

Remerciements

Tous nos remerciements et le plus sincère dévouement, de la profonde foi, sont portés au premier lieu à Dieu tout puissant, qui nous a donné la prospérité, la force et le courage pour réaliser ce travail.

Tout d'abord, je tiens à remercier la Directrice de l'entreprise, M^{me} BERKATI Nesrine pour m'avoir accepté en stage au sein de son établissement et pour l'opportunité qu'il m'a offert.

Je tiens également à remercier particulièrement M^{lle} BOUMENDJEL Hadjer pour son aide, ses explications et son accueil ; le chef service du laboratoire physicochimie M^r BOULAHLIBE Nadjib , et

l'ensemble des contrôleurs de qualité physicochimie sans oublier les contrôleurs de qualité microbiologie pour leur bienveillance.

Finalement, je remercie toute personne qui m'a aidé de manière directe ou indirecte à la réalisation de cette étude.

dédicace

*Touts avec l'aide de Dieu, on a pu réaliser ce modeste travail, que je dédie :
Avant tout, à mes très chers parents qui m'ont beaucoup aidé et soutenu durant
ma vie et surtout dans mes études.*

*À mes soeurs : **AMINA** et **WISSAL**.*

À tout mes amis chacun son nom.

À tous mes professeurs.

À toute la promotion «QPSA »2022/2023.

À tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

À tous ceux qui m'ont soutenu durant toute ma scolarité.

Liste des figures
Liste des tableaux
Liste des abréviations

Introduction... 01

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I. Différents type des eaux 2

- 1. Eau de pluie 2
- 2. Eau de surface..... 2
- 3. Eau souterrains 2
- 4. Eau de mer et océans..... 2

II . Substances présentent dans l'eau naturelles 2

- 1. Matières colloïdales 2
- 2. Matières organique dissoutes 2
- 3. Matières minérales dissoutes 3
- 4. Gaz dissoutes 3

 - 4.1.Oxygène dissous..... 3
 - 4.2 Gaz carbonique..... 3

III .La définition d'eau et sa consommation humaine 4

- 1. Propriétés organoleptique 4

 - 1.1. Couleur..... 4
 - 1.2. Goût et odeur..... 4
 - 1.3. Turbidité..... 4

- 2. Propriétés physicochimique 4

 - 2.1. Potentiel hydrogène (ph)..... 4
 - 2.2. La conductivité..... 4
 - 2.3. Acidité..... 4
 - 2.4. Alcalinité..... 5
 - 2.5. Durté ou titre alcalimétrique (TA) 5

IV . Les polluants de l'eau 5

V . L'utilisation de l'eau 5

- 1.Agricole 6

2.Domestique.....	6
3.Industrielles... ..	6
VI . Conséquences de l'évolution des caractéristiques physicochimique de l'eau	6
1. Entartiage	6
2. La corrosion.....	7
VII. Traitement des eaux.....	7
1. Chloration.....	7
2. La filtration à sable.....	8
3. La filtration à charbon actif.....	9
4. Osmose et osmose inverse.....	9
4.1. Avantages d'osmose inverse	10
4.2. Modules de l'osmoseur	10
5. Adoucissement	11
6. Système de désinfection par rayonnement ultraviolet (UV)	11

Chapitre II: Matériel et méthodes

I . Station de traitement des eaux.....	13
II . Paramètres électrochimiques et thermodynamiques.....	13
1. Potentiométrie	13
2. Salinité.....	13
3. Conductivité	13
4. Turbidité	13
5. TDS	13
III . Paramètres physico-chimiques	14
1. TH.....	14
2. Chlorures [Cl-]	16
3. Titre alcalimétrique	18
3.1. Détermination du TA.....	18
3.2. Détermination du TAC	19
4. Sulfites.....	20
5. Cl ₂ libre.....	21

Chapitre III : Résultats et discussion

I. Analyses physico-chimiques des eaux de process	24
1. Eaux filtrées.....	24
2. Eau adoucies.....	27
3. Eau de process	29
4. Eaux des chaudières	31
5. Eaux mitigées, perméat et brutes chlorées.....	33
Conclusion.....	37

Liste des abréviations

- **ADE** : Algérienne des eaux.
- **pH** : Potentiel Hydrogène.
- **mL**: Millilitre.
- **°C** : Degré Celsius.
- **EDTA** : Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique.
- **°F** : Degré Fahrenheit.
- **°f** : Degré français.
- **g**: Gramme.
- **µm** : Micromètre.
- **µS /cm** : Micro Siemens par centimètre.
- **P** : Pression.
- **TA**: Titre Alcalimétrique Simple.
- **TAC** : Titre Alcalimétrique Complète.
- **TH** : Titre Hydrotimétrique.

Liste des figures

Figure 1. Phénomène d'entartrage sur les canalisations.....	7
Figure 2. La corrosion des tuyauteries.....	7
Figure 3. Photographie de la Face externe à filtre de chloration	8
Figure 4. Photographie de la Face externe à filtre à sable	8
Figure 5. Schéma représentant la technique d'osmose et d'osmose inverse.....	10
Figure 6. Structure interne d'une membrane à spirale	10
Figure 7. Photographie de la face externe pour les adoucisseurs.....	11
Figure 8. Principe de l'ultrafiltration	12
Figure 9. Etapes de mesure du TH	15
Figure 10. Réaction chimique du dosage du TH	16
Figure 11. Etapes du dosage des chlorures.....	17
Figure 12. Etapes de mesure du TA	18
Figure 13. Etapes de mesure du TAC.....	19
Figure 14. Etapes du dosage des sulfites.....	21
Figure 15. photographie de l'appareil de Colorimètre	22
Figure 16. schéma synoptique de traitement des eaux utilisées dans l'industrie laitière Candia	
Figure 17. Variation des valeurs de pH des eaux filtrées (1, 2 et 3)	26
Figure 18. Variation des valeurs de conductivité des eaux filtrées (1, 2 et 3).....	27
Figure 19. Variation des valeurs de pH des eaux adoucies 1 et 2.	28
Figure 20. Variation des valeurs de la conductivité des eaux adoucies 1 et 2.	29
Figure 21 . photographie du principe de mésurées les paramètres physico-chimiques (Annexe)	

Liste des tableaux

Tableau 1. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau filtrée1	24
Tableau 2. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau filtrée2.....	24
Tableau 3. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau filtrée 3.....	25
Tableau 4. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau adoucie1.....	27
Tableau 5. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau adoucie2.....	28
Tableau 6. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau de process	30
Tableau 7. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau de chaudière 1.....	31
Tableau 8. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau de chaudière 2.....	31
Tableau 9. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau mitigée	34
Tableau 10. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau perméat	34
Tableau 11. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau brute chlorée	35

Introduction

Introduction

L'eau, molécule simple et indispensable pour la continuité de toute sorte de vie ainsi qu'au développement des populations. Elle est un enjeu vital, économique et culturel. L'eau est si familière qu'on oublie souvent son rôle, son importance et sa nécessité absolue. Sans l'eau, la terre ne serait qu'un astre mort, et aucune vie humaine, biologique ou animale, n'existerait (**Mericq, 2009**).

La qualité de l'eau destinée à la consommation humaine est une priorité pour toute population, qu'elle soit urbaine ou rurale. Elle constitue l'élément majeur du monde minéral et biologique, c'est également le vecteur privilégié de la vie et de l'activité humaine (**Benferhat, 1997**). L'eau est un corps remarquable parmi ceux qui se trouvent naturellement sur terre. Cette importance toute particulière est non seulement due à la quantité élevée d'eau qui se trouve dans l'atmosphère et la croûte terrestre, mais provient également de ses propriétés physiques, chimiques et biochimiques qui lui permettent une vaste utilité dans divers domaines. Clé du développement durable, la maîtrise de l'eau constitue un défi mondial. La survie de régions entières, notamment en Afrique, dépend de cette ressource stratégique. Cependant, l'eau dont nous disposons dans la nature n'est souvent pas directement utilisable ni pour la consommation humaine ni pour l'industrie car elle n'est pas suffisamment pure (**Fellrath, Tarradellas1977**).

Dans l'industrie laitière, l'eau est la matière première la plus importante, raison pour la quelle son traitement est d'une importance cruciale, car une simple négligence ou mauvais fonctionnement du matériel peut affecter la qualité du produit fini. Pour cela, Candia Tchinq-Lait effectue plusieurs traitements, à savoir une filtration par charbon actif, un adoucissement ou encore l'osmose inverse. Cette dernière présente l'intérêt de pouvoir fonctionner à température ambiante et de produire une eau de bonne et constante qualité quelque soit les variations de la quantité de l'eau brute. Afin d'assurer une protection optimale des équipements et une conformité absolue de la qualité de l'eau utilisée dans le process, Candia Tchinq-lait fait le suivi des différentes eaux par des analyses quotidiennes au sein du laboratoire physico-chimique.

L'objectif de ce travail consiste à effectuer une étude continue des eaux utilisées dans la reconstitution du lait et des boissons fabriquées par l'unité Candia Tchinq-Lait de Sétif. Une collecte quotidienne de différentes eaux de l'unité seront évaluées en mesurant différents paramètres physico-chimiques. Pour ce faire, cette présente étude est subdivisée en trois chapitres :

- Au cours du premier chapitre, des généralités sur l'eau seront traitées ;
- La seconde partie sera consacrée aux méthodes d'analyse effectuées au sein du laboratoire physico-chimique de Candia Tchinq-Lait Sétif ;
- Le dernier volet englobera l'ensemble des résultats obtenus ainsi que leurs discussions

Une conclusion regroupera l'essentiel des résultats de cette étude.

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I. Différents types des eaux

Définition

L'eau est un corps composé de molécules. La molécule d'eau est formée d'un atome d'oxygène relié à deux atomes d'hydrogène que l'on note H₂O. C'est une molécule polaire, c'est-à-dire qu'une extrémité de la molécule est chargée positivement et l'autre négativement. Le pôle négatif (oxygène) d'une molécule d'eau est attiré par le pôle positif (hydrogène) d'une autre molécule d'eau, formant une liaison hydrogène entre elles. Les liaisons confèrent à l'eau de nombreuses propriétés physiques, comme par exemple son point de congélation élevé (0°C, 32°F), et son point d'ébullition élevé (100°C, 212°F) (**Raven et al., 2009**). Cette eau, suivant les conditions de pression et de température, peut se retrouver sous trois états (**Figure 1**) : solide (neige et glace), liquide (eau pure ou chargée en solutés), gazeux (vapeur d'eau). Le passage d'une forme à l'autre (changement de phase) s'accompagne d'échanges thermodynamiques avec le milieu (**Behra, 2013**).

1. Eau de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissout, comme les sels de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces (**Desjardins, 1997**).

2. Eau de surface

Les eaux superficielles, on peut les classer en trois catégories : eaux de rivières (partie amont) eaux de rivières (partie aval), et les eaux de lac (**Desjardins, 1997**).

La qualité des eaux de surface dans les pays industrialisés a généralement été améliorée en ce qui concerne certains polluants au cours des 20 dernières années, mais les nouveaux produits chimiques sont de plus en plus un problème (**Assaad, 2014**).

3. Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent 22% des réserves d'eau douce soit environ 1000 milliards de m³. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique (**Cardot, 2005**). Les eaux souterraines caractérisées par une dureté élevée (**Salghi, 2017**).

4. Eaux de mer et océans

Les mers et les océans constituant d'énormes réservoirs d'eaux. Elles représentent près de 97,4 % du volume d'eau existant actuellement sur notre planète (**Salghi, 2017**).

Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, varie de 33000 à 37000mg/L (**Desjardins, 1997**).

II .Substances des eaux naturelles

1. Matières colloïdales

L'état colloïdal est un état intermédiaire entre l'état dissous et la suspension. Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petite taille chargés négativement, ce qui explique qu'ils se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnée dans lamasse liquide. Aussi, leur élimination de l'eau à traiter est difficiles car elles ne décantent pas de manière spontanée et sont peu retenues par les filtres. On devra utiliser des réactifs chimiques qui neutralisent les charges négatives superficielles et permettent leur agrégation (**Rejsek, 2002**).

2. Matières organique dissoutes

Ce sont des matières dispersées de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées (**Rejsek, 2002**). La concentration des matières organiques dissoutes et particulières dépend du type d'eau en profondeur. L'eau de mer surfacique à une concentration plus élevée que l'eau en profondeur. On peut trouver milliers des molécules différentes dans l'eau comme les produits de synthèse organique soluble, matières azotée (**Whitehouse et al. 1996**).

3. Matières minérales dissoutes

Ce sont essentiellement des composés ioniques, anioniques et cationiques Elles proviennent de la dissolution des roches par l'eau lors de son cheminement dans la nature (**Rejsek, 2002**).

4. Gaz dissouts

Lors du contact de l'eau avec l'air, les gaz de l'atmosphère peuvent se dissoudre.

1. Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en $\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$ (Rejsek, 2002).

2. Gaz carbonique

Il intervient dans les propriétés organoleptiques (goût, odeur, ...), c'est aussi un élément majeur de système calcocarbonique. Ainsi il joue un rôle important dans l'équilibre physico- chimique de l'eau qu'il occupe une position centrale dans le cycle géochimique (Tardet-Henry, 1984).

III .Eau de consommation humaine

1. Propriétés organoleptiques

1.1. Couleur

Elle dépend de la nature et la concentration des matières colorantes, elle provient de la dégradation des matières végétales, les matières organiques colorantes comme l'acide humique et fulvique (Tardet-Henry, 1984).

1.2. Goût et odeur

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur non désagréable. Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme (le chlore, les hypochlorites, ...) ou organiques comme (les esters, les alcools, ...) qui provient de la décomposition de matières animales ou végétales (Tardet-Henry,1984).

1.3. Turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (**Tardet-Henry, 1984**).

2. Propriétés physicochimiques

2.1. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+). Le PH varie entre 0 et 14 ; PH=7 correspond à la neutralité . Une eau est acide lorsque son PH est inférieur à 7 et alcaline lorsque son PH est supérieure à 7 (**Gaujous, 1999**) .

2.2. Conductivité

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Elle peut être comme la somme des conductivités des différents ions présents dans l'eau. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par centimètre (ms/cm) (**Dore, 1995**).

2.3. Acidité

L'acidité d'une eau correspond à la présence d'anhydride carbonique libre, d'acide minéraux, de sel d'acide fort et de base faible. Elle est attribuable à la présence du gaz carbonique provenant de la dissolution de CO_2 atmosphérique et de la respiration des êtres vivants aquatiques (**Tardet-Henry,1984**).

2.4. Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et hydroxydes. Cette alcalinité est déterminée par la mesure du titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) (**Tardet-Henry, 1984**).

- Titre alcalimétrique (TA)

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalins libres et en carbonates alcalins caustiques ;

- Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet ou TCA correspond à la teneur de l'eau en alcalin libre, carbonates et hydrogénocarbonates (**Tardet-Henry, 1984**).

IV. Polluants de l'eau

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe le milieu aquatique et l'ensemble des organismes vivants dans ce milieu (ou écosystème aquatique). Elle peut concerner les eaux superficielles et /ou les eaux souterraine. Elle a pour principales origines :

- ▮ L'activité humaine ;
- ▮ Les industries ;
- ▮ L'agriculture ;
- ▮ Les décharges des déchets domestiques et industrielles (**Balaska, 2005**).

La pollution des eaux a essentiellement pour origine les rejets d'eaux urbaines et industrielles dont l'abondance et la variété croissent au fil des années sous l'effet de l'urbanisation galopante. Pendant des millénaires, les eaux usées étaient déversées directement dans les cours, les lacs et les mers. Il y a seulement moins d'un siècle, que l'accent a été mis sur le résultat désastreux de telles pratiques.

Les substances polluantes peuvent être de natures différentes :

- ▮ Matières en suspension «MES» ;
- ▮ Matières organiques carbonées ;
- ▮ Matières phosphatées et azotées ;

Agent pathogène comme les bactéries, virus, protozoaires, helminthes et d'autres éléments comme les métaux lourds et les pesticides (**Balaska, 2005**).

V. Utilisation de l'eau

Les besoins en eau de l'Homme à travers la planète sont considérables et variables. Ils sont principalement liés à trois domaines d'utilisation qui sont les secteurs agricoles, industriels et domestiques ;

Besoins agricole

Globalement, environ 77% des ressources en eau douce sont utilisées à des fins agricoles. Si l'usage agricole est énorme et en forte croissance, ceci est principalement dû à l'accroissement de la population mondiale et de ses besoins alimentaires ;

Besoins domestique

Ils couvrent un domaine large d'utilisation, même s'ils représentent le secteur le moins consommateur d'eau (8%). Il y a tout d'abord la consommation basique individuelle : l'être humain utilise l'eau pour se désaltérer, se laver, cuisiner, nettoyer, ou arroser son jardin. L'eau est un excellent solvant et un produit de nettoyage très efficace et c'est cette propriété qui explique son utilisation si large. La majeure partie de l'eau à usage domestique n'est pas réellement consommée mais utilisée puis rejetée, polluée ou tout au moins dégradée. En effet, le besoin le plus vital, l'eau de boisson est le moindre. L'homme consomme quelques litres par jour en eau de boisson. La consommation domestique moyenne globale est estimée à environ 150 L/jour/personne, et varie sensiblement suivant le niveau du développement du pays ;

Besoins industriels

L'industrie consomme en moyenne 22% des ressources en eau douce du globe. L'industrie utilise l'eau principalement pendant la fabrication, le refroidissement et le nettoyage des produits manufacturés. L'industrie alimentaire, l'industrie métallurgique, les industries du papier et du bois, ainsi que les industries chimiques et pétrolières sont de grandes consommatrices d'eau. Certains pays ont développé des techniques personnelles afin de limiter cette utilisation abusive, ils prélèvent l'eau nécessaire au refroidissement directement dans la mer (Assouline, 2007).

VI .Conséquences de l'évolution des caractéristiques physicochimiques de l'eau

Les industries utilisent généralement l'eau dans la fabrication des produits agroalimentaires, pour l'alimentation de chaudière, ou encore dans les circuits de refroidissement, donc ces eaux doivent être pures pour ne pas endommager leurs canalisations lors de son passage et pour cela elles doivent être traitées par différentes techniques suivant l'eau de procès souhaitée. Les principaux problèmes causés par l'eau dans les canalisations sont:

VI.1. Entartrage

Le tartre est le nom donné à un dépôt cristallin adhérent (**Figure2**) ; constitué majoritairement de carbonate de calcium CaCO_3 . Les eaux de distribution ont des compositions très différentes suivant leur origine. Plusieurs facteurs peuvent aussi avoir une influence sur le pouvoir entartrant de l'eau; la dureté en calcium, l'alcalinité, la température, le pH et la qualité de l'eau (**Koriba, 2007**).



Figure 1 : Phénomène d'entartrage sur les canalisations (**Koriba ,2007**).

VI.2. Corrosion

La corrosion est une dégradation du matériau ou de ses propriétés par réaction chimique avec l'environnement. Cette définition admet que la corrosion est un phénomène nuisible : elle détruit le matériau ou réduit ses propriétés (**Figure2**), le rendant inutilisable pour une application prévue (**Landolt, 2003**).



Figure 2 : La corrosion des tuyauteries (**Landolt, 2003**).

VIII. Traitement des eaux

La filtration est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension (**CSHPPF, 1995**). L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est en fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée (**Faby et Brissaud, 1997**).

VIII.1. Chloration

Le traitement de l'eau par chloration (**Figure 3**) ; consiste à introduire dans l'eau un produit chloré, le chlore ayant la propriété chimique d'oxyder les métaux et de détruire les bactéries, les germes vivants et les matières organiques. Le chlore est utilisé pour prévenir le risque de développement de bactéries dans les réseaux de distribution, notamment en période estivale, quand les températures augmentent (**Rodier, 2005**).



Figure 3 : Photographie de la Face externe à filtre de chloration.

VIII.2. Filtration à sable

Elle est conçue dans la plupart des cas en polyéthylène ou dans un mélange de polyester et de fibres de verre. La cuve contient la masse filtrante du filtre (le sable) et son fond est équipé de crépines (**Figure 4**). L'eau est poussée par la pompe par le haut du filtre et traverse le sable qui retient les impuretés pour laisser passer une eau propre qui revient dans la piscine par la buse de refoulement (**Rodier, 2005**).



Figure 4 : Photographie de la Face externe à filtre à sable.

VIII.3. Filtration à charbon actif

Le charbon actif est un bon adsorbant, utilisé dans différents domaines :

- Le traitement des eaux potables ou des eaux industrielles qui sont produites à partir des eaux de surface. Le charbon actif fixe alors les composés organiques dissous qui n'ont pas été éliminés par autoépuration (ou élimination biologique naturelle). Nous citons en exemple les substances qui donnent le goût et la saveur à l'eau. Ces adsorbants retiennent également certains métaux lourds à l'état de traces ;
- Le traitement tertiaire des eaux résiduaires ou industrielles. Dans ce cas le charbon actif peut être considéré comme un complément au traité biologique. Ce procédé est utilisé pour l'élimination des colorants ;
- Le traitement des eaux résiduaires industrielles : ce traitement est employé lorsque l'utilisation des techniques biologiques n'est pas permise. Le but du charbon actif est donc d'éliminer les composés toxiques non biodégradables ;
- La purification industrielle des produits pharmaceutiques, chimiques ou alimentaires (Sucre, huiles végétales...) (M. Salah, 2011).

VIII.4. osmose inverse

Rappelons qu'on appelle osmose le transfert de solvants (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane sous l'action d'un gradient de concentration (**Maurel,2008**).

Dans ces conditions la solution la moins concentrée traverse la membrane et vient diluer la solution la plus concentrée. Ce phénomène se poursuit jusqu'à ce que la pression, dans le compartiment de la solution la plus concentrée, vienne équilibrer la tendance de la solution la moins concentrée à diffuser à travers la membrane. Cette pression s'appelle « pression osmotique » pour un système donné (**Vilaginès, 2010**) Si l'on applique une force supérieure à la pression osmotique à la solution concentrée, le système va fonctionner à l'envers et de l'eau pure va passer dans le compartiment de la solution la moins concentrée. C'est ce que l'on appelle l'osmose inverse (**Vilaginès, 2010**) Autrement dit, Le procédé d'osmose inverse (**Figure 5**) permet d'éliminer quasiment tout composé de l'eau (**Cardot, 2005**).

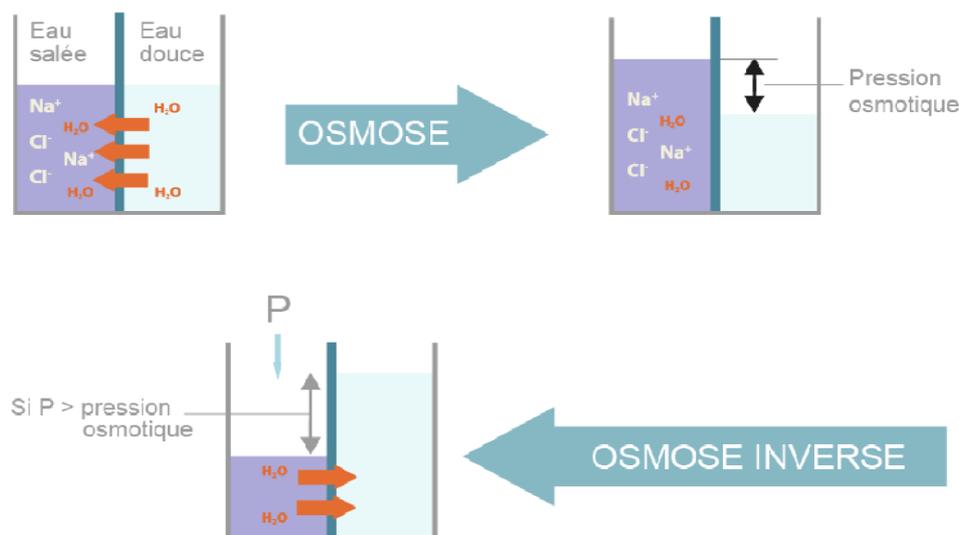


Figure 5 : Schéma représentant la technique d'osmose et d'osmose inverse.

VIII.4.1. Avantages d'osmose inverse

- ▮ Ils ne nécessitent pas l'utilisation d'extraction chimiques ;
- ▮ Economie d'énergie ;
- ▮ Ils permettent de travailler à température ambiante ;
- ▮ Ils sont simples à automatiser (**chikhi, 2008**).

VIII.4.2. Modules de l'osmoseur

En osmose inverse, les modules spiralés sont majoritairement employés, ainsi que les fibres creuses. Ces deux types de modules ont l'avantage d'être compacts et peu chers, ils présentent de faibles volumes morts et nécessitent une faible consommation énergétique (Liou, 1998). Les modules spiralés (Figure 6) représentent 95 % du marché de membranes osmose inverse (Maurel, 2001).

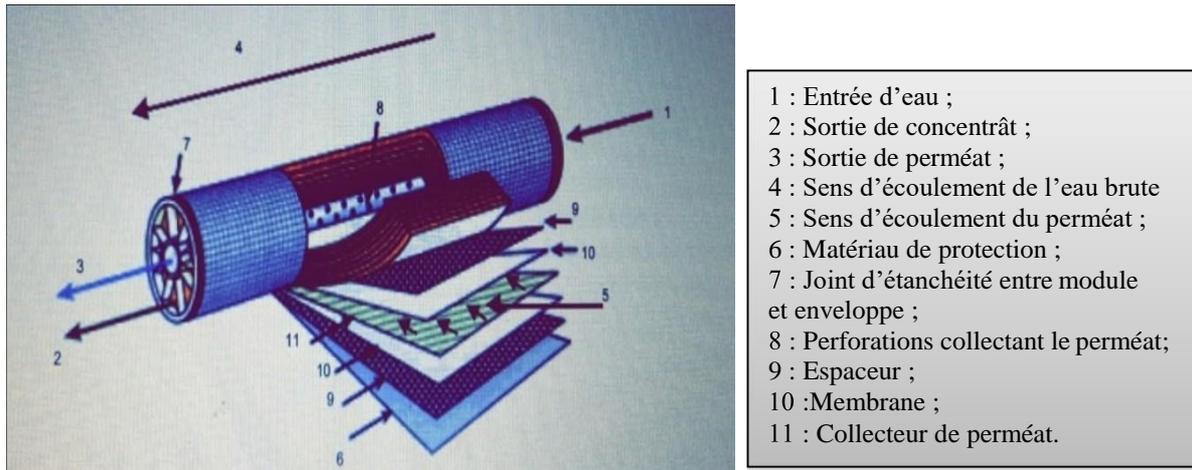
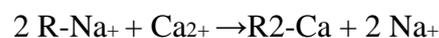


Figure 6: Structure interne d'une membrane à spirale (Maurel, 2001).

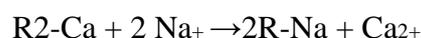
VIII.5. Adoucissement

La dureté d'une eau est due à la présence d'ions métalliques bivalents, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , etc (Desjardins, 1997).

C'est un procédé de traitement destiné à diminuer la dureté de l'eau par échange d'ions. L'eau dure passe par un lit de résine cationique, préalablement chargée d'ions sodium (Na^+), qui échange les ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}), responsable de la dureté de l'eau, par des ions sodium (Na^+) :



Lorsque la résine est saturée d'ions calcium et magnésium (substitués aux ions sodium) la régénération de celle-ci se déclenche et se déroule automatiquement selon un processus d'échange ionique à rebours :



La régénération de la résine saturée s'effectue avec du chlorure de sodium (NaCl), sous forme de pastilles, qui conduit à l'évacuation, à l'égout, des ions calcium et magnésium sous forme de chlorure de calcium et de magnésium et à la fixation, à nouveau, des ions sodium (**Hadfi, 2012**).



Figure 7: Photographie de la face externe pour les adoucisseurs.

VIII.6. Système de désinfection par rayonnement ultraviolet (UV)

Elle 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 tailles supérieures (colloïdales, protéines, polymères) sont retenues (**Figure 8**). les pressions (jusqu'à 5 bar) sont supérieure à celles rencontrées en microfiltration et le seuil de coupure se situe entre 103 et 106 Dalton (**El khabbaze, 2008**).

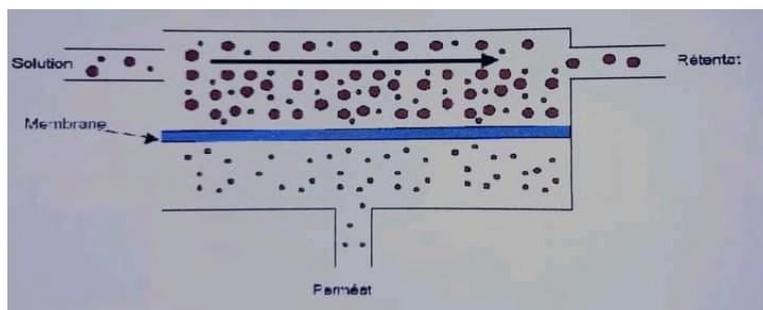


Figure 8 : Principe de l'ultrafiltration (**Brun, 1989**).

II .Matériel et méthodes

Ce présent travail est porté sur le traitement des eaux utilisées dans l'industrie laitière Candia Tchîn-Lait (Sétif), pour ce faire nous avons établi un schéma synoptique du circuit d'eau (Figure 16)

I . Station de traitement des eaux

L'eau brute alimentée par l'Algérienne des Eaux (ADE) arrive au bassin de 400 m³ de stockage de l'unité Candia Tchîn-Lait avec une dureté moyenne de 40°f. Elle passera ensuite par trois filtres à charbons actifs pour obtenir une eau brute filtrée.

Dans un premier temps, l'eau filtrée passera par des filtres à cartouches de 5μ puis par ceux de 1μ avant de subir une déminéralisation par osmose inverse. Le perméat et le concentrât en sont alors récupérés. Le concentrât sera évacué aux égouts, le perméat quant à lui, sera réutilisé.

Dans un second temps, l'eau filtrée passera par d'autres filtres à cartouches de 5μ puis subira une désinfection par des lampes U.V. Cette eau servira pour la reminéralisation du perméat auquel sera ajouté une quantité de chlore : c'est le mitigée. L'eau mitigée subira une désinfection supplémentaire par des lampes U.V afin d'obtenir une eau traitée qui répond aux normes de l'entreprise.

L'eau traitée servira à alimenter les bacs à glace et les adoucisseurs et sera utilisée principalement dans le process de reconstitution du lait. Afin d'éliminer la dureté totale de l'eau traitée ; cette dernière passera par deux adoucisseurs fonctionnant par échangeurs d'ions. Cette eau servira à alimenter la bache alimentaire et donc les trois chaudières.

La vapeur obtenue par les chaudières passera par un barillet (collecteur de vapeur) puis par un détendeur afin d'abaisser la pression de 8 bar vers 6 bar, cette vapeur sera utilisée exclusivement dans le process. Après utilisation de la vapeur, cette dernière sera récupérée dans la bache alimentaire : c'est le retour condensat.

II.1. Paramètres électrochimiques et thermodynamiques

La détermination des paramètres électrochimiques nécessite l'utilisation de certains appareils décrits ci-dessous.

I.1.1 Potentiomètre

Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Ainsi, dans un milieu aqueux à 25°C :

- ▮ Une solution de $\text{pH}=7$ est dite neutre ;
- ▮ Une solution de $\text{pH} < 7$ est dite acide ;
- ▮ Une solution de $\text{pH} > 7$ est dite basique (**Carole, 2002**).

L'électrode pH-mètre est émergée dans l'échantillon et les valeurs du pH peuvent être notées.

I.2. Salinité

la salinité désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux. il ne faut pas confondre la salinité avec la dureté de l'eau qui est relative à son dosage en calcium et magnésium.

elle désigne aussi la concentration des sels minéraux dissous dans l'eau. elle est exprimée en pourcentage de NaCl (**Rodier, 2005**).

I.3. Conductivité

La conductivité est une qualité physique propre au matériau calculée à partir de la conductance, mais qui ne varie pas en fonction de la dimension ou forme du composant en question. Cela permet de comparer des matériaux en s'affranchissant des notions de taille.

Elle détermine ainsi l'ensemble des minéraux présents dans une solution. Elle est exprimée en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (**Rodier, 2009**).

I.4. Turbidité :

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière. Elle est exprimée en Néphélométrie Turbidité Unité (NTU).

l'échantillon agité est introduit et rempli dans le tube du photomètre, puis prélever les valeurs affichées (**Rodier, 2005**).

I.5. Total des solides dissous :

Le total des solides dissous TDS représente la concentration total des substances dissoutes dans l'eau. Elle est exprimée en (ppm) **M.dore, (1995)**.

L'électrode du conductimètre est émergée dans l'échantillon. Le mode de mesure sera choisi et les valeurs peuvent être notées.

II . Paramètres physico-chimiques

La détermination des paramètres physico-chimiques nécessite l'utilisation de réactifs chimiques et aussi dans certains cas des appareils adéquats, qui seront cités ci-dessous.

II.1.Titre hydrotimétrique (TH)

Principe

Prendre 100 ml de l'échantillon à analyser, ajouter 04 ml du tampon ammoniacal à $\text{pH}=10$ et ajouter une pincée de l'indicateur coloré Noir Erichrome T , puis titrer avec de l'EDTA jusqu'à apparition d'une couleur bleue (**Figure 9**) .

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

L'EDTA a la propriété de se combiner avec les ions calcium puis magnésium pour former des composés solubles, les chélates. Elle se détermine à un pH de 10.

La fin du dosage est décelée par la couleur bleue de l'indicateur coloré noir eriochrome T (Indicateur Net), étant violet tant que les ions magnésium restent à l'état libre en solution.

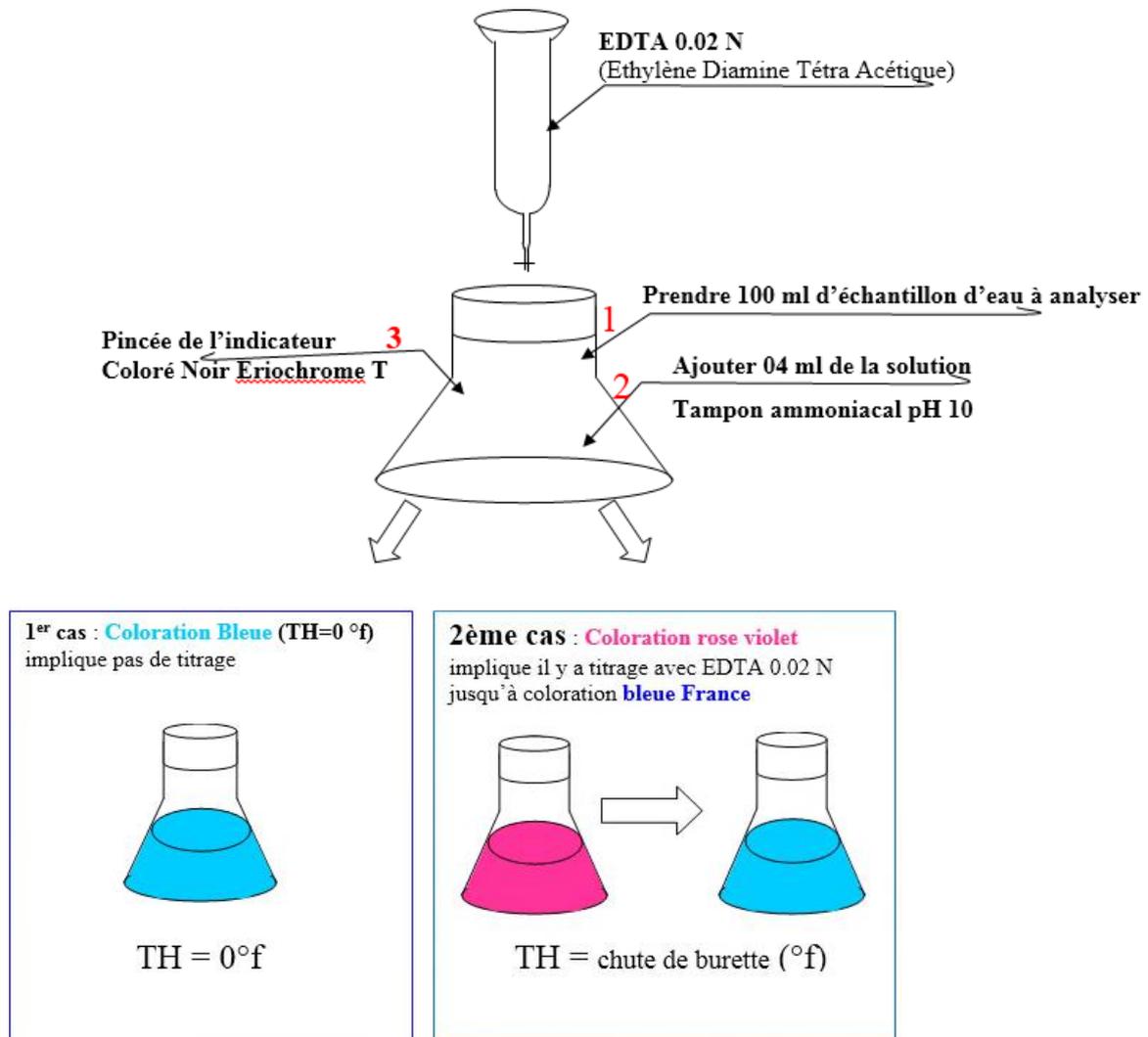


Figure 9. Etapes de mesure du TH

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

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

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

La fin du dosage est décelée par la couleur bleue de l'indicateur coloré (Indicateur Net), étant violet tant que les ions magnésium restent à l'état libre en solution (**Rodier et al., 2005**).

Réaction chimiques

Les réactions Produites au cours du dosage du TH sont représentées dans la (**Figure 10**)

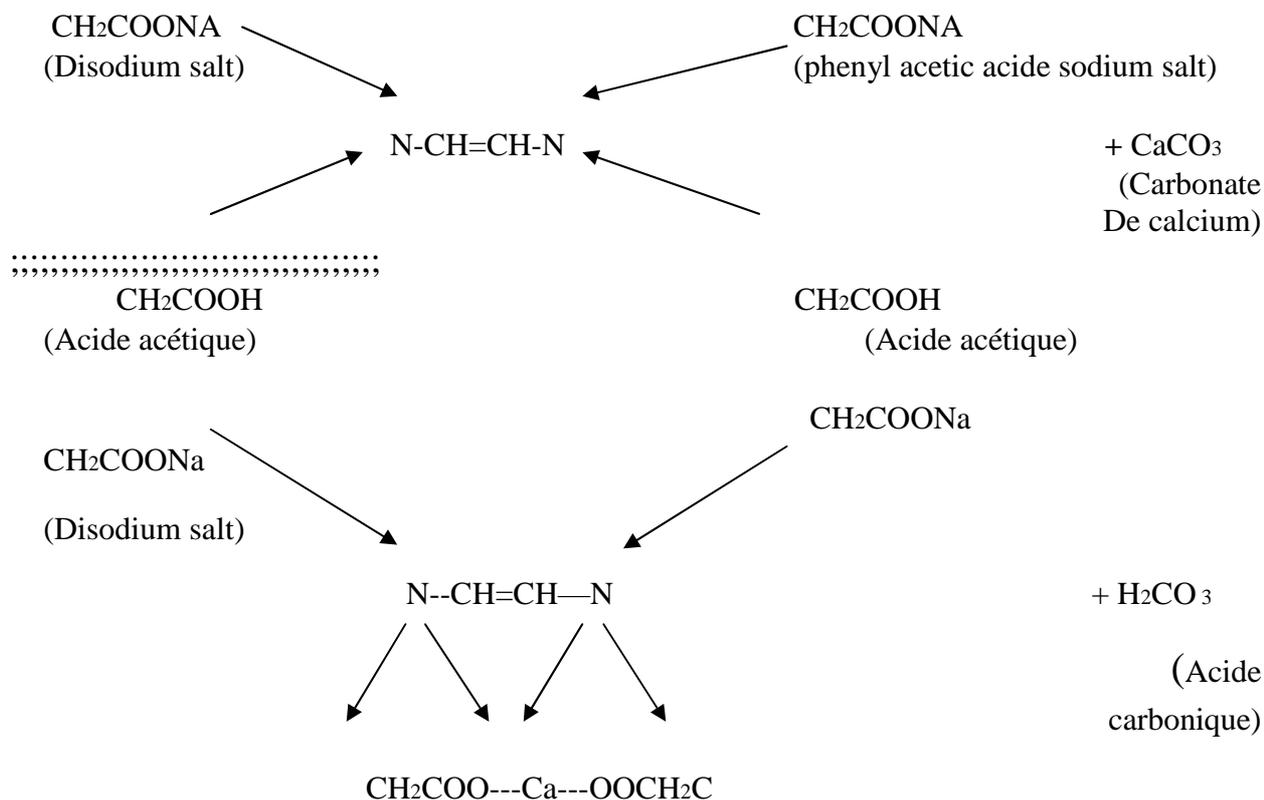


Figure 10 : Réaction chimique du dosage du TH.

II.2. Chlorures [Cl-]

Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre, pH=6,7 ou 7 par solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge brique caractéristique du chromate d'argent.

Mode opératoire

Prendre 100 ml de l'échantillon à analyser ajouter 02 ml de l'indicateur coloré Chromate de potassium et titrer avec des nitrates d'argent jusqu'à apparition d'une couleur rouge brique (**figure 11**).

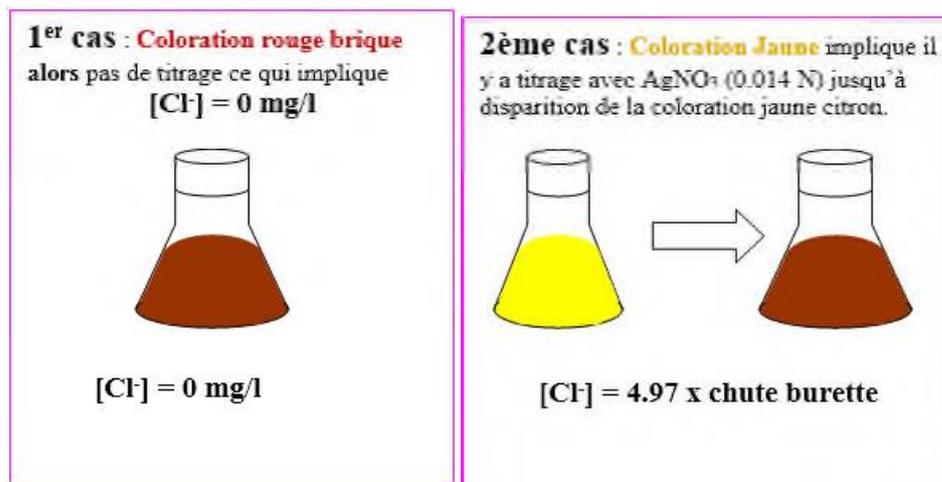
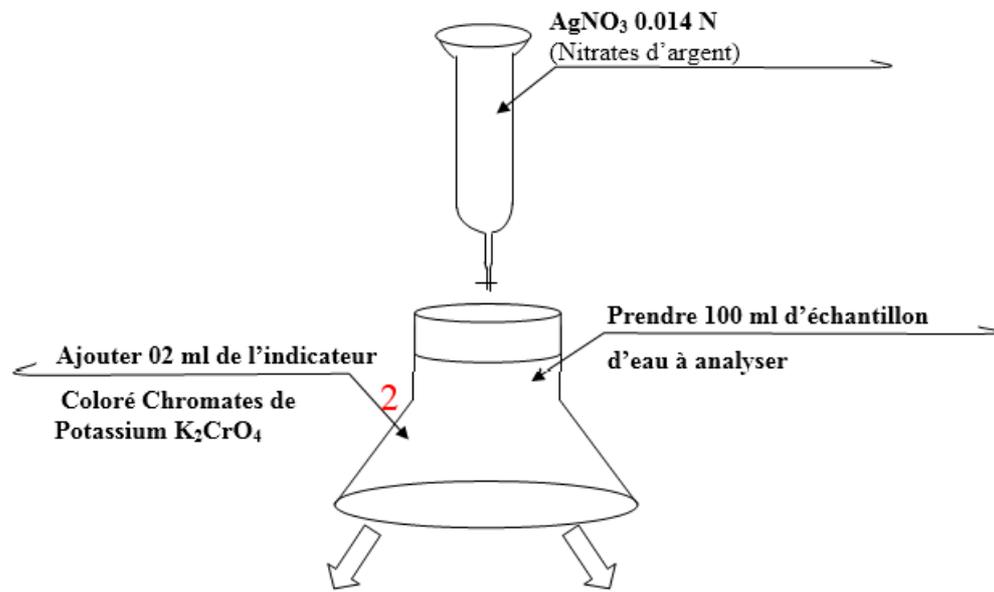
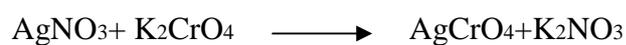
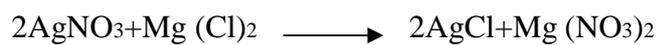
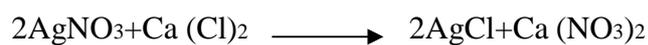


Figure 11 : Etapes du dosage des chlorures.

Réactions chimiques



II.3. Titre alcalimétrique

Principe

L'alcalinité d'un échantillon est déterminée par un titrage avec une solution d'acide sulfurique. Au fur et à mesure du titrage, le pH diminue légèrement. Lorsque l'échantillon contient des carbonates, un premier point d'équivalence peut être observé aux environs de pH 8,3. Il s'agit du titre alcalimétrique simple TA. Ce point correspond à la transformation des ions carbonates en bicarbonates. Cependant, l'alcalinité est mesurée au deuxième point d'équivalence, soit celui correspondant à la transformation du bicarbonate en acide carbonique. Ce point d'équivalence se trouve aux environs de pH 4,3 (**figure 12**). On parle alors du titre alcalimétrique complet TAC (**Rodier, 1996**).

II.3.1. Détermination du TA

Mode opératoire

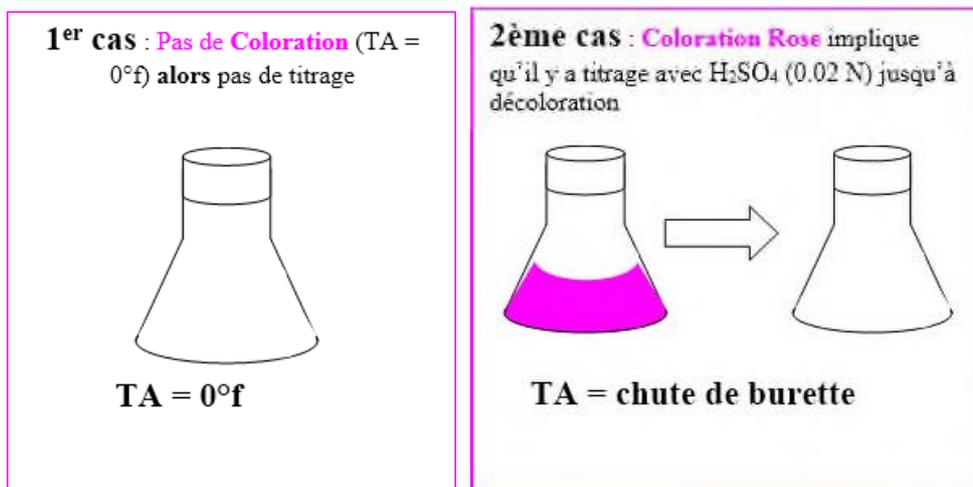
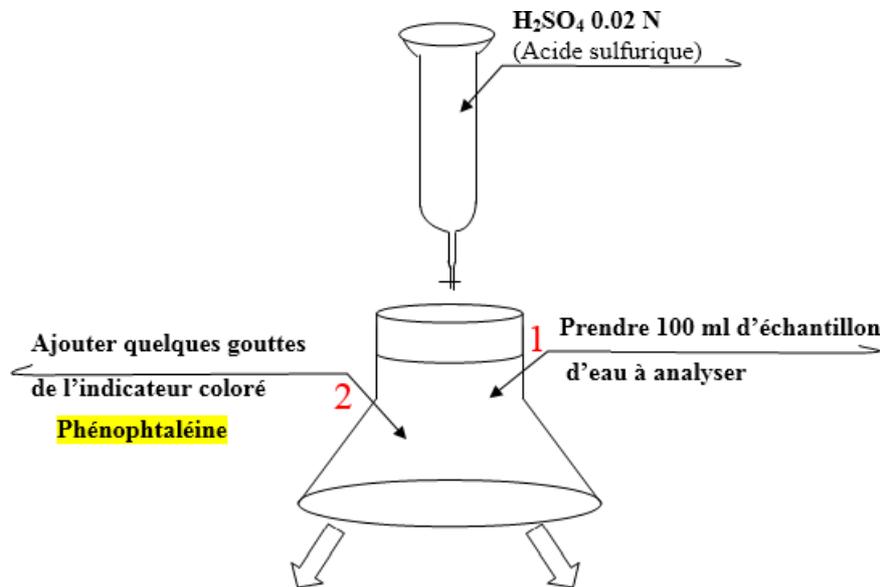


Figure 12 : Etapes de mesure du TA.

Réactions chimiques



II.3.2. Détermination du TAC

Mode opératoire

Prendre 100 ml de l'échantillon à analyser ajouter quelques gouttes de l'indicateur coloré phénolphthaléine puis titrer avec de l'acide sulfurique jusqu'à apparition d'une couleur transparente (c'est le TA) ; ajouter quelques gouttes de l'indicateur coloré methyl orange et titrer jusqu'à apparition d'une couleur rose orangée c'est le TAC (**Figure 13**) .

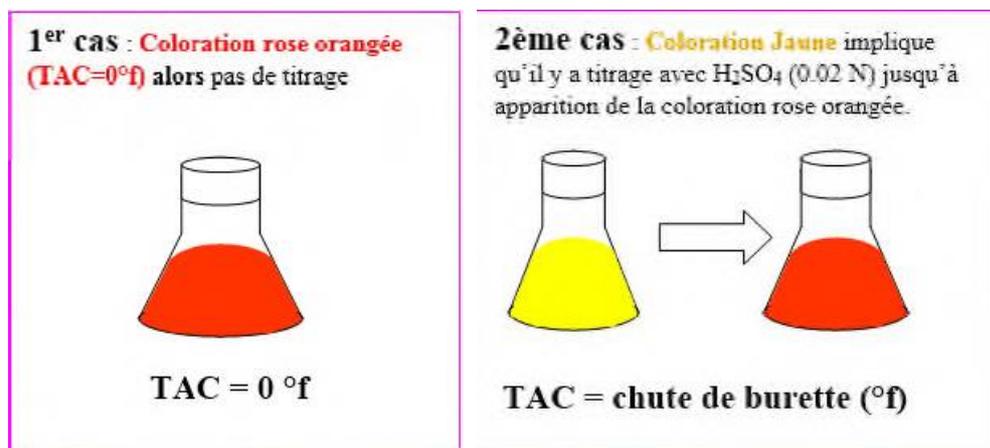
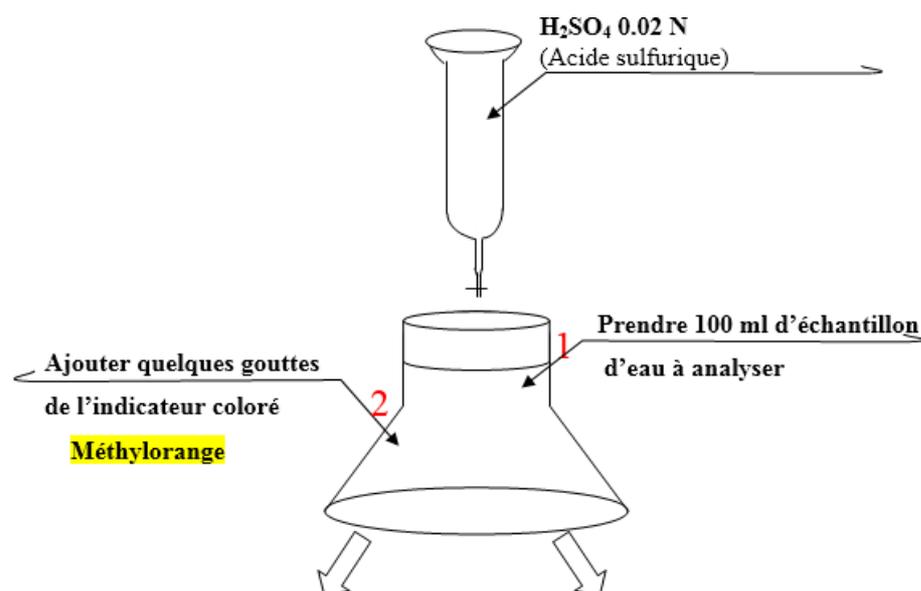
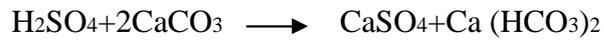


Figure 13 : Etapes de mesure du TAC.

Réactions chimiques :**II.4. Sulfites****Principe**

En milieu acide, les ions iodures sont oxydés en iode par titrage avec une solution de iodate de potassium contre de l'amidon comme indicateur. Cet iode lui-même oxyde les ions sulfites en ions sulfates. A la fin du titrage l'iode excédentaire forme avec l'indicateur un complexe bleu. La concentration en sulfites résulte de la consommation de solution de titrage (dosage iodométrique) (**Rodier, 1996**).

Mode opératoire

Prendre 100 ml de l'échantillon à analyser bien couvrir avec de l'aluminium, ajouter 05 ml de HCl 05 ml de KI et 01 ml de l'indicateur coloré amidon de pomme puis titrer avec du KIO₃ jusqu'à apparition d'une couleur bleue (**Figure 14**).

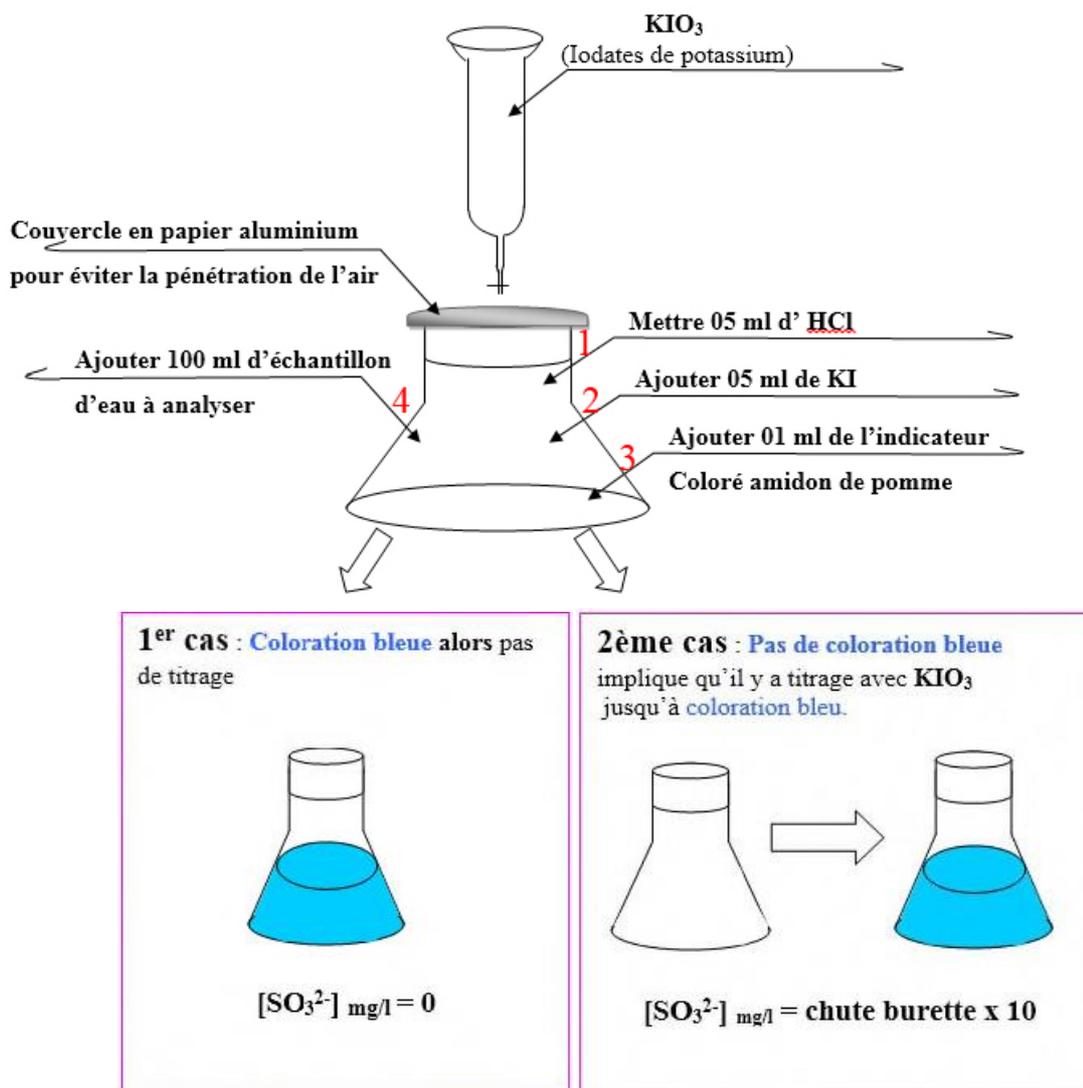


Figure 14 : Etapes du dosage des sulfites.

II.5. Cl₂ libre

Le réactif DPD (est amine aromatique utilisée comme réactif pour le dosage du chlore), donne en présence de chlore un complexe de coloration rose, d'intensité croissante avec la concentration.).

Mode opératoire

Prendre 10 ml de l'eau à analyser et ajouter une pilule de DPD (diéthyl-p-phénylènediamine), ensuite agiter jusqu'à dissolution complète puis placer le tube dans le colorimètre (**Figure 15**) et faire la lecture.



Figure 15 : Photographie de l'appareil de Colorimètre.

III. Résultats et discussion

II . Analyses physico-chimiques des eaux de process

Pour vérifier la qualité de l'eau de process et l'efficacité des techniques de traitement, plusieurs paramètres sont analysés : le pH, la conductivité, TA, TAC, TH et Cl⁻. Pour les eaux de chaudières, en plus des paramètres cités, nous avons dosés les sulfites.

Remarque

Chaque échantillon correspond à une journée (exp : échantillon N° 01 correspond à la première journée d'analyse), avec **J=jour**.

II .1 Eaux filtrées

Les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques de ces eaux brutes, filtrées, sont illustrés dans le tableau 1, 2 et 3 et ils sont comparés aux normes Algériennes.

Tableau 1 : Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau filtrée 1.

Eau filtrée 1	pH	Conductivité mesurée (μS/cm)	Chlore libre(mg/L)
J1	7.79	949	00
J2	7.77	945	00
J3	7.69	941	00
J4	7.73	943	00
J5	7.65	937	0.03
J6	7.80	917	00
J7	7.75	947	00
J8	7.71	944	00
Normes	6,5 - 8,5	<2800	0,1 – 0,3

Tableau 2 : Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau filtrée 2.

Eau filtrée 2	pH	Conductivité mesurée (μS/cm)	Chlore libre (mg/L)
J1	7.73	953	00
J2	7.82	946	00
J3	7.74	952	00
J4	7.74	941	0.02
J5	7.76	938	0.02
J6	7.80	926	00
J7	7.77	952	00
J8	7.73	948	00
Normes	6,5 - 8,5	<2800	0,1 – 0,3

Tableau 3 : Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau filtrée 3.

Eau filtrée 3	pH	Conductivité mesurée ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Chlore libre (mg/L)
J1	7.74	952	00
J2	7.81	946	00
J3	7.76	955	00
J4	7.73	942	0.02
J5	7.77	938	0.00
J6	7.80	926	00
J7	7.76	954	00
J8	7.72	947	00
Normes	6,5 - 8,5	<2800	0,1 – 0,3

□ pH

Le pH est lié à tous les paramètres de qualité de l'eau, il renseigne sur le statut acido-basique et montre la stabilité d'une eau. L'effet le plus important du pH sur la santé est indirect et est lié à l'exposition aux métaux lourds (**Merbouh et al., 2020**).

La figure ci-après, représente la variation moyenne du pH en fonction du nombre de prélèvement par jour. Elle montre les fluctuations du pH de l'eau filtrées. La plus grande valeur notée correspond à une moyenne de 7,81 durant le deuxième prélèvement contre une valeur de 7.72 durant le sixième prélèvement.

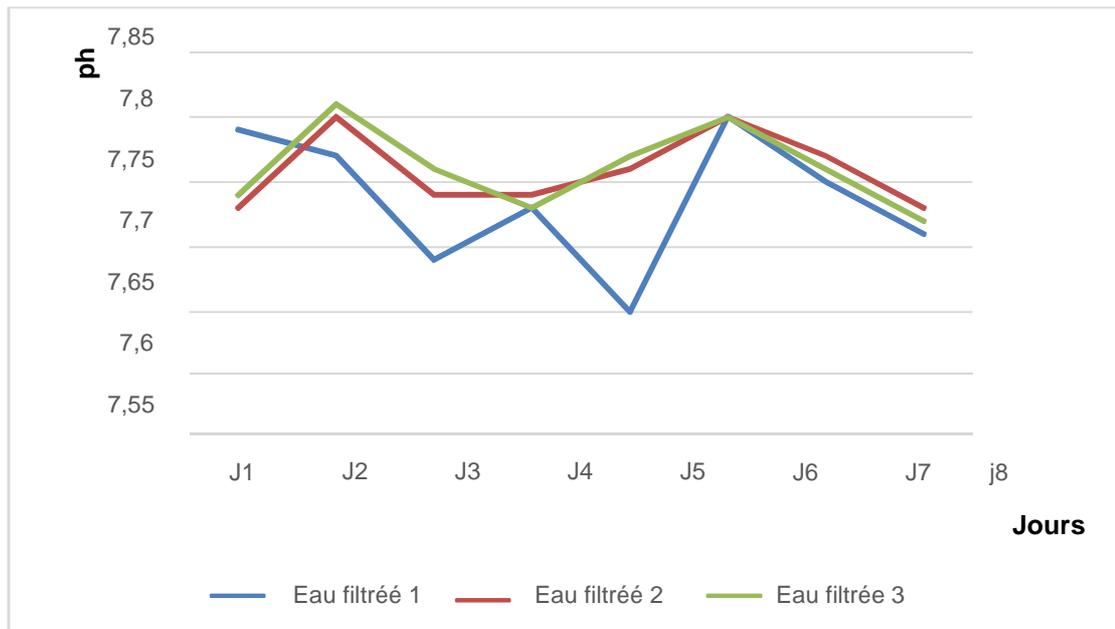


Figure 17: Variation des valeurs de pH des eaux filtrées (1, 2 et 3).

Ces élévations restent conformes aux normes Algériennes comprises entre 7,65 et 7,8 ainsi qu'à celles de l'entreprise, elles sont cependant dues aux intempéries et aux changements de sources de prélèvements d'eaux de villes.

Le contrôle du pH sert à réduire la corrosion et l'entartrage. Cependant, si l'eau a un pH trop bas cela entraînera des problèmes de corrosion des tuyaux dans les systèmes de distribution d'eau et aura un goût légèrement amer et métallique. À l'inverse, si le pH d'une eau est trop haut, elle aura un goût semblable à du bicarbonate de soude. D'autre part, des dépôts de calcaire apparaîtront, diminuant l'efficacité de plomberie. Le pH de l'eau conditionne donc les équilibres physico-chimiques, en particulier l'équilibre Calc carbonique et donc l'action de l'eau sur les carbonates (attaque ou dépôt) (Carole, 2002).

□ Conductivité

La conductivité sert à apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau et donne une appréciation sur sa minéralisation. Une conductivité élevée témoigne d'une quantité de sels dissous très importante (Rodier et al., 2009). Des contrastes de conductivité permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélanges ou d'infiltration (Réfea, 2001). La figure représente la variation de la conductivité électrique « K » en fonction d'échantillons (nombre de prélèvement) pour les eaux filtrées. Les résultats moyens journaliers de la teneur en sel, exprimée par la conductivité électrique, montrent les fluctuations en fonction du point d'eau ainsi que du changement atmosphérique. La teneur en sel la plus élevée a été constatée

durant le deuxième et septième prélèvement atteignant plus de 955 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cette valeur reste conforme aux normes Algériennes de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure 18: Variation des valeurs de conductivité des eaux filtrées (1, 2 et 3).

□ Conductivité

La figure ci-avant, représente la variation moyenne de la conductivité en fonction du nombre de prélèvement par jour. Elle montre les : Variation des valeurs de conductivité des eaux filtrées (1, 2 et 3). La plus grande valeur notée correspond à une moyenne de 950 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durant le 6^{ème} prélèvement contre une valeur de 910 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durant le 5^{ème} prélèvement.

II.2 Eaux adoucies

L'eau adoucie est une eau appauvrie des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} (Rodier et al., 2005), l'influence du traitement qu'elle a subi est indiquée dans les résultats d'analyses des différents paramètres physico-chimiques qui sont illustrés dans le tableau 4 et 5 ci-dessous:

Tableau 4 : Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau adoucie1.

Eau adoucie 1	pH	Conductivité mesurée ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TH total ($^{\circ}\text{F}$)
Normes	6,5 - 8,5	/	<1
J1	7.62	393	00
J2	7.53	393	0.4
J3	7.79	395	00
J4	7.53	394	00
J5	7.65	393	00
J6	7.80	394	00
J7	7.75	391	00
J8	7.71	392	00

Tableau 5 : Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau adoucie2.

Eau adoucie2	pH	Conductivité mesurée ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TH total ($^{\circ}\text{F}$)
J1	7.60	393	00
J2	7,62	393	00
J3	7,53	395	0,4
J4	7,79	394	00
J5	7.79	395	00
J6	7,53	391	00
J7	7.53	394	00
J8	7.53	393	00

□ pH

La figure représente la variation moyenne du pH en fonction du nombre de prélèvement. Elle montre les fluctuations du pH de l'eau adoucie. La plus grande valeur notée correspond à une moyenne de 7,8 durant le 3^{ème} et le 6^{ème} prélèvement pour l'eau adoucie 1 et durant le 4^{ème} et le 5^{ème} prélèvement pour l'eau adoucie 2. Cette valeur reste conforme aux normes Algériennes de (6,5 - 8,5).

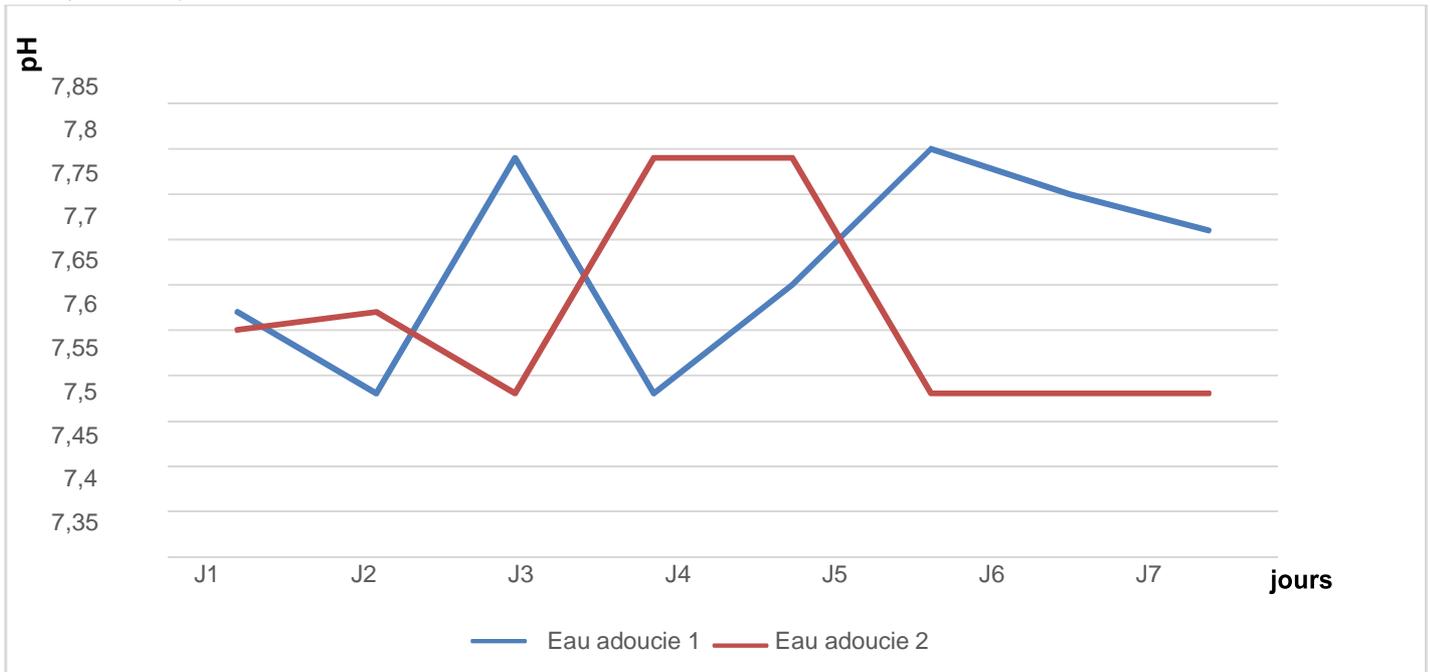


Figure 19 :Variation des valeurs de pH des eaux adoucies 1 et 2.

□ Conductivité

La figure 20, représente la variation de la conductivité électrique « K » en fonction d'échantillons (nombre de prélèvement) pour l'eau adoucie 1 et 2.

La teneur en sel la plus élevée a été constatée durant le deuxième et septième prélèvement atteignant plus de 395 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cette valeur reste conforme aux normes Algériennes de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

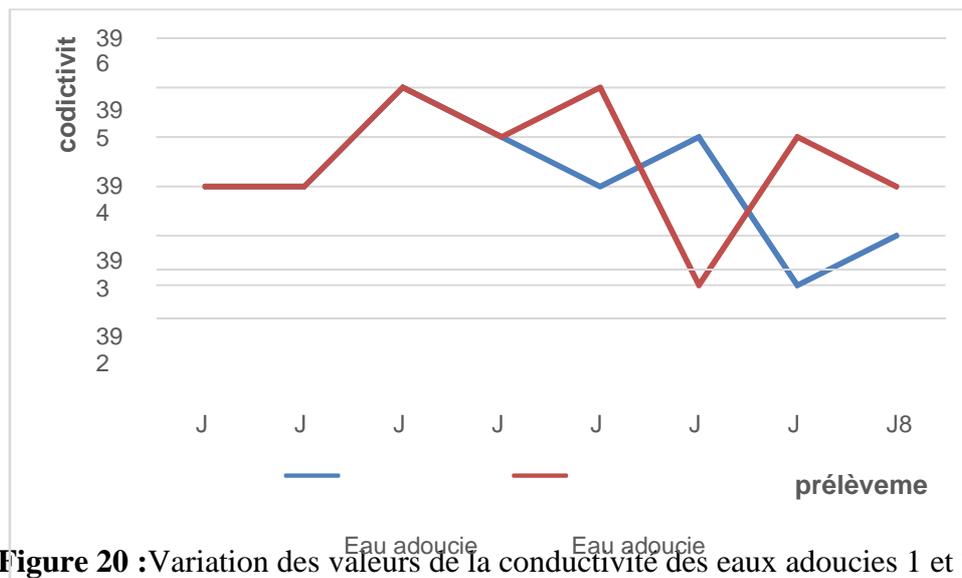


Figure 20 : Variation des valeurs de la conductivité des eaux adoucies 1 et 2.

II .3 Eau de process

Les résultats des différents paramètres physico-chimiques et organoleptiques de l'eau de process, de l'unité Tchénait "Candia", notamment le pH, la conductivité électrique, le TH total, le chlore libre et les critères goût et odeur sont illustrés dans le tableau ci-après.

Tableau 6 : Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau de procés.

Eau de process	pH	Conductivité mesurée ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TH total ($^{\circ}\text{F}$)	Chlore libre (mg/L)	Goût / Odeur
Normes	7 - 8	<1000	<15	0,1 – 0,3	/
J1	7.34	403	12.4	0.13	Normal
J2	7.40	390	10.6	0.32	Normal
J3	7.45	383	10.6	0.28	Normal
J4	7.43	393	11.6	0.28	Normal
J5	7.42	385	10.2	0.32	Normal
J6	7.39	387	10.8	0.13	Normal
J7	7.43	390	13	0.40	Normal
J8	7.28	391	13	0.36	Normal

□ Le pH

Le tableau 6 révèle les valeurs du pH en fonction du nombre de prélèvement pour l'eau de process. La plus grande valeur notée correspond à une moyenne de 7,45 durant le 3^{ème} prélèvement, cette valeur reste conforme aux normes Algériennes de (6,5 - 8,5).

□ La conductivité

La variation de la conductivité électrique « K » en fonction de différents échantillons (nombre de prélèvement) pour l'eau de process est représentée dans le tableau 6. Selon ces données, la teneur en sel la plus élevée a été constatée durant le deuxième et septième prélèvement atteignant plus de 404 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cette valeur reste conforme aux normes algériennes de <1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

□ Le TH totale

La détermination du TH total au cours des différents prélèvements de l'eau de process, est reportée dans le tableau ci-dessus. La plus grande valeur notée correspond à une moyenne de 13 durant le 7^{ème} et 8^{ème} prélèvement, cette valeur reste conforme aux normes algériennes de (<15 $^{\circ}\text{F}$).

□ Chlore libre

Les résultats du chlore libre quantifié dans les différents prélèvements d'eau de process, sont donnés dans le tableau 6. Nous constatons que la plus grande valeur notée correspond à une

moyenne de 0,4mg/L durant le 7^{ème} jour du prélèvement, cette valeur reste conforme aux normes Algériennes de (0,1 – 0,3 mg/L).

II .4 Eaux des chaudières

Une chaudière est un dispositif permettant de chauffer l'eau et de produire de la vapeur par transmission de l'énergie apparaissant sous forme de chaleur à de l'eau .De plus, les chaudières à vapeur de grande puissance sont en général associées à une turbine à vapeur pour produire de l'énergie électrique (Atma, 2021).

Les paramètres physico-chimiques des eaux des chaudière (1 et 2), de l'industrie laitière en question, sont déterminées et les résultats sont données dans le tableau 7 et 8.

Tableau 7 : Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau de chaudière 1.

Eau de chaudière 1	pH	Conductivité (µS/cm)	TH total (°F)	TAC (°F)	Sulfites (mg/L)
Normes	9,5 - 12	<8000	<1	80 - 120	<15
J1	12,08	4930	0,1	84,8	15
J2	12,05	4740	0,4	82	12
J3	11,95	4380	0,4	78,6	12
J4	11,99	4190	0,6	66	14
J5	11,7	3470	0,2	64,2	15
J6	11,84	3310	00	60	15
J7	11,93	4570	0,1	75,2	10

Tableau 8 : Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau de chaudière 2.

Eaux de chaudière2	pH	Conductivité (µS/cm)	TH total (°F)	TAC (°F)	Sulfites (mg/L)
J1	11,92	3540	0,1	59,2	12
J2	12,31	7100	0,1	146	10
J3	12,3	7600	1	166	10
J4	12,03	4180	0,2	66	12,6
J5	11,43	1772	0	30,6	12,6

□ Le pH

Les tableaux ci-dessus ont montré les différentes mesures du pH en fonction du nombre de prélèvement pour l'eau de chaudière 1 et 2. La plus grande valeur enregistrée correspond à une moyenne de 12,3 durant le 2^{ème} et 3^{ème} prélèvement pour l'eau de chaudière 1 et une valeur de 12,1 pour l'eau de chaudière 2, ces valeurs restent conformes aux normes Algériennes (9,5 - 12).

□ La conductivité :

Les tableaux 7 et 8 révèlent la variation de la conductivité électrique « K » en fonction d'échantillons (nombre de prélèvement) pour l'eau de chaudière 1 et 2. Il est à noter que pour l'eau de la première chaudière, la teneur en sel la plus élevée a été constatée durant le deuxième et 3^{ème} prélèvement atteignant plus de 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mais cette valeur reste conforme aux normes Algériennes de $<8000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

□ Le TAC :

Le titre alcalimétrique permet d'estimer la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau. La formation d'une couche carbonatée assurant la protection des canalisations contre certains risques de corrosion nécessite une alcalinité minimale. Si l'alcalinité est trop basse, la capacité de l'eau à résister à des changements de pH diminue. L'eau avec l'alcalinité élevée a un goût de soude et peut endommager la tuyauterie et le système de distribution d'eau provoquant une augmentation de la consommation d'énergie et ainsi des coûts accrus (Rodier, 1996).

Les tableaux 7 et 8 ont représenté les résultats de la variation de l'alcalinité en fonction des différents échantillons journaliers. Les valeurs recueillies au fil du temps sont conformes aux normes Algériennes (80-120 °F) ainsi qu'à celles de l'entreprise. Les résultats montrent une baisse considérable du TAC de l'eau de chaudière 1. En effet l'entité Candia Tchén-Lait essaie de maintenir un niveau acceptable d'alcalinité afin d'empêcher la formation d'une eau acide et les dommages conséquents sur les canalisations ainsi que de tout autre équipement de distribution.

Cependant une augmentation de l'alcalinité a été observée, au cours de deux prélèvements notamment le deuxième et le troisième jour : 166°F et 144°F respectivement.

Le TAC mesure la totalité de ces minéraux dissous sous forme de sels : carbonates, bicarbonates, sulfates, chlorures et hydroxydes, si $\text{TA} < \text{TAC}/2$, il n'y a pas d'hydroxydes en

solution, mais des carbonates et bicarbonates (Atma,2021). Indiquant ainsi la richesse d'eau en ions carbonate et bicarbonate, utilisée pour la chaudière 2 (J2 et J3), ce qui peut entraîner des incrustations.

Pour la majeure partie des sels minéraux contenus en chaudière, l'effet de concentration par évaporation est prépondérant sur l'accroissement de solubilité associé à l'élévation de température en chaudière et dès que la limite de solubilité est atteinte, des dépôts incrustants apparaissent. Les premiers sels à précipiter sont les sulfates de calcium (CaSO_4) et le carbonate de calcium (CaCO_3) constituants essentiels du "tartre" des chaudières. Ces précipités solides ont une conductibilité thermique environ 100 fois plus faible que celle de l'acier des tubes de vaporisation et jouent quand ils se déposent sur les parois le rôle d'isolant pour le tube dont le refroidissement à l'eau n'est plus assuré à l'endroit du dépôt (Atma,2021).

□ Les sulfites :

Pour des valeurs de température élevées, le sulfite a tendance à se décomposer en donnant du dioxyde de soufre SO_2 et de sulfure d'hydrogène H_2S qui contribuent à la corrosion. Les sulfites sont essentiellement utilisés dans un complexe additif pour le traitement des chaudières dans le but, en cas de fuite de dureté due aux adoucisseurs ou à une pollution des retours de condensats, de précipiter cette dureté sous forme de boues, qui devient elle-même source de dépôts sur les parties chaudes. Le sulfite de sodium en solution réagit avec l'oxygène dissous pour se transformer en sulfate. La réduction de l'oxygène par les sulfites augmente la salinité totale de l'eau de chaudières, permettant de neutraliser efficacement l'oxygène, facteur de corrosion (Landolt, 2003).

Les valeurs relevées des tableaux 7 et 8 lors du dosage des sulfites présentes dans les chaudières (1 et 2), sont conformes aux normes de l'entreprise.

II .5 Eaux mitigées, perméat et brutes chlorées :

Les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques des eaux mitigées, perméat et brutes chlorées, sont présentés dans le tableau 9, 10 et 11 respectivement où ils sont comparés aux normes Algériennes.

Tableau 9 : Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau mitigée.

Eau mitigée	pH	Conductivité mesurée ($\mu\text{S/cm}$)	Conductivité affichée ($\mu\text{S/cm}$)	TH total ($^{\circ}\text{F}$)	Chlorure Cl^- (mg/L)	TA ($^{\circ}\text{F}$)	TAC ($^{\circ}\text{F}$)
Normes	7 - 8	<1000	/	<15	<35	0	<15
1	7,23	395	395	13	34,08	00	12,4
2	7,27	386	396,2	10,6	32,66	00	11
3	7,37	397	397,2	10,6	34,08	00	11
4	7,220	325	335	10,4	34,08	00	11
5	7,38	392	392	11	34,08	00	11,2
6	7,40	400	396,4	11	32,66	00	11,2
7	7,36	392	394,3	11	34,08	00	11,4
8	7,28	394	394,7	12	34,08	00	11,4

Tableau 10: Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau perméat .

Eauxperméat	pH	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	Conductivité affichée ($\mu\text{S/cm}$)	TH total ($^{\circ}\text{F}$)	Chlorure Cl^- (mg/L)
Normes	/	/	/	0	/
1	/	17,63	17,14	00	1,42
2	5,99	17,68	17,42	00	1,42
3	/	17,25	17,58	00	1,42
4	/	19,82	17,67	00	1,42
5	5,69	21,4	17,64	00	1,42
6	5,87	18,37	17,12	00	1,42
7	/	20,64	17,45	00	1,42
8	/	20,19	17,21	00	1,42

Tableau 11 : Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau brute chlorée.

Eau brute chlore	pH	Conductivité (µS/cm)	Conductivité Affichée (µS/cm)	TH total (°F)	Chlorure Cl ⁻ (mg/L)	TA (°F)	TAC (°F)	Chlore libre (mg/L)
Norme	6,5 – 8,5	<2800	/	<50	<500	0	/	0,1 – 0,5
1	7,63	947	952,8	27,6	86,62	00	28,8	0,3
2	7,70	942	951,3	29	83,62	00	28,6	0,34
3	7,59	938	952,3	27,8	85,2	00	29	0,37
4	7,80	938	952	26	/	00	/	0,41
5	7,60	947	958	27,6	/	00	28,4	0,31
6	7,67	937	943,2	27,6	83,06	00	29	0,39
7	7,77	944	934	28,8	82,36	00	28	0,23
8	7,71	936	944,8	27,6	89,46	00	28	0,34

- A la lumière des tableaux ci-dessus, nous constatons d'après ce tableau que les valeurs du pH de l'eau mitigée et de l'eau brute chlorée sont constantes avec une valeur moyenne de 7, par ailleurs celle l'eau adoucie étant de 6 ;

- Les tableaux 9,10 et 11 montrent la variation de la conductivité électrique mesurée et affichée en fonction d'échantillons (nombre de prélèvement) pour l'eau mitigée, l'eau brute chlorée et l'eau perméat, mais toutes ces mesures restent conformes aux normes Algériennes ;

- Les dosages du titre alcalimétrique (TA) de l'eau mitigée et de l'eau brute chlorée sont nulles et cela pour tous les prélèvements. De ce fait, dans le cas TA = 0, les eaux analysées ne contiennent que des bicarbonates dont les concentrations sont égales aux TAC enregistrés (Atma,2021) ;

- Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de chlorure de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme indice de pollution (Lakhili et al., 2015). Les teneurs chlorures (Cl⁻) enregistrées pour les trois types d'eaux (mitigée, brute chlorée et perméat) et au cours des huit prélèvements, sont toutes dans l'intervalle de la norme Algérienne.

- Nous décelons aussi que toutes les valeurs du Chlore libre de l'eau mitigée, sont inférieures à 0,5 (mg/L), ce qui répond aux normes.

- La caractérisation de la qualité des eaux (mitigée, brute chlorée et perméat) a été aussi réalisée par la détermination de la dureté (TH), l'alcalinité totale (complet TAC), dont les quantités dosées sont conformes aux normes de l'unité industrielle Candia Tchín-Lait.

Conclusion

Durant notre stage, nous avons fixés plusieurs objectifs :

Premièrement, l'initiation au monde de travail nous a permit de faire une inspection au sein des unités de production, pour mieux comprendre et bien détailler le traitement de l'eau .

Deuxièmement, nous avons pu acquérir des connaissances dans la rédaction méthodologique de ce mémoire.

En dernier, nous avons exploité nos connaissances et la théorie que nous avons pu voir durant notre cycle universitaire au niveau du laboratoire, nous avons effectué des analyses, qui nous ont permit de bien caractériser quelques paramètres physico-chimiques de l'eau de procès .

Les analyses physico-chimiques sont conformes, quoi qu'il y a des dépassements, elles sont négligés à court terme, et à long terme, On peut donc avancer que, du point de vue qualité physico-chimique, l'eau utilisée par l'unité Candia Tchén-Lait de Setif est apte à satisfaire la plupart des usages, y'compris l'alimentation des eaux de process industriels .

Liste des Références bibliographiques

A

- ▢ **Assaad, a. (2014).** pollution anthropique de cours d'eau: caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux (doctoral dissertation, université de lorraine).
- ▢ **Achour, s., tibermacine, a., & chabbi, f. (2017).** iron and manganese in natural waters and chemical oxidation methods. case of algerian waters. larhyss journal p-issn 1112-3680/e-issn 2521-9782, (32), 139-154.
- ▢ **Atma, w. (2021).** polycopié de cours: traitement et conditionnement des eaux de process-avec des problèmes résolus.

b

- ▢ **Balaska, a. (2005).** traitement de l'eau usée de la laiterie edough-annaba par des procédés physico-chimiques et biologiques (doctoral dissertation, université badji mokhtar de annaba).
- ▢ **Bourenane, a., ait-brahem, l., & ben-abdellah, s. (2013).** analyses physico-chimiques de l'eau de générale emballage en vue de son utilisation pour l'élaboration d'une colle (doctoral dissertation, université de bejaia).
- ▢ **Brun, j. p. (1989).** procédés de séparation par membranes: transport, techniques membranaires, applications. masson.
- ▢ **Berg, l. r., raven, p. h., & hassenzahl, d. m. (2009).** environnement. de boeck supérieur.
- ▢ **Bendahmane, i., & zebbar, m.** mémoire de fin d'étude de master académique.

c

- ▢ **Chikhi, (2008).** étude de la complexation des cations métalliques en vue de leur séparation par un procédé membranaire.
- ▢ **Carole ,(2002).** science et technologie du lait : transformation du lait. québec : presse internationale polytechnique, p : 600. isbn : 2-553-01.29-x.

d

- **Doré, (1989).** chimie des oxydants et traitement des eaux. technique et documentation-lavoisier.

e

- **El khabbaze, (2008).** traitement des solutions modèles du lait par des membranes de nanofiltration et d'osmose inverse.

g

- **Gaujous, (1995).** la pollution des milieux aquatiques: aide-mémoire (p. 1). lavoisier.

h

- **Hadfi, (2012).** évaluation du pouvoir entartrant des eaux du secteur agricole du grand agadir et mise en évidence de l'effet inhibiteur de quelques engras phosphatés.

k

- **Koriba, b. (2007).** prévention et lutte contre le phénomène d'entartrage dans les conduites d'eau dans la région de ouargla-touggourt (doctoral dissertation, ouargla, université de kasdi merbah. faculté des sciences et sciences de l'ingénieur).

l

- **Landolt, (2003).** corrosion et chimie de surfaces des métaux (vol. 12). ppur presses polytechniques.

- ▣ **Lakhili, benabdelhadi m., bouderkha h., lahrach h., lahrach a. (2015).** etude de la qualité physico-chimique et de la contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de beht (maroc). european scientific journal, n°11. pp. 132-147.

- ▣ **Lo, s. m., dia, m. a., diawara, c. k., pontié, m., mahmoud, a. k. o., fagel, m. l., ... & rumeau, m. (2008).** caractérisation et modélisation du transfert de matière de membranes de nanofiltration (nf) et d'osmose inverse (oi) commerciales: application au dessalement sélectif d'une eau faiblement saumâtre de mauritanie. *j. soc. ouest-afr. chim*, 25, 19-33.

- ▣ **Luquet ,(1985).** lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre : les laits de la mamelle à la laiterie. vol. 1. ed. tec & doc : lavoisier, paris. p : 1. isbn : 2-85206-272-0.

m

- ▣ **Maurel, a.** dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnement en eau douce.

- ▣ **Merbouh, c., belhsaien, k., zouahri, a., & iounes, n. (2020).** evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines au voisinage de la décharge contrôlée mohammedia-benslimane:(étude préliminaire). european scientific journal. vol.16, no.6 issn: 1857 – 7881 (print) e - issn 1857- 7431

- ▣ **Mokrani, s., & hafsi, s. (2011).** préparation et caractérisation d'un charbon actif à partir d'un bitume d'origine pétrolière activation par voie chimique.

- ▣ **M.dore, (1995)** « chimie des oxydants et traitement des eaux », édition technique et documentation, lavoisier, (1995).

- ▣ **Méricq, (2009).** approche intégrée du dessalement d'eau de mer: distillation membranaire sous vide pour la réduction des rejets salins et possibilités de couplage avec l'énergie solaire (doctoral dissertation, institut national des sciences appliquées de toulouse).

o

- ▣ **Olivier, (2015).** chimie et pollutions des eaux souterraines. lavoisier.

I

- **Réfea (reseau francophone sur l'eau et l'assainissement) (2001).** fiche d'analyse physico chimique [en ligne]. disponible sur https://www.oieau.org/refea/fiches/analyseeau/physico_chimie_presgen.htm
- **Rodier j., legube b., merlet n., coll. (2009).** l'analyse de l'eau. 9ème edition, dunod, paris, 1579 p.
- **Rodier j., bazin c., chambon p., brautin j. p., champsarir h et rodi l. (2005).** l'analyse de l'eau naturelle, eau résiduaire et eau de mère. ed. dunod, paris. 8ème edition. pp : 230-23.
- **Rejsek, (2002).** analyse des eaux aspects réglementaires et techniques crdp d'aquitaine. bordeaux (france).
- **Rejsek, (2002).** analyse des eaux: aspects réglementaires et techniques. centre régional de documentation pédagogique (crdp) d'aquitaine. coll. biologie technique. sciences et techniques de l'environnement.

S

- **Sc (santé canada) (2015).** recommandations pour la qualité de l'eau potable au canada : document technique-le ph. bureau de la qualité de l'eau et de l'air, direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, santé canada, ottawa (ontario). (numéro de catalogue h14428/2016 f-pdf).
- **Sigg, l., behra, p., & stumm, w. (2001).** chimie des milieux aquatiques. dunod.

t

- **Tardat-henry, m., & beaudry, j. (1984).** chimie des eaux, ed. le griffon d'argile. inc, québec.

W

- **Whitehouse, m. j., priddle, j., & symon, c. (1996).** seasonal and annual change in seawater temperature, salinity, nutrient and chlorophyll a distributions around south georgia, south atlantic. deep sea research part i: oceanographic research papers, 43(4), 425-443.

Z

- **Zoungrana, c. j., desjardins, r., & prévost, m. (1998).** influence de la reminéralisation sur l'évolution de la biodégradabilité de la matière organique naturelle au cours de l'ozonation. water research, 32(6), 1743-1752.
- **Zajlou, d., derdour, d., & harrouz, a. (2017).** traitement physico- chimique des eaux acides (soufre et l'ammoniac) traité dans l'unité de craquage catalytique à la raffinerie sbaa (doctoral dissertation, université ahmed draia-adrar).

Annexe 1 : (matériels)□ **Température :**

-Thermomètre.

□ **pH :**

-pH-mètre.

-Becher de 250ml.

-Papier absorbant.

-02solutions étalons (pH=4, pH=7). -Eau distillée

□ **TH :**

-Burette.

-solution EDTA à 0.02N.

-Indicateur coloré noir eriochrome T (NET).

-Eau distillée.

Annexe 2 : (Réactifs)

Figure 21 : photographie du principe de mesurées les paramètres physico-chimiques.

Résumé

L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau utilisée dans la reconstitution du lait, les métaux lourds qui les constituent ainsi que leur comportement dans les installations.

Dix paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, chlorures, alcalinité, dureté, sulfites, Cl₂ libre) ont été suivis durant huit jours.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent la bonne qualité de l'eau. Par rapport aux normes fixées par l'entreprise, les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques effectués relèvent une conformité et une stabilité de tous les paramètres suivis.

Mots clés :

Eau, eau de procès, eau osmosée mitigée, eau adoucie, eau de chaudière, analyse physico-chimique.

Abstract

The objective of this work is to evaluate the physico-chemical quality of the water used in the reconstitution of the milk, the heavy metals that constitute them as well as their behavior in the installations.

Ten physicochemical parameters (pH, conductivity, chlorides, alkalinity, hardness, sulphites, free Cl₂) were monitored for eight days.

The results of the physico-chemical analyzes show the good quality of the water. Compared to the standards set by the company, the results of the physicochemical and microbiological analyzes carried out indicate conformity and stability of all the parameters monitored.

Keywords:

Water, process water, mixed osmosis water, softened water, boiler water, physico- chemical analysis.