Total (°F)	TH Ca ²⁺ (°F)	TA (°F)	TAC (°F)	Cl ⁻ (°F)	SiO ₂ (ppm)	Cl ₂ (ppm)	Fer (ppm)	Mn (ppm)	Al (ppm)
Norme	7-8	<2400 μS/cm	<85 °F	0 °F	0 °F	<40 °F	<50 °F	<12 ppm	1,5-3 ppm	<3 ppm	<1,2 ppm	00 ppm
Echantillon 1	7,71	2189,33	84,47	55,87	0,00	33,07	52,60	4,81	0,02	0,69	0,20	0,04
Echantillon 2	7,78	2209,67	84,80	56,07	0,00	29,49	53,27	3,20	0,04	0,55	0,20	0,00
Echantillon 3	7,57	2204,67	83,07	57,93	0,00	31,40	52,67	5,07	0,08	0,44	0,30	0,03
Echantillon 4	7,69	2214,00	84,47	56,13	0,00	33,33	52,67	4,40	0,06	0,59	0,20	0,01
Echantillon 5	7,64	2220,00	84,20	55,00	0,00	30,20	52,40	6,26	0,07	0,42	0,40	0,05
Moyenne	7,67	2207,54	84,20	56,2	0,00	31,49	52,72	4,74	0,05	0,53	0,26	0,02

Tableau N°5 : Détermination de la concentration d'eau filtrée en chlore, fer et manganèse, avant et après injection de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Eau filtrée Paramètre	Avant injection de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$			Après injection de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$			
	Cl ₂ (ppm)	Fer (ppm)	Mn (ppm)	Ligne 1 Cl ₂ (ppm)	Ligne 2 Cl ₂ (ppm)	Ligne 3 Cl ₂ (ppm)	Ligne 4 Cl ₂ (ppm)
Echantillon							
Norme	<0,5 ppm	<0,1 ppm	00 ppm	00 ppm	00 ppm	00 ppm	00 ppm
Echantillon1	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Echantillon2	0,04	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01
Echantillon3	0,08	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01
Echantillon4	0,06	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01
Echantillon5	0,07	0,04	0,00	0,03	0,02	0,02	0,02
Moyenne	0,05	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01

Tableau N°6: les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau osmosée.

Paramètre	pH	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TH total	TA (°F)	TAC (°F)	Cl ⁻ (°F)	SiO ₂ (ppm)	Fer (ppm)
Norme	5,5-7,5	<100 $\mu\text{s}/\text{cm}$	<1°F	0 °F	<1,5°F	< 3°F	<4ppm	<0,1ppm
Echantillon1	5,90	25,10	0,00	0,00	0,50	1,50	0,05	0,00
Echantillon2	5,97	22,73	0,00	0,00	0,50	1,40	0,02	0,01
Echantillon3	5,65	24,67	0,00	0,00	0,43	1,40	0,03	0,00
Echantillon4	5,96	23,90	0,00	0,00	0,47	1,40	0,06	0,00
Echantillon5	5,85	24,33	0,00	0,00	0,40	1,33	0,07	0,01
Moyenne	5,86	24,14	0,00	0,00	0,46	1,40	0,046	0,004

II- Discussion

Tableau N°7 : Mesure de pH à l'entrée et la sortie de l'unité OI.

Echantillon	Entrée	Sortie
Echantillon1	7,71	5,90
Echantillon2	7,78	5,97
Echantillon3	7,57	5,65
Echantillon4	7,69	5,96
Echantillon5	7,64	5,85
Moyenne	7,67	5,86

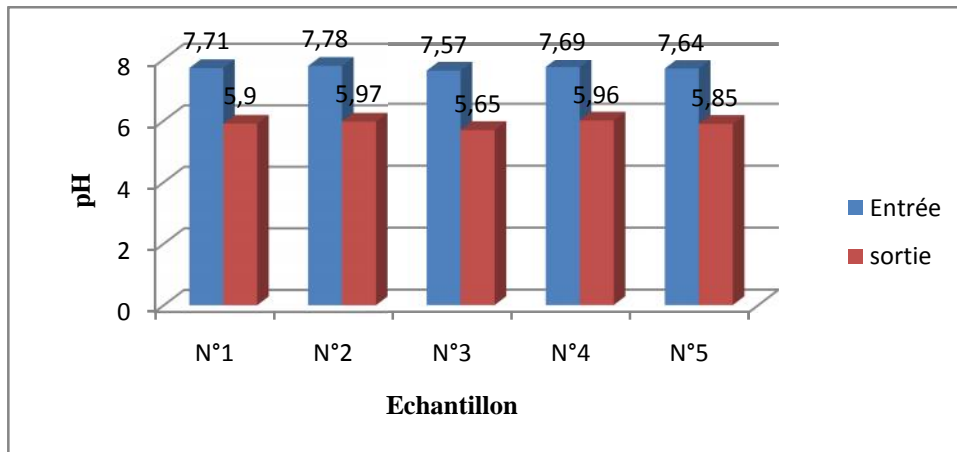


Figure N°18 : variation de pH à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Discussion

La mesure du pH est une considération importante en ce qui concerne la détermination de l'action corrosive de l'eau et l'évaluation des pratiques de traitement d'eau au niveau des procédés industriels.

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, il varie habituellement entre 4,5 et 8,3.

Les résultats illustrés dans le tableau N°7 montre que, le pH avant et après le traitement varie de 7,67 à 5,86 les valeurs de pH mesuré répondent aux normes.

Tableau N°8 : Mesure de la conductivité à l'entrée et la sortie de l'unité OI.

Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	Entrée ($\mu\text{s/cm}$)	Sortie ($\mu\text{s/cm}$)
Echantillon1	2189,33	25,10
Echantillon2	2209,67	22,73
Echantillon3	2204,67	24,67
Echantillon4	2214,00	23,90
Echantillon5	2220,00	24,33
Moyenne	2207,54	24,14

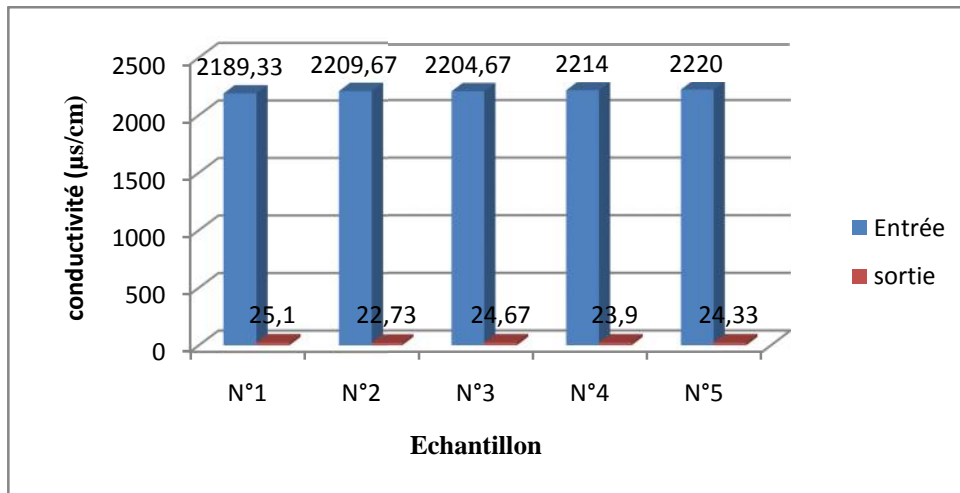


Figure N°19 : variation de la conductivité à l’entrée et à la sortie de l’unité OI.

Discussion

Avant le traitement de l’eau, la conductivité est très importante ceci s’explique par la forte présence d’ions minéraux. Nous remarquons une diminution de cette dernière après traitement. Les résultats obtenus (tableau N°8) répondent aux normes.

Tableau N°9 : Mesure de TH à l’entrée et la sortie de l’unité OI.

Echantillon	Entrée (°F)	Sortie (°F)
Echantillon1	84,47	0,00
Echantillon2	84,80	0,00
Echantillon3	83,07	0,00
Echantillon4	84,47	0,00
Echantillon5	84,20	0,00
Moyenne	84,20	0,00

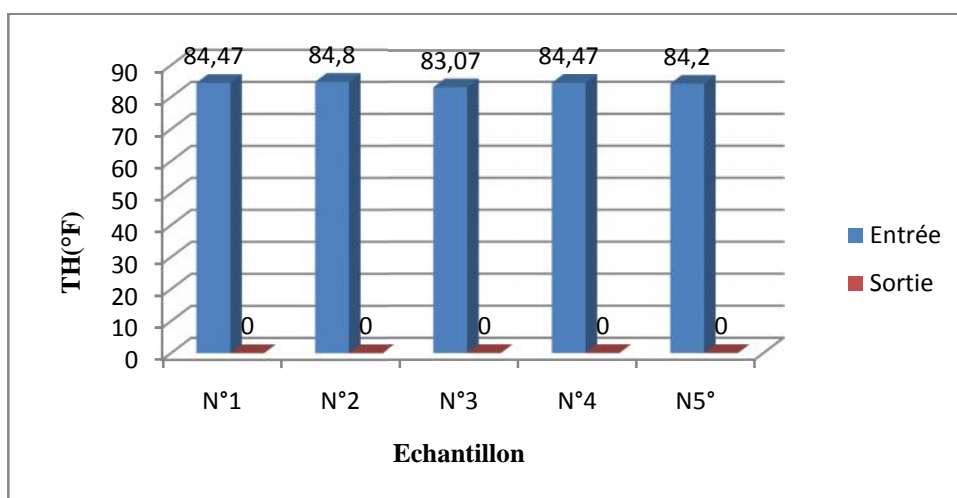


Figure N°20 : variation de TH à l’entrée et à la sortie de l’unité OI.

Discussion

Le titre hydrotimétrique indique la teneur globale de l'eau en sels de calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} qui rendent l'eau «dure » (sels incrustants).

D'après les résultats obtenus, on constate que la qualité d'eau est dure mais reste conforme aux normes, cette dureté est liée à la nature des terrains traversés par l'eau que se soit calcaire ou gypseuse peut présenter un risque d'entartrage des conduites.

Tableau N°10 : Mesure de TA à l'entrée et la sortie de l'unité OI.

Echantillon	Entrée (°F)	Sortie (°F)
Echantillon1	00,00	00,00
Echantillon2	00,00	00,00
Echantillon3	00,00	00,00
Echantillon4	00,00	00,00
Echantillon5	00,00	00,00
Moyenne	00,00	00,00

Discussion

Le titre alcalimétrique (TA) est nul pour tous les points de prélèvements, car le pH est inférieur à 8,3 d'où l'absence de base forte (carbonates, les alcalins libres).

Tableau N°11 : Mesure de TAC à l'entrée et la sortie de l'unité OI.

Echantillon	Entrée (°F)	Sortie (°F)
Echantillon1	33,07	0,50
Echantillon2	29,49	0,50
Echantillon3	31,40	0,43
Echantillon4	33,33	0,47
Echantillon5	30,20	0,40
Moyenne	31,49	0,46

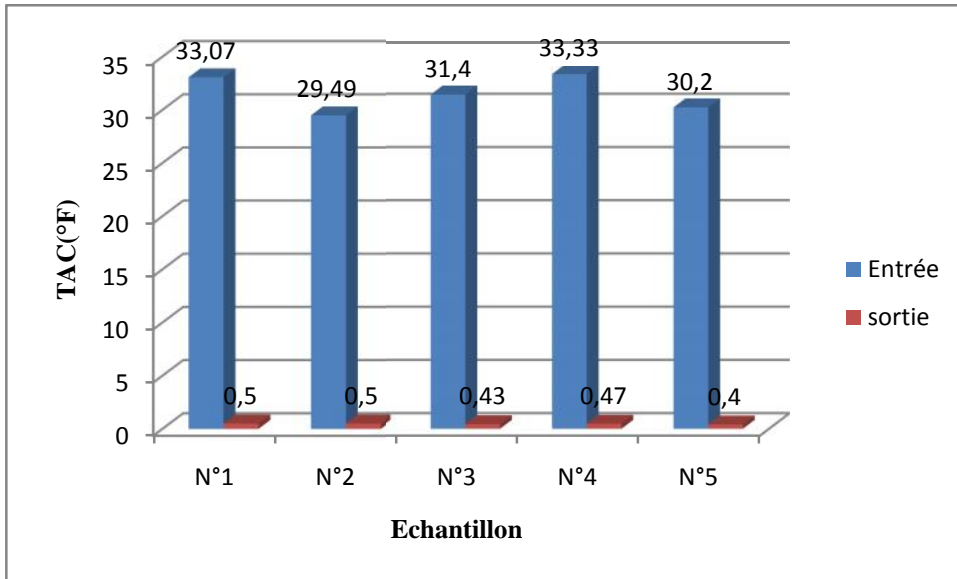


Figure N°21 : variation de TAC à l’entrée et à la sortie de l’unité OI.

Discussion

D'après les résultats illustrés dans le tableau ci-dessus, on remarque que les valeurs obtenues pour paramètres (TA, TAC) sur les différents échantillons d'eau de process, sont conformes aux normes fixées par l'entreprise.

Tableau N° 12: Variation des chlorures à l’entrée et la sortie de l’unité OI

Chlorures (ppm)	Entrée (°F)	Sortie (°F)
Echantillon1	52,60	1,50
Echantillon2	53,27	1,40
Echantillon3	52,67	1,40
Echantillon4	52,67	1,40
Echantillon5	52,40	1,33
Moyenne	42,18	1,40

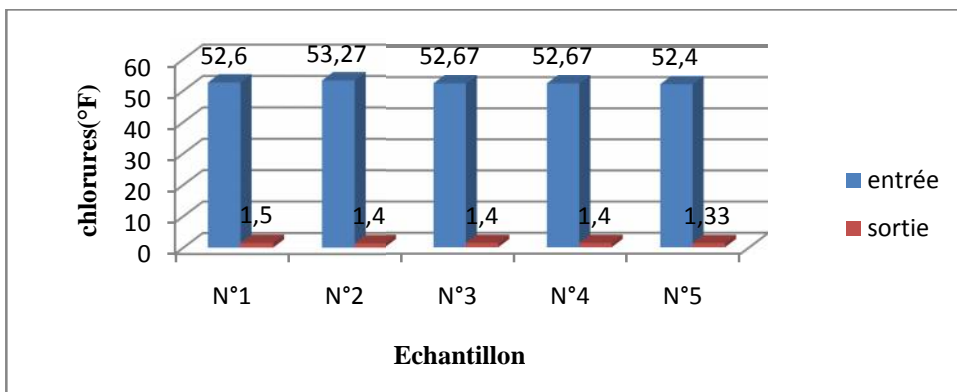


Figure N°22 : variation de la teneur en chlorures à l’entrée et à la sortie de l’unité OI.

Discussion

D'après les résultats obtenus, on constate que les teneurs des chlorures à l'entrée de l'unité dépassent la norme requise (<50°F) cela est due au passage de l'eau sur les terrains salés. Notons que la présence des chlorures en grande quantités peuvent entrainer des phénomènes de corrosion des chaudières et des conduites de l'unité. Par contre les teneurs à la sortie sont dans les normes.

Tableau N° 13: Evolution de la concentration en chlore des différents types d'eau analysée.

Cl ₂ en ppm Echantillon	A l'entrée	Avant injection de Na ₂ S ₂ O ₃	Après injection de Na ₂ S ₂ O ₃			
			Osmoseur1	Osmoseur2	Osmoseur3	Osmoseur4
Echantillon1	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
Echantillon2	0,04	0,06	0,01	0,02	0,01	0,01
Echantillon3	0,08	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01
Echantillon4	0,06	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01
Echantillon5	0,07	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Moyenne	0,05	0,03	0,014	0,02	0,01	0,01

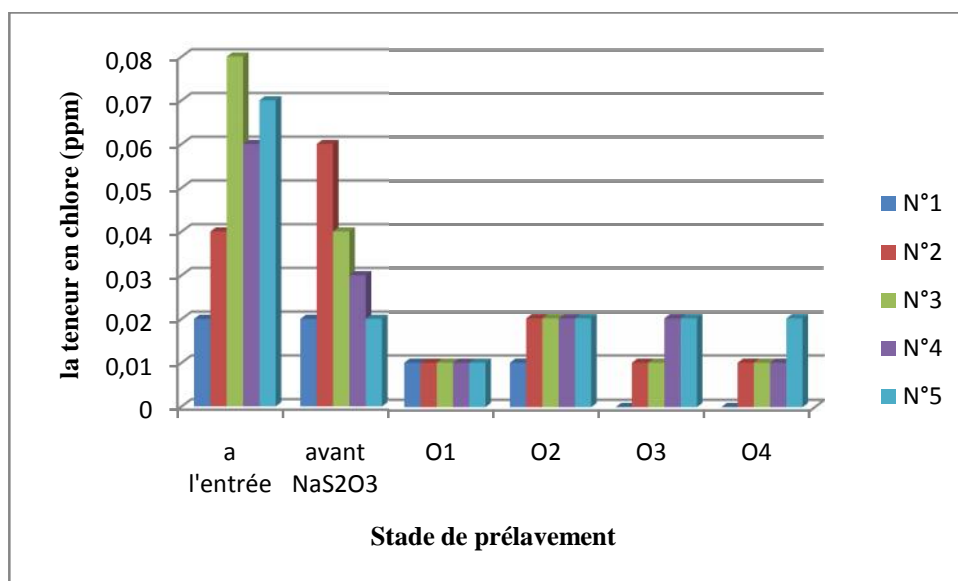


Figure N°23 : variation de la teneur en chlore à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Discussion

A partir du tableau N° 13, nous observons que la concentration du chlore est faible dans l'eau brute, l'addition de métabisulfite de sodium n'a pas complètement éliminé les traces du chlore dans l'eau filtrée. Les concentrations de l'ordre de 0,01 mg/l ont été enregistrées dans l'eau osmosée, cela s'explique par l'insuffisance de déchloration ou la faible quantité de

métabisulfite de sodium ajoutée. Il est important à signaler que les membranes d'OI sont très sensible 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.

Tableau N°14 : Détermination de la teneur de silice à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Echantillon	La teneur en silice (ppm)	
	Entrée	Sortie
Echantillon1	4,81	0,05
Echantillon2	3,20	0,02
Echantillon3	5,07	0,03
Echantillon4	4,40	0,06
Echantillon5	6,26	0,07
Moyenne	4,74	0,04

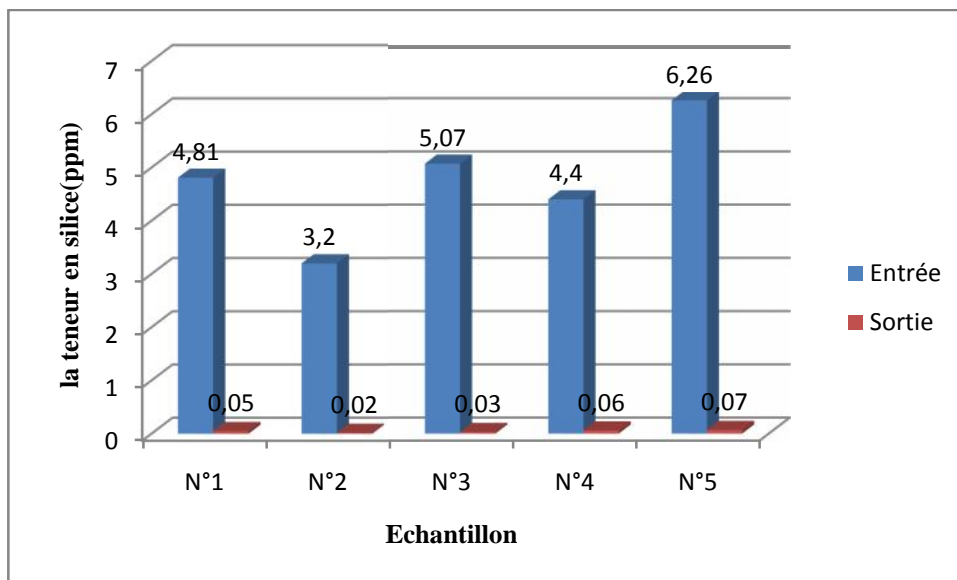


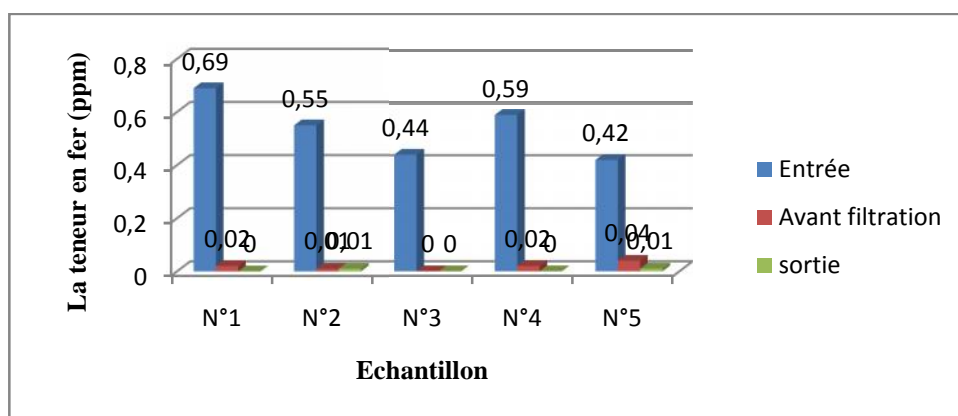
Figure N°24 : variation de la teneur en silice à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Discussion

D'après les résultats obtenus on constate que la teneur en silice répond aux normes exigées.

Tableau N°15 : Détermination de la teneur en fer à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Echantillon	La teneur en fer (ppm)		
	Entrée	Avant filtration	sortie
Echantillon1	0,69	0,02	0,00
Echantillon2	0,55	0,01	0,01
Echantillon3	0,44	0,00	0,00
Echantillon4	0,59	0,02	0,00
Echantillon5	0,42	0,04	0,01
Moyenne	0,53	0,02	0,004

**Figure N°25** : variation de la teneur en fer à l'entrée et à la sortie de l'unité OI.

Discussion

D'après la figure N°25, on remarque que l'eau de forage à l'entrée de l'unité d'OI contient une faible valeur de fer (0,53 ppm), ces données confirment la précipitation attendue du fer dans les bassins de décantation (Fe^{+3}). En outre, le traitement de l'eau par OI permet de réduire la concentration moyenne du fer jusqu'à 0,004.

Selon le tableau N°15, les résultats d'analyse obtenus sur tous les échantillons sont conformes aux normes.

Conclusion

Le complexe Cevital est l'une des usines qui consomment une grande quantité d'eau pour les besoins de son activité. L'eau traitée par plusieurs étapes successives de filtration et de purification afin d'obtenir une eau pure qui n'endommage pas leurs installations lors de son passage ou de son utilisation. Ces traitements peuvent être physiques, chimiques et physico-chimiques.

La partie la plus importante de ce type de filtration (cœur de l'osmoseur) est celle qui correspond à la purification par osmose inverse. La membrane d'un osmoseur élimine les bactéries, les microbes, les virus, le calcaire, le chlore, les nitrates, les métaux et les produits chimiques et tout polluant présent dans l'eau, ce système permet une filtration de 90 à 99,9 % des contaminants. C'est la technique d'osmose inverse.

Selon les résultats obtenus par les différentes analyses effectuées sur les échantillons de l'eau brute et traitée au cours du notre stage pratique, les osmoseurs de l'unité osmose inverse produit une eau osmosée très satisfaisante. En effet, les valeurs de pH, conductivité ainsi TAC, TH, THCa^{2+} , Fe, Mn^{+2} et SiO_2 , sont excellentes et conformes aux normes. Sauf Cl^- sa teneur est très élevée par rapport aux normes

En revanche, seule l'analyse des résultats de Cl_2 a montré que ces valeurs sont à états de traces alors que la norme de l'entreprise exige leurs absences.

Néanmoins, des contrôles réguliers des eaux de process sont nécessaires pour prévenir toutes anomalies éventuelles.

Bibliographique

- [1] : **N. Kharfallah et L. Mohdeb.** Contrôle de fluor, sodium, potassium et les métaux lourds dans les eaux. Mémoire D.E.U.A. Bejaia. 2007.
- [2] : **Beudry et H. Tardat.** Chimie des eaux. Edition Grifan d'argile.1984.
- [3] : **R. Desjardins** Le traitement des eaux. 2^e édition. Montréal. 1997.
- [4] : **V. Tharreau.** Techniques du traitement de l'eau dans les bâtiments. 3^e édition, paris. 2009.
- [5] : **J. Roval.** Memento technique de l'eau Tome 1. 10^e édition. France.1995.
- [6] : **B. Régis et B. Selim.** Techniques de la gestion et de la distribution de l'eau. Edition du Moniteur. Paris. 2011.
- [7] : **F. Ravomanana.** chimie générale. 2^e édition. Paris. 2007.
- [8] : **J. Rodier.** L'analyse de l'eau. 8^e édition. Paris. 1996.
- [9] : **J. Rodier.** L'analyse de l'eau. 9^e édition, paris. 2009.
- [10] : **S. Gadoum et F. Hamichi.** Analyse des eaux de chaudières du complexe Cevital. Mémoire D.E.U.A. Bejaia. 2002.
- [11] : **F. Miomandre.** Electrochimique. Paris. 2005.
- [12] : **A. Zatouche et S. Bouakkaz.** Etude et redimensionnement du tableau général basse tension de l'unité osmose Cevital. Mémoire d'ingénieur. Béjaia. 2012.
- [13] : **S. Yessad et A. Djemaa.** Protection cathodique d'une canalisation au sein du complexe Cevital. Mémoire d'ingénieur. Béjaia. 2009.
- [14] : **A. Bounceur et M. Mammasse.** Gestion optimale des silos à céréales de l'entreprise. Mémoire d'ingénieur .Bejaia. 2002.
- [15] : **C. Claude.** Le traitement de l'eau. Ellipses Edition Marketing S .A. Paris. 1999.
- [16] : **J. Berland et C. Juery.** Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. Limoges. 2002.

- [17] : **B. chaufer et M. Rabiller-Baudry**. Rétention of ions in nanofiltration at various ionic strength. 1996.
- [18] : Manuel du complexe Cevital (laboratoire des eaux).
- [19] : **A. Kettab**. Traitement des eaux. Alger. 1992.
- [20] : **H. El khabbaze**. Traitement des solutions modèle du lait par des membranes de nanofiltration et d'osmose inverse. Thèse de doctorat. Rabat. 2008.
- [21] : **F. Takabaitb**. Traitement de l'eau de forage par osmose inverse au niveau du complexe agroalimentaire Cevital. Mémoire de Master. Béjaia. 2012.
- [22] : **R. Ferrarini et A. Versari**. A preliminary comparaison between nanofiltration and Reverse osmosis membranes for grape juice treatment. Journal of Food Engineering. 2001.
- [23] : **Degrément**. Memento technique de l'eau. 8^e Edition . Paris. 1978.
- [24] : **A. Maurel**. Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. 2^e édition. Paris. 2006.

Définitions

Produits biocide

Le mot biocide (étymologiquement : 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, des sols, surfaces de travail, etc.

Produits séquestrants

Les séquestrants, 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.

Les séquestrants sont donc en quelque sorte des agents conservateurs et des antioxydants. Les séquestrants communs sont :

- Acide éthylène-diamine-tétraacétique ($C_{10}H_{16}N_2O_8$).
- Acétate de sodium (CH_3COONa).

Degré français :

Il est encore en usage en France pour exprimer les concentrations des principaux ions d'une eau et correspond à la concentration d'une solution N/5000.

$$1\text{meq.L}^{-1} = 5^{\circ}\text{F}$$

Equivalence en mg.l^{-1} du milliéquivalent. l^{-1} et du degré français

élément	formule	Masse molaire	Valeur (mg.l^{-1})	
			Pour 1meq.l^{-1}	Pour 1°F
Carbonate de calcium	CaCO_3	100	50	10
Carbonate de magnésium	MgCO_3	84	42	8,4
Calcium	Ca^{2+}	40	20	4
Magnésium	Mg^{2+}	24,3	12,2	2,43
Carbonate	CO_3^{2-}	60	30	6
Bicarbonate (hydrogénocarbonate)	HCO_3^-	61	61	12,2
Chlorure	Cl^-	35,5	35,5	7,1
Hydroxyde	OH^-	17	17	3,4

Méthodes de calcul

➤ Démonstration de $\text{TH} (^\circ\text{F}) = \text{Chute de burette}$

En appliquant la loi de la volumétrie on a :

$$N_{\text{CaCO}_3} V_{\text{CaCO}_3} = N_{\text{EDTA}} V_{\text{EDTA}}$$

$$\text{TH}_{\text{eqg/l}} = \frac{N_{\text{EDTA}} V_{\text{EDTA}}}{V_{\text{CaCO}_3}} \Leftrightarrow \text{TH}_{\text{eqg/l}} = \frac{0,02 \times V_{\text{EDTA}}}{100}$$

$$\text{TH}_{\text{eqg/l}} = \frac{0,02 \times V_{\text{EDTA}}}{100} \Leftrightarrow \text{TH}_{\text{g/l}} = \frac{0,02 \times V_{\text{EDTA}}}{100} \times \text{Meq}_{\text{CaCO}_3}$$

$$\text{TH}_{\text{eqg/l}} = \frac{0,02 \times V_{\text{EDTA}}}{100} \times \frac{\text{masse molaire } \text{CaCO}_3}{\text{Valence } (Z)}$$

$$\text{TH}_{\text{g/l}} = \frac{0,02 \times V_{\text{EDTA}}}{100} \times \frac{\text{masse molaire } \text{CaCO}_3}{\text{Valence } (Z)} = \frac{0,02 \times V_{\text{EDTA}}}{100} \times \frac{100}{2}$$

$$\text{TH}_{\text{mg/l}} = \frac{0,02 \times V_{\text{EDTA}}}{100} \times \frac{100}{2} \times 1000$$

On $1^\circ\text{F} = 10 \text{ mg/l de } \text{CaCO}_3$

$$\text{TH}_{^\circ\text{F}} = \frac{0,02 \times V}{100} \times \frac{100}{2} \times 1000 \times \frac{1}{10}$$

$$TH^{\circ F} = \frac{0.02}{100} \times \frac{100}{2} \times 1000 \times \frac{1}{10} \times V_{EDTA} \Rightarrow TH^{\circ F} = 1 \times V_{EDTA}$$

$$TH^{\circ F} = V_{EDTA}$$

$$V_{EDTA} = \text{Chute de burette}$$

Même démonstration pour le TH Ca⁺⁺

➤ **Démonstration de TA (°F) = Chute de burette**

En appliquant la loi de la volumétrie on a :

$$TA_{eqg/l} = \frac{NH_2SO_4 V_{H_2SO_4}}{V_{CaCO_3}} \Leftrightarrow TA_{eqg/l} = \frac{0.02 \times V_{H_2SO_4}}{100}$$

$$TA_{eqg/l} = \frac{0.02 \times V_{H_2SO_4}}{100} \times \frac{\text{masse molaire } CaCO_3}{\text{Valence (Z)}}$$

$$TA_{g/l} = \frac{0.02 \times V_{H_2SO_4}}{100} \times \frac{\text{masse molaire } CaCO_3}{\text{Valence (Z)}} = \frac{0.02 \times V_{H_2SO_4}}{100} \times \frac{100}{2}$$

$$TA_{mg/l} = \frac{0.02 \times V_{H_2SO_4}}{100} \times \frac{100}{2} \times 1000$$

On 1°F = 10 mg/l de CaCO₃

$$TA^{\circ F} = \frac{0.02 \times V_{H_2SO_4}}{100} \times \frac{100}{2} \times 1000 \times \frac{1}{10}$$

$$TA^{\circ F} = \frac{0.02}{100} \times \frac{100}{2} \times 1000 \times \frac{1}{10} \times V_{H_2SO_4} \Rightarrow TA^{\circ F} = 1 \times V_{H_2SO_4}$$

$$TA^{\circ F} = V_{H_2SO_4}$$

$$V_{H_2SO_4} = \text{Chute de burette}$$

Même démonstration pour le TAC

➤ **Démonstration de Cl^- (°F) = Chute de burette**

En appliquant la loi de la volumétrie on a :

$$N_{CaCO_3} = [Cl^-]_{eqg/l} = \frac{N_{AgNO_3} V_{AgNO_3}}{V_{CaCO_3}} \Leftrightarrow [Cl^-]_{eqg/l} = \frac{0.02 \times V_{AgNO_3}}{100}$$

$$[Cl^-]_{eqg/l} = \frac{0.014 \times V_{AgNO_3}}{100} \Leftrightarrow [Cl^-]_{g/l} = \frac{0.02 \times V_{AgNO_3}}{100} \times Meq_{Cl^-}$$

$$[Cl^-]_{g/l} = \frac{0.02 \times V_{AgNO_3}}{100} \times \frac{\text{masse atomique } Cl}{\text{Valence (Z)}}$$

$$[Cl^-]_{g/l} = \frac{0.014 \times V_2}{100} \times \frac{\text{masse atomique } Cl}{\text{Valence (Z)}} = \frac{0.014 \times V_2}{100} \times \frac{35.5}{1}$$

$$[Cl^-]_{mg/l} = \frac{0.02 \times V_{AgNO_3}}{100} \times 35.5 \times 1000$$

$$[Cl^-]_{mg/l} = \frac{0.02}{100} \times 35.5 \times 1000 \times V_{AgNO_3}$$

On $1^\circ F = 7,1 \text{ mg/l de } CaCO_3$

$$Cl^- (\text{°F}) = \frac{0.02}{100} \times 35.5 \times 1000 \times \frac{1}{7.1} \times V_{AgNO_3}$$

$$Cl^- (\text{°F}) = 1 \times V_{AgNO_3}$$

V_{AgNO_3} = Chute de burette

Préparation des solutions

➤ Préparation d'une solution à partir d'un solide

1N d'NaOH \longrightarrow Masse équivalente (NaOH) = Masse molaire (NaOH)/valence \longrightarrow 1000 ml de solution
 1N d'NaOH \longrightarrow 40,8 g \longrightarrow 1000 ml

0.1N d'NaOH \longrightarrow X g \longrightarrow 1000 ml de solution

$X = (0.1 \times 40,8) / 1 = 4,08\text{g}$ \longrightarrow 1000 ml de solution

$X_1 = 4,08$ g de NaOH à dissoudre dans 1000 ml d'eau distillée

Préparation d'une solution à partir d'un liquide

➤ Préparation d'une solution à partir d'une solution concentrée

Exemple : Préparer 1000 ml d' H_2SO_4 de 0,02 N à partir de la solution concentrée 96% et de densité 1.84

$$V = \frac{m \times 100}{p \times d}$$

- m : masse de H_2SO_4
- p : pureté de la solution
- d : Densité de la solution

1N d' H_2SO_4 \longrightarrow Masse équivalente (H_2SO_4)= Masse molaire (H_2SO_4)/valence \longrightarrow 1000 ml de solution

1N d' H_2SO_4 \longrightarrow $98/2 = 49\text{g}$ \longrightarrow 1000 ml de solution

0,02N d' H_2SO_4 \longrightarrow m (g) \longrightarrow 1000 ml de solution

$m = (0,02 \times 49) / 1 = 0,98\text{g}$ \longrightarrow 1000 ml de solution

$m = 0,98$ g d' H_2SO_4

$$V = \frac{m \times 100}{P \times d} = \frac{0,98 \times 100}{96 \times 1,84} = 0,5548 \text{ ml}$$

Préparation des solutions pour le laboratoire des eaux

Hydroxyde de sodium (NaOH) à 1N : 40.8 g de NaOH à 98% dans 1L d'eau distillée.

Hydroxyde de sodium (NaOH) à 0.1 N : 4.08 g de NaOH à 98% dans 1L d'eau distillée.

Acide sulfurique (H₂SO₄) à 0.02 N : 0.5548 ml de H₂SO₄ à 96 %

EDTA (C₁₀H₁₆N₂O₈) à 0.02N : 3.7224g EDTA dans 1L d'eau distillée.

Métabisulfite (Na₂S₂O₃) à 1N : 158.11g dans 1L d'eau distillée.

Nitrate d'argent (AgNO₃) 1 N : 169 g dans 1L d'eau distillée.

Nitrate d'argent (AgNO₃) à 0.02 N : 3.3974g dans 1L d'eau distillée.

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

Phénolphtaléine : 1 g dans 100 ml d'alcool.

Noir ériochrome : 0.4 g dans 100 ml d'alcool.

Chromate de potassium (K₂CrO₄) : 10 g dans 100 ml d'eau distillée.

Tampon ammoniacale : 54 g NH₄Cl et 350 ml NH₄OH dans 1L d'eau distillée.

Murexide : 200g de NaCl, 0.25g de murexide et 0.75g de bleu de méthylène.



INTRODUCTION



CONCLUSION

CHAPITRE I

Généralités sur les eaux

CHAPITRE II

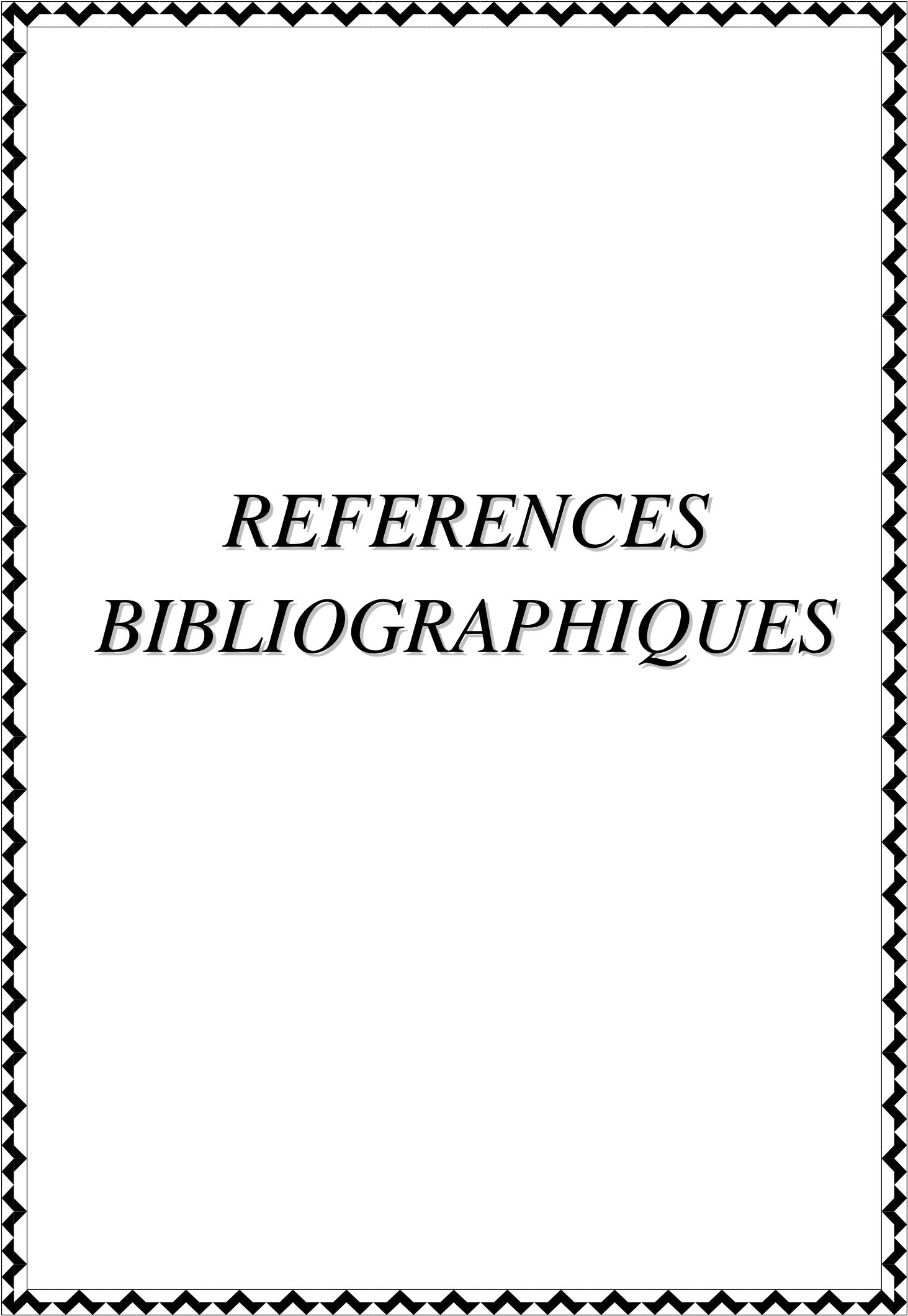
*Procédé de traitement de
l'eau par osmose inverse*

CHAPIRE III

*Méthodes, Matériels et réactifs
utilisés*

CHAPIRE IV

Résultats et discussion



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES



Annexe

Résumé

Le travail a porté sur l'étude de la performance des osmoseurs installés au niveau de l'unité osmose inverse du complexe agroalimentaire Cevital.

Les différents paramètres physico-chimiques étudiés ont permis de constater que l'eau osmosée produite est de qualité très satisfaisante, ceci est due au maintien permanent de l'installation de l'osmose inverse et leurs membranes d'une part, et au système de prétraitement appliqué d'une autre part.

Mots clés

Eau osmosée, Membranes, Traitement, Osmose inverse, Paramètres physico-chimiques.

Abstract

The work aims the study of the performance of osmosis apparatus present in the industrial complex Cevital.

The study of various physicochemical of parameters of osmosed water produced allowed us to confirm that the quality of water is satisfactory. This is due to the mantient of reverse osmosis membranes with their one hard, and the pretreatment systeme applied on the other hand.

Key words

Osmosed water, Membrane, Treatment, Reverse osmosis, Physicochemical parameters.