



Mémoire de Master

Présenté par :

M^{elle} KHELIFA Salima

M^{elle} MAZ Hamida

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

Spécialité : Analyses chimiques

Thème :

Analyses des propriétés physico-chimiques de l'eau de l'entreprise DANONE à différents points de traitement

Soutenu le :27/06/2016 à 11 h

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
BRAHMI Daouia	Chimie	Présidente
ISSAADI Hamida	Chimie	Examinatrice
BENKHODJA-GRABA Zahra	Chimie	Encadrante

2015-2016

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu le tout puissant, de nous avoir donné le courage et la volonté afin de réaliser ce modeste travail.

La page de remerciements a été toujours une meilleure occasion pour exprimer de vifs sentiments. En effet, nous remercions le Directeur de l'entreprise **DANONE** d'avoir accepté notre demande d'accueil en stage au sein de son en

Nous tenons à remercier notre promotrice *M^{me} BENKHODJA-GRABA ZAHRA* d'avoir accepté de nous encadrer et suivre ce travail.

Nous remercions les membres de jurys M^{me} ISSAADI et M^{me} BRAHMI .

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **M^r KARIM**, technicien responsable de la station de traitement des eaux, qui nous a accueillies et intégré au sein de l'entreprise.

Nous remercions également l'ensemble du personnel de l'entreprise **DANONE** surtout les opérateurs de l'unité osmose inverse et toute l'équipe du laboratoire des eaux pour l'aide et l'intérêt qu'ils ont apporté à notre travail.

Un grand merci aux enseignants du Département de chimie.

Enfin nos remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie cet humble travail avec grand amour, sincérité et fierté :

A mes chers parents, sources de tendresse, de noblesse et d'affection.

A mon frère et mes sœurs, en témoignage de la fraternité, avec mes souhaits de bonheur et de santé et de succès.

Et à mes grands pères, mes oncles et leurs familles, mes tentes.

A mon mari et sa famille.

A tous mes amis, tous mes professeurs, ma binôme.

Et à tous les gens qui ont cru en moi et qui me donnent l'envie d'aller en avant.

KHELIFA Salima

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À dieu le tout puissant, à qui je dois tout, et surtout d'avoir honoré et éclairé mon chemin par le savoir

À la mémoire de mon père et que dieu l'accueille en son vaste paradis, repose en paix

À ma chère adorée qui s'est sacrifiée pour mon éducation et ma réussite, je veux lui dire : tu as été pour moi ma meilleure école et mon meilleur professeur, **MERCI MAMAN**, pour toutes les valeurs que tu m'as inculquées.

À celui qui m'a donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance et celui qui m'ont soutenu nuits et jours, et durant tout mon parcours À toi mon frère

À mes sœurs qui sont très chères à mon cœur Zahira et Souad.

À mes douces et adorables sœurs et leurs frères Amir et Rayane.

À toi Kaïssa et ta fille

À mes meilleurs amis Samouche, Dalel, Kenza, Tafsoute et Djmila.

À mon meilleur ami Saad qui me soutenu et aidé pour la réalisation de ce modeste travail.

Hamida

Sommaire

Liste des tableaux.

Liste des figures.

Liste des abréviations.

Introduction.....1

Chapitre I Synthèse bibliographique

I.1.Généralité.....	3
I.2.L'eau en Algérie.....	3
I.2.1.Les eaux souterraines.....	3
I.2.2. Les eaux de surface.....	3
I.2.3.Les eaux de mer.....	3
I.2.4.Les eaux de pluie.....	3
I.3.L'eau et l'industrie.....	4
I.3.1.Besoin en eau des industries.....	4
I.3.2.Qualité d'eau industrielle.....	4
I.3.3.Gestion des eaux dans l'usine.....	4
I.4.Notion fondamentales en chimie des eaux.....	5
I.4.1.Normes internationales de potabilité.....	5
I.4.2.Normes internationales de rejet en milieu naturel.....	6
I.4.3.Les équilibres calco-carbonique.....	7
I.4.4.Propriétés des eaux.....	7
a) propriétés physico-chimiques.....	7
b) propriétés organoleptiques.....	9
c) propriétés microbiologiques.....	10
I.5. Les problèmes en lien avec la qualité des eaux en industrie agroalimentaires.....	11
I.5.1. La corrosion.....	11
I.5.2.Entartrage.....	11
I.5.3.Primage.....	11
I.6.Les procédé de traitement des eaux.....	12
I.6.1. Décantation.....	12
I.6.2. Filtration.....	12
I.6.3.Désinfection.....	12

I.6.4.Déminéralisation (osmose inverse).....	12
I.6.5.Adoucissement.....	13
I.6.6.Adsorption (charbon actif).....	13
I.7.Les techniques d’analyses les eaux.....	13
I.7.1. Techniques volumétriques.....	13
I.7.2.Méthodes spectrophotomètres.....	14
I.7.3.Méthodes chromatographiques.....	14

Partie expérimentale

Chapitre I : Présentation de la station DANONE

I.1.Historique.....	15
I.1.1. Groupe DANONE	15
I.1.2. Laiterie DJURDJURA.....	16
I.1.3. Partenariat << DANONE. DJURDJURA ALGERIE SPA>>.....	17
I.2.Situation géographique.....	17
I.3.Identification de l'entreprise DDA.....	17
I.3.1. Dénomination sociale.....	17
I.3.2. Siège social.....	18
I.3.3. Forme juridique.....	18
I.3.4. DANONE actuellement.....	18
I.3.4.1. Production.....	18
I.3.4.2. Organigramme	19
I.4.Source de l'eau utilisée dans le process	20
I.5. Description de la nouvelle station de traitement des eaux.....	20
I.5.1. Objectif du projet.....	20

I.5.2. Evaluation des besoins.....	20
I.5.3. Principe de traitement	21
I.5.3.1. Les différentes étapes du procédé.....	21
I.5.3.1.1. Chloration de l'eau brute.....	21
I.5.3.1.2. Cuve tampon eau brute	22
I.5.3.1.3. Filtration de l'eau brute.....	22
I.5.3.1.4. Traitement anti-tartre	23
I.5.3.1.5. Filtration de finition sur cartouches.....	24
I.5.3.1.6. Système d'osmose inverse.....	24
I.5.3.1.7. Mitigeage de l'eau osmosée.....	26
I.5.3.2. Cuve à eau traitée.....	26
I.5.3.3. Adoucissement de l'eau des utilités.....	26
I.5.3.4. Automatisation.....	27
1.6. Schéma de la station	28

Chapitre II : Matériel et méthodes utilisés

II.1. Méthode d'analyses.....	29
II.1.1. Méthodes électrochimiques.....	29
II.1.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	29
II.1.1.2. La conductivité.....	30
II.1.2. Méthodes titrimétriques.....	30
II.1.2.1. Détermination du Titre Hydrotimétrique (TH) (Première méthode)...	30
II.1.2.2. Détermination du Titre Hydrotimétrique (Deuxième méthode).....	31
II.1.2.3. Titre hydrotimétrique au savon.....	32
II.1.2.4. Titre alcalimétrique (TA).....	32

II.1.2.5. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	33
II.1.12.6.Dosage des chlorures.....	34
Chapitre III : Résultats et discussion	
III.1. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	36
III.2. La conductivité.....	37
III.3. Le titre hydrotimétrique (TH).....	39
III.4. Le titre alcalimétrique (TA).....	40
III.5. Le titre alcalimétrique complet (TAC).....	41
III.6 Les chlorures (Cl ⁻).....	42
Conclusion.....	44
Références bibliographiques.....	46

Liste des tableaux

Tableau 1: Norme internationales de rejet en milieu naturel.....6

Tableau 2: Valeurs du pH des différents échantillons prélevés à température ambiante (T=20 °C) et les standard de DANONE.....37

Tableau 3: Valeurs du pH des différents échantillons prélevés à température élevée (T=70°C) et les standard de DANONE.....38

Tableau 4: Valeurs du pH des différents échantillons prélevés à basse température (T<5°C) et les standard de DANONE.....38

Tableau 5: Conductivités ioniques des échantillons d'eau prélevés à température ambiante(T=20) et les standard de DANONE.....39

Tableau 6: les valeurs de la conductivité des échantillons prélevés à température élevée (T=70°C) et les standard de DANONE.....39

Tableau 7: Valeurs de la conductivité des différents échantillons prélevés à basse température (T<5°C) et les standard de DANONE..... 39

Tableau 8: Valeurs mesurées de duretés totales (TH) à température ambiante (T=20°C) et les standard de DANONE.....40

Tableau 9: Valeurs mesurées de duretés totales (TH) à température élevée (T=70°C) et les standard de DANONE.....40

Tableau 10: Valeurs mesurées de duretés totales (TH) à basse température (T<5°C) et les standard de DANONE.....41

Tableau 11: Valeurs mesurées des titres alcalimétriques des différents échantillons d'eau prélevés à température ambiante (T=20°C) et les standard de DANONE.....41

Tableau 12: Valeurs mesurées des titres alcalimétriques des différents échantillons d'eau prélevés à température élevée (T=70°C) et les standard de DANONE.....41

Tableau 13: Valeurs mesurées des titres alcalimétriques des différents échantillons d'eau prélevés à basse température (T<5°C) et les standard de DANONE.....42

Tableau 14: Valeurs de TAC des différents échantillons d'eau prélevés à température ambiante (T=20°C) et les standard de DANONE.....42

Tableau 15: Valeurs de TAC des différents échantillons d'eau prélevés à température élevée (T=70°C) et les standard de DANONE.....43

<u>Tableau 16:</u> Valeurs de TAC des différents échantillons d'eau prélevés à basse température (T<5°C) et les standard de DANONE.....	43
<u>Tableau 17:</u> Teneur en ions chlorures pour les différents échantillons d'eau prélevés et les standard de DANONE.....	43
<u>Tableau 18:</u> Teneur en ions chlorures pour les différents échantillons d'eau prélevés et les standard de DANONE.....	44
<u>Tableau 19:</u> Teneur en ions chlorures pour les différents échantillons d'eau prélevés et les standard de DANONE	44

Liste des figures

<u>Figure 1:</u>	Organigramme de l'entreprise.....	19
<u>Figure 2:</u>	Schéma du filtre à charbon.....	23
<u>Figure 3:</u>	Osmoseurs.....	25
<u>Figure 4:</u>	Adoucissement.....	28
<u>Figure 5:</u>	Schéma de la station.....	29
<u>Figure 6:</u>	Représentation du pH-mètre utilisé.....	30
<u>Figure 7:</u>	Représentation du conductimètre utilisé.....	31

Liste des abréviations

ARS	Agence Régionale de Santé
OMS	Organisation Mondiale de Santé
PH	Potentiel d'Hydrogène
mg/l	milligramme par litre
°C	Degré Celsius
°F	Degré Français
<	Inférieur
DBO ₅	Demande Biochimique d'Oxygène pour 5 jours
DCO	Demande Chimique d'Oxygène
MES	Matières En Suspension
OI	Osmose Inverse
TAC	Titre alcalimétrique complet
TA	Titre alcalimétrique
TH	Titre Hydrométrique
SO ₄ ⁻	Sulfate
Cl ⁻	Chlorure
HCO ₃ ⁻	bicarbonate
Mg ²⁺	Magnesium
Ca ²⁺	Calcium
K ⁺	potassium

Liste des abréviations

CaCO₃ Carbonate de calcium

H₂SO₄ Acide Sulfurique

Ppm partie par million

μs micro siemens

κ conductivité

% Pourcentage

m³ mètre cube

+ Positif

- Négatif

Introduction

L'eau est un composé essentiel à la vie, sans cette matière simple et complexe en même temps, la vie sur terre n'aurait jamais existé. On doit donc la protéger pour les générations futures, et pour cela la technologie moderne nous a permis la conception de stations de traitement des eaux de surface pour palier aux problèmes de pollution qui menacent la potabilité de l'eau qui a été préservée pendant des siècles. Le laboratoire d'analyses a un rôle très important dans le suivi d'une station de traitement car c'est lui qui doit confirmer la potabilité ou non de l'eau et anticiper toutes les étapes nécessaires pour son traitement.

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques et/ou biologiques susceptibles de nuire, à la santé des individus. Par conséquent, et en fonction des caractéristiques de l'eau brute destinée à la production d'eau potable, la mise en place de traitements spécifiques s'avère le plus souvent nécessaire afin de répondre aux exigences réglementaires établies par les organismes de la santé publique [1].

La station de traitement de l'eau brute destinée à la potabilisation est sous une pression croissante pour produire une eau potable de bonne qualité et à plus faible coût. Ceci représente une économie en termes de coût mais aussi en termes de respect de l'environnement[2].

Nous nous intéressons dans notre étude à l'analyse de certains paramètres physico-chimiques (La conductivité, la dureté, le TA, le TAC, la teneur en chlorures (Cl⁻) et le pH), sur différents points d'eau tels que : Eau de forage ; Eau de ville ; Eau filtrée ; Eau osmosée (perméat) ; Eau adoucie ; Eau de chaudière ; Eau de bêche et Eau de condensat. L'objectif de notre travail est le contrôle de la qualité physico-chimique des eaux à tous les niveaux de traitement et à l'entrée des gros équipements consommateurs d'eau à savoir les tours de refroidissement et les chaudières.

Nous adopterons pour cela le plan suivant :

Nous commencerons par une synthèse bibliographique qui concerne les généralités sur l'eau.

Introduction générale

La partie expérimentale comporte trois chapitres :

Le premier est consacré à la présentation de la nouvelle station de traitement des eaux de forage utilisée pour la production des eaux de process.

Dans le deuxième chapitre, nous donnerons le matériel et les méthodes d'analyses utilisés pour la détermination des paramètres physico-chimiques.

Les résultats et interprétations, seront rapportés dans le chapitre III.

Nous terminons notre mémoire par une conclusion générale.

Chapitre I Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur l'eau

L'eau est un corps composé dont les molécules sont formées de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H₂O). Sous forme liquide, l'eau est incolore, inodore, insipide et transparente [3] et peut se trouver dans les trois états de la matière (solide, liquide, ou gazeux), l'eau est l'un des agents ionisants les plus connus, on l'appelle fréquemment le solvant universel [4].

I.2. Les différents types d'eau

I.2.1. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont plus stables, souvent de meilleure qualité du moins celles provenant des puits profonds qui sont le plus souvent limpides et à peu près stériles, certaines sont très riches en sels minéraux, elles renferment fréquemment du fer [5].

I.2.2. Eaux de surface

Les eaux de surface se forment à partir soit de l'émergence de nappes profondes en source, soit du rassemblement d'eaux de ruissellement. Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organiques. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique de type nitrates et pesticides [6].

I.2.3. Eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leur concentration en sels dissous. Leur salinité varie entre 33000 et 37000 milligramme de sel par litre d'eau [7].

I.2.4. 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. La distribution des

pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau[7].

I.3.L'eau et l'industrie

I.3.1.Besoins en eau des industries

L'eau est au cœur de nombreux processus industriels. Dans l'industrie, l'eau peut être utilisée à diverses fins. Elle peut participer au processus industriel proprement dit, être utilisée pour le lavage et l'évacuation des déchets, réalisation de réactions chimiques en milieu aqueux, pour le refroidissement des installations ou pour faire fonctionner les chaudières. Le refroidissement des installations représente l'essentiel de la consommation industrielle[8].

I.3.2. Qualité de l'eau industrielle

La qualité de l'eau est déterminée selon des critères rigoureux fixés par la réglementation du ministère de la santé.

Les contrôles sanitaires s'effectuent sur différents points du circuit de l'eau :

- A l'entrée et à la sortie de l'usine, pour vérifier l'efficacité des traitements subis par l'eau,
- Sur le réseau de distribution, au niveau des réservoirs et stations de pompage en particulier, ainsi qu'au robinet des consommateurs, pour garantir une qualité bactériologique irréprochable de l'eau.

Les analyses réalisées nous renseignent sur :

- La qualité microbiologique (bactériologique) de l'eau, autrement dit si elle contient des indicateurs de contamination fécale.
- La présence de calcium et de magnésium qui est un indice de la dureté de l'eau.
- La teneur en nitrates et fluorures .

I.3.3.Gestion des eaux dans l'usine

La gestion de l'eau dans l'industrie est devenue un enjeu important. C'est vrai à l'échelle mondiale où les pénuries d'eau deviennent sévères dans de nombreux bassins versants, faisant de la sobriété un atout majeur. Cela ne l'est pas moins en Europe où la réglementation IED amène les établissements à viser les performances des meilleures techniques disponibles, notamment pour la consommation d'eau et les rejets.

La bonne gestion de l'eau est un facteur d'intégration des problématiques de l'usine. Elle apparaît économiquement efficace dès lors qu'on intègre l'ensemble des coûts liés à l'eau, par contre les projets sont en général peu rentables selon le calcul traditionnel [9].

I.4. Notions fondamentales en chimie des eaux

I.4.1. Normes internationales de potabilité

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualités très stricts. Les critères d'une eau "propre à la consommation" sont au nombre de 63 [10].

Ils portent sur plusieurs paramètres fixés. Dont nous dénombrons 7 :

- **Paramètres organoleptiques** : Ils sont liés à la couleur, à la saveur et à la transparence de l'eau.
 - **Paramètres physico-chimiques** : Ce sont les caractéristiques naturelles de l'eau comme la température, le pH, la conductivité et autres caractéristiques ...
 - **Paramètres concernant les substances indésirables** : Ce sont les paramètres qui sont liés à la teneur en fluor, nitrates et sels minéraux ...
 - **Paramètres concernant les substances toxiques reconnues** : Ce sont les doses infimes en plomb, chrome ou poisons mortels pour l'homme.
 - **Paramètres microbiologiques** : Ils sont liés à la présence ou l'absence de bactéries et de virus.
 - **Pesticides et produits apparentés** : Ce nouveau paramètre concerne les doses infimes de pesticides et de produits apparentés à ceux-ci. En effet, les pesticides sont à l'origine de pollution de fleuves et d'affluents.
 - **Paramètres concernant les eaux adoucies ou déminéralisées** : Dans le cas d'eaux adoucies et déminéralisées, il y a de nombreuses réglementations concernant une teneur minimale en calcium, en magnésium, carbonates ou bicarbonates :
- Le pH doit être supérieur à 6.5 et inférieur à 9 ;
 - Le TH soit la dureté de l'eau, qui correspond à la mesure de la teneur d'une eau en ions calcium et magnésium, doit être supérieur à 15 degrés français. Autrement dit, une eau ne doit pas posséder moins de 60 mg/L de calcium ou 36 mg/L de magnésium, sinon elle sera jugée trop

douce. Pour ne pas corroder les canalisations, elle devra faire l'objet de minéralisation et/ou de neutralisation pour retrouver un équilibre calco-carbonique ;

- La quantité de résidus secs, après déshydratation (dessiccation) à 180°C, doit être inférieure ou égale à 1500 mg/L ;
- Les teneurs en sulfates, potassium et fluor, doivent être respectivement inférieures à 250, 12 et 1,5 mg/L;
- Les micropolluants tels que l'arsenic, les cyanures, le chrome, le nickel, le sélénium ainsi que certains hydrocarbures sont soumis à des normes très sévères à cause de leur toxicité. Leur teneur tolérée est de l'ordre du millionième de gramme ou ppm.

I.4.2. Normes internationales des rejets en milieu naturel

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée. Pour un paramètre donné, une norme est fixée par une loi, une directive, un décret-loi[11]. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) pour les eaux usées, sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Normes internationales des rejets en milieu naturel

pH	6,5-8,5
DBO ₅	<30 mg/L
DCO	<90 mg/L
MES	<20 mg/L
NH ₄ ⁺	<0,5 mg/L
NO ₂ ⁻	<1 mg/L
NO ₃ ⁻	<1 mg/L
P ₂ O ₅	<2 mg/L
Température	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

I.4.3. Les équilibres calco-carbonique

Certaines eaux naturelles mais aussi certaines eaux issues d'un traitement par nano-filtration ou osmose inverse (OI) sont dites agressives lorsqu'elles ont un pouvoir corrosif. Pour éviter la corrosion et le relargage de substances indésirables dans les réseaux de distribution d'eau potable, il est alors indispensable que ce type d'eau soit à l'équilibre calco-carbonique. La mise à l'équilibre consiste à ajuster l'alcalinité (TAC : Titre Alcalimétrique Complet) et/ou la dureté de l'eau (TH : Titre Hydrotimétrique) avec pour but principal de permettre le dépôt d'une fine couche protectrice de tartre sur les parois des canalisations. La mise à l'équilibre consiste aussi à stabiliser le pH autour de 8 pour optimiser l'effet de rémanence du chlore lors de la désinfection. Cette mise à l'équilibre peut être obtenue avec des traitements de neutralisation, voire de reminéralisations si les teneurs en calcium et bicarbonates sont vraiment très faibles[12].

I.4.4. Propriétés des eaux

I.4.4.1. Propriétés physico-chimiques

➤ **La température :**

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde [13].

➤ **Le pH**

Le pH ou potentiel à Hydrogène indique la concentration en ions hydrogène(H^+) présents dans l'eau, c'est à dire si une eau est acide ou basique. Plus simplement, il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature géologique des terrains traversés. Il n'a pas d'effet direct sur la santé mais il présente certains inconvénients [14].

-Une eau acide est agressive : Son pH est inférieur au pH d'équilibre. Elle corrode les parties métalliques des canalisations de distribution.

-Une eau basique ou alcaline : Son pH est supérieur au pH d'équilibre. Elle diminue l'efficacité de la désinfection au chlore.

➤ **La conductivité**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 et distantes l'une de l'autre de 1 cm [15].

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), le bicarbonate (HCO_3^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les chlorure (Cl^-), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée [16].

➤ **Dureté**

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins et du proton. Elle est souvent due aux ions calcium et magnésium [17]. La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux.

On distingue :

-La dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH), qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne ;

-La dureté calcique qui correspond à la teneur globale en sels de calcium ;

-La dureté magnésienne qui correspond à la teneur globale en sels de magnésium.

Une eau à titre hydrotimétrique élevé est dite dure, dans le cas contraire il s'agit d'une eau douce [18].

➤ **Turbidité :**

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée de la teneur en matières en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (grains de silice, matières organiques, limons...), elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs.

Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU [19].

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

➤ **Calcium :**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous formes de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau,

le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures...etc [20]. Les eaux de bonne qualité renferment de 200 à 250 mg de Calcium par litre.

➤ **Les chlorures :**

Ils existent dans toutes les eaux à des concentrations variables. Ils peuvent avoir plusieurs origines :

- Percolation à travers des terrains salés ;
- Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques ;
- Activités humaines et industrielles.

Les normes Algériennes préconisent pour les chlorures une concentration maximale acceptable de 200 mg/L et une concentration maximale admissible de 500 mg/L.

Une présence excessive de chlorures dans l'eau d'alimentation, la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution[21].

➤ **Magnésium :**

Le magnésium est un des éléments le plus répandu dans la nature. Il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il est un élément indispensable à la croissance. Il intervient comme élément plastique dans l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatique et hormonaux. Le magnésium constitue un élément significatif de dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100 mg/L et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau potable [22].

I.4.4.2. Propriétés organoleptiques

➤ **La couleur**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, C'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité[23].

➤ **Odeur**

L'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition en quantité souvent si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler[24].

➤ **Saveur**

Une mauvaise saveur peut être le résultat d'une croissance occasionnelle de micro-organismes, d'une contamination par les matériaux utilisés, de la présence de substances organochlorées. Elle doit être acceptable pour les consommateurs et aucun changement anormal ne doit se faire notamment pas de saveur détectée pour un taux de dilution de trois à 25°C.

I.4.4.3. Propriétés microbiologiques des eaux

Les eaux industrielles qu'elles soient utilisées pour la préparation ou l'entretien doivent répondre à des critères bactériologiques précis, car peuvent véhiculer des germes dangereux pour la santé en provoquant des maladies fatales. Et généralement les microorganismes les plus recherchés sont :

➤ **Les germes totaux**

Ce sont les germes aérobies mésophiles représentés par une large d'espace bactériennes, la double culture à 37°C et à 22°C permet la croissance d'une multitude de micro-organismes, à cette limitation de température, tout une série de germes ne pourront pas de se développer [25].

➤ **Les coliformes totaux et fécaux**

Il s'agit de Bacilles Gram Négatifs (B G N), aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz [26].

➤ Les clostridium sulfito-réducteur

Les clostridium sont des bacilles gram positifs, souvent de grande taille, isolés ou en chainettes, les cultures âgées apparaissent ou peuvent apparaitre gram négatif. Ces bactéries sont souvent mobiles, sporulées, la résistance de la spore peut être importante [25].

I.5. Les problèmes en lien avec la qualité de l'eau en industrie agroalimentaire

I.5.1. La corrosion

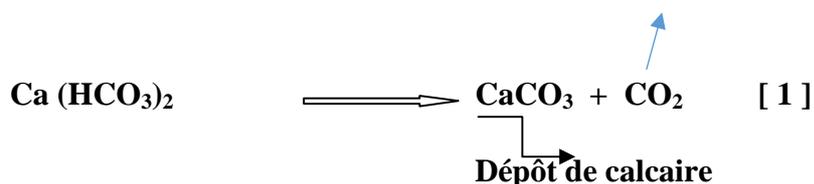
Elle est souvent responsable de la présence de fer, plomb, cuivre, cadmium ou zinc dans les eaux. Elle fournit un abri contre l'arrachage hydraulique pour les micro-organismes, ralentissent l'écoulement et peut le modifier localement.

La corrosion est causée par des phénomènes électrochimiques localisés très variés par exemple à pH faible ou lorsque le taux d'oxygène est élevé, elle est souvent aggravée par des bactéries qui accélèrent les réactions[26].

I.5.2. Entartrage des équipements

Sous l'action de la chaleur, il y'a libération de gaz carbonique CO₂, qui s'accompagne de la précipitation du carbonate de calcium CaCO₃, ce qui pose un problème dans le cas des chaudières industrielles à haute pression [27].

L'eau peut devenir entartrant par la rupture de l'équilibre suivante :



I.5.3. Le primage

Au cours de la vaporisation, la formation des bulles de vapeur s'accompagne de la formation de petites gouttes qui sont entraînée dans les circuits de vapeur, ces entrainements des vésicules sont gênants.

Les conséquences sont la production de condensat pollué et aussi une baisse de rendement énergétique de la vapeur [28].

I.6. Procédés de traitement des eaux

I.6.1. Décantation

Résultant de l'utilisation des forces de gravité pour séparer une particule de densité supérieure à celle du liquide jusqu'à une surface ou zone de stockage.

I.6.2. Filtration

C'est le procédé de séparation solide-liquide et de finition par excellence. Les processus en cause sont de deux natures différentes :

- Les processus biologiques ;
- Les processus de filtration proprement dits, deux types de filtration sont en présence : la filtration lente et la filtration rapide.

I.6.3. Désinfection

La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les micro-organismes susceptibles de transmettre des maladies, ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction de tous les organismes vivants. Donc on peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité de produits chimiques dotés de propriétés germicides, les plus utilisés sont : le chlore, le dioxyde de chlore, le brome, l'iode, et le permanganate de potassium. On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques, ébullition, ultraviolet, ou rayons gamma. L'avantage de ces procédés est qu'ils ne changent pas la composition chimique de l'eau ni son goût et ils ont un effet germicide rapide surtout sur les virus [29].

I.6.4. Déminéralisation (osmose inverse)

Le phénomène d'osmose est bien connu. Il est responsable du transfert d'un solvant d'une solution diluée vers une solution concentrée au travers d'une membrane semi-perméable. Il est basé sur la perméabilité de certaines membranes aux courants d'eau. Ainsi, si deux compartiments contenant des solutions de concentrations différentes sont séparés par une membrane semi-perméable, le solvant (l'eau) passera de l'un vers l'autre compartiment jusqu'à égalité des pressions osmotiques. Dans l'inversion du processus, une pression

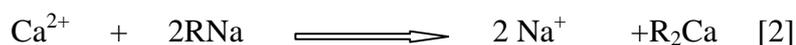
supérieure à la pression osmotique est appliquée sur l'un des compartiments. Cela a pour effet la poursuite du phénomène jusqu'à obtention de solutions très diluées. L'osmose inverse reste la seule technique membranaire actuellement envisageable.

I.6.5.L'adoucissement

L'adoucissement vise à éliminer la dureté totale de l'eau brute constituée par le sulfate de calcium (CaSO_4) et de magnésium (MgSO_4), chlorure de calcium (CaCl_2) et de magnésium (MgCl_2) ainsi que les bicarbonates ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ et $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$).

L'eau brute passe à travers un lit de résine cationique R-Na préalablement chargé de sodium (Na^+), qui échange les ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}), responsables de la dureté de l'eau[30].

La réaction de base:



I.6.6. Adsorption sur charbon actif

Dans le traitement des eaux, on utilise presque exclusivement le charbon actif comme adsorbant. Il élimine les impuretés de l'eau en les fixant et en les faisant s'accumuler à sa surface. Une grande surface spécifique ainsi qu'un grand volume poreux constituent les caractéristiques essentielles d'un bon adsorbant [31].

Brièvement le charbon actif est un matériau solide résistant aux hautes températures avec une capacité d'adsorption qui est définie par son volume poreux et les groupes fonctionnels, principalement oxygénés, qui se trouvent à sa surface[32].

Après traitement, le charbon actif aura une surface spécifique de l'ordre de 400 à 1500 m^2/g , avec des pores d'un diamètre de 10 à 60 Å.

I.7. Méthodes d'analyses des eaux

I.7.1. Techniques volumétriques

La méthode volumétrique s'est imposée au fil du temps à la fois comme la plus simple à mettre en œuvre, la plus rapide et celle qui donne les résultats les plus exacts et les plus répétables. Les titrateurs volumétriques Analytical, de par leur conception et leur algorithme

de titrage, permettent d'obtenir rapidement un résultat fiable ainsi que des indications claires sur la qualité de l'échantillon.

I.7.2. Méthodes spectrophotomètres

La spectrophotométrie UV-Visible est une méthode d'analyse quantitative et qualitative qui présente un grand intérêt pour le dosage de cations et d'anions. Elle est fondée sur la mesure de la quantité d'énergie absorbée par les molécules traversées par un faisceau de la lumière. L'énergie absorbée correspond à une transition électronique d'un niveau fondamental à un niveau excité.

Cet appareil nous donne une lecture directe de l'absorbance ou de la transmittance.

I.7.3. Méthodes chromatographiques

Le principe repose sur l'équilibre de concentrations des composés présents entre deux phases en contact : la phase stationnaire et la phase mobile (gaz ou liquide) qui se déplace. La séparation est basée sur l'entraînement différentiel des constituants du mélange. Ces derniers parcourent la phase stationnaire avec des temps proportionnels à leurs propriétés intrinsèques (taille, structure, ...) ou à leur affinité avec la phase stationnaire (polarité, ...).

Chapitre I: Présentation de l'entreprise DANONE

I.1. Historique :

I.1.1. Groupe DANONE :

Les origines du groupe DANONE, remontent à 1966, lors que la fusion de deux sociétés verrières françaises, glaces de Boussois et verrerie Sonchoir Newsel et a donné naissance à la société Boussois Souchon Neuverse. En 1967, le groupe BSN réalisait un chiffre d'affaire d'environ 150 millions d'euros dans le verre plat et le verre d'emballage.

A partir de 1970, le groupe BSN a engagé une stratégie de diversification dans l'alimentaire et successivement rachète, les Brasseries Kronenbourg, la société européenne de Brasserie et la société des eaux minérales d'Evian qui, à l'époque, étaient des clients importants de l'activité du verre, de l'emballage du groupe BSN. A la suite de ces acquisitions, le groupe BSN est devenu le leader français de la Bière, des eaux minérales, et de l'alimentation infantile.

En 1973, BSN et Gervais Danone, un groupe alimentaire français, réalisent un chiffre d'affaires important dans les produits laitiers et les pâtes, ont fusionné devenant ainsi le premier groupe alimentaire français.

Au cours des années 70-80, le groupe BSN, après avoir cédé son activité de verre plat, a concentré son développement sur l'alimentation en Europe occidentale. Il a ainsi acquis des Brasseries en Belgique, en Espagne, et en Italie, DANONE le premier producteur de Yoghourts aux États-Unis Générale, Biscuits, une Holding française détenant Lu et d'autres marques de Biscuits en Europe, les filiales <<Biscuits>> de Nabisco Inc. Au Royaume-Uni et en Asie, et Galbani, le premier fabricant de fromage en Italie.

En 1989, le groupe BSN était alors le troisième groupe agroalimentaire diversifié européen, et le premier en France, en Italie et en Espagne.

Au début des années 90, le groupe BSN a adopté une stratégie de consolidation des positions, acquises au cours des années précédentes, BSN a acquis Volvic en France de renforces sa position dans les activités d'eau en bouteille.

Pour affirmer son statut de groupe international de l'agroalimentaire et des boissons et pour renforcer sa notoriété, le groupe BSN a décidé, en 1994, de se rebaptiser Groupe DANONE (BSN, société mère du groupe a, à cette occasion, également rebaptisée Groupe DANONE, ci-après également <<la société>>).

En 1997, le groupe a engagé un important programme de recentrage sur trois métiers prioritaires à vocation mondiale (produits laitiers frais, Boissons et Biscuits, Snacks céréaliers)

qui représentent 77% du chiffre d'affaire, le groupe DANONE est le premier producteur mondial de produits frais, le second producteur mondial de Biscuits et Snacks céréalier et le premier producteur d'eau conditionnée.

En Algérie au terme des accords, le groupe Danone a également conclu un accord de partenariat avec la laiterie DJURDJURA, leader du marché des produits laitiers frais (PLF) en prenant une participation de 51% dans la société DANONE DJURDJURA ALGERIE SPA(DDA).

I.1.2. Laiterie DJURDJURA :

Limitée à la fabrication de produits laitiers, DJURDJURA est une véritable épopée menée de bout par le groupe Batouche et cette unité est l'une des cinq (05) filiales du groupe Batouche. C'est en 1984, que mûrit dans l'esprit du groupe Batouche, l'idée de création d'une petite unité de fabrication de Yaourt dans la région d'Ihzer Amokrane avec des moyens très limités, l'unité n'a démarré qu'avec une remplisseuse de pots préforme d'une capacité de 1000 pots/heure. Afin de parvenir à supplanter ces rivaux, et de faire face aux exigences de l'heure, aussi bien en quantité qu'en qualité le Groupe Batouche a modéré l'équipement de l'unité et il a fait entrer une équation simple<<ceux qui ne travaillent pas n'ont pas d'ambitions, donc pas d'avenir dans l'entreprise>>, avec des efforts et un travail acharné, l'unité a réussi à acquérir en 1986 une conditionneuse thermo formeuse d'une capacité de 4000/heure.

En 1988, comme le dit si bien le proverbe<< à cœur veillant rien d'impossible>>, l'entreprise se voit dotée d'un atelier de fabrication de fromage fondu et de camembert.

En 1991, se fut l'acquisition d'une ligne de production de crème dessert.

En 1993, une nouvelle conditionneuse est arrivée avec une capacité de production de 9000 pots/heure.

En 1995, l'entreprise DJURDJURA sort carrément de son adolescence, par l'acquisition de deux (02) conditionneuses 12000 et 9000 pots/heure et une remplisseuse de 7000 pots/heure.

En 1996, profitant de la création de la zone d'activité industrielle d'Akbou, le Groupe Batouche inaugure sa nouvelle unité.

En 1999, construction d'une deuxième usine de fabrication des produits laitiers (fromage fondu, en portions 08 et 16 portions, fromage à pâte pressée, camembert).

En octobre 2001, signature de l'accord de partenariat avec le Groupe DANONE.

I.1.3. Partenariat << DANONE. DJURDJURA ALGERIE SPA>> :

En octobre 2001, le leader mondial des produits laitiers frais << Groupe DANONE>> a conclu un accord de partenariat avec la laiterie DJURDJURA, leader du marché Algérien des produits laitiers frais (PLF) en prenant une participation de 51% dans la société << DANONE. DJURDJURA ALGERIE SPA (DDA).

Après l'année 2002 consacrée à rénover le site d'Akbou et à mettre en place des outils industriels nécessaires à l'expansion future, la marque DANONE a été lancée en août 2002.

I.2. Situation géographique :

DANONE DJURDJURA ALGERIE est implantée :

- Dans une zone industrielle <<TAHARCHT >> véritable carrefour économique de Bejaïa, de quelques 50 unités de productions agroalimentaires et en cours d'expansion.
- A deux (02) km d'une grande agglomération (Akbou).
- A quelques dizaines de mètres de la voie ferrée.
- A 60 km de Bejaïa, chef lieu wilaya et pôle économique important en Algérie, dotée d'un port à fort trafic et un aéroport international reliant divers destinations (Paris, Marseille, Lyon, St Etienne et Charleroi).
- A 170 km à l'ouest de la capitale Alger.
- Par ailleurs on trouve des acteurs économiques importants tels que : CANDIA, SOUMMAM, IFRI...etc.

I.3. Identification de l'entreprise DDA :**I.3.1. Dénomination sociale :****Avant le partenariat**

- Groupe DANONE.
- Laiterie DJURDJURA.

Après le partenariat

- La dénomination des deux sociétés après le partenariat est <<DANONE DJURDJURA ALGERIE SPA>>.

I.3.2. Siège social :**Avant le partenariat :**

- Le Groupe DANONE : Le siège social de la société est au 07, rue de Téhéran, 75008 Paris.
- Laiterie DJURDJURA : Le siège social de la société est situé à la Zone industrielle d'Akbou (Wilaya de Bejaia Algérie).

Après le partenariat :

- Le siège social de la société <<DANONE DJURDJURA ALGERIE SPA>> est situé à la Zone industrielle d'Akbou (Wilaya de Bejaia Algérie).

I.3.3. Forme juridique :**Avant le partenariat :**

- Le Groupe DANONE : la société de Forme Anonyme à conseil d'administration est soumise à la disposition du livre II du code du commerce et au décret N° 67236 du 23 Mars 1967 sur les sociétés commerciales Françaises, et le Groupe DANONE a été constitué le 02 Février 1899, l'Assemblée Générale Extraordinaire du 13 décembre 1941 a prolongé la durée de société au 13 décembre 2040.

- Laiterie DJURDJURA : est une société à responsabilité limitée de nature juridique mixte, elle est constituée selon l'article 564 du code de commerce algérien entre les associés de la famille de BATOUCHE (Société Familiale).

Après le partenariat :

- Société par action au capital de 2 700 000 000 DA.
- Téléphone : 213(034) 35 86 70-(034) 35 73 72.
- Télécopie : 213(034) 35 90 29- (034) 35 86 71.
- Responsables actuels : Mr BATOUCHE Boussaad (Directeur Général) et Mr Claude JOLY (Directeur Adjoint).

I.3.4. DANONE actuellement :

- En 2006 exactement au mois de juillet << DANONE DJURDJURA >> est devenu << SPA DANONE >> avec 95%
- Les 5% restantes pour la famille Batouche.

I.3.4.1. Production :

L'Unité DANONE DJURDJURA Algérie produit 350 à 400 tonnes/jour.

Ses différents produits sont : Yaourt forme traditionnelle ; Seven bénéfiques ; Bioactivia aromatisé ; Bioactivia aux fruits ; Crème dessert (DANETTE) ; Yaourt fruité (fruits) ; Yaourt liquide (Dan'up) ; Jus (Danao) ; Petit Gervais nature et Petit Gervais aux fruits.

I.3.4.2. Organigramme

Nous donnons sur la figure 1, l'organigramme de l'entreprise DANONE

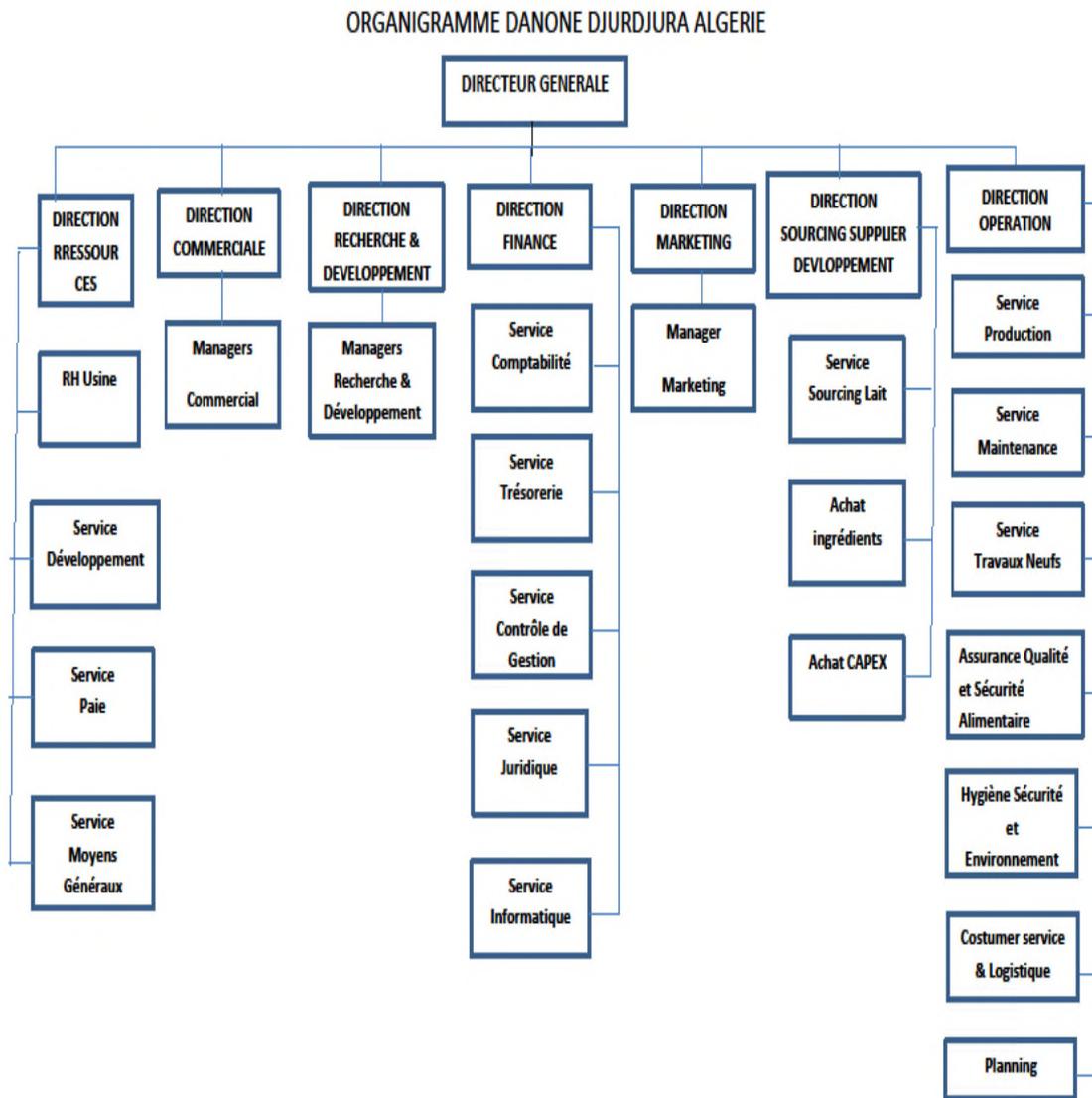


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise.

I.4. Sources de l'eau utilisée dans le process

L'eau brute utilisée provient de deux sources :

- la première qui alimente la station de traitement d'eau, provient de forages situés à environ 8 km de l'usine. La concentration et la nature des sels minéraux de l'eau des forages est très variable.
- la deuxième source est située au niveau de Tichy haff, c'est l'eau de ville

I.5. Description de la nouvelle station de traitement des eaux

I.5.1. Objectif du projet :

L'usine DANONE d'AKBOU est alimentée par de l'eau provenant d'un forage. L'eau captée est très fortement minéralisée. Sa teneur en calcium, élevée (TH=82°F) lui donne un caractère entartrant en cas d'élévation de température. La présence d'une concentration importante en chlorures (Cl⁻=600 mg/L), lui donne un caractère corrosif sur les équipements. Un deuxième forage peut être utilisé en secours. L'eau est traitée par une unité de filtration et osmose inverse afin de la déminéraliser partiellement. L'unité de traitement existante est en très mauvais état. L'eau produite est de très mauvaise qualité. Les conséquences sont une détérioration des équipements de production et des utilités. Sa capacité de production est trop faible pour subvenir aux besoins de l'usine. Une remise en état de l'unité de traitement est en cours afin de permettre de retrouver une meilleure qualité d'eau pour alimenter le process et les utilités. Afin de produire une eau conforme aux exigences du process et des utilités, il sera impératif d'augmenter la capacité de production de l'unité de traitement. L'unité de traitement modifiée sera implantée dans la zone des nouveaux bâtiments dédiés aux utilités. Le principe d'extension de l'unité de traitement devra permettre de continuer à produire l'eau traitée nécessaire au fonctionnement de l'usine sans arrêt de production.

I.5.2. Evaluation des besoins :

L'eau produite par l'unité de traitement alimentera le process de fabrication et les utilités. La production du site est aujourd'hui de l'ordre de 350 à 400 T/j et devrait évoluer jusqu'à 450T/j. Le ratio de consommation d'eau du site est de 5,5 m³ d'eau traitée par tonne de produit fabriqué. Le dimensionnement de l'unité de traitement sera effectué sur une base de consommation de 4,8 m³ d'eau par tonne de produit fabriqué tenant compte des économies d'eau mise à œuvre à court terme. La consommation actuelle du site est de 2000 m³/j, elle évoluera à 2500 m³ par jour. La consommation en eau des utilités sera de à 300 m³/J. (Inclus dans les consommations ci-dessus) La qualité de l'eau traitée sera directement liée aux exigences du process. La teneur en chlorures de l'eau traitée ne devra pas dépasser une valeur de 40 mg/L, afin de ne pas détériorer les équipements.

L'eau distribuée sera chlorée pour protéger les réseaux contre le développement de micro-organismes.

Les caractéristiques physicochimiques de l'eau distribuée dans l'usine seront les suivantes :

- $5^{\circ}\text{F} < \text{TH} < 8^{\circ}\text{F}$;
- $2^{\circ}\text{F} < \text{TAC} < 8^{\circ}\text{F}$;
- $45 \text{ mg/L} < \text{Chlorures} < 55 \text{ mg/L}$;
- $2 \text{ mg/L} < \text{Sulfates} < 20 \text{ mg/L}$;
- $1 \text{ mg/L} < \text{ClO}^{-} < 0,2 \text{ mg/L}$;
- $100 \mu\text{S/cm} < \text{Conductivité} < 400 \mu\text{S/cm}$;
- $7 < \text{PH} < 7,2$

I.5.3. Principe de traitement :

L'eau de forage est fortement minéralisée, sa teneur en matières en suspension est faible. Le principe de traitement le plus adapté est une déminéralisation par osmose inverse. Ce procédé de traitement membranaire permet de retenir les sels minéraux contenus dans l'eau. Le procédé permet de produire une eau déminéralisée, le perméat, qui contient environ 3% de sels minéraux contenus dans l'eau brute et qui représente 75% du volume d'eau entrant. Les 25% d'eau restants, le concentrat, contenant 97% des sels minéraux sont rejetés. L'eau brute pour être osmosée doit subir un prétraitement qui permet de protéger les membranes d'osmose, d'optimiser le rendement de production et de limiter la maintenance au cours de l'exploitation. L'eau traitée produite sera un mélange d'eau osmosée et d'eau brute permettant d'obtenir une eau d'une minéralisation moyenne conforme aux besoins.

I.5.3.1. Les différentes étapes du procédé

I.5.3.1.1. Chloration de l'eau brute

Afin d'éliminer les micro-organismes, oxyder la matière organique et la faible quantité de fer présente, l'eau brute sera chlorée par injection d'eau de Javel. Le dosage de cette dernière sera proportionnel au m^3 d'eau d'alimentation de la cuve eau brute. Un débitmètre EM, fourni par TRESCH, placé sur l'entrée de la cuve permettra de gérer le fonctionnement de la pompe doseuse. La dose de javel injectée permettra d'obtenir une valeur de 0,5 à 0,8 ppm de ClO^{-} en sortie de cuve tampon. Le temps de contact nécessaire à ce traitement sera obtenu par le volume tampon de la cuve. La surveillance du taux de chlore sera effectuée par des mesures manuelles journalières de la valeur de ClO^{-} .

I.5.3.1.2. Cuve tampon eau brute

Une cuve tampon eau brute de 1000 m³ verticale cylindrique sera réalisée à côté du local de traitement d'eau. Elle sera utilisée comme volume tampon entre les forages et l'usine et comme réserve en cas d'incendie. Le volume d'eau de réserve incendie sera de 500 m³. Il sera géré par la mise en place du piquage d'aspiration d'eau de process au-dessus du niveau minimum d'eau incendie. Ce principe interdira un sous tirage en dessous d'un certain niveau dans la cuve. Le reste du volume, 500 m³, permettra d'effectuer des opérations de maintenance d'une durée inférieure de 4 heures sur des équipements en amont de la cuve tampon sans arrêt de production du site. Un capteur de niveau permettra de mesurer en permanence le volume d'eau présent dans la cuve. Ce capteur permettra de définir les seuils de niveaux pour le fonctionnement des différents équipements.

I.5.3.1.3. Filtration de l'eau brute

L'eau sera filtrée sur des filtres à charbon pour éliminer les matières en suspensions (MES et matières oxydées) et le chlore. La qualité du charbon actif utilisé est spécifique à ce type d'application permettant de ne pas utiliser dans la filière une préfiltration sur filtre à sable. Ce principe est adapté à la qualité d'eau utilisée. La teneur en MES étant faible et inférieure à 30 mg/L. L'installation sera dimensionnée pour respecter des vitesses de filtration inférieures à 12 m/h et un temps de contact de déchloration supérieur à 4 minutes. L'installation sera composée de plusieurs filtres fonctionnant en parallèle pour permettre un lavage sans arrêt de production. Le lavage des filtres sera géré au volume d'eau traité, une surveillance manuelle de la perte de charge des filtres permettra valider le cycle de production entre deux lavages. Le lavage des filtres sera effectué en cascade. Un temps minimum entre les lavages des filtres permettra de compenser le puisage sur la cuve tampon. Le lavage sera effectué à l'air puis à l'eau afin de limiter les consommations d'eau de lavage. (Economie de 40% par rapport à un simple lavage à l'eau.) Le seuil de filtration des filtres à charbon sera de l'ordre de 10 μ , la teneur en MES en sortie de filtres sera inférieure à 3 mg/l et la teneur en chlore libre inférieure à 0,05 ppm. La capacité maximale de déchloration des filtres sera de 2 ppm, permettant d'envisager une sur chloration de l'eau brute en cas de pollution éventuelle ou de désinfection périodique de la conduite entre le forage et le site. La surveillance du taux de MES sera effectuée par des mesures manuelles hebdomadaires du fouling index La surveillance du taux de chlore sera effectuée par des mesures manuelles hebdomadaires de la valeur de ClO⁻.

Notons sur la figure 2, le schéma du filtre à charbon.



Figure 2 : Schéma du filtre à charbon

I.5.3.1.4. Traitement anti-tartre :

Un traitement antitartre à base d'acide et d'antiscalant sera effectué pour éviter le dépôt de sels minéraux dans les membranes. Le pH de l'eau filtrée sera diminué par injection d'acide (H_2SO_4 96%) à une valeur de l'ordre de 6,9. Notre antisacalant (AS462) sera injecté pour neutraliser la précipitation des sels minéraux et permettre une concentration élevée dans le concentrat sans colmatage des membranes. La régulation du pH permet d'amener une tolérance sur le traitement antiscalant afin de pallier aux variations de qualité de l'eau brute et de diminuer son dosage. Le rendement de fonctionnement des osmoseurs et leur encrassement sera directement lié à l'injection de ces deux produits. Le principe de dosage et sa surveillance devra tenir compte de cet impératif.

L'injection d'acide sera effectuée sur l'eau d'appoint de l'ensemble des osmoseurs. Une cuve de stockage de 1200 litres avec rétention sera prévue pour le stockage de l'acide. Ce dernier sera livré en conteneurs de 200 ou 1000 litres qui seront transférés dans la cuve par une pompe doseuse qui injectera l'acide dans la conduite d'eau proportionnellement au débit d'appoint des osmoseurs. La pompe sera équipée d'un détecteur d'injection qui permettra d'enclencher une alarme et un arrêt des osmoseurs en cas de mauvais fonctionnement. La valeur du pH de l'eau sera surveillée en continu par un ensemble de mesures, permettant de déclencher une alarme en cas de dérive d'injection et un arrêt

des osmoseurs. L'injection de l'AS462 sera effectuée sur l'eau d'appoint de chaque osmoseur. Une pompe doseuse injectera l'AS462 dans la conduite d'eau proportionnellement au débit d'appoint de l'osmoseur. Cette pompe sera équipée d'un détecteur d'injection qui permettra d'enclencher une alarme et un arrêt des osmoseurs en cas de mauvais fonctionnement. La surveillance de la valeur de PH sera effectuée par des mesures manuelles hebdomadaires sur l'eau d'appoint des osmoseurs. La surveillance du dosage de l'AS462 sera effectuée par des mesures manuelles.

I.5.3.1.5. Filtration de finition sur cartouches :

Afin de protéger les membranes d'osmose inverse, une filtration dégressive sur cartouches 5 et 1 μ , sera mise en place à l'entrée de chaque osmoseur pour retenir les MES restantes. Cette filtration sera composée de deux filtres en série. Des nanomètres placés à l'entrée et la sortie des filtres permettront de surveiller l'encrassement. Lors du remplacement des cartouches, l'osmoseur sera mis à l'arrêt. Un capteur de pression placé en sortie des filtres permettra de surveiller en permanence l'encrassement et d'enclencher le remplacement des cartouches. La surveillance du taux de MES sera effectuée par des mesures manuelles hebdomadaires du fouling index hebdomadaires sur l'eau d'appoint et les concentrats de chaque osmoseur.

I.5.3.1.6. Système d'osmose inverse

Nous donnons sur la figure 3, une photo des osmoseurs.



Figure 3 : Osmoseurs

L'installation sera conçue pour permettre de produire la quantité et la qualité d'eau nécessaires pour alimenter le site 360 jours par an et 24H/24H. Elle s'adaptera aux variations de consommation du site. Elle permettra d'effectuer les opérations de maintenance liée à l'exploitation de ce type de station et de respecter le taux d'utilisation d'une unité d'osmose inverse. L'installation sera composée de plusieurs osmoseurs fonctionnant en parallèle. Le débit de production de chaque osmoseur sera calculé pour obtenir un temps de fonctionnement maximum de 20H par jour afin de pouvoir réaliser des temps d'arrêt de production nécessaires au lavage et au repos des membranes. Le nombre d'osmoseur permettra d'envisager un fonctionnement dégradé de courte durée avec un osmoseur à l'arrêt. Durant cette période le fonctionnement des osmoseurs sera proche de 24H par jour. Ce principe permettra de d'effectuer des opérations de maintenance sans pénaliser la production de l'usine. Si la panne constatée entraînait un arrêt prolongé de l'osmoseur (Supérieur à une semaine sans rinçage des membranes) les membranes de l'osmoseur seront mises en conservation. Le démarrage des osmoseurs sera asservi au niveau de la cuve d'eau traitée. Le démarrage sera progressif pour suivre les variations de consommations du process. (Plus le niveau baisse dans les cuves plus le nombre d'osmoseurs en service augmente) La priorité de démarrage des osmoseurs sera modifiée lors de chaque remplissage pour obtenir un temps de fonctionnement équivalent entre les appareils. Le rendement de production des osmoseurs (hors lavage) sera de 75%. La qualité d'eau produite est surveillée en permanence par une mesure de conductivité. Les débits d'alimentation d'eau, de production, de concentrât et les pressions de fonctionnement sont mesurés et surveillés en permanence afin d'enclencher une alarme en cas de dérive et de protéger l'équipement.

Un lavage tangentiel automatique à l'eau sera effectué après chaque production pour éliminer les MES accumulées dans les membranes et diminuer la salinité présente dans le concentrât pendant les phases d'arrêt. Un lavage séquentiel du même type sera effectué pour tout arrêt de production supérieur à 6 heures afin de renouveler l'eau contenue dans les membranes et éviter un développement de microorganismes. (Renouvellement de l'eau = baisse de température). Des nettoyages préventifs seront effectués tous les deux à trois mois sur les osmoseurs pour éliminer les débuts de cristallisation dans les membranes. Cette opération nécessitera un arrêt de l'osmoseur de l'ordre de 6 heures. Ce principe permet de maîtriser dans le temps l'encrassement des membranes et de ne pas attendre une baisse de production globale des équipements qui entraînerait un arrêt prolongé de production. L'opération de nettoyage consiste à faire circuler consécutivement une solution acide et une solution basique pour éliminer les minéraux et la matière organique présente. La demande de lavage est effectuée en automatique au volume d'eau produit. Le lavage est semi-automatique, l'isolement de l'équipement est manuel ainsi que la mise en œuvre des produits de nettoyage OSMOCLEAN et MAJOAL. Les temps de circulation et de rinçage sont automatiques. .

En plus de la surveillance automatique de la qualité d'eau produite, des analyses de la conductivité, de la dureté et de la teneur en chlorures seront effectuées manuellement deux fois par semaine

I.5.3.1.7. Mitigeage de l'eau osmosée

L'eau de process est un mélange entre l'eau osmosée et l'eau brute pour obtenir la qualité physicochimique demandée. Le mitigeage de l'eau sera effectué en eau brute déchlorée, filtrée et stérilisée par UVc. Le skid de mitigeage sera équipé d'une vanne automatique modulante gérée en fonction du débit d'eau osmosée produit. Le débit de cette vanne sera variable pour respecter un ratio déterminé entre l'eau osmosée et l'eau brute. Le ration de mitigeage sera réglable afin de pouvoir affiner la qualité d'eau produite en fonction des analyses de contrôle effectuées. Une injection de javel sera prévue pour maintenir un taux de chlore résiduel dans les réseaux et éviter le développement de microorganismes. Le pH sera corrigé à la neutralité (pH=7) par injection de soude pour la totalité de l'eau mitigée produite. Le dosage de l'eau de Javel et de la soude est proportionnel à la quantité d'eau produite (Somme de l'eau osmosée et de l'eau brute de mitigeage) L'injection de l'eau de Javel et de la soude sera effectué par deux pompes doseuses dans la conduite d'eau traitée. Elles seront stockées dans des bacs doseurs de 120 litres équipés de bac de rétention. La surveillance de la qualité de l'eau produite sera effectuée par des mesures manuelles deux fois par semaine des valeurs de TH, TA, TAC, pH, Conductivité, Chlorures et ClO^- . Les valeurs de mitigeage et de dosage de l'eau de Javel et de la soude pourront être corrigées en fonction des résultats obtenus.

I.5.3.2. Cuve à eau traitée

Une cuve d'eau verticale cylindrique sera réalisée sera réalisée à côté du local de traitement d'eau. Son rôle sera d'écarter les pointes de consommation du site afin de limiter le débit de production des unités de traitement d'eau au débit moyen de consommation du site. Le volume de cette cuve sera de 250 m^3 permettant des opérations de maintenance d'une durée inférieure à 3 heures sur des équipements en amont de la cuve tampon sans arrêt de production du site. Un capteur de niveau permettra de mesurer en permanence le volume d'eau présent dans la cuve. Ce capteur permettra de définir les seuils de niveaux pour le fonctionnement des différents équipements.

I.5.3.3. Adoucissement de l'eau des utilités

L'eau d'alimentation des chaudières et des tours de refroidissement sera adoucie à 0°F de dureté. L'eau utilisée sera de l'eau de process (sortie groupe de pompage eau de process) qui sera traitée sur un adoucisseur. Ce dernier sera de type duplex et pourra évoluer en triplex. Il permettra de

produire de l'eau en continu à 0°F de TH. Son débit permettra de répondre aux besoins instantanés d'appoint de la bache alimentaire des chaudières et des tours de refroidissement soit 3 à 20 m³/h . Sa capacité de traitement permettra de produire les 300 m³ d'eau nécessaires à termes pour alimenter les utilités. La régénération des colonnes sera effectuée au volume d'eau traitée. Les colonnes seront régénérées avec du sel (NaCl) en pastilles ou du sel fin (Suivant la disponibilité). La surveillance de la qualité de l'eau produite sera effectuée par une mesure manuelle journalière de la valeur de TH en sortie d'adoucisseurs.

Nous donnons sur la figure 4, une photo de l'adoucisseurs



Figure4: l'adoucisseurs

I.5.3.4. Automatisation

L'installation sera gérée par automatisation centralisée équipée d'une supervision développée sous le logiciel PCVUE32. La supervision permettra de gérer les équipements tant au niveau de leur paramétrage que de leur fonctionnement. Les vues de fonctionnements permettront d'avoir un suivi général du traitement et de chaque phase du traitement. L'ensemble des valeurs transmises par les capteurs installés sur les équipements seront enregistrées. Cette acquisition de données permettra de suivre le fonctionnement des équipements dans le temps, mais aussi de tracer toutes les phases de fonctionnement et interventions effectuées. Cet outil aura pour objectif de fiabiliser le fonctionnement des équipements par une gestion au quotidien des éventuelles dérives de fonctionnement et des opérations de maintenance. Cette centralisation du fonctionnement permettra

une surveillance permanente du fonctionnement de l'ensemble des équipements. L'automatisme sera relié à la supervision distante Clauger en PROFINET, protocole supporté par WINCC. Une page sera développée sur ce superviseur central pour le traitement d'eau. (Vue générale de la station de traitement d'eau avec animation des éléments en service, affichage des principaux paramètres de fonctionnement et alarmes.)

1.6. Schéma de la station

Schéma de la station, nous le représentons sur la figure 5

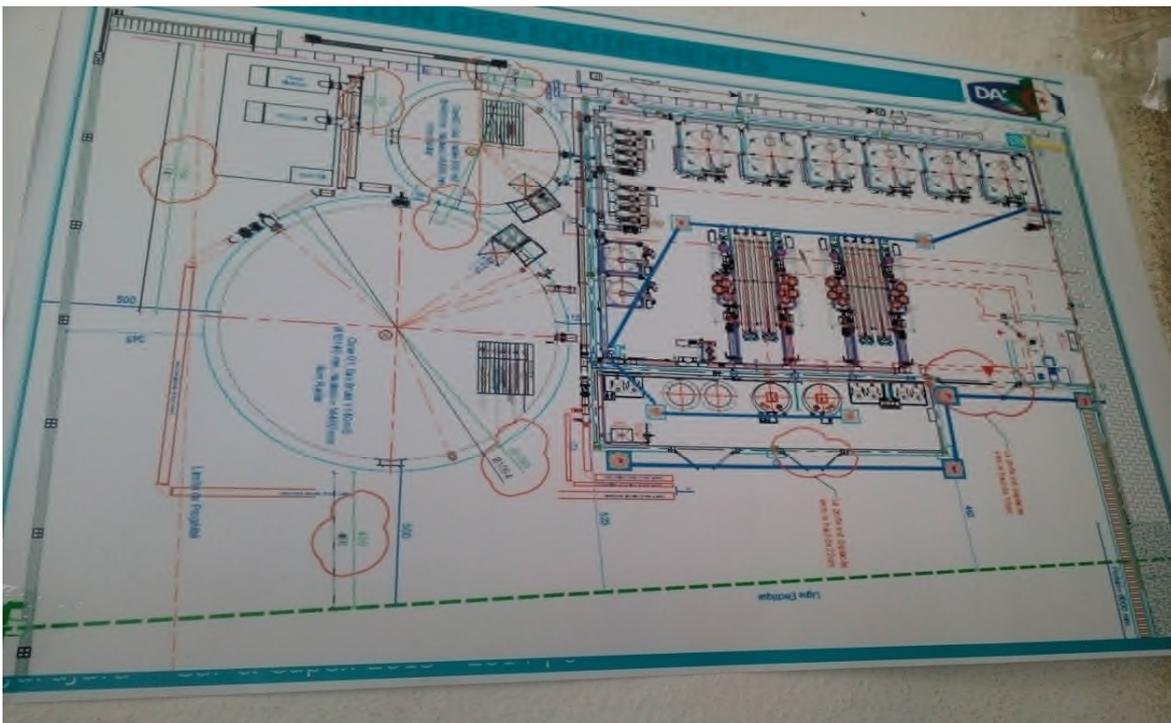


Figure 5 : Schéma de la station

Chapitre II : Matériel et méthodes utilisés

Nous décrirons dans ce chapitre les techniques de mesure et d'analyse ainsi que le mode opératoire suivi pour la détermination des paramètres physico-chimiques suivants : pH, TH, TA, TAC et la teneur en chlorures. Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques.

II.1. Méthodes d'analyses

II.1.1. Méthodes électrochimiques

II.1.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

➤ **Définition**

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^+ .

➤ **Matériel**

Le matériel utilisé pour la mesure du pH est un pH- mètre (210 Hanna-instruments -HI-2210) , nous le représentons sur la figure 6



Figure 6 : Représentation du pH-mètre utilisé.

➤ **Mode opératoire**

On étalonne le pH-mètre avec deux solutions étalons de pH 7 et 10 ou 4 et 7 (selon la gamme de mesures à réaliser, on introduit l'eau à analyser dans un bécher, on plonge l'électrode du pH-mètre, après stabilisation, on lit la valeur du pH.

II.1.1.2. La conductivité

➤ **Définition**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm Elle est l'inverse de la résistivité électrique.

➤ **Matériel**

Le conductimètre utilisé pour la mesure de la conductivité est de marque (HASACH HQ 14D PORTABLE , ETANCHE) , nous le représentons sur la figure 7



Figure 7: Représentation du conductimètre utilisé.

➤ **Mode opératoire**

Après avoir étalonné le conductimètre, On plonge la cellule de l'appareil préalablement rincée dans un bécher avec l'eau à analyser, on la secoue légèrement afin d'éliminer les bulles d'air ; on attend quelques secondes et on effectue la mesure de la conductivité.

II.1.2. Méthodes titrimétriques

II.1.2.1. Détermination du Titre Hydrotimétrique (TH) (Première méthode)

➤ **Principe**

Les ions Ca^{+2} et Mg^{+2} , sont titrés par complexométrie avec une solution aqueuse de sel d'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH 10. L'indicateur coloré utilisé est le noir eriochrome T (NET), qui donne une couleur foncée ou violet en présence des ions Ca^{+2} et Mg^{+2} . Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions Ca^{+2} et Mg^{+2} libres en

solution pure, puis au point d'équivalence, avec les ions Ca^{+2} et Mg^{+2} combinés avec l'indicateur et provoque un changement de couleur du rouge au violet ou bleu.

➤ **Matériel**

- Erlen Meyer de 250 ml ;
- Bécher ;
- Burette graduée de 10 ml.

➤ **Réactifs**

- Noir Eriochrome T (NET) indicateur coloré ;
- Liquueur compléxométrique (N/25) ;
- Tampon K 10.

➤ **Mode opératoire**

On prélève un volume de 100 ml d'eau à analyser que l'on verse dans un erlen Meyer, on ajoute 30 gouttes de tampon K 10 et 10 gouttes d'indicateur coloré (Noir eriochrome T) et on mélange.

- Si une coloration bleu apparait, le TH est nul ($\text{TH}=0^\circ\text{F}$) ;
- Si une coloration violette apparait (Présence d'ions Ca^{+2} et Mg^{+2}), on titre le mélange avec une liqueur compléxométrique jusqu'au virage de la coloration violette vers le bleu vert.

➤ **Expression des résultats**

Le titre hydrotimétrique de l'eau, est exprimé en degrés Français ($^\circ\text{F}$), il est égal au volume de la solution de liqueur compléxométrique.

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

1 $^\circ\text{F}$: Degré français (1 $^\circ\text{F}$ =10 mg/L de CaCO_3).

V : Volume d'EDTA à la neutralisation.

II.1.2.2. Détermination du Titre Hydrotimétrique (Deuxième méthode)

➤ **Matériel**

- Tubes à essais.

➤ **Réactifs**

- Reactif K;
- Reactif N° 1;
- Reactif N° 2.

➤ **Mode opératoire**

- On verse 10mL d'eau à analyser dans un tube à essais, on ajoute 2 gouttes de réactif K et 5 gouttes de réactif N° 1.

-Si une coloration bleu apparaît, le TH est nul ($TH=0^{\circ}F$) ;

-Si une coloration rouge apparaît, l'eau est dure dans ce cas on compte le nombre de gouttes de réactif N°2 qu'il faut ajouter pour que la couleur vire au bleu.

➤ **Expression des résultats**

La dureté est égale 2 fois le nombre de gouttes.

$$1 \text{ goutte} = 2^{\circ} F$$

II.1.2.3. Titre hydrotimétrique au savon

➤ **Matériel**

-Bécher ;

-Burette gradué de 10 ml.

➤ **Réactifs ;**

-Phénolphtaléine ;

-Solution de liqueur hydro-spéciale.

➤ **Mode opératoire**

On Prélève 100 ml d'eau à analyser dans un erlen Meyer, on ajoute 3 gouttes de phénolphtaléine.

-Si l'eau reste incolore on ajoute quelques gouttes de neutralisant, on titre avec une liqueur hydro-spéciale jusqu'à l'apparition d'une mousse, qui doit persister 1à3 minutes.

II.1.2.4. Titre alcalimétrique (TA)

➤ **Principe**

La détermination est basée sur la neutralisation des bases contenues dans un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

➤ **Matériel**

-Erlen Meyer ;

- Burette graduée de 10 ml.

➤ **Réactifs**

- Phénolphtaléine ;
- Liqueur alcalimétrique ou acide sulfurique.

➤ **Mode opératoire**

On Prélève 100 ml d'eau à analyser dans un erlen Meyer, on ajoute 5 gouttes de solution alcoolique de phénolphtaléine , une coloration rose doit alors se développer.

- Dans le cas contraire le TA est nul, ($\text{pH} < 8,3$), on verse ensuite doucement l'acide dans un erlenmeyer à l'aide d'une burette, en agitant constamment, et ce jusqu'à décoloration complète de la solution.

➤ **Expression des résultats**

$$\text{TA } (^{\circ}\text{F}) = \text{V (ml)}$$

Où

V : Volume d'acide versé à la neutralisation.

$$\text{TA} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}_2\text{CO}_3] - [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Le TA correspond donc à la somme des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxyles (OH^-).

II.1.2.5. Titre alcalimétrique complet (TAC)

➤ **Principe**

Le titre alcalimétrique complet ou TAC permet de connaître la teneur totale en ions hydroxyles, carbonates et hydrogénocarbonates. Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

➤ **Matériel**

- Erlen Meyer ;
- Burette graduée de 10 ml.

➤ **Réactifs**

- Méthyl orange ou Hélianthine ;
- Liqueur alcalimétrique ou acide sulfurique.

➤ **Mode opératoire**

On Prélève 100 ml d'eau à analyser dans un erlen Meyer, on ajoute 5 gouttes d'hélianthine, une coloration jaune doit apparaitre, On titre avec une liqueur alcalimétrique jusqu' au virage de la coloration jaune vers l'orange.

➤ **Expression des résultats**

$$\text{TAC } (^{\circ}\text{F}) = \text{V(ml)}$$

Le TAC correspond à la somme :

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + 2 [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+]$$

II.1.2.6. Dosage des chlorures

➤ **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent. Les réactions qui se produisent, sont représentées par les équations [1] et [2].



➤ **Matériel**

- Erlenmeyer ;
- Burette graduée de 10 ml.

➤ **Réactifs**

- Acide nitrique pur (HNO_3) ;
- Chromate de potassium (K_2CrO_4) ;
- Solution de nitrate d'argent (AgNO_3) 0,1 N.

➤ **Mode opératoire**

On Prélève 100mLd'eau à analyser, on ajoute 1 ml d'indicateur le chromate de potassium, on titre avec le nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre.

➤ **Expression des résultats**

$$[\text{Cl}^-] = V * 10 * 3,55$$

Où

V : Volume de nitrate d'argent versé à la neutralisation ;

-3,35 : Masse équivalente de chlore.

La teneur en chlorures est exprimée en milligrammes de Cl^- par litre d'eau.

Chapitre III : Résultats et discussion

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les différents échantillons d'eau prélevés, sont regroupés dans les tableaux (2-19). Les analyses sont effectuées sur 11 types d'échantillons d'eau qui sont :

- Eau de forage ;
- Eau de ville ;
- Eau filtrée ;
- Eau osmosée (perméat) ;
- Eau adoucie ;
- Eau de chaudière ;
- Eau bêche ;
- Eau de condensat.
- Eau d'Appoint tours
- Eau de Tour
- Eau glacée

Les paramètres physico-chimiques étudiés sont : le pH, la conductivité, la dureté ou titre hydrotimétrique (TH), le Titre alcalimétrique (TA), Titre alcalimétrique complet (TAC) et la teneur en chlorures.

III.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Les valeurs du pH mesurées sur les différents échantillons d'eau prélevés ainsi que les standard de DANONE, sont consignées dans les tableaux (2,3,4).

Tableau 2: Valeurs du pH des différents échantillons prélevés à température ambiante (T=20 °C) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau de forage	Eau de ville	Eau filtrée	Eau osmosée perméat	Eau adoucie	Eau traité
pH mesuré	7,06	8,04	6,79	5,45	6,6	6,79
Les standard de Danone	6,8<pH< 8	7<pH<8	6,4<pH<7	5,4pH<5,8	6,4<pH<7,2	6,4<pH<7,2

Il apparait sur le tableau 2, que l'eau osmosée a le pH le plus faible (pH= 5,45), ceci est principalement dû à l'injection de produits séquestrants qui ont pour but d'éviter la précipitation des sulfates et des carbonates sur les membranes, et les autres échantillons sont répondeurs aux normes.

Tableau 3: Valeurs du pH des différents échantillons prélevés à température élevée (T=70°C) et les standards de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau de chaudière	Eau de bache	Eau de condensat
pH mesuré	12,5	6,97	9,45
Les standards de Danone	10,5 < pH < 12	8 < pH < 10	pH > 8

Il apparait sur le tableau 3, que le pH de l'eau de chaudière, est supérieur à la norme, ce qui peut provoquer la dégradation des chaudières par cette eau agressive alors il faut purger légèrement la chaudière pour atteindre les normes fixées.

Tableau 4: Valeurs du pH des différents échantillons prélevés à basse température (T < 5°C) et les standards de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau d'Appoint tours	Eau de Tour	Eau glacée
pH mesuré	6,9	7,92	7,05
Les standards de Danone	pH < 9	pH < 9	pH < 9

Il apparait sur le tableau 4, que l'eau glacée, eau de tour et eau d'appoint tours sont conformes aux normes.

III.2. Conductivité

Nous donnons dans les tableaux (5,6,7), les valeurs des conductivités ioniques des échantillons d'eau prélevés ainsi que les standards de DANONE.

Tableau 5: Conductivités ioniques des échantillons d'eau prélevés à température ambiante ($T=20^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau de forage	Eau de la ville	Eau filtrée	Eau osmosée (perméat)	Eau adoucie	Eau traité
Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	7810	1358	452	80	231	250
Les standard de Danone	$0 < \lambda < 2700$	$0 < \lambda < 2700$	$0 < \lambda < 2700$	$0 < \lambda < 80$	$\lambda < 300$	$100 < \lambda < 400$

D'après les résultats obtenus dans le tableau 5, nous constatons que la valeur de l'eau de forage ($\lambda=7810 \mu\text{s/cm}$), n'est pas conforme aux normes. Donc, nous pouvons dire que l'eau de forage de DANONE n'est pas une eau de très bonne qualité, car cette dernière est riche en sels minéraux. Elle doit donc subir un contrôle plus strict. Par contre le reste des échantillons sont conformes aux normes exigées.

Tableau 6: Valeurs de la conductivité des différents échantillons prélevés à température élevée ($T=70^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau de chaudière	Eau de bêche	Eau de condensat
Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	2110	244	15,9
Les standard de Danone	$1000 < \lambda < 6000$	/	$\lambda < 50$

D'après les valeurs enregistrées dans le tableau 6, indique que nous sommes dans les normes

Tableau 7: Valeurs de la conductivité des différents échantillons prélevés à basse température ($T < 5^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau d'Appoint tours	Eau de Tour	Eau glacée
Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	277	487	397
Les standard de Danone	$\lambda < 300$	$\lambda < 1500$	$\lambda < 600$

Au regard des valeurs des conductivités données dans le tableau 7, nous pouvons dire que les résultats des analyses sont conformes aux normes.

III.3. Titre hydrotimétrique

Dans les tableaux (8,9,10) sont rassemblées les valeurs des titres hydrotimétriques pour les différents échantillons d'eau prélevés.

Tableau 8: Valeurs mesurées de duretés totales (TH) à température ambiante (TH=20°C) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau de forage	Eau de la ville	Eau filtrée	Eau osmosée (perméat)	Eau adoucie	Eau traité
Dureté totale (°F)	165	45,5	11,5	0	0	5
Les standard de Danone	TH<90	TH<90	TH<90	0<TH<0,5	TH<0,5	4<TH<8

Les résultats du tableau 8, montrent que l'eau de forage a une dureté totale très élevée supérieure à la norme. Cette forte dureté est probablement due à la nature des terrains traversés par l'eau (calcaires). Les inconvénients de cette dureté sont : la formation de dépôts de carbonates de calcium et de magnésium (CaCO_3 et MgCO_3), lesquels provoquent l'incrustation et l'entartrage des conduites. Par conséquent le traitement de cette eau est indispensable. Nous constatons par ailleurs que les valeurs de la dureté sont conformes à la norme pour les eaux, adoucie, de chaudière, de condensat, filtrée et l'eau de la bûche alimentaire.

Tableau 9: Valeurs mesurées de duretés totales (TH) à température élevée (T=70°C) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau de chaudière	Eau de bûche	Eau de condensat
Dureté totale (°F)	0	0	0
Les standard de Danone	TH<0,5	TH<0,5	TH<0,5

Il ressort des résultats du tableau 9, que les valeurs de la dureté sont dans les normes fixées, donc on peut dire que le procédé de l'adoucissement de l'eau est efficace.

Tableau 10: Valeurs mesurées de duretés totales (TH) à basse température ($T < 5^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau d'Appoint tours	Eau de Tour	Eau glacée
Dureté totale ($^{\circ}\text{F}$)	0	0	0,5
Les standard de Danone	TH<0,5	TH<1	TH<2

D'après les résultats du tableau 10, nous concluons, que le TH des différents points de prélèvement est conforme aux normes exigées.

III.4. Titre alcalimétrique (TA)

Dans les tableaux (11,12,13), sont consignées les valeurs des titres alcalimétriques des différents échantillons d'eau prélevés ainsi que les standard de DANONE.

Tableau 11: Valeurs mesurées des titres alcalimétriques des différents échantillons d'eau prélevés à température ambiante ($T=20^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE

Echantillon d'eau	Eau de forage	Eau de la ville	Eau filtrée	Eau osmosée (perméat)	Eau adoucie	Eau traité
TA ($^{\circ}\text{F}$)	0	0	0	0	0	0
Les standard de Danone	TA=0	TA=0	TA=0	TA=0	TA=0	TA=0

Tableau 12: Valeurs mesurées des titres alcalimétriques des différents échantillons d'eau prélevés à température élevée ($T=70^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE

Echantillon d'eau	Eau de chaudière	Eau de bêche	Eau de condensat
TA ($^{\circ}\text{F}$)	6	0	0,5
Les standard de Danone	TA<0,5	TA<0,5	TA<0,5

Tableau 13 : Valeurs mesurées des titres alcalimétriques des différents échantillons d'eau prélevés à basse température ($T < 5^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau d'Appoint tours	Eau de Tour	Eau glacée
TA ($^{\circ}\text{F}$)	0	0	0
Les standard de Danone	TA=0	TA=0	TA=0

D'après les résultats des trois tableaux (11,12,13), nous pouvons conclure que les valeurs de TA obtenues pour les échantillons (Eau de forage, Eau de la ville, Eau filtrée, Eau osmosée (perméat), Eau adoucie et Eau de la bêche), sont nulles, ce qui signifie que ces eaux ne contiennent pas de bases fortes (OH^- et CO_3^{2-}), ils contiennent des bicarbonates (HCO_3^-). Les valeurs des TA des eaux de chaudière et de condensat sont supérieures à zéro mais sont faibles, donc elles ne contiennent pas de base fortes. Nous constatons par ailleurs que les valeurs de TA, sont dans les normes pour tous les échantillons d'eau prélevés.

III.5. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Nous avons déterminé la somme des teneurs d'une eau, en ions hydroxyle (OH^-), en ions carbonates (CO_3^{2-}) et en ions bicarbonates ou hydrogénocarbonates (HCO_3^-). Les résultats sont regroupés dans les tableaux (14,15,16).

Tableau 14: Valeurs de TAC des différents échantillons d'eau prélevés à température ambiante ($T = 20^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau de forage	Eau de la ville	Eau filtrée	Eau osmosée (perméat)	Eau adoucie	Eau traité
TAC ($^{\circ}\text{F}$)	22	17	5	0,9	4	3,5
Les standard de Danone	$0 < \text{TAC} < 40$	$0 < \text{TAC} < 40$	$0 < \text{TAC} < 30$	/	$3 < \text{TAC} < 7$	$3 < \text{TAC} < 7$

Tableau 15: Valeurs de TAC des différents échantillons d'eau prélevés à température élevée ($T=70^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau de chaudière	Eau de bache	Eau de condensat
TAC ($^{\circ}\text{F}$)	11	3	1
Les standard de Danone	$80 < \text{TAC} < 120$	$1 < \text{TAC} < 8$	$\text{TAC} < 10$

Tableau 16: Valeurs de TAC des différents échantillons d'eau prélevés à basse température ($T < 5^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau d'Appoint tours	Eau de Tour	Eau glacée
TAC ($^{\circ}\text{F}$)	4,5	5	3
Les standard de Danone	$\text{TAC} < 20$	$\text{TAC} < 20$	$\text{TAC} < 20$

Il apparait sur les tableaux (14,15,16), que les teneurs en TAC des différents points de prélèvement respectent les normes ce qui nous indique que cette eau est faible en ions HCO_3^- , OH^- et CO_3^{2-} .

III.6. Teneur en ions Cl^-

Sur les tableaux (17,18,19) sont regroupées les valeurs des teneurs en chlorures des différents échantillons d'eau prélevés.

Tableau 17: Teneur en ions chlorures pour les différents échantillons d'eau prélevés à température ambiante ($T=20^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau de forage	Eau de la ville	Eau filtrée	Eau osmosée (perméat)	Eau adoucie	Eau traité
Teneur en chlorures (mg/L)	2556	113,6	63,9	21,3	42,6	42,6
Les standard de Danone	$0 < \text{Cl}^- < 700$	$0 < \text{Cl}^- < 700$	$40 < \text{Cl}^- < 55$	$\text{Cl}^- < 30$	$\text{Cl}^- < 250$	$40 < \text{Cl}^- < 50$

Il ressort des résultats du tableau 17, que l'eau de forage contient une forte teneur en chlorures (2556 mg/L) supérieure à la norme. Ceci est probablement due aux terrains traversés par cette eau, lesquels sont riches en chlorures. Pour les autres points de prélèvement les teneurs en chlorures sont conformes aux normes exigées.

Tableau 18: Teneur en ions chlorures pour les différents échantillons d'eau prélevés à température élevée ($T=70^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau de chaudière	Eau de bache	Eau de condensat
Teneur en chlorures (mg/L)	241,4	35,5	3,55
Les standard de Danone	$\text{Cl}^- < 1000$	$\text{Cl}^- < 250$	/

Tableau 19: Teneur en ions chlorures pour les différents échantillons d'eau prélevés à basse température ($T < 5^{\circ}\text{C}$) et les standard de DANONE.

Echantillon d'eau	Eau d'Appoint tours	Eau de Tour	Eau glacée
Teneur en chlorures (mg/L)	40	99,4	56,8
Les standard de Danone	$\text{Cl}^- \leq 50$	$\text{Cl}^- \leq 250$	/

D'après les résultats obtenus dans les tableaux (17,18,19), que tous les points de prélèvement sont répondent aux normes.

Conclusion générale

Nous nous sommes intéressées dans notre étude à l'analyse de certains paramètres physico-chimiques (La conductivité, la dureté, le TA, le TAC, la teneur en chlorures(Cl^-) et le pH), sur différents points d'eau tels que :Eau de forage ;Eau de ville ;Eau filtrée ;Eau osmosée (perméat) ; Eau adoucie ;Eau de chaudière ; Eau de bêche et Eau de condensat.

Il ressort des résultats obtenus dans cette étude que :

- La valeur du pH répond à la norme de DANONE, sauf pour l'eau de chaudière pour laquelle le pH est supérieur à la norme, ce qui peut provoquer la dégradation des chaudières ;
- La valeur de la conductivité électrique de l'eau de forage($\lambda=7810 \mu\text{s}/\text{cm}$), est très élevée et n'est pas conforme aux normes. Donc, nous pouvons dire que l'eau de forage n'est pas une eau de très bonne qualité, car cette dernière est riche en sels minéraux. Elle doit donc subir un contrôle plus strict. Par contre pour le reste des échantillons d'eau, elles sont conformes aux normes exigées par DANONE ;
- Les teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} de l'eau de forage sont élevées. Cette dureté est probablement due à la nature des terrains traversés par l'eau (calcaires) ;
- Les valeurs obtenues pour le TA sont dans les normes, donc les échantillons d'eau analysés ne contiennent pas de bases fortes (OH^- et CO_3^{2-}) ;
- Les valeurs de TAC de différents points de prélèvement respectent les normes et tous les types d'eau étudiés sont pauvres en ions HCO_3^- , OH^- et CO_3^{2-} .
- L'eau de forage est très chargée en ions chlorures et les valeurs enregistrées sont au dessus des normes de DANONE. Ces eaux deviennent douces après traitement. On peut donc conclure que le processus de l'adoucissement est efficace.

Conclusion générale

- Les analyses que nous avons effectuées au niveau de l'entreprise DANONE nous ont permis de maîtriser les techniques d'analyses et d'acquies des connaissances sur le traitement des eaux.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] P. John, A. Donald, microbiologique, 3^{ème} Edition, 2010 ,1216 p
- [2] G. John, l'eau : usage et polluants, Edition QUAE, 1999, 210 p
- [3] Reserve naturelle RNOB, dossier n° 40, 1995,67 P
- [4] Encyclopédie. L'eau, Edition 2006. Encarta
- [5] M. Tardat-Henry, chimie des eaux , 1^{ère} Edition griffon d'argile INC, paris, (1984)
- [6] C.Cardot, les traitements de l'eau. Edition ELLIPES PARIS,1990, 247 p
- [7] R. Desiardins, le traitement des eaux,2^{ème} Edition revue et amélioré. Canada 1990, 304 p
- [8] G 1150 V1/ Date de publication : 10 juil 2006 française PETITPAIN
- [9] [file:///C:/Users/ETSKMT/ Picture/ ville de Metz-qualité de l'eau. htm](file:///C:/Users/ETSKMT/Picture/ville%20de%20Metz-qualit%C3%A9%20de%20l'eau.htm)
- [10] [www. Fr/CW/ dossiers/ doseau/ potable Nor.html](http://www.fr/cw/dossiers/doseau/potable/nor.html)
- [11] [http://www.medecine-et santé.com](http://www.medecine-et_sant%C3%A9.com) (nutrition) eau potable.html
- [12] [http://www.traitement -eau -annet.environnement .com](http://www.traitement-eau-annet.environnement.com)
- [13] [file:///C:/Users/ETSKMT/Agence de l'Eau Seine Normandie](file:///C:/Users/ETSKMT/Agence%20de%20l'Eau%20Seine%20Normandie)
- [14] J. Rodier, l'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer), 8^{ème} Edition, DUNOD, paris 1997 p 66
- [15] P.Savary. Guide des analyses de la qualité de l'eau .Ed.Territorial Voiron,2010,261 p
- [16] J. Rodier, Analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer), 8^{ème} Edition, paris, 1996, 1260 P
- [17] A. Hade, NOS LACS_ les connaître pour mieux les protéger, Edition fides, 2002, 360 P
- [18] M. Dore. Chimie des oxydants et traitement de l'eau. Edition Tec et Doc Lavoisier, France, 505 p

Références bibliographiques

- [19] J. Rodier, Analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer), 8^{ème} Edition, Paris, 1996, 1260 p
- [20] B. Jean-claude, contrôle des eaux douces et de consommation humaine, Edition Ed-Techniques Ingénieur, 1983, P 2-8
- [21] F. Berne, C. Jean, traitement des eaux, Edition TECHNIP, 1991, 306 p
- [22] F. Berne, les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière. Edition TECHNIP, 1972, P 207
- [23] J. Rodier, Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, 8^{ème} Edition, Dunod, Paris, 1996, 1335 p
- [24] J. Rodier, Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, Dunod, Paris, 1978
- [25] k.Mokedpem, OUDDANE, qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source Sidi yaakoub, Mémoire institut de biologie-Mascara-2005
- [26] Guiraud et Galzy, microbiologie alimentaire, Edition usine, 1998
- [27] Dr lebres. Institut Pasteur d'Alger
- [28] M. Tardat-Henry, « chimie des eaux », 1^{ère} Edition Griffon d'Argile INC, Paris, (1984)
- [29] Dégremont, « Mémento technique de l'eau », 8^{ème} Edition, Paris, 1978
- [30] RAYMOND DESJARDINS, traitement des eaux, 2^{ème} Edition, Édition de l'école polytechnique de Montréal, 1988
- [31] H. Roque, fondement théoriques du traitement chimique des eaux », volume II, Edition technique et documentaire, Paris, 1990
- [32] R. Desjardins "Le traitement des eaux, 2^{ème} édition, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 1988
- [33] Elena Fernandez Ibañez: Thèse de doctorat, Granada, (2002).
- [34] F. Rouessac et A. Rouessac. Analyse chimique. Méthodes et techniques instrumentales modernes, 6^{ème} Edition (Dunod)

Références bibliographiques

Chapitre I

Chapitre II

Chapitre III

Conclusion

INTRODUCTION

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Partie expérimentale

Références bibliographiques

Résultats
et
discussion

Synthèse

Bibliographique

Résumé :

Nous nous sommes intéressées dans notre étude à l'analyse de certains paramètres physico-chimiques (La conductivité, la dureté, le TA, le TAC, la teneur en chlorures (Cl) et le pH), sur différents points d'eau tels que : Eau de forage ; Eau de ville ; Eau filtrée ; Eau osmosée (perméat) ; Eau adoucie ; Eau de chaudière ; Eau de bache et Eau de condensat.

Nous nous sommes par ailleurs intéressés au fonctionnement de la nouvelle station de traitement de l'eau. Les analyses physico-chimiques effectuées sur différents points d'eau ont permis de constater que l'eau de forage utilisée pour l'alimentation est très riche en sels minéraux. D'autre part, nous remarquons que l'eau osmosée a le pH le plus faible, par contre le pH de l'eau de chaudière, condensat et l'eau de bache répondent aux normes de DANONE. Nous pouvons dire que les résultats des analyses sont conformes aux normes sauf pour l'eau de forage qui a une conductivité élevée. Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que l'eau de forage a une dureté totale très élevée supérieure à la norme de DANONE. Les valeurs de TA obtenues pour tous les échantillons d'eau, sont nulles, ce qui signifie que ces eaux ne contiennent pas de bases fortes (OH^- et CO_3^{2-}), ils contiennent des bicarbonates (HCO_3^-). Les valeurs des TA des eaux de chaudière et de condensat sont supérieures à zéro mais sont faibles, donc elles ne contiennent pas de bases fortes. Nous constatons par ailleurs que les valeurs de TA, sont dans les normes pour tous les échantillons d'eau prélevés. Les valeurs de TAC, sont dans les normes pour tous les échantillons d'eau prélevés. L'eau de forage contient une forte teneur en chlorures (2556 mg/L) supérieure à la norme de DANONE. Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur eskimo, sont conformes aux normes de DANONE.

Mots clés : Traitement de l'eau ; Dureté ; Titre alcalimétrique ; Titre alcalimétrique complet.

Abstract :

We are interested in our study to analyze some physicochemical parameters (conductivity, hardness, TA, TAC, the chloride content (Cl) and pH) at different points of water such that: drilling water; City water ; filtered water; Osmosis water (permeate); Softened water; boiler water; Water tank and condensate water.

We are also interested in how the new water treatment plant. The physicochemical analyzes of different water have found that well water used for food is very rich in minerals. Moreover, we note that the RO water has the lowest pH, this is mainly due to the injection of sequestering products that are intended to prevent the precipitation of sulfates and carbonates on the membranes. By against the pH of the water, boiler condensate and tarpaulin water meet the standards of Danone. We can say that the results of the analyzes are compliant except for drilling water has a high conductivity. The results of physicochemical analyzes showed that the well water has a very high total hardness greater than the standard DANONE. The values of TA obtained for all water samples are zero, which means that these waters do not contain strong basic (OH^- and CO_3^{2-}), they contain bicarbonates (HCO_3^-).

The values of the TA of the boiler and condensate water are greater than zero but are low, therefore they do not contain strong bases. We note also that the values of TA are in the standards for all water samples. The values of TAC are in standards for all water samples. The drilling water contains a high chloride content (2556 mg / L) greater than the standard Danone. The results of physicochemical analyzes of Eskimo are compliant DANONE.

Keywords: Water treatment; Hardness ; alkalinity; Full alkalinity.

