

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 1



FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DES
SCIENCES DE L'EAU ET ENVIRONNEMENT

MEMOIRE DE MASTER

FILIERE : HYDRAULIQUE

SPECIALITE : RESSOURCES HYDRAULIQUES

THEME

**Etude de la corrosivité, l'agressivité et amélioration de
la qualité des eaux au niveau de la station de
traitement Mazafran (Kolea).**

Présentée par : HASSAM Rawnak

Devant le jury composé de :

M. BOUZOUIDJA S	MAA, Université de Blida 1	Présidente
M. BENSAFIA D	MCB, Université de Blida 1	examinateur
M. DRIDI C	MCA, Université de Blida 1	Promotrice
M. AMRI M		Co-promotrice

Session : Juin 2024



Remerciement

*Tous d'abord nous tenons à remercier le Bon **Dieu**, Le Tout Puissant et Miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*Nous exprimons nos profondes gratitude et respectueuses reconnaissances à nos promoteurs Madame **DRIDI Ch**, Mr **AMRI M** pour son encadrement, conseils afin de donner le meilleur et pour son suivi durant la période de préparation de notre mémoire d'afin d'étude.*

*Nos remerciements vont aux membres du jury Mr **BENSAFIA Dj** et **M^{me} BOUZOUIDJA S** qui m'ont fait l'honneur d'accepter de jurer notre travail.*

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs qui par leurs conseils et leurs efforts durant tous les années passées, vraiment un grand remerciement pour leurs qualité d'enseignement qui nous a été dispensé.





Dédicace



En témoignage d'amour et d'affection, je dédie ce modeste travail avec une grande fierté à tous ceux qui me sont chers :

*Ma très chère mère **Nora**, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.*

*Mon très cher père **Mohamed**, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.*

*Que **Dieu** vous protège et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je suis puisse vous combler de bonheur.*

*Mon cher frère **Mouatez** et mes sœurs **Abir** et **Samah**, Mon fiancé **ALLOU Hakim**. Puisse **Dieu** vous donne santé, bonheur et réussit.*

A tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie scolaire .Pour tout leur amour, leur soutien, leur encouragement, leur assistance et leur présence dans ma vie.

*A toute mes chères ami (e)s notamment **AMRN Sara***

Merci de votre présence, soutien et de m'avoir encouragée à aller plus loin. A toute ma famille.

ملخص

في إطار هذه الدراسة، نحن نبحث في مسألة تآكل وعدوانية المياه، سواء على مستوى محطة المعالجة أو الأنابيب، وعلى العواقب المحتملة على صحة المستهلكين.

لتحسين جودة المياه، تقوم المحطة بمزج المياه القادمة من سد بورومي وسد دويرا قبل المعالجة، وتدمج المحطة المياه المعالجة مع مياه الآبار sp 3

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم تأثير محطة المعالجة على جودة و ثبات المياه المنتجة ,

نحن نركز بشكل خاص على الطرق التي تهدف إلى مكافحة مشاكل التآكل والعدوانية، بالإضافة إلى الحلول المرتقبة لضمان إنتاج مياه متوازنة وأقل ضررًا على صحة المستهلكين.

الكلمات المفتاحية:

كبريتات Sp3، تآكل، مزج، آبار.

Résumé

Dans le cadre de cette étude, nous penchons sur la problématique de la corrosivité et l'agressivité de l'eau, tant au niveau de la station de traitement que des conduites, ainsi que sur les conséquences potentielles sur la santé des consommateurs. Pour améliorer la qualité de l'eau, la station effectue un mélange des eaux provenant des barrages de Bouroumi et de Douera avant le traitement, et combine l'eau traitée de la station avec l'eau des forages Sp3 pour obtenir une eau équilibrée, non agressive et non corrosive. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des pratiques de la station de traitement sur la qualité et la stabilité de l'eau produite.

Nous concentrons particulièrement sur les méthodes visant à lutter contre les problèmes de corrosivité et d'agressivité, ainsi que sur les solutions envisagées pour assurer la production d'une eau équilibrée et moins nocive pour la santé des consommateurs.

Les mots clé : Corrosivité, Mélange, Forages Sp3, Sulfate.

Abstract

As part of this study, we examine the problem of corrosivity and aggressiveness of the water, both at the treatment plant and in the pipes, as well as on the potential consequences on the health of the consumers. To improve the water quality, the plant performs a mixing of the water from the Bouroumi and Douira dams before treatment, and combines treated water from the plant with water from the Sp3 boreholes to obtain balanced, non-aggressive and non-corrosive water. The objective of this study is to assess the impact of the treatment plant practices on the quality and stability of the produced water.

We focus particularly on methods to combat corrosivity and aggressiveness problems, as well as the solutions envisaged to ensure the production of balanced water that is less harmful to the health of consumers.

Keywords: Corrosiveness, Mixture, Sp3 Drilling, Sulfate.

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
ملخص	
Résumé	
Abstract	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
I. Introduction Générale	1
Parite I: Recherche bibliographique	
Chpitre I: Généralité sur la qualité des eaux	
II. Ressources hydriques naturelles	3
II.1. Eaux de surface	3
II.2. Eaux souterraines	4
II .2.1. Types d'Eaux Souterraines.....	4
III. Caractéristique de l'eau.....	5
III.1 Paramètres organoleptiques	5
III.2. Paramètres physico-chimiques	6
III.2.1. Paramètres physiques.....	6
III.2.2 Paramètres chimiques	9
III.3. paramètres indésirables.....	12
III.4. Paramètres organiques	13
III.5. Paramètres bactériologiques	15
IV. Conclusion	15
Chapitre II: Procédés de traitement des eaux	
I. Introduction	17
II. Définition de la station de traitement.....	17
III. Fonctionnement d'une station de production d'eau potable	17
III.1.Captage	18
III.2.Prétraitement.....	18
III.2.1. Dégrillage.....	18
III.2.2. Tamisage	19
III.2.3. Dessablage	19
III.3. Pré chloration.....	19
III.4. Clarification	19

III.4.1. Coagulation	20
III.4.2. Foculation	20
III.4.3. Décantation	21
III.5. Filtration.....	21
III.6. Désinfection	21
III.7. Affinage	22
III.8. Stockage et distribution	22
III.9. Autres traitements	22
IV. Conclusion	23

Chapitre III: Corrosivité et agressivité des eaux

I. Introduction	24
II. Corrosivité et agressivité de l'eau.....	24
II.1. Agressivité de l'eau	24
II.2. Corrosivité.....	24
II.3. Eau agressive ou entratrant	24
III. Facteurs de corrosivité de l'eau	25
V. Traitement des eaux incrustantes	27
VI.1. Facteurs de corrosion.....	28
VI.2. Types de corrosion.....	29
VI.3. Les formes de corrosion	30
VI.4. Méthodes de prévention contre la corrosion.....	31
VI.5 Moyens de lutte contre la corrosion	32
V. Conclusion	35

Partie expérimentale

Chapitre IV: Présentation de station de traitement des eaux

I.Introduction	36
II. Description générale de la station de traitement Mazafran.....	36
II.1. Situation géographique.....	36
II.2. Caractéristiques techniques de la station.....	36
II.3. Description de fonctionnement des différents ouvrages de la station.....	37
II.4. Chambre de contrôle de débit (CV2-1).....	37
II.5. Conduite générale.....	38
II.6. Chambre des vannes singées (CV2-2)	39
II.7. Bâtiment des produits chimiques	39
II.8. Bassin répartiteur	39
II.9. Conduite d'amenée d'eau brute.....	40
II.10. La tranche virgo	40

II.12. post de chloration	42
II.13. Réservoirs anti bélier.....	42
II.14. Réservoirs SP3	42
III.Conclusion	42

Chapitre V : Matérielles et méthodes

I. Introduction	43
II. Echantillonnage.....	43
II.1. Prélèvement des échantillons	43
II.2. Mode de prélèvement.....	43
II.3. Méthodes d'analyse.....	43
III. Corrosivité	44
III.1. Indice de Larsen (indice de corrosivité).....	44
III.1.1. Méthodes de mesuré les paramètres	44
III.1.1.1. Méthodes de mesuré les paramètres liées au corrosivité.....	44
IV. Agressivité.....	48
IV.1.1. Méthodes de mesuré les paramètres liées au l'agressivité.....	49
V.Conclusion	52

Chapitre VI: Résultats et discussion

I. Introduction	53
II. Détermination de l'indice de corrosivité.....	53
II.1. Concentration de chlorure [Cl ⁻].....	53
II.2. Concentration de sulfate [SO ₄ ²⁻]	54
II.3. Concentration de Bicarbonate [HCO ³⁻].....	55
III. L'indice de Larsen (indice de corrosivité).....	56
IV.2. Solides dissous totaux [TDS]	58
IV.3. Titre hydrotimétrique [TH].....	59
IV.4. Température [T].....	60
IV.5. Titre alcalimétrique complet [TAC]	61
V. Indice de Lengelier (indice de saturation)	62
VI. Conclusion.....	63
Conclusion Générale.....	64

Références bibliographique

Annexe

Liste des figures

Figure II.1 : Chaîne de traitement.....	18
Figure II.2. : Processus de coagulation-floculation et de sédimentation.....	20
Figure II.3 : schéma de traitement des eaux potables.....	23
Figure III.1: Corrosion uniforme.....	30
Figure III.2 : Corrosion localisée (a) et Corrosion uniforme (b) d'un métal.....	30
Figure IV.1: Différents ouvrages de la station de traitement de Mazafran.....	37
Figure IV.2: Instruments installés dans la chambre de mesure.....	38
Figure IV.3: conduite générale.....	38
Figure IV.4: Bâtiment des produits chimiques.....	39
Figure IV.5: Bassin répartiteur.....	39
Figure IV.6: Injection et polymère.....	39
Figure IV.7: injection de chlorure ferrique.....	40
Figure IV.8: Décanteur lamellaire.....	40
Figure IV.9: Décanteur lamellaire (nid d'abeille).....	40
Figure IV.10: Filtres à sable.....	41
Figure IV.11: Tranche Linde.....	42
Figure V.1: Matérielles utilisés pour le dosage.....	43
Figure V.2: PH mètre.....	49
Figure V.3: Conductimètre.....	50
Figure V.4: les produits pour faire le titrage de concentration de TH calcique.....	51
Figure V.5: Purificateur.....	52
Figure V.6: Couleur rose claire indicateur murexide.....	52
Figure V.7: Solution de NaOH 2N.....	52
Figure VI.1: Variation des chlorures au cours du temps	53

Figure VI.2: Variation des sulfates au cours du temps.....	54
Figure VI.3: Variation des Bicarbonate au cours du temps.....	55
Figure VI.4: Variation de l'indice de Larsen au cours du temps.....	56
Figure IV.5: Variation de pH à la cour du temps.....	57
Figure VI.6: Variation de TDS au cours de temps.....	58
Figure VI.7: Variation de THca^{+2} au cours du temps.....	59
Figure VI.8: Variation de température au cours du temps.....	60
Figure VI.9: Variation de TAC au cours du temps.....	61
Figure VI.10: Variation de l'indice de Langelier au cours du temps.....	62

Liste des tableaux

Tableau I.1: les normes physico-chimiques.....	6
Tableau I.2: classes de turbidité usuelles.....	7
Tableau I.3: Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température.....	8
Tableau I.4: Rapport entre la conductivité et la minéralisation.....	9
Tableau I.5: Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO ₃	9
Tableau I.6: les normes physico-chimiques	14
Tableau III.1: Les principaux facteurs de corrosion.....	28
Tableau VI.1: interprétation de l'indice de Larsen.....	56
Tableau VI.2 : interprétation de l'indice de Langelier.....	62

Liste des abréviations

A.N.B.T : Agence Nationale des Barrages et Transferts.

°C : Degré Celsius.

COD : Carbone organique dissous.

COT : Carbone organique total.

EDTA: Acide Ethylène Tétra-acétique.

°F : Degré Français.

Ic: Indice de corrosivité.

IL : Indice de Langelier.

MES : Matières en suspension.

MO : Matière organique.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

pH : Potentiel hydrogène.

Sp3 : Station de **P**ompage N°3.

TA : Titre alcalimétrique.

TAC : Titre alcalimétrique complet.

TDS : Totale **D**issolved **S**olide.

TH : Titre hydrométrique.

THca²⁺: Dureté calcique.

Introduction générale



L'Algérie a réalisé des progrès considérables dans le domaine des infrastructures hydrauliques, mais la maîtrise de la qualité de l'eau distribuée reste un défi majeur. Malgré les investissements importants, la préservation des infrastructures, la santé des populations et les impacts environnementaux liés à la qualité de l'eau sont négligés. L'entartrage, la corrosion, le biofouling, le colmatage des stations de dessalement et les risques sanitaires liés à une eau non conforme aux normes constituent des menaces importantes. Des solutions innovantes et une recherche scientifique accrue sont nécessaires pour optimiser la gestion des ressources en eau et garantir la pérennité des infrastructures. (Kemner et al, 1984).

Les stations de traitement d'eau potable, telle que la station de Mazafran (Kolea), jouent un rôle crucial dans la production d'eau potable. Cependant, elles font face à des défis dus à la composition chimique de l'eau brute, ce qui peut entraîner des conséquences graves, telles que des pertes financières pour les stations et des risques sanitaires pour les consommateurs.

Cette étude vise à évaluer l'efficacité de la station de traitement de Mazafran en analysant la qualité de l'eau à son entrée et à sa sortie. L'étude se concentre sur le problème de la corrosivité et de l'agressivité de l'eau, contribuant ainsi à une meilleure compréhension des enjeux liés à la maîtrise de la qualité de l'eau en Algérie.

Spécifiquement, l'étude examinera l'efficacité du mélange des eaux brutes provenant des barrages Douera et Bouroumi pour obtenir une eau traitée potable respectant les normes, puis mélanger l'eau produite (traitée) avec le forage Sp3 pour assurer une eau distribuée aux consommateurs équilibrée, non agressive et non corrosive.

L'analyse de la qualité de l'eau traitée sera réalisée en mesurant divers paramètres physico-chimiques et en utilisant des indices spécifiques tels que l'indice de Larsen et l'indice de Langelier. Cette étude vise à évaluer l'efficacité du traitement de l'eau à la station Mazafran et à contribuer à la maîtrise de la qualité de l'eau en Algérie.

Ce travail est organisé en deux parties :

- Une partie bibliographique qui se divise en trois chapitres :
 - Le premier chapitre présente une généralité sur les eaux

- Le deuxième chapitre décrit différents procédés de traitement de l'eau.
 - Dans le troisième chapitre, le phénomène de corrosion sera décrit en détail. Notamment connaissance de l'eau agressive et de ses facteurs. Ainsi que quelques moyens de Protection ce problème de corrosion
- Une partie expérimentale présentée en trois chapitres :
- Le quatrième chapitre est destiné à la description des ouvrages de la station de traitement de Mazafran.
 - Le cinquième chapitre consacré à la présentation des méthodes analytiques utilisées pour la détermination des différents paramètres : Ca^{+2} , TH, TAC, SO_4^{-2} , Cl^- , et en déterminant les indices de corrosivité et d'agressivité (indice de Larsen, indice Langelier) nécessaires pour contrôler le bon fonctionnement de la station.
 - Le dernier chapitre : expose les résultats et les interprétations des analyses réalisées pour les eaux brutes, traitées et l'eau de mélange (eau traité + mélange Sp3).

Le travail sera clôturé par une conclusion générale contenant des recommandations.

*Partie I : Recherche
bibliographique*

Chapitre I

Généralité sur la qualité des eaux

I. Introduction

L'eau est essentielle à la vie pour tous les organismes vivants connus. D'un point de vue chimique, l'eau dissout la majorité des corps solides et facilite ainsi les réactions chimiques. C'est aussi l'un des rares éléments chimiques pouvant exister sous trois états : solide, liquide et gazeux. Il est important de l'avoir en qualité et en quantité suffisante garantissant ainsi une vie saine et sans danger à long terme (Rodier, 1996).

Après un bref rappel des principales caractéristiques organoleptiques des eaux naturelles, nous présentons, au cours de ce chapitre, un état de connaissances sur la qualité physicochimiques et bactériologique des eaux.

I. Ressources hydriques naturelles

Les approvisionnements en eau potable peuvent aller du très grand réseau urbain, desservant des dizaines de millions d'habitants (OMS 2004).

Les eaux destinées à la consommation humaine ont une double origine :

II .1. Eaux de surface

Les eaux de surfaces ou superficielles pour 40% du volume produit. Elles englobent toutes les eaux, circulantes ou stockées, qui existent à la surface du continent. Ces eaux qui se trouvent à la surface terrestre peuvent être des eaux courantes ou stagnantes (Rejseck, 2002).

De ce fait, elles sont exposées, par leur contact, à toute sorte de pollution. Elles sont riches en composés organiques et autres substances chimiques, sont dirigées vers des stations de traitement en vue de leur purification et de leur potabilité (Maraza, 2015).

II .2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines pour 60% du volume produit. Elles proviennent de nappes souterraines plus au moins profondes et sont capté par forage ou par des puits (Rejseck, 2002). Les eaux souterraines représentent généralement une excellente source d’approvisionnement en eau potable. Le filtre naturel constitué par les matériaux géologiques produit le plus souvent une eau de grande qualité, avec notamment de très faibles teneurs en micro-organismes et autres substances en suspension confirment Rasmussen et Rouleau (2003).

II .2.1. Types d’Eaux Souterraines

La porosité et la structure du sol déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine (OMS, 2000).

- **Nappes phréatiques** : lorsque le fond imperméable est pratiquement horizontal et peu profond, on parle d’une nappe dite phréatique dans laquelle on peut creuser des puits. Le niveau piézométrique de la nappe phréatique a toujours tendance à suivre régulièrement les variations de la pluviosité. En période de sécheresse, les puits se tarissent (Goudjil. B, 2011)
- **Nappes alluviales** : les plaines alluvionnaires sont souvent formées de matériaux détritiques, c’est-à-dire de débris, très poreux et gorgés d’eau. Il y a là une réserve importante à exploiter et qui est presque toujours entretenue par le débit des rivières ainsi que par les précipitations. Au voisinage de la mer, la nappe peut recevoir de l’eau salée (Goudjil. B, 2011)
- **Nappes captives** : Plus profondes que les premiers et séparées de la surface par une couche imperméables, l’alimentation de ces nappes est assurée par l’infiltration sur leurs bordures (Cardot. C, 2010).
- **Nappe active (ou nappe libre)** : c’est une nappe due à la succession d’une couche imperméable surmontée d’une roche magasin. L’ensemble du dispositif peut être affecté d’une pente plus ou moins forte. La nappe est alimentée directement par l’infiltration des eaux de ruissellement. Le niveau de cette nappe fluctue en fonction de la quantité d’eau retenue. L’équilibre hydraulique entre pluviométrie et réserve est assuré par le trop-plein qui constitue les sources. Celles-ci apparaissent en des points particuliers dus principalement à la

- topographie de la couche imperméable. Le niveau supérieur de la nappe piézométrique s'établit uniquement en fonction de la perméabilité du terrain à travers lequel pénètre l'eau d'infiltration (Goudjil. B, 2011).

III. Caractéristique de l'eau

III.1 Paramètres organoleptiques

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais par leur dégradation, peuvent être des facteurs d'alerte pour une pollution ou indiquer un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. (Lounnas, 2009).

- **Couleur**

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous. Elle est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux substances en solution, et apparente quand les substances en suspension y ajoutent leurs propres colorations (Franck, 2002).

Une eau colorée n'est pas agréable pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur la potabilité.

- **Goût et saveur**

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier, 2005).

- **Odeur**

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire (Rodier, 2009).

III.2. Paramètres physico-chimiques

III.2.1. Paramètres physiques

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètres. Basée sur des valeurs de références, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres (Rodier et al, 2009).

- **Température**

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels et dans la détermination du pH.

Tableau I.1: Normes physico-chimiques liées à la composition naturelle des eaux (OMS 2006 ; JORA, 2011).

Paramètres	Selon l'OMS	Selon le Journal Algérien
pH	entre 6.5 et 9.5	≥ 6.5 et ≤ 9.5
Conductivité	pas de norme	2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Température	Acceptable	25°C

- **Turbidité**

C'est le premier paramètre perçu par le consommateur (Andriamiradis, 2005). La turbidité est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute (débris organiques, argiles, organismes microscopiques ...) (Rodier et al, 2009). Une forte turbidité de l'eau révèle la précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau (Jean, 2002), et favorise aussi la fixation et la multiplication des micro-organismes, rendant sa qualité bactériologique suspecte (OMS, 2004). Selon Desjardins (1997) ; Kettab (1992) ; Boeglin (2009), parmi les caractéristiques générales des eaux souterraines, il faut retenir leur très faible turbidité.

Dans le réseau, une turbidité élevée de l'eau révèle les problèmes suivants (Celerier et al.1987) :

- précipitation de fer, aluminium ou manganèse, due à une oxydation dans le réseau,

- précipitation lente de CaCO_3 (ou parfois hydroxydes de magnésium), due à un mauvais ajustement du pH à l'usine de traitement,
- une corrosion importante,
- l'agglomération naturelle des colloïdes qui peuvent provenir d'arrachements de biofilm, ou de bactéries agglomérées par leur glycocalyx (polysaccharides présents sur les parois extérieures des bactéries),
- une fuite de matières dans la filière de filtration de l'usine de traitement (on dit que les filtres sont « percés »),
- des précipités formés par l'effet de post-floculation dans le réseau (effort persistant du floculant et polymérisation non achevée) dégradent la qualité organoleptique de l'eau et conditionnent la prolifération de microorganisme.

Tableau I.2: classes de turbidité usuelles (NTU, nephelometric turbidity unit).

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

- **Potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH mesure la concentration des quelques ions dans l'eau. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique, l'optimum est situé entre 6,5 et 8,5. Selon l'OMS, des valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent la croissance et la survie des micro-organismes aquatiques. Le pH et la minéralisation sont importants pour le contrôle de la corrosion, l'agressivité d'eau, l'action du désinfectant et la précipitation des éléments dissous (OMS, 2004). Le pH peut varier le long de la distribution du fait d'une évolution de la concentration de CO_2 dissous. L'eau permet de développer à la surface des matériaux une couche protectrice composée en partie de carbonate de calcium. Il convient de distribuer une eau légèrement sursaturée en carbonate de calcium pour favoriser la formation de ce dépôt protecteur (Celerier et al.1987).

- **Oxygène dissous**

Toutes les eaux naturelles contiennent des gaz dissous, surtout de l'oxygène (Lefevre, 1993), dont la solubilité varie en fonction de la température et de la pression (Bliefert et Perraud, 2001). L'apport d'oxygène peut être assuré par les grandes surfaces d'échange gazeux par apport à une relative faible profondeur et le brassage de l'eau naturel avec le vent (Belaud, 1996 ; Schlumberger, 2002). Plus les eaux sont superficielles, plus elles sont chargées en oxygène. Les teneurs maximales atteintes dépassent rarement 10mg/l (Potelon et al, 1998).

Tableau I.3: Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température (IBGE, L'eau a bruxelle, 2005).

Température (°C)	Solubilité mg O ₂ /l
0	14.16
5	12.37
10	10.92
15	9.76
20	8.84
25	8.11

- **Conductivité électrique**

La conductivité Mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, elle permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau et nous renseigne également sur les degrés de minéralisation de l'eau (Guentri & Rahmania, 2015). Elle est exprimée en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Elle dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé (Belghiti et al, 2013).

Tableau I.4: Rapport entre la conductivité et la minéralisation (Rodier, 2009).

Conductivité	Minéralisation
0 – 100 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible
100 – 200 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation faible
200 – 333 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
333 – 666 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation accentuée
666 – 1 000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation importante
> 1 000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation élevée

III.2.2. Paramètres chimiques

Une eau destinée à la consommation doit être exempte de substances chimiques toxiques, mais doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence est souvent nécessaire à l'organisme humain (l'iode par exemple). Ces éléments confèrent d'ailleurs un goût et une saveur spécifiques à l'eau de boisson (Bouziani, 2000).

- **Dureté totale ou Titre hydrométrique (TH)**

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau (Guilbert, 2000).

Tableau I.5: Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO_3 (Hawa, 2001).

Dureté de l'eau	Concentration en mg/l'eau
Eau douce	0 à 60
Eau moyennement douce	60 à 120
Eau dure	120 à 180
Eau très dure	plus de 180

- **Titre alcalimétrique complet et acidité (TAC, TAF)**

Les eaux naturelles ont le plus souvent un pH supérieur à 4,5 et l'acidité forte est nulle. Dans les eaux naturelles, l'acidité est due essentiellement au CO_2 libre (Tardat et al, 1984).

Par convention, l'alcalinité totale d'une eau est mesurée par la quantité d'acide nécessaire pour abaisser son pH jusqu'à cette valeur (jusqu'au point de virage du méthylorange) (Squilbin, 2005).

Autrement dit, on est amené à considérer deux types d'alcalinité qui correspondent encore une fois à deux bornes de pH. L'alcalinité à la phénolphtaléine qui est une mesure des bases fortes carbonates et alcalis (TA). L'alcalinité au méthylorange ou totale (TAC) qui est une mesure des bases fortes et des bases faibles (bicarbonates) (Rodier, 1996).

La plupart des eaux naturelles ont un pH compris entre 4,5 et 8,3 et leur alcalinité est attribuable essentiellement aux bicarbonates (HCO_3^-) (Rodier, 1996).

- **Titre alcalimétrique (TA)**

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et carbonates alcaline caustique. Donc c'est la teneur en hydroxyde (OH^-) et la moitié de la teneur en carbonate (CO_3^{2-}) (Rodier et al, 1996).

- **Magnésium (Mg^{+2})**

Il constitue l'élément significatif de la dureté de l'eau avec les ions calcium, c'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature (Rodier et al, 2009). La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riches en Mg^+ (Dib, 2009).

Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importants (Sevesc, 2013).

- **Calcium (Ca^{+2})**

Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles (Benamar et al, 2011). C'est un métal alcalino-terreux très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il existe principalement à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme sulfate, chlorure...etc (Rodier et al, 2005). Le calcium est aussi fréquent dans les roches sédimentaires. Il peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) qui sont facilement solubles (Sedrati, 2011). Le calcium ne pose pas des problèmes de

potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage (Gaujour, 1995).

- **Sulfate (SO_4^{2-})**

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates, en proportion très variables. Leur présence résulte de la solubilité des sulfates de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (les pyrites par exemple). Les eaux traitées au sulfate d'aluminium ajouté lors du traitement en mesurant la teneur en sulfates avant et après la coagulation, bien qu'une légère fraction d'ions SO_4^{2-} soit entraînée par adsorption avec le floc (Philippo et al, 1981).

- **Résidu Sec (E.S)**

La détermination des résidus totaux sur une eau non filtrée reflète la teneur en matières dissoutes et en suspension non volatiles. La mesure des résidus secs après filtration correspond quant à elle, aux matières dissoutes (dimension inférieure à 1nm). Les résidus secs permettent d'apprécier la minéralisation d'une eau. Les eaux très minéralisées semblent bien contribuer à l'équilibre des différentes constantes physiologiques de l'homme et surtout de l'enfant, cependant elles peuvent poser des problèmes endocriniens complexes. D'après l'OMS une eau est considérée comme d'excellente qualité pour une teneur de l'extrait sec inférieure à 300 mg/L et inacceptable pour une teneur supérieure à 1200mg/l (Degremont, 1989).

- **Phosphate (PO_4^{3-})**

Les matières phosphorées sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme minérale d'ions ortho-phosphate isolés, soit sous forme d'ions phosphate condensé entre eux (poly-phosphates), soit sous forme organique de groupements phosphate liés aux molécules organiques. C'est l'un des facteurs limitant de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le phénomène de l'eutrophisation (Rejsek, 2002). L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2.5 à 3g par habitant (Degremont, 2005).

III.3. paramètres indésirables

Sont dites indésirables certaines substances qui peuvent créer soit un désagrément pour le consommateur : goût et odeur (matières organiques, phénols, fer...), couleur (fer, manganèse...), soit causer des effets gênants pour la santé (nitrates, fluor...) On sur veillerons prioritairement la contamination des eaux par des matières organiques (mesurée par l'oxydabilité au permanganate de potassium), la concentration en ammonium, la présence dénitrates et de nitrates et la concentration en fer (Lounnas, 2009).

- **Ammonium (NH_4^+)**

L'azote ammoniacal se trouve sous la forme toxique NH_3^+ . Sa présence dans les eaux explique un processus de dégradation incomplète de la matière organique NH_4^+ , l'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. L'ammoniaque présente l'inconvénient de nécessiter une augmentation de la consommation en chlore lors de la désinfection (Chaden, 2014).

- **Nitrate (NO_3^-)**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (Rodier et al, 2009).

- **Fer (Fe^{+2})**

Le fer est un élément assez abondant dans les roches sous différentes formes. Ce fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations (Rodier et al, 2009).

- **Nitrites (NO^{-2})**

Les ions nitrites (NO^{-2}) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO^{-2}) Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation

d'oxygène, est la nitratisation. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Rodier, 2005).

- **Chlorures (Cl⁻)**

Les chlorures sont très répandus dans la nature généralement sous forme de sels du sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl₂) (Sevesc, 2013). L'ion chlorure n'est pas adsorbé par les formations géologiques, reste très mobile et ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques. Il constitue un bon indicateur de la pollution (Chaker et Slimani, 2014). Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg.L⁻¹ surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (Rodier et al, 2005).

III.4. Paramètres organiques

La teneur d'une eau en matière organique est généralement estimée au moyen de paramètres globaux suivants :

- **Demande biochimique en oxygène à 5 jours (DBO₅)**

Elle correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir à un échantillon d'eau pour minéraliser la matière organique par voie biologique. La durée d'incubation de l'échantillon est de 5 jours à une température de 20°C. La mesure de cette DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables (Tardat, 1984).

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader la totalité de la matière organique par voie chimique. Elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (bichromate de potassium) en milieu acide fort (H₂SO₄) et au reflux pendant 2 heures (Rodier, 2005).

Elle constitue donc un paramètre important. C'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels (surtout ceux à caractère toxique qui se prête mal aux mesures de DCO, exprimée, elle aussi en mg/ l

d'oxygène, diffère de celle de la DBO). Elle est généralement supérieure, surtout pour les eaux usées domestiques, mais il y a souvent un rapport à peu près constant entre les deux (de l'ordre de 1,5 à 2) (Besbes, 2010 ; Degremont, 2005).

- **Oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO₄)**

L'oxydabilité (ou indice de permanganate) correspond à l'oxydation des matières organiques par du permanganate de potassium de concentration connue en milieu acide selon un protocole normalisé (10 minutes à ébullition). Le résultat est exprimé en mg/l d'O₂. C'est une analyse dont la mise en œuvre est simple. Le seul inconvénient de KMnO₄ est qu'il moins puissant que K² Cr² O₇ (Tardt -Henry et Beaudry, 1984).

- **COT, carbone organique total**

Le carbone organique total (COT) rend compte de la concentration globale en matières organiques. Le principe de la mesure du carbone organique dans les eaux consiste en une minéralisation par oxydation des matières organiques (M.O), suivi de la mesure de CO₂ libéré. On peut analyser l'eau quelle que soit sa qualité (de forte salinité, acide, basique, ou contenant des composés toxiques) et déterminer ainsi son COT. Mais malgré ses avantages, la mesure du COT exige un appareillage coûteux (Degremont, 2005).

Tableau I.6: les normes physico-chimiques liées aux substances indésirables (OMS, 2006 ; JORA, 2011).

Paramètres	Selon l'OMS	Selon le Journal Algérien
Turbidité	5 NTU	5 NTU
Dureté CaCO_3	200 ppm	200 mg/l
Les nitrates	50 mg/l	50mg/l
nitrites	0.2 mg/l	0,2mg/l
Ammonium	0.5 mg/l	0.5 mg/l
Chlorures(Cl)	250 mg/l	500 mg/l
Potassium	12 mg/l	12 mg/l
Calcium	100 mg/l	200 mg/l
Magnésium	50 mg/l	Non mentionnées
Fer	Pas de valeur guide	0,3 mg/l
Cuivre	2 mg/l	2 mg/l
Zinc	3 mg/l	5 mg/l

III.5. Paramètres bactériologiques

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution fécale : Germes totaux et Coliformes, qui vivent normalement dans les intestins humains et animaux et représentent ainsi un risque épidémiologique potentiel. Le contrôle bactériologique réalisé dans ce contexte, porte sur la quantification des germes indicateurs de contamination fécale dont trois indicateurs Sont à noter : coliformes totaux, coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. D'autres indicateurs non spécifiques sont utilisés comme complémentaire : germes totaux et *Clostridium* sulfitoréducteurs (Bouziani, 2000). L'eau ne pas contenir dans le cas d'une eau traitée des coliformes totaux ni de *Clostridium*sulfitons-réducteur, qui constituent des indicateurs de pollution par les matières fécales (Hamed et al. 2012).

Le dénombrement bactérien consiste à la recherche des bactéries aérobie, c'est-à-dire celles qui pourraient se développé en présence d'oxygène (Hamed et al. 2012) :

- Coliforme fécaux

- Coliforme totaux
- streptocoques fécaux.

IV. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons pu observer qu'une eau naturelle est caractérisée par divers paramètres. Les caractéristiques essentielles concernent les paramètres généraux (Turbidité, pH, dureté alcalinité, conductivité...) et spécifiques (anions et cations prédominants).

Chapitre II

Procédés de Traitement

des eaux

I. Introduction

L'eau pure n'existe pas à l'état naturel. Dans son parcours jusqu'à nos robinets, elle se charge d'éléments à la fois indispensables à notre santé mais peut également rencontrer des substances potentiellement toxiques pour l'organisme. C'est pourquoi l'eau doit subir plusieurs traitements avant d'être considérée comme potable. Elle doit ainsi répondre à de nombreux critères pour permettre à chacun de boire une eau sans aucun risque pour la santé.

Mais d'où vient l'eau potable et comment arrive-t-elle jusqu'à nos robinets ? C'est ce que nous allons voir dans ce chapitre.

II. Définition des objectifs du traitement

Les objectifs du traitement peuvent être répartis en deux groupes :

- La santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques (Djerbi.C, Talhi.H, 2020).
- la protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usagers (robinetterie, chauffe-eau...) contre l'entartrage et/ou corrosion. Dans tous les pays, ces objectifs se traduisent par une réglementation officielle. Cette dernière est fonction de critères de santé publique, du degré de développement du pays considéré et des progrès de la technologie (Djerbi.C, Talhi.H, 2020).

III. Fonctionnement d'une station de production d'eau potable

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié.

Ce contrôle exécuté, l'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable.

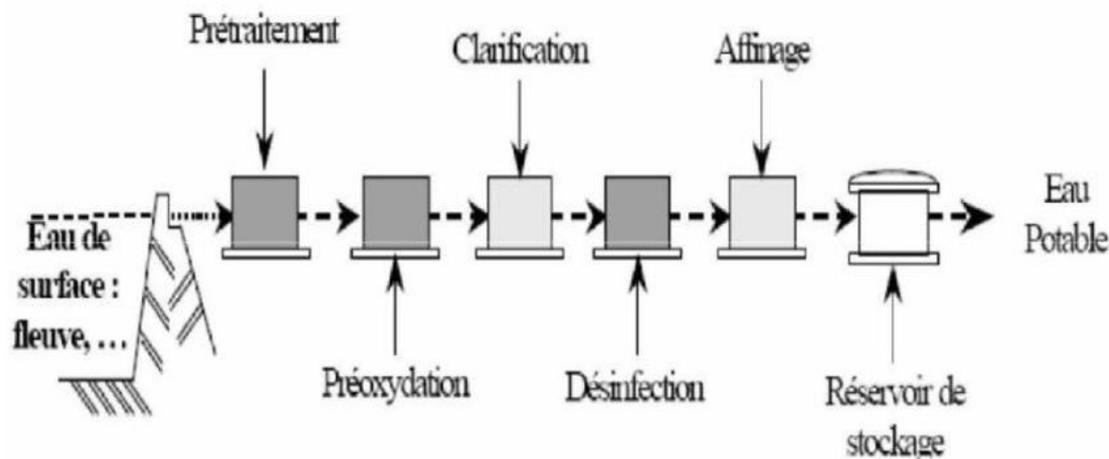


Figure II.1 : Chaîne de traitement (Valentin, 2000).

III.1. Captage

C'est un procédé permettant le prélèvement d'eau brute dans le milieu naturel. Dans un premier temps, l'eau est captée à partir de ressources superficielles ou souterraines, puis conduite par une canalisation jusqu'à l'usine de potabilisation (Bounab. B, 2016).

III.2. Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface. Les prétraitements sont principalement de trois types (Ayad. W, 2017) :

- Le dégrillage.
- Le tamisage.
- Le dessablage.

III.2.1. Dégrillage

Le dégrillage, premier poste de traitement, il est destiné à piéger les matières plus ou moins volumineuses et les retirer de l'eau tels que les plastiques, morceaux de bois,...etc. En effet, ces déchets ne pouvant pas être éliminés par un traitement biologique ou physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement. Pour ce faire, l'eau brute passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées. Celles-ci sont en général équipées de systèmes automatiques de

nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi pour éviter le dysfonctionnement de la pompe (dans les cas où il y aurait un système de pompage) (Degremont, 2005).

III.2.2. Tamisage

L'objectif de tamisage est d'arrêter les matières en suspension de petites dimensions (0.2 à 5 mm) et des corps susceptibles de passer à travers un dégrillage. Les équipements utiles de ces tamis sont constitués par des tôles perforées, ou le plus souvent, par des éléments de grille. Les espacements varient de 0.15mm à 5mm. On distingue différents types de tamis :

Tambour, tamis rotatif et tamis courbe pour les eaux résiduaires dont la gamme 0.15 à 2 mm et la macro tamisage et micro tamisage pour les eaux de surface (Tanini, 2005).

III.2.3. Dessablage

Le dessablage est une opération dans laquelle les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0.3m /s, dont la dureté et la taille sont relativement importantes, supérieurs à 0.2 mm de diamètres vont pouvoir se déposer, il permet par décantation, de retirer les sables mélangés dans les eaux par ruissellement ou amenés par l'érosion des conduits (Belahmadi, 2011).

III.3. Pré chloration

C'est un procédé chimique qui utilise le chlore (ou l'hypochlorite de sodium), l'ozone, le dioxyde de chlore ou le permanganate de potassium pour l'élimination du fer et du manganèse (notamment pour les eaux souterraines), de la couleur, les matières organiques et les microorganismes (algues, plancton et bactéries), essentiellement pour les eaux superficielles (Aoualmia.A et al, 2015)

III.4. Clarification

La clarification regroupe les procédés de coagulation-floculation, décantation ou flottation et de la filtration. Le but est d'éliminer les MES (matières en suspension) minérales et organiques d'une eau brute ainsi qu'une partie des matières organiques dissoutes, fraction floculable. Suivant les concentrations des différents éléments indésirables, plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre dont (CRCWQT, 2006).

III.4.1. Coagulation

La coagulation est l'une des opérations les plus importantes dans le traitement des eaux de surface. Cette étape a une grande influence sur les opérations de décantation et de filtration ultérieures. Les colloïdes en solution sont naturellement chargés négativement. Ainsi, elles se repoussent mutuellement et restent en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution. La coagulation consiste en la déstabilisation de ces particules par la neutralisation de leurs charges négatives en utilisant des réactifs chimiques nommés coagulants avec une agitation importante. Le choix du coagulant et la dose ont une influence sur la qualité de l'eau, le coût d'exploitation, et les opérations ultérieures. Il existe deux principaux types de coagulants (Bounab. B, 2016) :

- Les sels de fer (chlorure ferrique).
- Les sels d'aluminium (sulfate d'aluminium).

III.4.2. Flocculation

Lors du processus de flocculation, les fines particules dispersées sont combinées en agglomérats plus gros qui peuvent être éliminés par un processus subséquent tel la décantation ou la filtration. La flocculation est déterminée par le contact entre particules qui conduit à la croissance en taille et la diminution en nombre des particules en solution. Elle est réalisée par une agitation lente qui permet, grâce à l'injection d'un réactif appelé « flocculant » l'agglomération des flocs et donc leur grossissement. Les flocculants généralement utilisés sont la silice activée, les alginates de sodium, les polyélectrolytes...etc (Ayad. W, 2017).

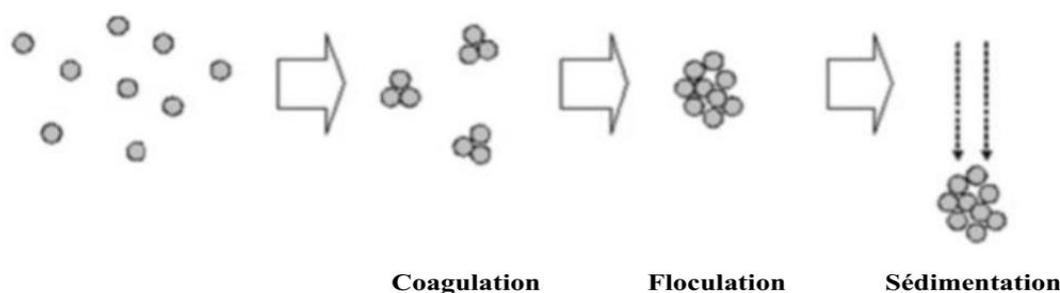


Figure II.2. : Processus de coagulation-flocculation et de sédimentation (CRCWQT, 2006).

III.4.3. Décantation

La décantation, procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration (Desjardins, 1997).

III.5. Filtration

Le système de filtration utilise des filtres à base de gravier, sable et charbon actif pour éliminer les impuretés de l'eau. Deux types de filtration existent : lente (biologique) et rapide (physique). La filtration lente, plus efficace, utilise des bactéries pour décomposer les contaminants, tandis que la filtration rapide élimine les particules en suspension.

Les filtres à sable rapide sont plus courants car ils ont un débit élevé et nécessitent peu d'espace. La filtration permet d'éliminer un grand nombre de contaminants, mais une désinfection est toujours nécessaire pour produire une eau potable sûre. Le charbon actif est utilisé pour adsorber les produits chimiques et les impuretés restantes (Degremont, 2005), (Jean Rodier, 1996).

III.6. Désinfection

La désinfection est sans aucun doute l'étape la plus importante du traitement de l'eau destinée à la consommation (Pomerol C et al, 1997). Le but de cette étape est d'éliminer tous microorganismes pathogènes présents dans l'eau et maintenir le chlore résiduel dans les conduites afin d'empêcher le développement de maladies hydriques. Divers agents désinfectants peuvent être utilisés tels que le chlore et ses dérivées, l'ozone, les rayons ultra-violet. Mais le chlore est l'agent le plus utilisé comme désinfectant final (Desjardins. R, 1997).

On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition, ultrasons, ultraviolets ou rayons gamma (Ayad. W, 2017).

III.7. Affinage

L'objectif de cette opération est d'éliminer les matières minérales et organiques dissoutes dans l'eau et améliorer sa qualité organoleptique. On procède à l'affinage pour éliminer les micropolluants qui existent déjà dans l'eau ou qui se sont formés au cours du traitement et qui n'ont pas été totalement abattus par la coagulation-floculation. Cet affinage est réalisé par le phénomène d'adsorption, généralement sur du charbon actif. Celui-ci est mis en œuvre soit en poudre au cours de la floculation et sera par la suite évacué avec la boue, soit sous forme de grains, habituellement utilisé après filtration sur sable (Bounab. B, 2016).

III.8. Stockage et distribution

Une fois rendue potable. L'eau est envoyée dans des réservoirs ou elle est stockée avant d'être un réseau de canalisations souterraines dans les habitations. Pour arriver au robinet du consommateur, l'eau potable emprunte un circuit fait de multiples ramifications. En sortie d'usine de production d'eau potable, des pompes de refoulement acheminent l'eau potable dans la partie haute du château d'eau où elle est stockée, son élévation assure une pression suffisante dans tout le réseau et permet d'avoir "l'eau courant (Bounab. B, 2016)".

III.9. Autres traitements

Éventuellement, la dureté de l'eau est corrigée pour éviter la corrosion ou l'entartrage des canalisations.

En cas de pollutions spécifiques, aux nitrates ou aux pesticides par exemple, des traitements de dépollution supplémentaires sont appliqués.

À la sortie de l'usine de potabilisation, l'eau est acheminée vers des réservoirs (châteaux d'eau) puis jusqu'aux robinets (Degremont, 2005).

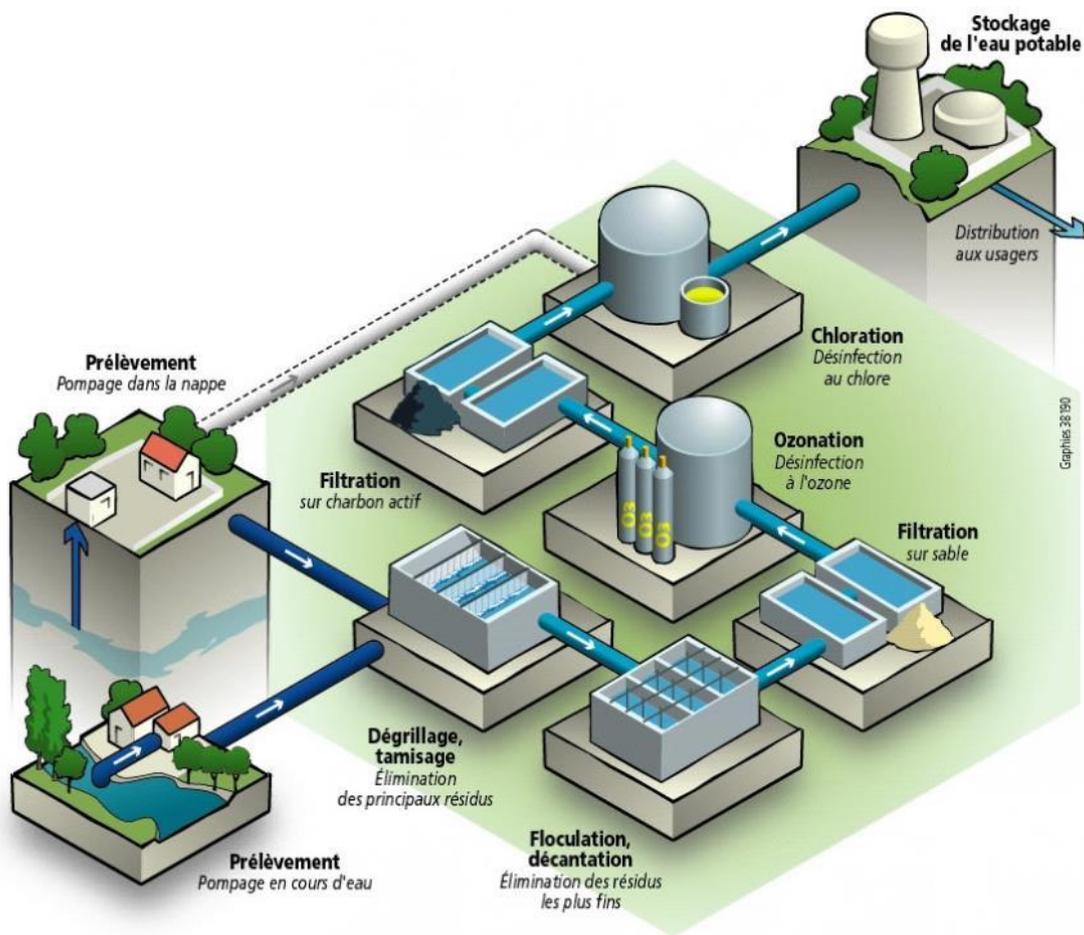


Figure II.3 : schéma de traitement des eaux potables (Hodnia Kabouya ,1997).

V. Conclusion

Au vu de ce chapitre, nous pouvons conclure que toute eau brute ne peut être utilisée pour produire de l'eau potable que si elle est bien traitée.

Pour s'assurer que la matière première en eau potable est de qualité suffisante, différentes étapes de traitement sont alors agencées en filières de potabilisation comme : Les procédés de prétraitement, clarification, désinfection... etc.

Chapitre III

Corrosivité et

Agressivité de l'eau

I. Introduction

Dans ce modeste travail, on a voulu éclairer le phénomène de l'agressivité et la corrosivité de l'eau, chose responsable d'importantes pertes d'eau. Ainsi que l'impact de la corrosion sur les changements de caractéristique mécanique et hydraulique des conduites dans installations d'eau.

Chaque année des dégâts considérables sont constatés, qui ont pour conséquences des pertes se chiffrant en Milliards de Dollars d'où l'intérêt porté par les scientifiques pour l'étude de la corrosion et de la lutte contre la corrosion.

Des mesures préventives sont adaptées à chaque situation et type d'installation toutes en développant des méthodes et des moyens d'expertise de plus en plus performants.

II. Corrosivité et agressivité de l'eau

Nous devra au début distingué entre la corrosivité et l'agressivité de l'eau.

II.1. Agressivité de l'eau

C'est une action chimique due aux ions H^+ . Ceci est causé surtout par un déséquilibre calco-carbonique. Les paramètres qui surveillent l'agressivité sont : pH, CO_2 libre (Benziada. S, Boukhetala. S, 2009).

II.2. Corrosivité

C'est l'action de l'eau provoqué par les électrolytes forts et complètement ionisés principalement des chlorures et des sulfures, l'action est surtout électrochimique elle est due à la conductivité ionique de l'eau à laquelle on ajoute l'action de l'aération différentiel, le résultat est souvent des piqûres profondes.

II.3. Eau aggressive ou entartrant

- **Eau neutre**

Une eau neutre c'est-à-dire eau équilibrée n'est ni aggressive ni incrustante.

- **Eau agressives**

Elle se caractérise par un pH faible, une quantité de CO₂ agressif élevée. C'est ce dioxyde de carbone libre qui est à l'origine de ce pH bas. L'eau agressive est également caractérisée par une faible minéralisation lui conférant un potentiel de dissolution important avec les matériaux dont elle est en contact (récipients, tuyaux..). Elle a aussi la capacité de dissoudre le calcaire. L'eau agressive a un caractère acide lui rendant corrosif. Elle attaque donc le matériau des installations et peut endommager les installations de production et de distribution (Engees, 2002).

- **Eaux incrustantes**

Ces eaux ont une forte teneur en sels et ont la capacité de fonder des dépôts à l'intérieur des tuyauteries. Les conséquences de l'eau incrustante sont perçues à deux niveaux : au niveau des installations, les dépôts peuvent boucher les tuyauteries et endommager les installations ; chez le consommateur, la consommation de cette eau entraîne des dépôts de calcaire au niveau de l'uretère provoquant des calculs rénaux. Aussi, l'eau incrustante ne mousse pas au savon (Engees, 2002).

III. Facteurs de corrosivité de l'eau

Les principaux facteurs de corrosivité de l'eau sont (Lyonnaise des eaux, 1989) :

- **Oxygène dissous**

L'oxygène joue un rôle particulièrement important en corrosion, on peut dire que le fer n'est pas corrodé dans une eau exempte d'oxygène dissous.

Dans une solution neutre l'oxygène est indispensable pour avoir une corrosion appréciable, sauf que la formation d'oxyde ferrique, réagit comme barrière vis à vis de l'oxygène, une eau mal aérée ne favorise pas la formation de cette couche tandis qu'elle peut favoriser la corrosion.

- **CO₂ libre**

Un déséquilibre chimique peut produire des quantités de CO₂ libre qui peuvent provoquer un abaissement du pH ce qui favorise l'agressivité.

Les points hauts qui ne sont pas munis de ventouse, les coups de béliers peuvent donner des accumulations gazeuses qui provoquent des émulsions corrodantes.

- **Les ions Cl^- , SO_4^{2-}**

Ces éléments s'adsorbent aux matières spécifiques sur les couches passives de protection et peuvent les détruire.

Exemple : s'il s'agit de précipité calcique, celui-ci est rendu poreux par ces éléments et favorise la corrosion par piqûres.

La concentration critique de Cl^- est de 100mg/l et 150 mg/l SO_4^{2-} , Il faut donc veiller à ce que les teneurs de ne dépasse pas les valeurs critiques surtout pour le Cl^- en phase de désinfection.

- **NH_4^+**

Favorise la corrosion par piqûres surtout pour les alliages cuivreux.

- **Température**

Une augmentation de température peut amorcer les réactions électrochimiques de corrosion.

- **Résistivité**

Une eau de résistivité faible facilite les échanges électrochimiques (un courant de corrosion plus intense).

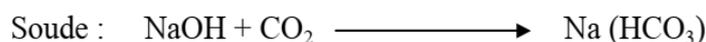
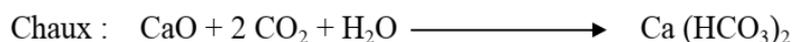
IV. Traitement des eaux agressives

- **Neutralisation**

Ce traitement est réservé aux eaux dont le CO_2 libre est en excès. Il se situe en fin de filière pour mettre l'eau à l'équilibre afin d'atteindre le pH optimal. Il faut consommer le CO_2 agressif et augmenter le TAC, pour cela deux procédés sont possibles (Claude Cardot, 1999) :

- l'aération : la teneur en gaz carbonique chute ce qui entraîne la l'augmentation du pH tout en maintenant l'alcalinité constante.

- la neutralisation chimique par addition de chaux vive, de soude ou par filtration sur calcaire : les équations de réaction sont les suivantes :



Un tel traitement augmente le pH et l'alcalinité. Tout excès de chaux entraîne une réaction d'adoucissement et par conséquent un dépôt de calcaire.

- **Reminéralisations et recarbonatation**

Le but de ce traitement est d'augmenter le TAC de l'eau pour permettre la formation de la couche protectrice au niveau du réseau de distribution. Ce traitement est préconisé pour les eaux très douces ou issues d'une filière de dessalement. La méthode la plus répandue est l'injection de CO₂ et de chaux (Claude Cardot, 1999).

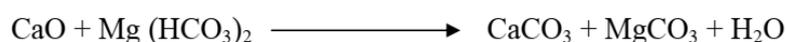
V. Traitement des eaux incrustantes

➤ Réduction de l'alcalinité

Les eaux alcalines présentent un TAC élevé et un déficit en CO₂ libre, d'où la nécessité d'ajouter du dioxyde de carbone ou de consommer l'alcalinité mais l'injection de gaz carbonique reste la solution la plus simple (Claude Cardot, 1999).

➤ Adoucissement par décarbonatation

Il s'agit d'un traitement concernant les eaux à fort titre hydrométrique accompagné d'un TAC élevé. La décarbonatation se fait à l'aide de chaux, l'addition de ce réactif provoque les réactions chimiques suivantes :



L'élimination de la dureté bicarbonate calcique ou magnésienne s'effectue par la formation de précipités de carbonate de calcium et de magnésium (Claude Cardot, 1999).

VI.1. Les facteurs de corrosion

Les phénomènes de corrosion dépendent d'un grand nombre de facteurs et ils peuvent être classés en quatre groupes principaux (tableau III.1).

Tableau III.1: Les principaux facteurs de corrosion (F.Boumegue et al, 2017).

Facteurs du milieu Corrosif	Facteurs métallurgiques	Facteurs définissant les conditions d'emploi	Facteurs dépendant de temps
Concentration du réactif	Composition de l'alliage	Etat de surface	Vieillessement
Teneur en oxygène	Procédés d'élaboration	Forme des pièces	Tension mécanique
pH du milieu	Impuretés	Emploi d'inhibiteur	Modification des revêtements protecteurs
Température	Traitement thermique	Procédés d'assemblage	
Pression	Traitement mécanique		

La vitesse de corrosion d'un métal dans un milieu corrosif dépend de :

➤ **Effet de la température**

Accélère les phénomènes de corrosion, car elle diminue les domaines de stabilité des métaux et accélère les cinétiques de réactions et de transport (René Cossé, 1920).

➤ **Effet de l'acidité**

Une forte concentration en protons dans la solution augmente l'agressivité du milieu. La corrosion augmente avec la diminution du pH du milieu (Tarek Ahmed, 1981).

➤ **Régime hydrodynamique**

Le transport des réactifs vers l'interface et des produits de réaction l'électrolyte est de nature à modifier la cinétique des réactions électrochimiques en changeant

la concentration des espèces et donc le potentiel d'équilibre. Les conditions hydrodynamiques fixes les vitesses de réactions en contrôlant le transport de matière par établissement d'une couche limite de diffusion des espèces, appelée couche de Nernst, ce qui explique l'importance de l'agitation de l'électrolyte lors des essais de corrosion en laboratoire (Popova. A et al ,2003).

➤ **La salinité**

Les chlorures sont des ions agressifs, souvent à l'origine de corrosions localisées, leur présence en solution s'accompagne d'effets complémentaires (Gouget, Duga, 1973).

VI.2. Types de corrosion

Il existe trois types (processus) de corrosion, corrosion chimique (sèche), corrosion électrochimique (humide) et corrosion bactérienne.

➤ **La corrosion chimique**

La corrosion chimique ne fait pas intervenir le passage d'un courant électrique entre le solide et le gaz et/ou liquide. Il s'agit d'une réaction hétérogène entre une phase solide, et une phase gazeuse ou liquide. Dans le cas où le réactif est gazeux (c'est le cas de l'oxygène qui a été le plus étudié), apparaît un phénomène de la corrosion sèche. Si le réactif est un liquide, il se produit une attaque du métal avec formation d'un produit de corrosion à sa surface même (Patel. N. K, J.1997).

➤ **La corrosion électrochimique**

C'est la corrosion où les zones qui constituent les anodes sont attaquées, lorsqu'il existe un courant électrique circule entre anode et cathode. Ce type de corrosion peut être causé par l'hétérogénéité soit dans le métal, soit dans le réactif. L'existence de l'hétérogénéité détermine la formation d'une pile électrique. Les métaux ne sont en générale pas monophasés. Lorsqu'ils sont plongé dans un réactif, il sont donc le plus souvent le siège d'une corrosion électrochimique (Zenasni.C, 2013).

➤ **La corrosion bactérienne**

Elle est due à un métabolisme bactérien dont le mécanisme est analogue à celui de la corrosion électrochimique. Ce type de corrosion est essentiellement rencontré dans les installations d'injection d'eau (Didouche. M et Ouraghi. Z ,2006)

Nous distinguerons en première approximation deux grandes familles de corrosion :

- ❖ Corrosion sèche : corrosion par les gaz à hautes températures représentant 3% du total des cas.
- ❖ Corrosion humide : (en milieu aqueux) à température ambiante représentant 97% des cas.

VI.3. Les formes de corrosion

➤ Corrosion uniforme ou généralisée

Caractérisée par une perte régulière de métal de la surface corrodée (Pierre Roberge ,2008).

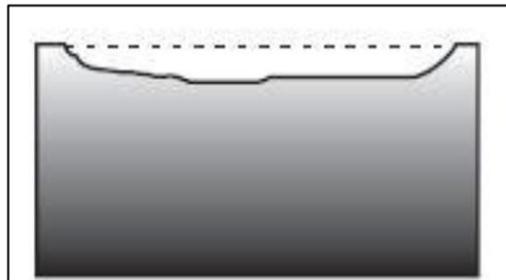


Figure III.1 : Corrosion uniforme (Landolt. D ,1997).

➤ Corrosion localisée

Telles que la corrosion par piqûre ou corrosion crevasse, c'est une corrosion au cours de laquelle une partie ou la totalité du métal sera perdue (Pierre Roberge ,2008)

Cette forme de corrosion s'effectue dans quelques points de la surface d'un matériau :

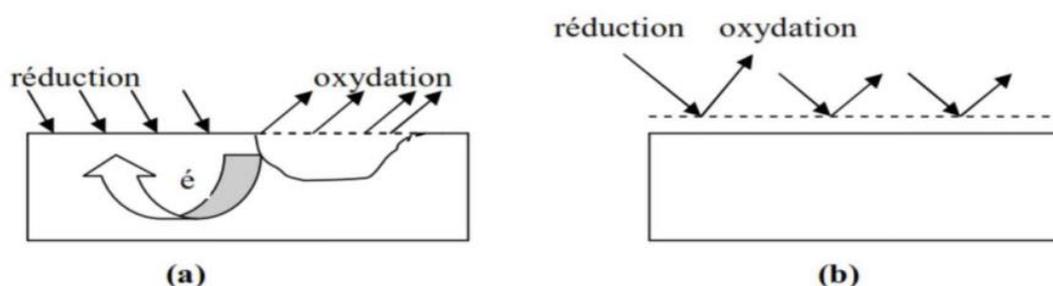


Figure III.2 : Corrosion localisée (a) et Corrosion uniforme (b) d'un métal

(Habchi. A, 2013).

On distingue plusieurs types de corrosion localisée que nous pouvons schématiser comme suit (Figure 10) (Zenasni.C ,2013) :

- Corrosion galvanique ou bimétallique
- Corrosion par piqûres
- Corrosion intergranulaire
- Corrosion sélective
- Corrosion caverneuse
- Corrosion bactérienne
- Corrosion érosion
- Corrosion sous contrainte
- Corrosion fatigue
- **Corrosion engendrée par les chlorures présents dans l'eau**

La présence dans l'eau de sels dissous constitués de chlorures comme NaCl, MgCl, CaCl₂ peut conduire pour les métaux aux phénomènes de corrosion localisée sous forme de piqûres, crevasses, fissuration sous contrainte par attaque de leur film passif. Ce phénomène de corrosion peut également se rencontrer à l'extérieur des équipements et pipelines en aciers inoxydables calorifugés : la pénétration d'eau chargée en chlorure à l'interface acier inoxydable-calorifuge peut conduire à des percements (Yoshida. S, Ishida. H ,1985).

VI.4. Méthodes de prévention contre la corrosion

Pour ralentir la vitesse de dissolution des subjectiles et prolonger la durée de vie, on recourt aux diverses méthodes de protection. Le choix de tel ou tel procédé est dicté par son efficacité dans chaque cas précis ainsi que par les avantages économiques qu'il procède (Habchi ,2013).

En fonction de l'agressivité de l'environnement et des conditions d'utilisation, des mesures doivent néanmoins parfois être prises afin de limiter ou d'empêcher la dégradation.

Les méthodes de protection sont divisées par convention en trois groupes (Rameau. J, 1991) :

- **Méthodes électriques**

Ces méthodes reposent sur la variation des propriétés électrochimiques du métal sous l'effet du courant polarisant, et se résume en la protection cathodique ; cette méthode consiste à abaisser le potentiel électrochimique du métal à une valeur telle qu'aucune réaction d'oxydation ne puisse se développer. Le courant de protection peut être délivré, soit par un générateur de courant continu (courant imposé) ; soit correspondre au courant de dissolution anodique d'un métal plus électronégatif court-circuité avec l'ouvrage métallique à protéger (anodes sacrificielles).

- **Méthodes fondées sur la variation des propriétés du milieu corrosif**

Ces méthodes consistent à isoler le métal du milieu environnant en agissant sur :

- La diminution de la température ;
- La diminution de la vitesse ;
- L'élimination de l'oxygène et des oxydants ;
- La modification de la concentration.

- **Méthodes de protection fondées sur la variation des propriétés du métal corrodant (par revêtement) :** ce sont des méthodes qui ont pour but de modifier la nature ou les caractéristiques physico- chimiques de la surface

VI.5. Moyens de lutte contre la corrosion

La prévention contre la corrosion doit être envisagée dès la phase de conception d'une installation. En effet, des mesures préventives prises au bon moment permettent d'éviter de nombreux problèmes lorsqu'il s'agit de garantir une certaine durée de vie à un objet, où les risques d'accident peuvent avoir des conséquences particulièrement graves pour les personnes et l'environnement (Houda. B, 2014).

En matière de protection contre la corrosion, il est possible d'agir sur le matériau lui-même (choix judicieux, forme adaptées, contrainte en fonction des applications...), sur la surface de matériau (revêtement, peinture, tout type de traitement de surface...) ou sur l'environnement avec lequel le matériau est en contact (inhibition de la corrosion) (Bentiss. F, 2006).

- **Prévention par un choix judicieux des matériaux**

Il sera possible de lutter contre les risques de corrosion en agissant sur le choix judicieux du matériau.

Le choix des matériaux prend en compte les facteurs suivants : (Annou. M, 2013)

- Domaine d'utilisation,
- Nature et niveau des sollicitations mécaniques et thermiques,
- Traitements sélectionnés,
- Prix et disponibilité des matériaux.

- **Protection par la géométrie des pièces**

Il est possible de diminuer les risques de corrosion en donnant aux objets une forme adaptée aux conditions d'utilisation, et ainsi d'influencer notablement leur durée de vie. Nous aborderons ici quelques solutions types couramment employées pour limiter les risques en fonction du type de corrosion à redouter (Khoukhi. F, 2008).

- **Elimination des zones humides**

De façon générale, la corrosion atmosphérique ne se produit qu'en présence d'humidité. En prévoyant un drainage plus ou moins parfait, on évite une accumulation d'humidité d'où le risque de corrosion (Annou. M, 2013).

- **Protection cathodique**

Elle consiste à placer le métal dans son domaine d'immunité. Elle est réalisable soit par anode sacrificielle (réactive) ou bien par courant imposé. La protection par anode sacrificielle consiste à coupler au métal à protéger un métal moins noble qui joue le rôle de l'anode.

Dans la protection par courant imposé, un courant passe entre une cathode constituée du métal à protéger et une anode inerte (graphite, plomb, métal précieux...).

L'intensité du courant doit être suffisante pour porter le métal à un potentiel pour lequel la réaction anodique ne peut pas avoir lieu (Landolt. D, 1993).

La protection cathodique a pour but de protéger la conduite contre la corrosion, si elle n'est pas bien mise en œuvre des zones de corrosions localisées peuvent apparaître et peuvent percer la conduite.

- **Protection anodique**

Elle est réservée aux métaux passivables dont le potentiel de corrosion se situe dans le domaine actif ($E_{corr} < E_p$). Une polarisation anodique permet de déplacer le potentiel dans le domaine passif. La densité du courant nécessaire pour maintenir le métal à l'état passif est très faible (équivalente à i passif). Le maintien d'une protection anodique ne nécessite que peu de courant. Par contre, la densité de courant appliquée est nettement plus élevée car elle doit être supérieure à la densité de courant de passivation (Landolt. D ,1993).

- **Protection par revêtements**

Naturellement un revêtement doit résister à l'attaque du milieu de contact dans lequel il se trouve, ainsi qu'il doit adhérer parfaitement au métal support et doit faire preuve d'une certaine résistance mécanique.

Les revêtements peuvent être organiques, ces derniers forment une barrière plus au moins imperméable entre le substrat métallique et le milieu, ou bien inorganiques qui sont le plus couramment employés pour protéger le métal notamment contre la corrosion atmosphérique, remplissent souvent une fonction décorative. Ils sont utilisés également comme protecteurs contre l'usure (Hannachi. L ,2018).

- **Lutte contre la corrosion par l'utilisation des inhibiteurs**

- **Définition d'un inhibiteur de corrosion**

Inhibiteur est une substance qui diminue la corrosion lorsqu'elle est ajoutée à un environnement en faible concentration (Kane.R.D, Srinivasan. S, 1996). L'inhibition retarde les réactions d'électrodes comme le transfert de charges ou le transport de masse et spécialement le processus de corrosion. Il consiste dans l'utilisation des substances chimiques dite inhibiteurs de corrosion, qui, en les ajoutant en petites quantités à l'environnement corrosif, réduisent la vitesse de corrosion du métal par action sur le milieu ou sur la surface du métal. D'une manière générale, un inhibiteur de corrosion doit être stable aux températures d'utilisation, et être stable en présence des autres constituants du milieu mais également ne pas influencer sur la stabilité des espèces contenues dans Ce milieu, être efficace à faible concentration ; peu onéreux et compatible avec les normes de non-toxicité (Olav Gartland. P,1998).

➤ **Mode d'action des inhibiteurs de corrosion**

L'inhibiteur de corrosion a un mécanisme d'action qui est fonction du système de corrosion (métal+ milieu) en présence duquel il se trouve. Quel que soit le mécanisme exact par lequel chaque inhibiteur agit dans les conditions dans lesquelles il est placé, il existe un certain nombre de considérations de base valables pour tous les inhibiteurs :

- l'interposition d'une barrière entre le métal et le milieu corrosif (peinture).
- le renforcement d'une barrière préexistante (injection de courant).
- la formation d'une barrière par l'interaction entre l'inhibiteur et une ou plusieurs espèces du milieu (Anne ,2005).

VII. Conclusion

Au vue de ce chapitre, Nous pouvons conclure que la corrosion est un sujet très délicat vis-à-vis de la multiplicité de mode d'apparition régis par des différents facteurs liés à la nature du matériau et l'environnement. La corrosion est un impact directe sur les caractéristiques mécaniques des conduites, les derniers sont responsables de la résistance aux diverses sollicitations. La diminution de ces caractéristiques augmentent les risques de rupture sous des sollicitations normalement supportés par la conduite (coup de bélier, les charges du sol), la corrosion augmente aussi considérablement les pertes de charge en augmentant la rugosité et en diminuant le diamètre par la suite des dépôts qui diminuant la capacité de transport de conduite. Donc l'intérêt s'est dirigé vers la recherche des matériaux destinés à être employer dans des milieux corrosifs.

Partie 2 :

Partie expérimentale

Chapitre IV

Présentation de station de traitement des eaux

I. Introduction

L'objectif principal de ce chapitre est de donner une description générale de la station de Mazafran.

La nouvelle station de traitement des eaux potables (SAA Mazafran) est installée suite au programme d'alimentation en eau potable de la région d'Alger qui a une capacité de production ou bien de débit nominal transféré de 150000m³/jour et sa mise en service à partir de mai 2002 (Sécurité AEP Alger ,2003).

II. Description générale de la station de traitement Mazafran

II.1 Situation géographique

La station de traitement des eaux potables est située à environ 32 km à l'est d'Alger entre la localité de TESSALA-MERDJA et la commune de KOLEA et l'alimentation se fait à partir des deux barrages Bouroumi et Douera.

L'origine des eaux brutes est par l'interconnexion des barrages de Douera (Alger), Bouroumi (Ain Defla). L'interconnexion de ces barrages à un point au niveau de HTTATBA où il y a une station de pompage pour l'alimentation de la station en eau brute.

II.2Caractéristiques techniques de la station

La station de traitement possède une capacité de production de 150.000 m³/j basée sur un temps de production de 20 h/j soit 7500 m³/h.

Les principaux ouvrages de la station sont :

- ▶ Une chambre de contrôle de débit (CV2-1) ;
- ▶ Conduite générale ;
- ▶ Chambre des vannes singé (CV2-2) ;
- ▶ Bâtiment des produits chimiques ;
- ▶ Bassin répartiteur ;
- ▶ Les unités de traitement Virgo ;
- ▶ Les unités de traitement Linde ;
- ▶ Poste de chloration ;
- ▶ Réservoir anti bélier ;
- ▶ Réservoir (SP3) .

II.3. Description de fonctionnement des différents ouvrages de la station

L'eau brute des barrages de Douera (Alger), Bouroumi (Ain Defla) est traitée dans la station de traitement de Mazafran passant par une chaîne d'ouvrages différents et successifs, où Chaunu de ces derniers a un rôle spécifique de la pollution de l'eau brute. La figure IV.1 représente les différents ouvrages de la station.

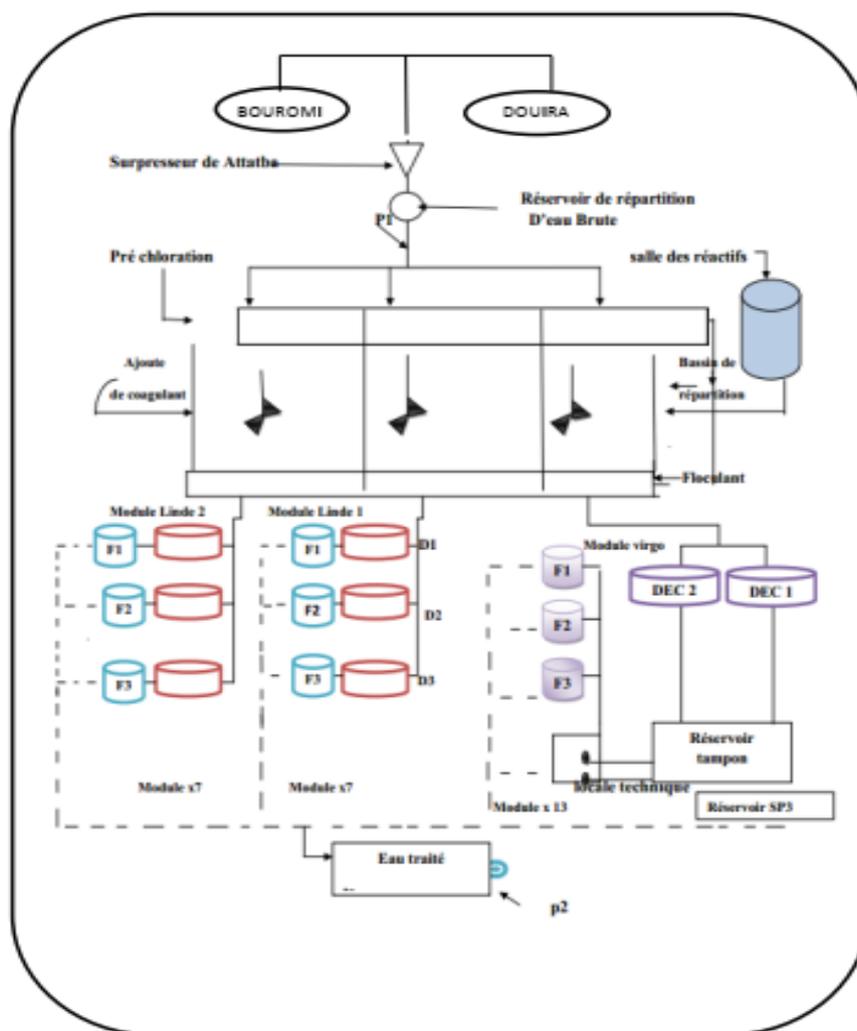


Figure IV.1: Différents ouvrages de la station de traitement de Mazafran (Kolea).

(HASSAM, 2024)

II.4. Chambre de contrôle de débit (CV2-1)

C'est le premier ouvrage à l'entrée de la station de traitement. Elle est équipée d'une vanne de régulation automatique et d'un débitmètre électromagnétique, ce qui assure le passage de débits mesurés selon exigence.

L'eau brute s'écoule gravitairement vers la station de traitement au moyen de deux conduites DN 900 mm lorsque le niveau de barrage est élevé par rapport au niveau de la station.

Les conduites d'entrée d'eau brute pour mesurer les caractéristiques suivantes :

- ✓ Turbidité (néphélogéométrie (NTU)) est mesurée par le turbidimètre.
- ✓ Conductivité est mesurée par le conductimètre.
- ✓ pH est mesuré par le pH-mètre.
- ✓ Température est mesurée à l'aide des sondes.
- ✓ Débit d'entrée est mesurée par un débitmètre électromagnétique.

La figure IV.2 représente les instruments qui sont installés dans la chambre de mesure.

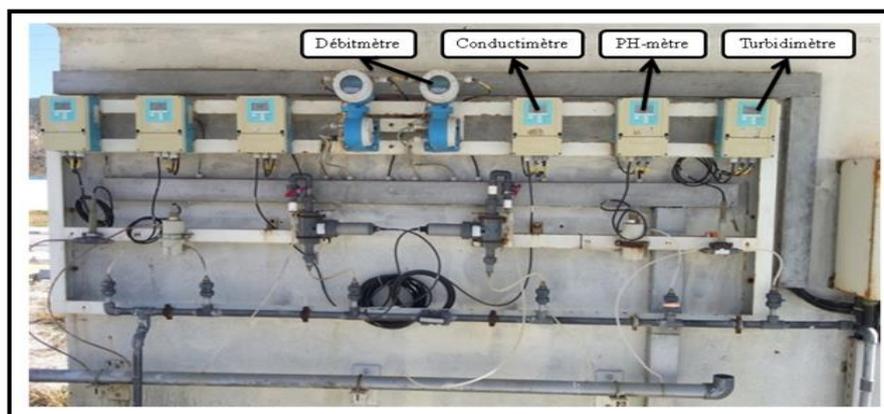


Figure IV.2: Instruments installés dans la chambre de mesure. (HASSAM, 2024)

II.5. Conduite générale

C'est une conduite transporteuse d'eaux brutes qui est contrôlée par A.N.B.T « Agence Nationale des Barrages et Transferts », pour l'ouverture ou la fermeture.



Figure IV.3: conduite générale. (HASSAM, 2024)

II.6 Chambre des vannes singées (CV2-2)

Le rôle des vannes singer c'est la régulation de débit d'eau brute qui entre dans la station pour le traitement et dans lesquels on effectue l'injection de chlore« pré chloration.

II.7 Bâtiment des produits chimiques

Les produits chimiques sont stockés dans le bâtiment des produits chimiques en tête du traitement. La disposition du stockage de produits chimiques prévue inclut de la place pour stockées les quantités de produits chimiques nécessaires pour une période d'un mois.



Figure IV.4: Bâtiment des produits chimique. (HASSAM, 2024)

II.8 Bassin répartiteur

Les eaux qui arrivent à la station à partir de la station de pompage (HTTATBA) sont admises dans un bassin servant de brise charge finale et de répartiteur afin d'alimenter les trois différentes lignes de traitement et ceci d'une manière homogène Le répartiteur règle de débit est cela réalisée à l'aide des vannes déversoirs rectangulaires, ce bassin est également munie de mélangeur rapide pour le mélange des produits chimiques



Figure IV.5: Bassin répartiteur. (HASSAM, 2024)



Figure IV.6: Injection et polymère. (HASSAM, 2024)



Figure IV.7: injection de chlorure ferrique. (HASSAM, 2024)

II.9 Conduite d'amenée d'eau brute

La distribution de l'eau brute se fait graviterement du réservoir de répartition vers les unités de traitement Virgo (filières) et Linde filière 2 et 3 par trois conduites DN1000 /39). Il y'a un débitmètre électromagnétique installé sur chacune de ces lignes pour comptabiliser le débit achemine à chacune des filières.

II.10. La tranche virgo

Est constituée de 13 unités chacune est formé de 02 décanteurs lamellaires A et B incluant chacune :

- ▶ Une chambre de tampon ;
- ▶ Une chambre d'homogénéisation ;
- ▶ Une chambre de transfert ;
- ▶ Un système de soutirage et d'évacuation des boues.

Chaque décanteur est muni de lamelles inclinées à 45° qui forme un nid d'abeille pour augmenter la surface de décantation. Le haut du décanteur est doté de 2 goulottes qui récupère l'eau en surface et déversent dans une bêche tampon qui se situe à la fin du décanteur.



Figure IV.8: Décanteur lamellaire.
(HASSAM, 2024)



Figure IV.9: Décanteur lamellaire (nid d'abeille)

L'eau des deux décanteurs A et B est transférée vers une bêche tampon qui elle aussi est reliée aux filtres à travers une chambre de pompes dont le nombre est de 02 travaillant en alternance.



Figure IV.10: Filtres à sable. (HASSAM, 2024)

Le système d'évacuation de boues des décanteurs est géré par un automate qui contrôle des vannes électropneumatiques.

Le lavage des filtres lui aussi comprend plusieurs séquences contrôlés par l'automate de la station.

La capacité de production de chaque unité est de 200m³/j donc la tranche Virgo et Linde peut produire 50.000m³/jour

II.11. La tranche Linde

Chaque tranche est constituée de 6 unités d'une capacité totale de 50 000 m³/jour chaque unité est constituée de 3 décanteurs et 3 filtres, donc chaque décanteur va desservir un seul filtre d'où la différence de conception avec Virgo. Le système d'évacuation de boue et le lavage des filtres reposent sur le même principe expliqué précédemment dans Virgo.

Chaque tranche de Linde est munie d'un trop-plein qui évacue l'eau en excès aux cours du traitement.

La sortie de Linde est munie d'une vanne motorisée qui elle aussi va s'accumuler à la sortie de la tranche Virgo pour donner naissance à une seule conduite qui va déverser dans le réservoir de la station de pompage SP3.

Cette conduite est munie d'un anti bélier qui régule la pression lors d'arrêt car la conduite est en pente.



Figure IV.11: Tranche Linde. (HASSAM, 2024)

II.12. post de chloration

C'est un espace réalisé pour l'injection de produit chimique «hypochlorite de sodium Na ClO ou hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{OCI})_2$ ».

II.13. Réservoirs anti bélier

L'eau traitée est pompée par des unités de traitement via une conduite DN1200 (TN225, 25m) jusqu'au réservoir SP3 (EL : 65.7m).

Afin de protéger les équipements contre un coup de bélier provoqué par l'arrêt simultané des pompes d'eau traitée.

Un réservoir anti bélier est requis, il contient 1/3 d'air et 3/4 d'eau.

II.14. Réservoirs SP3

C'est une chambre de stockage d'eau produite à la station qui contient quatre réservoirs, un réservoir de capacité 2000m³/h et trois autres de 1000m³/h dans lesquelles s'effectuent un mélange d'eau produite et huit forage pour que ensuite elle sera prête pour la distribution.

III. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit la station de traitement de Mazafran. Nous avons également donné une idée générale sur le mode de fonctionnement de la station en se basant sur la description des ouvrages existants et de leurs photos.

Chapitre V

Matériels et méthode

I. Introduction

Au cours de ce chapitre, nous allons décrire les différents paramètres physico-chimiques des eaux brutes et traitées. Nous décrirons également les analyses qui vont nous permettre de suivre la qualité des eaux de la station, à partir du moment elle est entrée à la station jusqu'à ronflement. Le dosage de tous les paramètres suivis a été effectué au niveau du laboratoire de la station et évalué en fonction des réglementations Algériennes.

II. Echantillonnage

II.1. Prélèvement des échantillons

Pour un suivi périodique de la station les prélèvements journaliers pour le dosage de paramètre physico chimique (T° Cond, turbidité, pH) ont été effectués dans les différents ouvrages de la station. Les prélèvements mensuels pour le dosage des paramètres physico-chimique et bactériologique sont effectués pour les eaux brutes et traitées.

Pour l'étude que j'ai menée dans le cadre de mes recherches, des échantillons ont été prélevés entre 8h00 et 10h00 entre le 3 mars 2024 et le 18 avril 2024. Les paramètres physico-chimiques ont été déterminés le même jour. La détermination de température, le pH, le chlore, sulfate et TH calcique, TAC est effectué immédiatement après les prélèvements.

II.2. Mode de prélèvement

Les échantillons d'eau sont recueillis dans des flacons bien lavés, le transport des échantillons depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire se fait dans une glacière à 4 °C. Lorsque les échantillons sont conservés, ils sont mis au réfrigérateur.

Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que toutes les dispositions soient prises, telles que l'homogénéisation au moment du dosage

II.3. Méthodes d'analyse

Les méthodes de dosage utilisées sont décrites par Rodier (2009), Tardat-Henry et Beaudry (1984), Afin de faciliter les dosages, plusieurs méthodes d'analyse ont été utilisées à savoir :

- La méthode spectrophotométrique,

- La méthode potentiométrique,
- La méthode néphélométrique,
- La méthode titrimétrique,
- La méthode colorimétrique.

III. Corrosivité

III.1. Indice de Larsen (indice de corrosivité)

Cet indice est défini de la façon suivante : (Les concentrations sont exprimées en mol/l).

Cette formule empirique est basée sur de nombreuses expérimentations effectuées par les américains Larsen et Skold, qui ont estimé que cet indice ne devrait pas dépasser 0,2 ou 0,3. D'autres ont estimé que des valeurs allant jusqu'à l'unité étaient acceptables (Memotec n°17, 2006).

$$I_c = ([Cl^-] + 2 \cdot [SO_4^{2-}] / [HCO_3^-])$$

III.1.1. Méthodes de mesuré les paramètres

III.1.1.1. Méthodes de mesuré les paramètres liées au corrosivité

a) Concentration de chlorure [Cl⁻]

Pour détermination des chlorures en utilise la méthode volumétrique (Rodier, 2009). Le dosage des chlorures est réalisé par titrage ou nitrate d'argent (Ag NO₃) en utilisant du dichromate de potassium (K₂Cr₂O₄) comme indicateur.

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent (Ag Cl) insoluble qui précipite.

Ce précipité réagit avec les indicateurs (K₂Cr₂O₄) pour former de chromate d'argent, brun rouge (Ag₂Cr₂O₄).

L'apparition de la chloration brun-rouge (virage) marque la fine de titrage.

➤ Réactifs

- Solution de nitrate d'argent.
- Solution d'acide nitrique à 0.1 mol/l (pour réajuster le pH supérieur à 9.5).
- Solution d'hydroxyde de sodium 0.1 mol/l (pour réajuster le pH inférieur à 5).

- Carbonate de calcium (CaCO_3) ou mono hydrogénocarbonate de sodium (NaHCO_3) en poudre.

➤ **Matériel**

- Burette.
- Solution fille (AgNO_3).
- Pipette de 2 ml et pro pipette.
- Erlenmeyer 25ml.

➤ **Mode opératoire**

- Introduire, au moyen d'une fiole, 100ml de l'échantillon (volume V_a), dans un bécher conique, placé sur un fond blanc.
- Si la teneur en chlorures est élevée (plus de 200 mg/l), l'opérateur réalisera eau préalable une dilution.
- Si le pH de l'échantillon n'est pas compris entre 5 et 9.5, il faut ajuster le pH et noter le volume de réactif requis.

S'il y'a des ions ammonium dans l'échantillon, à des concentrations supérieur à 10 mg/l, il faut ajuster le pH entre 6.5 et 7 et noter le volume de réactif requis.

- Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre. Noter le volume V_s de nitrate d'argent versé.

➤ **Etalonnage**

- 10ml d'une solution étalon de référence de chlorure de sodium (0.02 mol/l).
- Le résultat obtenu sert à établir un coefficient correcteur pour la concentration de la solution de nitrate d'argent.

La concentration en chlorure C_{cl} , exprimée en mg/l, est donnée par la formule suivant :

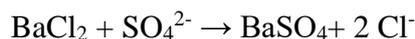
$$C_{cl} = \frac{(V_s - V_b) \times f}{V_a}$$

- V_s : volume de solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon, exprimé en millilitre.
- V_b : volume de solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage du blanc, exprimé en millilitre.
- V_a : volume de l'échantillon pour l'essai.

- C : la concentration réelle de la solution de nitrate d'argent éventuellement corrigée du coefficient correcteur.
- f : la masse molaire de cl $\times 1000$ ($35.453 \times 1000 = 35453$ mg/l).

b) Concentration de sulfate [SO₄²⁻]

L'ion sulfate en présence de Chlorure de Baryum (BaCl₂), précipite à l'état de Sulfate de Baryum.

**➤ Matériel utilisée**

- Becher.
- Pipettes.
- Pissette d'eau distillée.
- Spectrophotomètre HACH DR-600.

➤ Mode opératoire

La détermination de la teneur en SO₄²⁻ se fait de la manière suivante :

- Prendre 20ml d'échantillon et on ajoute 5ml de la solution stabilisante.
- Agiter quelques secondes (agitation mécanique lente).
- Ajouter 2ml de chlorure de baryum.
- Compléter jusqu'à 100ml avec l'eau distillé.
- Préparer de la même façon un témoin avec 20 ml d'eau distillée (le blanc).
- Laisser pendant 1 min sous agitation mécanique rapide.
- Remplir la cuve avec le blanc et l'insérer dans le spectrophotomètre.
- Appuie sur la touche dans l'appareil.
- Remplir rapidement la cuve avec l'échantillon à analyser.
- L'insère sans prendre le temps dans l'appareil et appuis sur Start et lire la concentration de SO₄²⁻ qui affichée sur l'écran en mg/l.



Figure V.1: Matérielles utilisé pour le dosage. (HASSAM, 2024)

c) **Concentration de bicarbonate [HCO_3^-] et TAC**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence bicarbonates, carbonates et hydroxydes.

La détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de $\text{pH} = 8.3$ et 4.3 , le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique simple (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC) (Rejsek, 2002).

➤ **Réactifs**

- Acide chlorhydrique de concentration 1N solution de commerce.
- Acide chlorhydrique de concentration de 0.1N. (Verser 10 ml de l'acide chlorhydrique 1N dans une fiole de 100 ml, compléter avec l'eau distillée).

➤ **Appareillage**

- Dosimat (burette automatique).
- PH mètre.
- Matérielle courant de laboratoire (fioles, béchers, etc.).
- Agitateur magnétique.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 100 ml de l'échantillon à analyser et mesurer le PH.
- Si le PH est supérieur à 8.3 verser lentement l'acide chlorhydrique 0.01 N pour obtenir 8.3. noter le volume V_1 (ml) d'acide lu au dosimat.
- Continuer à verser doucement de l'acide chlorhydrique 0.01N jusqu'à obtenir un PH de 4.5. noter le volume V_2 (ml) d'acide versé pour amener le PH 4.5.
- Si le PH est inférieur à 8.3 verser lentement l'acide de chlorhydrique 0.01N pour obtenir 4.5. noter le volume V_2 (ml) d'acide lu au dosimat.

➤ **Calcule et expression des résultats**

Le titre alcalimétrique TA et titre alcalimétrique complet TAC, exprimés en °F sont donnés respectivement par les expressions :

$$[\text{CO}_3^{-2}] = \frac{(V_1 \times N \times 1000) M_1}{V} \text{ (mg/l)}$$

$$[\text{HCO}_3^{-2}] = \frac{(V_2 \times N \times 1000) M_2}{V} \text{ (mg/l)}$$

- TA = $V_1 \times 10$ (°F)
- TAC = $V_2 \times 5$ (°F)
- Avec : M_1 : est la masse molaire des carbonates = 60g.
- M_2 : est la masse molaire des bicarbonates = 61g.
- V : est le volume en millilitres, de la prose d'essai (100) ml.
- V_1 : est le volume d'acide chlorhydrique versé en millilitres pour amener le pH à 8.3.
- V_2 : est le volume d'acide chlorhydrique versé en millilitres pour amener le pH à 4.5.
- N : est la normalité de la solution acide chlorhydrique 0.1N.

IV. Agressivité

IV.1 Indice de Langelier (indice de saturation)

Cet indice est défini de la façon suivante : $IL = \text{pH} - \text{pH}_s$.

Une eau agressive est caractérisée par un indice de Langelier négatif, ce qui signifie que le pH de l'eau mesuré est inférieur au "pHs de saturation : l'eau, sous saturée en CaCO_3 , dissout le calcaire sous l'action du CO_2 agressif. S'il est positif, il y a formation d'une couche de carbonate de calcium qui protège les tuyauteries.

Avec :

$$\text{pH}_s = 9.3 + (A+B) - (C+D)$$

Avec : pHs = pH de saturation (eau ni agressive, ni entartrant)

- A = Facteur de TDS
- B = Facteur de température
- C = facteur de dureté de calcium exprimé en °F
- D = Facteur de d'alcalinité totale TAC exprimé en °F

IV.1.1. Méthodes de mesuré les paramètres liées au l'agressivité

a) Potentiel hydrogène (PH)

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[H^+]$ présent dans l'eau. Le potentiel de l'électrode de pH est lié à l'activité des ions H^+ .

Cette analyse est pour but de déterminer la nature du milieu (acide, basique, neutre).

➤ Matérielle

• pH mètre

Le PH mètre est un appareille électrique, il mesure une différence potentiel entre une électrode de référence de potentiel fixe à une électrode indicatrice, spécifique que ions H^+ , l'électrode le plus utilisée est l'électrode de verre le ph est par définition, une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau.



Figure V.2: PH mètre. (HASSAM, 2024)

• Principe

Le mesure de PH permet de déterminer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution, souvent qu'il se trouve dans la bande $[0 -7]$ ou $[7-14]$ constitue la neutralité du milieu.

Le pH d'un échantillon dépend également de la température en raison de l'équilibre de dissociation.

• Mode opératoire

- Rincer plusieurs fois à l'eau distillée l'électrode.
- Introduire l'électrode dans l'échantillon à analyser.
- Faire la lecture après stabilisation de la valeur de PH.

b) Méthode de mesure TDS

Le résultat de la salinité est directement lu sur l'appareil, qui a été déterminé en laboratoire à l'aide d'une électrode incorporée ou d'un conductimètre étalonné, exprimée en mg/l.



Figure V.3: Conductimètre. (HASSAM, 2024)

c) Température (T°)

La température est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre et étudiée en thermométrie, exprimé en °C.

➤ Mode opératoire

Pour estimer sa valeur en °C, il faut rincer le thermomètre dans l'échantillon, laisser l'appareil se stabiliser, puis noter la valeur de la température.

d) Concentration de TH calcique [THca²⁺]**➤ Principe**

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique, décrit pour la dureté totale, toutefois, comme le dosage se fait à un ph élevé (PH=12), le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

➤ Réactifs

- Solution titrant d'EDTA-Na₂ à 0.02N.
- Solution d'hydroxyde de sodium.
- Indicateur solide (Murexide 200mg + 100g de NaCl).
- Dissoudre 10g de NaOH (99.9% pur) avec 250 ml d'eau distillée, dans une fiole de 250 ml.
- Indicateur solide (Murexide 200mg + 100g de NaCl).

- Bien mélanger en broyant et malaxant les deux poudres, dans un mortier, puis conserver à l'abri de l'air dans un dessiccateur.



Figure V.4: les produits pour faire le titrage de concentration de TH calcique.
(HASSAM, 2024)

➤ **Mode opératoire**

Dans un erlen de 250 ml, verser 25 ml d'eau à analyser. Ajouter 1 ml de NaOH (1N) et quelque grain d'indicateur murexide, puis amener l'échantillon à 25° - 30°C.

Enfin, titrer avec la solution d'EDTA-Na₂ (0.02N), jusqu'au virage de coloration au rose pourpre. On note le volume V de la chute de la burette. On fait ou moins 3 fois le dosage pour une meilleure précision et déterminer la moyenne.

➤ **Expression des résultats**

$$TH_{ca} = (NV \times 5000) / V_e \quad \text{en mg/l de CaCO}_3. \text{ Avec :}$$

- N : Normalité de l'EDTA-Na₂ (mg/l de CaCO₃).
- V : volume moyen de chute de la burette (ml).
- V_e : volume de l'échantillon d'eau (en ml).



Figure V.5: Purificateur.
(HASSAM, 2024)



Figure V.6: Couleur rose
claire indicateur murexide.
(HASSAM, 2024)



Figure V.7: Solution de
NaOH 2. (HASSAM, 2024)

V. Conclusion

Au vu de ce chapitre nous concluons que les analyses que nous effectuons pour contrôler la corrosivité et l'agressivité de l'eau, sont les mêmes que celles que nous effectuons quotidiennement afin de assurer la qualité de l'eau (savoir si elle respecte les normes ou non).

Chapitre VI

Résultats et discussions

I. Introduction

L'objectif principal de ce chapitre est de discuter les résultats des analyses physico-chimiques des eaux à l'entrée et à la sortie de la station de traitement de Mazafran.

La discussion sera basée sur la comparaison de ces caractéristiques seront comparés aux normes Algériennes ou de l'organisation mondiale de la santé (OMS) et nous étudions l'évolution des paramètres les plus importantes qui causent les problèmes de la corrosivité et l'agressivité de l'eau, ainsi leurs indices, nous pourrions émettre des conjectures concernant l'amélioration de la qualité d'eau finale et suivre l'efficacité des différents ouvrages de la station.

Le travail que nous avons effectué au sein de ladite structure et dans ses laboratoires est le suivant.

II. Détermination de l'indice de corrosivité

II.1. Concentration de chlorure [Cl⁻]

Le inconvénient majeur des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Le seuil de détection gustatif est variable, d'une personne à l'autre et suivant la composition minérale de l'eau, avec une valeur moyenne de sensibilité de 400 mg/l. Les eaux chlorurées alcalines sont préjudiciables aux personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires ou rénales (Rejsek, 2002).

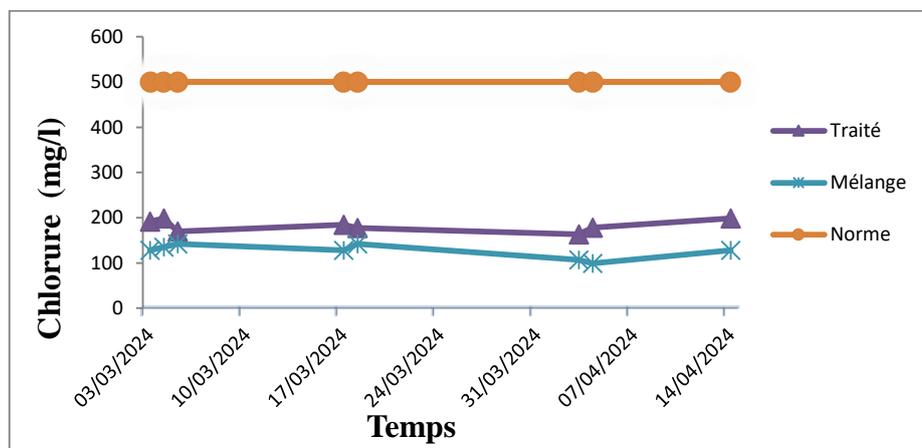


Figure VI.1: Variation des chlorures au cours du temps.

Les résultats obtenus à partir des analyses de Chlorure des eaux de différents points d'échantillonnage sont représentés par la Figure VI.1, nous remarquons que les valeurs de l'eau traitée varient par petites quantités, entre 198.8 mg/l et 163.3 mg/l. L'utilisation dérivée de Chlore augmente légèrement la concentration finale des ions Chlorures (voir annexe N°1), mais les valeurs de chlorure diminuent nettement après mélange (eau traité + mélange), pour atteindre 99.4mg/l. Généralement les concentrations des chlorures des eaux sont largement inférieures à la norme de potabilité.

II.2 Concentration de sulfate [SO_4^{2-}]

De fortes concentrations de sulfates provoquent des troubles gastro-intestinaux, elles peuvent donner un goût désagréable à l'eau, et créer des dépôts tenaces dans les chaudières (Tardat-Henry et Beaudry, 1984).

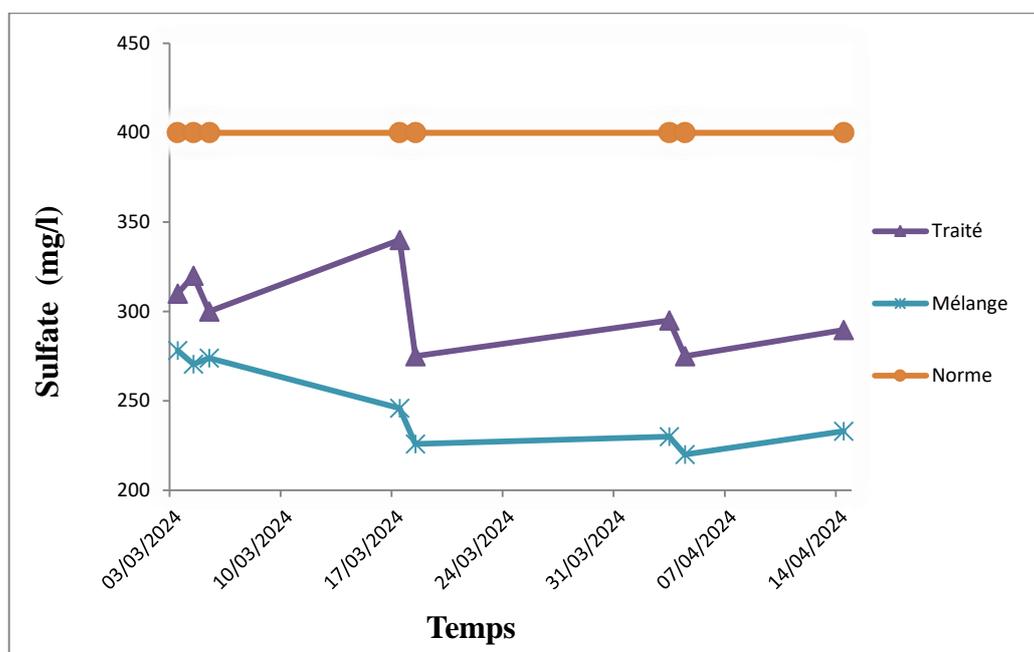


Figure VI.2: Variation des sulfates au cours du temps.

Après analyse des résultats, on constate une homogénéité entre les valeurs de l'eau brute et traitée, et on constate une augmentation de la quantité de sulfate au 17/03/2024, mais les valeurs du mélange sont inférieures par rapport à la d'autres eaux de manière homogène avec elles, mais selon les normes algériennes, les teneurs en sulfates respectent les normes pendant la période d'analyse.

Les ions de sulfate sont importants pour la variation de pH car s'ils baissent considérablement, il aura libération de proton H^+ diminuant ainsi le pH.

II.3. Concentration de Bicarbonate [HCO_3^-]

Les ions de bicarbonates sont définis par les hydrogénocarbonates et caractérisent, La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carboniques essentiellement l'alcalinité des eaux naturelles

La perte d'alcalinité (consommation de HCO_3^-) se traduit par une chute de pH Rodier (2009).

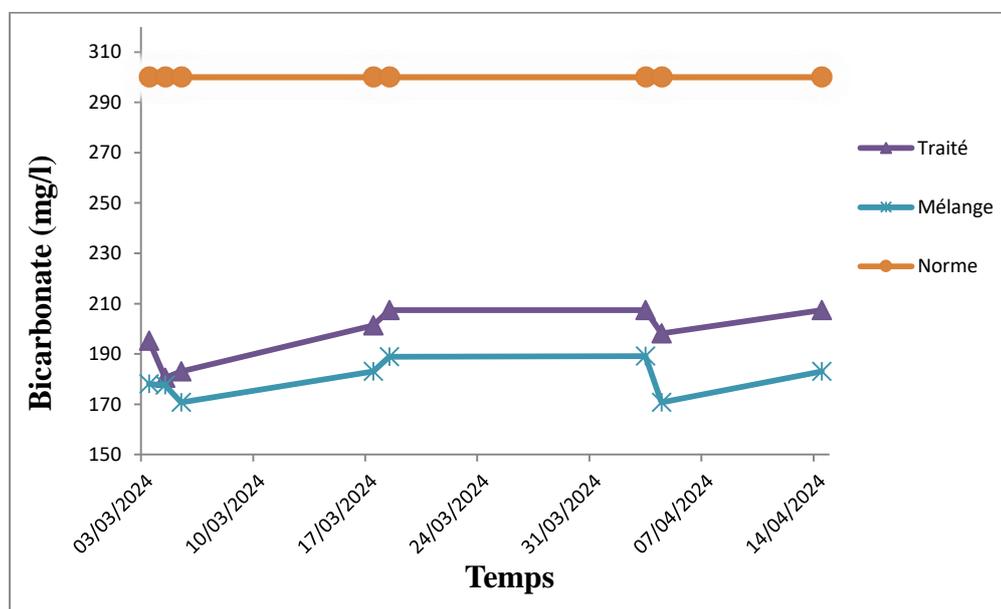


Figure VI.3: Variation des Bicarbonate au cours du temps.

Les résultats et les graphiques dans figure VI.3 suggérant que la concentration en bicarbonate est généralement élevée aussi bien dans l'eau brute que dans l'eau traitée (voir annexe N°3), avec très peu de variation. Nous notons également que l'eau du mélange n'a pas affecté les valeurs de bicarbonate, puisque nous remarquons une légère diminution, mais en général, toutes Les valeurs ne dépassent pas les normes algériennes de l'eau potable.

III. L'indice de Larsen (indice de corrosivité)

Cet indice permet de déterminer la corrosivité d'une eau à partir des concentrations en ions chlorures, sulfates et bicarbonates. Mais il ne tient pas compte des ions calcium et magnésium qui ralentissent le phénomène de corrosion (Debieche T.H. ,2002).

Les concentrations sont exprimées en mol/l, Le tableau 01 ci-contre montre l'interprétation que l'on peut faire des valeurs de l'indice.

Tableau VI.1: interprétation de l'indice de Larsen (Memotec, 2006)

IC	TENDANCE
< 0,2	Pas de tendance à la corrosion
0,2 à 0,4	Faible tendance
0,4 à 0,5	Légère tendance
0,5 à 1	Tendance moyenne
>1	Nette tendance à la corrosion

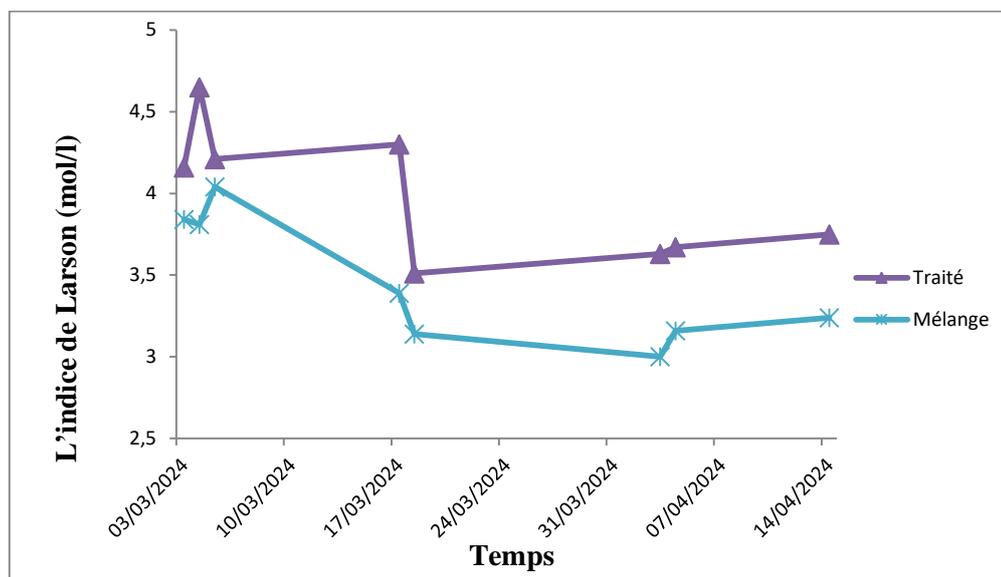


Figure VI.4: Variation de l'indice de Larsen au cours du temps.

Dans l'eau traité Le pic le plus élevé de cet indice (4,65) dans l'eau traitée a été enregistré le 04/03/2024, tandis que la valeur la plus basse (3.51) a été observée le 17/03/2024.

Pour le mélange (traité + Sp3) Le pic le plus élevé de cet indice (4.04) dans l'eau distribué a été enregistré le 05/03/2024, tandis que la valeur la plus basse (3) a été observée le 03/04/2024 (Voir Annexe N°4).

Cet indicateur montre que tous les types d'eau étudiés voir Figure VI.4, manières ont tendance à se corroder car toutes les valeurs calculées étaient dans la plage supérieure à 1, comme le montre le tableau VI.1 et une nette tendance à la corrosion peut apparaître lorsque la concentration de sulfates et de chlorure augmente.

IV. Agressivité

IV.1. Le potentiel hydrique [pH]

Une eau acide peut poser des problèmes de corrosion, peut libérer les métaux constitutifs des canalisations à savoir (Plomb, fer, nickel.....) et peut constituer indirectement une menace à la santé de consommateur. Une eau basique peut entrainer des problèmes de gout et de consommation accrue de savon (Kahoul et Touhami, 2014).

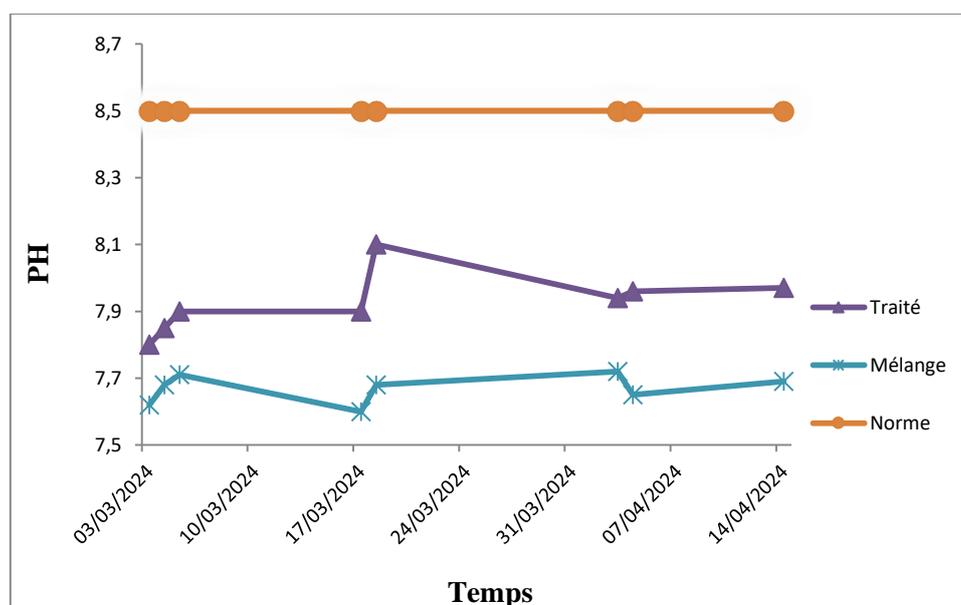


Figure IV.5: Variation de pH au cours du temps.

Selon la Figure 5 bien que le pH d'eau étudiés soit relativement élevé et varie entre 7.62 à 8.1, il respecte les normes (algériennes et de l'OMS). Cette augmentation est délibérée pour équilibrer l'eau distribuée (entre 7.6 à 7.72) et assurer qu'elle parvienne au consommateur avec une bonne qualité.

IV.2. Solides dissous totaux [TDS]

La quantité de sels dissous dans l'eau, peuvent nous renseigner sur la potabilité de l'eau. (Aouissi A, 2010).

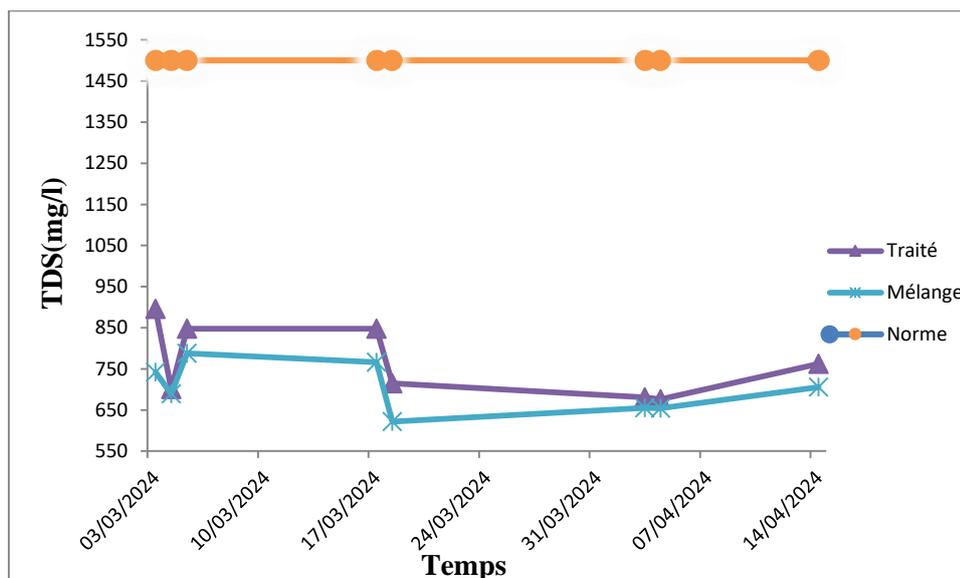


Figure VI.6: Variation de TDS au cours de temps.

L'évolution des graphes représente une variation de l'eau traitée :

- TDS entre 896 et 676 mg/l.
- Conductivité entre 1374 et 1340 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

L'évolution des graphes représente une variation de mélange (eau traité + Sp3) :

- TDS entre 788 et 622 mg/l
- Conductivité entre 1002 et 839 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Cette augmentation relative à l'ajout des réactifs chimique. Malgré cela les valeurs de l'eau traitée sont conformes aux normes. Mais cette eau est classée comme une eau à forte minéralisation.

IV.3. Titre hydrotimétrique [TH]

Une faible dureté ne permet pas l'élaboration de couche carbonatée pouvant participer à une protection des canalisations contre certains risques de corrosion ; par contre, une dureté élevée constitue un risque important d'entartrage des canalisations (Rodier et al, 2009).

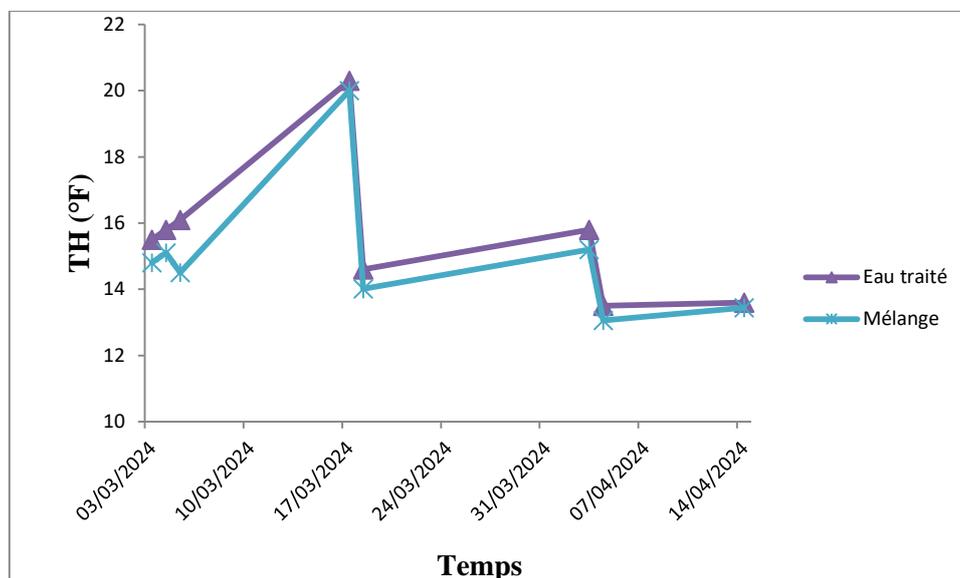


Figure VI.7: Variation de THca^{+2} au cours du temps.

Nous constatons que les normes de qualité de l'eau brute et l'eau traitée sont respectées grâce au mélange d'eau brute provenant de la station (barrage de Douera + barrage de Bouroumi) (voir annexe N°8), ce qui entraîne une diminution du TH suite à ce mélange (eau traitée + forage Sp3), (voir annexe N°8).

Nous concluons que Le barrage de Douera et le forage Sp3 sont caractérisés par une faible teneur en sels dissous tels que le magnésium et le calcium, tandis que le barrage de Bouroumi présente une composition différente.

IV.4. Température [T]

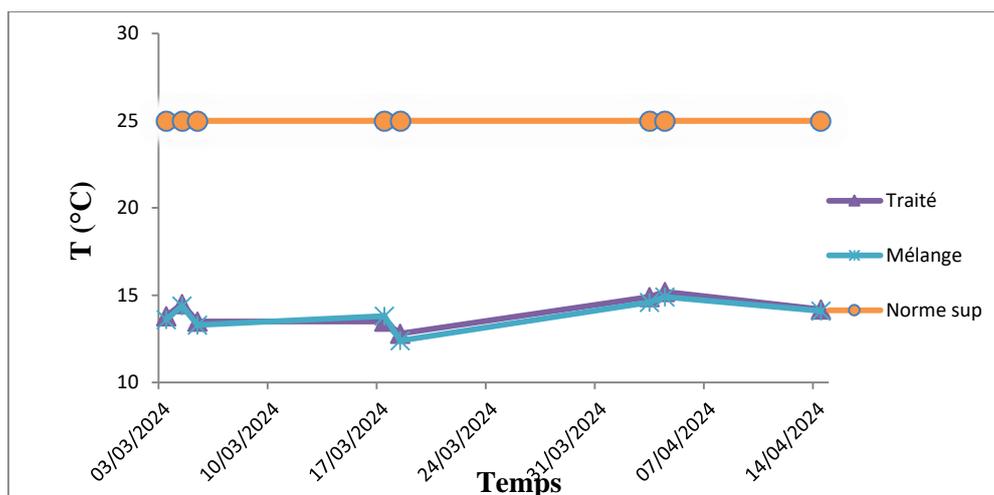


Figure VI.8: Variation de température au cours du temps.

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers, elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment) (Sari H, 2014).

Après avoir analysé les résultats des analyses, nous constatons que la température respecte les normes dans tous les types d'eau étudiés ($12 < T^{\circ} < 25^{\circ}$) pendant toute la période d'analyses, garantissant une bonne qualité pour les consommateurs.

IV.5. Titre alcalimétrique complet [TAC]

Dans les eaux de distribution, la concentration en OH^- est faible, l'alcalinité de l'eau est constituée par des hydrogénocarbonates ou par mélange de carbonates par hydrogénocarbonates (Larpen, 1997).

La Figure VI.9 représente les résultats de la concentration en TAC dans les types d'eaux étudiées

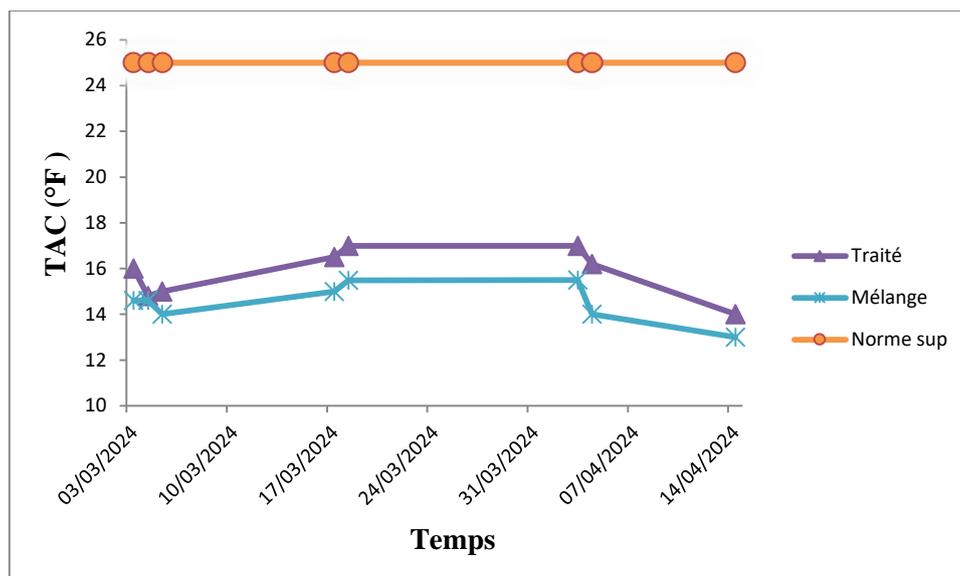


Figure VI.9: Variation de TAC au cours du temps.

La valeur du TAC est importante pour l'étude d'une eau et principalement son agressivité ou sa tendance à l'incrustation car ils dépendent de l'équilibre entre l'acide carbonique et des bicarbonates.

Dans les échantillons retenus pour notre étude, les valeurs de TAC varient entre 13 °F et 17 °F, elles sont de ce fait conformes à la norme de 6 à 25 (pH élevé). On a constaté une diminution du TAC suite à ce mélange (eau traitée + forage Sp3).

Notons cependant que si :

➤ **RQ / TAC entre 14 et 25**

- Entartrage de l'installation
- Dépôt blanchâtre sur la ligne d'eau
- pH élevé
- Difficulté à faire baisser le pH

➤ **TAC entre 8 et 14**

- TAC idéal

➤ **TAC entre 6 et 8**

- gressivité de l'eau.
- Variation du pH.
- PH bas.
- Difficulté à faire remonter le pH durablement.

V. Indice de Langelier (indice de saturation)

La méthode la plus simple pour le calcul de l'agressivité de l'eau est la « méthode de Langelier ». Il a établi un indice, appelé « indice de saturation ou indice de Langelier ». L'eau est agressive si cet indice est négatif, elle est calcifiante si l'indice est positif et elle est à l'équilibre calcocarbonique si l'indice de saturation est nul (Rodier *et al*, 2009).

Tableau VI.2: interprétation de l'indice de Langelier (Memotec, 2006).

IL	TENDANCE
IL<0	Agressive
IL=0	Neutre
IL>0	Entartrant

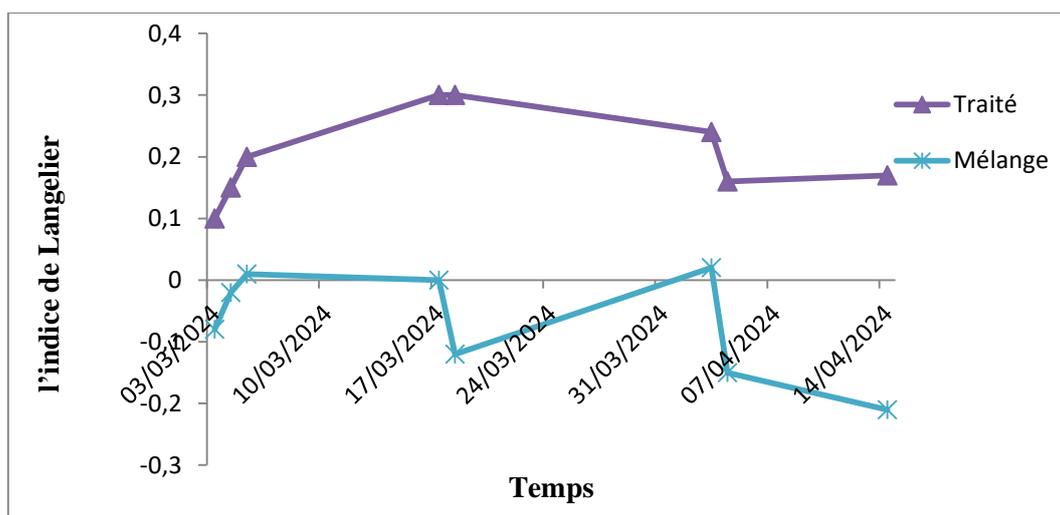


Figure VI.10: Variation de l'indice de Langelier au cours du temps.

Pendant la durée de l'étude du (03/03/2024) jusqu'à (18/04/2024) les résultats relatifs de l'eau traitée et l'eau brute au suivi de ce paramètre nous ont permis de noter qu'il est incrustant.

En ce qui concerne l'eau distribuée, nous observons une alternance entre agressivité et tendance à l'incrustation, attribuable aux forages Sp3 qui ont permis de réduire les concentrations de sels minéraux en raison de leur composante physicochimique.

VI. Conclusion

Après avoir les résultats et l'interprétation des courbes de l'évolution des paramètres de calcul la corrosivité et l'agressivité (indice de Larsen, indice de Langelier) nous concluent que Présence de deux mélanges d'eau brute (Douera + Bouroumi), le mélange (eau traité + forage), permet d'amélioration de la qualité de l'eau avant sa distribution mais avec un très faible teneur et permet de diminué la valeur de l'indice de Langelier ainsi la corrosivité de l'eau.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Après avoir étudié la corrosivité et l'agressivité des eaux traitées par la station de Mazafran (Barrage Bouroumi et Barrage Douera), plusieurs observations ont été faites, que nous résumons ci-dessous.

La station de Mazafran utilise un processus de traitement traditionnel, et les analyses des différents paramètres tels que HCO_3^- , TH calcique, TAC, SO_4^{2-} , Cl^- , ainsi que les indices de corrosivité et d'agressivité (Larsen et Langelier) ont démontré que l'eau traitée par la station SAA Mazafran se distingue par :

- Une bonne qualité physicochimique car tous les paramètres sont conformes à la norme ;
- Les paramètres volumétriques sont conformes à la norme (TH, TAC) ;
- Les chlorures restent bien inférieurs à la norme ;
- La concentration des sulfates était élevée en raison de détérioration de niveau des barrages et les résultats obtenus montrent des valeurs sensiblement conformes à la norme Algérienne;
- L'Indice de Langelier Pendant toute la période d'étude, nous avons remarqué que l'eau traitée était une eau incrustante $I_L > 0$, l'eau distribué est parfois agressive $I_L < 0$, parfois incrustante $I_L > 0$;
- L'Indice de Larsen n'a également pas de norme spécifique mais nous avons remarqué durant toute la période d'étude des valeurs donnant une eau nette avec une tendance à la corrosion car $I_c > 1$, bien qu'il y ait une amélioration résulte par le mélange traité + Sp3, mais à faible teneur et reste toujours corrosive;

La combinaison de tous les résultats obtenus et de toutes les constatations effectuées nous permet alors d'affirmer que la présence de deux mélanges d'eau brute (Douera + Bouroumi), le mélange (eau traité + forage), permet d'amélioration de la qualité de l'eau avant sa distribution mais avec un très faible teneur.

Comme perspectives pour l'amélioration de la qualité de l'eau potable produite, nous recommander:

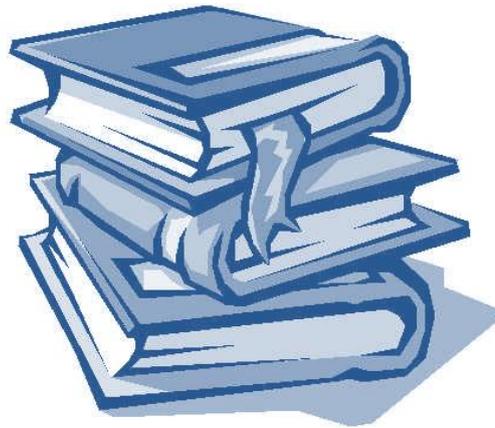
- L'ajout d'un traitement pour diminuer la dureté (par adoucissement ou par échange ionique).
- La diminution de la concentration des sulfates (par osmose inverse ou par échange ionique).

Conclusion Générale

- Plutôt que de mélanger les eaux produites par la station de traitement SAA Mazafran (eau traitée) avec les forages Sp3, le mélange s'effectue avec les eaux dessalées. En effet, dans la station de dessalement, nous avons la capacité de produire des eaux selon nos besoins, c'est-à-dire nous pouvant de produire des eaux à faible teneur en sulfate et chlorure, avec une quantité modéré en bicarbonates.

Références

Bibliographiques



Référence bibliographique

- **Afnor. (2001)** : Qualité de l'eau, analyses organoleptiques- mesures physico-chimiques paramètres globaux-composés organique .6 ème Ed .ISO 7888-1985 (F) ,73P .
- **Andriamiradis, L (2005)** : Mémento technique de l'eau, 2ème édition, Degremont. P : 8.
- **Anne, (2005)** : Laure de Marignan, comment augmenter le taux de récupération de pétrole dans le gisement, Ed IFP,p 2
- **Annou. M, (2013)** : Mémoire magister « Etude de la résistance à la corrosion des dépôts composites (Ni-Al₂O₃) », Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.
- **Aoualmia. A, Gasmallah. Kh, (juin 2015)** : « Modélisation du système de coagulation-floculation : cas de la station de traitement de l'eau potable Ain Dalia-Souk Ahras »
- **Aouissi A. (2010)** : Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-est de l'Algérie). Mémoire de magister en Hydro-écologie. Université 8 Mai 1945 de Guelma, 148p.
- **Ayad. W, (2016,2017)** : « Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de Skikda) », Thèse de Doctorat : Université Badji Mokhtar – Annaba..
- **Belahmadi .M, (2011)** : Étude de la biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le micro biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'ibn Ziad. Mémoire de magister en microbiologies appliquées et biotechnologies microbiennes. Université Mentouri Constantine.
- **Belaididellel et haouiizouina ; (2012)** : mémoire de master (l'état de la qualité des eaux de barrage MEXA : valorisation, gestion qualitative et prespectives de protection).
- **Belghiti, m. L. Chahlaoui, a. Bengoumi, d. El moustaine, r. (2013)** : etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternnaire dans la région de meknes (maroc). Lahryss journal, issn 1112-3680, n° 14, 21-36p.
- **Benamar, n. Mouadih, n. Benamar, a. (2011)** : étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'ouest algérien : le cas de l'oued cheliff, colloque international, usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau

agricole en méditerranée : quels enjeux pour quels services ?, université de provence, marseille, 6 p.

- **Benard. J, michela , j. Philibert, j. Talbot, (1969) :** métallurgie générale, masson, 329,6.
- **Bentiss. F, (2006) :** « hétérocycles penta atomiques : synthèses organiques, études des propriétés inhibitrice de la corrosion et des propriétés complexantes », habilitation à diriger des recherches (hdr), université de lille.
- **Blifert et perraud. (2001) :** « chimie de l'environnement. Air, eau, sols déchets, 1ère édition, paris ».
- **Boeglin, j. C. (2009).** Propriétés des eaux naturelles, technique de l'ingénieur, traité environnement, g1, 110p.
- **Boumegue. F, iabbassen. D, (2017) :** mémoire de fin d'études « etude de l'inhibition de la corrosion de zinc dans l'acide chlorhydrique par l'extrait de la plante d'ortie » université a. Mira – bejaia.
- **Bounab. B, (2016) :** « analyses physico-chimiques de l'eau de la wilaya de Guelma. Mise en évidence du caractère corrosif et entartrant des eaux de robinet », master : université 08 mai 1945 Guelma.
- **Bouziani, m. (2000) :** l'eau de la pénurie aux maladies, edition ibn khaldoun, (oran). P247.
- **C. Djerbi, h.talhi, (2020) :** «suivi et contrôle de la qualité d'eau traitée de la station de traitement ». Mémoire de master. Université de badji mokhter-annaba.
- **Cardot c, (2010).** « les traitements de l'eau pour l'ingénieur génie de l'environnement - procédés physico-chimiques et biologiques - cours et problèmes résolus », 2ème édition, france.
- **Chaden, m.h. (2014) :** evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du litani, liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de lorraine. Pp99.
- **Chaker, h.k. Slimani, a. (2014) :** evaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'abreuvements des ruminants dans la zone semi-aride d'oum el bouaghi : nord-est de l'algerie, institut des sciences agronomiques, université d'el tarf, algérie, 10p.

Référence bibliographique

- **Cheval, a. (1982).** La désinfection des eaux de consommation étude technique de synthèse, technique de documentation. Paris.
- **Claude cardot, (1999)** : les traitements de l'eau, ellipses.
- **Crcwqt, (2006):** cooperative research centre for water quality and treatment, consumer's guide to drinking water. (december 2006).
- **Debieche t.h. (2002)** : evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Thèse de doctorat. Univ. De franc comté.
- **Degrement, s, (2005)** : memento technique de l'eau, deuxième édition, tome 1, 1718 pages.
- **Degrémont, (1989)** : mémento technique de l'eau : vol. 1.9ème édition. Edition technique et documentation lavoisier. France 592p.
- **Degremont, (2005)** : « mémento technique de l'eau », deuxième édition tom2.
- **Degremont. (1989)** : « mémento technique de l'eau », 8 ème edition.
- **Desjardins, r, (1997):** le traitement des eaux, 2ème édition, edition de l'école polytechnique de montréal, 317 page.
- **Desjardins, r. (1997)** : « le traitement des eaux », edition de l'école polytechnique de montréal, 2ème édition, québec, canada, pp : 46-112.
- **Dib, i. (2009)** : l'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de gadaine- ain yaghout (est algérien), mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, université hadj lakhdar, batna, 127 p.
- **Didouche. M et ouraghi. Z, (2006)** : “ etude comparative entre 5 nuances d'acier au carbone en présence d'un inhibiteur de corrosion dans un milieu corrosif par différentes méthodes électrochimiques ”. Mémoire de fin d'études. Université des sciences et de la technologie houari boumediene. Alger.
- **Djerbi. C,talhi. H, (2020)** : «suivi et contrôle de la qualité d'eau traitée de la station de traitement ». Mémoire de master. Université de badji mokhter-annaba.
- **dupeux. M 2004** : “ aide-mémoire science des matériaux ”. (page151). Edition dunod. Paris.

Référence bibliographique

- **Ecole nationale du génie de l'eau et de l'environnement de strasbourg, (2002)** : équilibre calcocarbonique et traitement des eaux souterraines agressives - r.seuxsession de formation continue «traitement des eaux de consommation ».
- **Franck rejsek. (2002)** : analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Service culture édition ressources pour l'éducation nationale.
- **Gaujour, d. (1995)** : la pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. 2ème édition, lavoisier, p49.
- **Goudjil. B, bencheikeh, s. (2011)** : « etude de la pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette de ouargla, sud – est algérien », master: université kasdi marbah, ouargla.
- **Gouget, duga, (1973)** : manuel de traitement des eaux d'injection, ed technip, isbn 2710802228.books.google.com
- **Guilbert, I. (2000)** : chimie dans la buanderie, projets d'intégration des sciences et des technologies en enseignement au secondaire. P 21..
- **Habchi. A, (2013)** : mémoire master académique, « etude de l'effet de la température sur la corrosion de l'acier xc52 en présence du sulfarlem et leur sel correspondent dans un milieu h2 so4 20% », université kasdi merbah ouargla.
- **Hannachi. L, (2018)** : w. Dafri, mémoire de fin d'études « les liquides ioniques inhibiteurs de corrosion efficace sur l'acier a9 dans un milieu acide : une approche ecologique » université 8 mai 1945 guelma.
- **Hawa, s. (2001)** : analyse physico-chimique et bactériologique au l.n.s des eaux de consommation de la ville de bamako. Université de bamako. P21
- **Hodnia kabouya, (1997)** : formation/traitement de l'eau établi par responsable affaires.
- **Houda. B, (2014)** : mémoire magister « modélisation de l'effet de la corrosion sur des tubes inoxydables destines aux appareils à pression »université skikda.
- **Isbn, (1981)** : corrosion et inhibition des puits et collectes, édition technip, paris.
- **Jean juc celleric. (2002)** : la dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, paris.
- **Jean rodier, (1996)** : l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 8 ème édition, edition dunod, paris.1983p.

- **Journal officiel de la république algérienne (jora). (2011)** : décret exécutif n° 11- 125 du 17 rabie ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, imprimerie officielle, les vergers:bir-mourad raïs, Alger, Algérie, pp: 7-25.
- **Kahoul, m et touhami, m. (2014)** : evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'annaba (algérie). Larhyss journal, issn 1112-3680, n°19, pp.129-138.
- **Kane.r.d, srinivasan.s, (1996)** : experience survey on corrosion monitoring and mitigation techniques for sweet well production.cli international, inc, houston, tx, <http://www.corrosionsource.com/intercorr/96>.
- **Kemner .f, mccallien. J, gelosi. G,soulatges. E, vieulle. Ch, (1984)** : « manuel de l'eau ». Technique et documentation-lavoisier, paris.
- **Kettab, a. (1992)** : traitement des eaux, les eaux potables, edition: office des publications universitaires, Alger, pp : 111-123.
- **Khoukhi. F, (2008)** : « etude de l'efficacité de deux inhibiteurs de corrosion dans les milieux multiphasiques (eau, huile et gaz) », mémoire de magister, université m'hamed Bougara de Boumerdes.
- **Landolt. D, (1993)** : « corrosion et chimie de surface des métaux » presse polytechnique et universitaires romandes, lausanne.
- **Landolt. D, (1997)** : “ traité des matériaux vol 12 : corrosion et chimie de surface des métaux ”. (pp. 1-2, 9, 112, 116, 119-122, 132, 500-502). Presses polytechniques et universitaires romandes.
- **Larpent. J.p. (1997)** : microbiologie alimentaire : technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-lavoisier, paris, 1073 p.
- **Lefevre. (1993)** : «les zones humides : espace en voie de disparition. In actes du colloques sur les zones humides du littoral aquitain », le teich, septembre 1985, drae d'aquitaine.
- **Lounnas, a. (2009)** : amélioration des procédés de clarification des eaux de la station hamadi-kroma de skikda, thèse de magister en chimie, université du 20 août 1955 de Skikda.
- **Lyonnaise des eaux. (1989)** : " memento technique de l'eau". Edition lavoisier tec & doc. France.

Référence bibliographique

- **Maraza, z. (2015)** : etude de l'effet de différents coagulants et adsorbants sur la qualité de l'eau potable de la station de skikda : science de la matière .thèse doctorat, université 20 août 1955, Skikda, 181 p.
- **Mehanned, s. Zaid, a. Chahlaoui, a. (2014)** : caractérisation bactériologique du la réservoir du barrage sidi chahed. Larhyss journal.17 :215-225p.
- **Memotec n°17, (2006)** : revision a agrisvité et corrosivité (www.gls.fr).
- **OMS, (2000)**. « directives de qualité pour l'eau de boisson », 2ème édition, organisation mondiale de la santé, genève.
- **OMS. (1994)** : directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 1, recommandations, organisation mondiale de la santé, 2e éd, 202 p.
- **OMS. (2004)** : directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, vol 1. Directives, ed. Organisation mondiale de la sante, genève, 110 p.
- **OMS. (2004)**. Guidelines for drinking-water quality. 2e édition, volume 1, recommandations, organisation mondiale de la santé.
- **OMS. (2006)** : paludisme : lutte antivectorielle et protection individuelle, série de rapports techniques, n°936, 71p.
- **Patel. N. K, j, (1997)** : fronco, s. Patel, j. Indian chem. Soc., 54, 815, (1997).
- **Philippo, p. Pommery, j. Thomas, p. (1981)** : evolution d'une eau de surface au cours des traitements de potabilisation ; comportement des espèces métalliques au contact des matières humiques, j.fr.hydrobiol.
- **Pierre roberge, (2008)** : corrosion engineering principles and practice-mcgraw-hill professional.
- **Pomerol c, renard m, (1997)** : « éléments de géologie », 11ème édition, masson.
- **Popova. A, sokolova. E, raicheva. S, christov. M, (2003)** : « ac and dc study of thetemperature effect on mild steel corrosion in acid media in the presence of benzimidazolederivatives » corros. Sci. 45, 33.
- **Potelon, j. L et zysman, k. (1998)** : le guide des analyses de l'eau potable. Edition : la lettre du cadre territorial s.e.p.t, pp. 89-119.
- **Rameau. J, (1991)** : cours de l'électrochimie 2ème année e.n.s.e.e.e.g.
- **Rasmussen, h. Et rouleau, a. (2003)** : guide de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captages d'eau souterraine : centre d'étude sur les ressources minérales, université de québec à chicoutimi, 182 p.

Référence bibliographique

- **Rejsek, f. (2002).**analyses des eaux, les aspects réglementaires et techniques. Edition scérén crdp aquitaine. Bordeaux. P 109. P360.
- **Rodier, j. (1996) :** l'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7ème édition, dunod, paris, 1434p.
- **Rodier, j. (2005) :** l'analyse de l'eau, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Dunod. Paris, p .1383, 1479.
- **Rodier, j. (2009) :** l'analyse de l'eau, eaux naturel, eau résiduaires, eau de mer, 9ème édition, dunod, paris ,1600p.
- **Rodier, j. Bazin, c. Broutin, j. P. Chambon, p. Champsaur, h. Rodi, l. (2005) :** l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, paris, 1384 p.
- **Rodier, j. Legube, b. Merlet, n. (2009) :** l'analyse de l'eau, 9ème édition, ed. Dunod, 1579 p.
- **Rodier, jean (1996) :** l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 8 ème édition, edition dunod, paris.1983p.
- **Rodier. (1987) :** «l'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux de mer». Dunod.p1365.
- **Sari, h. (2014) :** contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «attar » (tlemcen). Mém. Ing. Sciences des aliments. Univ aboubekr belkaid tlemcen.
- **Sarrazin. P, galerie. A et fouletier. J, (2000) :** “ les mécanismes de la corrosion sèche”. (page x). Edition edp sciences. Les ulis cedex a, france.
- **Schlummerger. (2002) :** « memento de pisciculture d'étang »,4 ème édition cemagref.
- **Sedrati, n. (2011) :** origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de biskra-sud est algérien, thèse de doctorat en géologie, hydrogéologie, faculté des sciences de la terre, département de géologie, université badji mokhtar-annaba, 252p.
- **Service de l'eau (sevesc). (2013) :** qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de versailles et saint cloud, 11p.
- **Squilbin. Met yourassowsky, c. (2005) :** qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface, 16p.

Référence bibliographique

- **Tanini p, (2005)** : les stations de pompage d'eau, 6^{ème} édition. Tecdoc. Paris.
- **Tardat .henry, m. Beaudry, j.p. (1984)** : chimie des eaux, ed, le griffon d'argile inc, Canada, 1984.
- **Tarek ahmed, (1981)**: réservoir engineer handbook,2 ed, chapitre « oil recovery mechanism and the matériel balance equation »,p726.
- **Technip, (1986)** : la protection cathodique ; guide pratique par : commission exploitation, chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel.
- **Valentin, (2000)** : construction d'un capteur logiciel pour le contrôle automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable. Mémoire présentée pour l'obtention du grade de docteur de l'utc.
- **Yoshida. S, ishida. H, (1985)** : appl. Surf. Sci.,20, 497.
- **Hassam, (2024)**: étude de la corrosivité, agressivité et amélioration de la qualité des eaux au niveau de sttation de traitement Mazafran, mémoire de fine d'étude Alger.

Annexes

Référence bibliographique

Annexe N°1 : Variation de Chlorure (Cl⁻) au cours des analyses.

Date	Bouroumi	Douera	Traité	Mélange
03/03/2024	205,9	177,5	191,7	127,8
04/03/2024	191,7	184,6	198,8	134,9
05/03/2024	188	166	170	142
17/03/2024	205,9	191,7	184,6	127,8
18/03/2024	183,3	134,9	177,5	142
03/04/2024	194,1	142	163,3	106,5
04/04/2024	184	163,6	178	99,4
14/04/2024	191,7	170,4	198,8	127,8

Annexe N° 2 : Variation des Sulfates (SO₄⁻²) au cours des analyses.

Date	Bouroumi	Douera	Traité	Mélange
03/03/2024	382	278	310	278,3
04/03/2024	370	291	320	270,6
05/03/2024	356	280	300	274
17/03/2024	385	286	340	246
18/03/2024	323	225	275	226
03/04/2024	344	225	295	230
04/04/2024	339	222	275	220
14/04/2024	347	245	289,7	233

Annexe N°3 : Variation des Bicarbonate (HCO^{-3}) au cours des analyses.

Date	Bouroumi	Douera	Traité	Mélange
03/03/2024	231,8	176,9	195,2	178,1
04/03/2024	195,2	173,24	180,56	177,6
05/03/2024	210	170,8	183	170,8
17/03/2024	219,6	183	201,3	183
18/03/2024	231,8	170,8	207,4	188,9
03/04/2024	225,7	183	207,4	189,1
04/04/2024	222,7	168,8	198,1	170,8
14/04/2024	231,8	189,1	207,4	183

Annexe N°4 : Variation de l'Indice de larsen au cours des analyses.

Date	Bouroumi	Douera	Traité	Mélange
03/03/2024	4,18	4,15	4,16	3,84
04/03/2024	4,77	4,43	4,65	3,81
05/03/2024	4,29	4,25	4,21	4,04
17/03/2024	4,44	4,17	4,3	3,39
18/03/2024	3,58	3,42	3,51	3,14
03/04/2024	3,71	3,23	3,63	3
04/04/2024	3,87	3,6	3,67	3,16
14/04/2024	3,82	3,49	3,75	3,24

Annexe N°5 : Variation de potentielle hydrique (PH) au cours des analyses.

Date	Bouroumi	Douera	Traité	Mélange
03/03/2024	7,75	7,85	7,8	7,62
04/03/2024	7,83	7,9	7,85	7,68
05/03/2024	7,86	7,98	7,9	7,71
17/03/2024	7,86	7,95	7,9	7,6
18/03/2024	7,98	8,22	8,1	7,68
03/04/2024	7,91	8,1	7,94	7,72
04/04/2024	7,85	8,04	7,96	7,65
14/04/2024	7,81	8,01	7,97	7,69

Annexe N°6 : Variation de TDS au cours des analyses.

Date	Bouroumi	Douera	Traité	Mélange
03/03/2024	934	701	896	742
04/03/2024	681	709	701	689
05/03/2024	874	868	848	788
17/03/2024	874	678	848	766
18/03/2024	756	632	715	622
03/04/2024	675	707	681	655
04/04/2024	721	701	676	654
14/04/2024	788	687	762	706

Annexe N°7 : Variation de température (T°) au cours des analyses.

Date	Bouroumi	Douera	Traité	Mélange
03/03/2024	14,8	13,5	13,8	13,6
04/03/2024	14,8	14,4	14,5	14,4
05/03/2024	14,2	13,8	13,5	13,3
17/03/2024	14,05	12,2	13,5	13,8
18/03/2024	12,6	13,8	12,8	12,4
03/04/2024	14,8	15,1	14,9	14,6
04/04/2024	16,2	14,9	15,2	14,9
14/04/2024	13,8	15,3	14,2	14,1

Annexe N°8 : Variation de TH Calcique au cours des analyses.

Paramètres	Bouroumi	Douera	Eau traité	Mélange
03/03/2024	16,6	15,2	15,5	14,8
04/03/2024	15,6	16,01	15,8	15,1
05/03/2024	17,2	14,9	16,1	14,5
17/03/2024	20,6	19,2	20,3	20
18/03/2024	14,2	15,3	14,6	14,01
03/04/2024	16,4	15,62	15,8	15,2
04/04/2024	14,3	12,8	13,5	13,06
14/04/2024	12,8	11,2	13,6	13,44

Annexe N°9 : Variation de TAC au cours des analyses

Date	Bouroumi	Douera	Traité	Mélange
03/03/2024	19	14,5	16	14,6
04/03/2024	16	14,2	14,8	14,6
05/03/2024	17,2	14	15	14
17/03/2024	18	15	16,5	15
18/03/2024	19	14	17	15,48
03/04/2024	18,5	15	17	15,5
04/04/2024	18,3	13,8	16,2	14
14/04/2024	15	12	14	13

Annexe N°10 : Variation de PH de saturation au cours des analyses

Date	Bouroumi	Douera	Traité	Mélange
03/03/2024	7,6	7,7	7,7	7,7
04/03/2024	7,7	7,7	7,7	7,7
05/03/2024	7,7	7,7	7,7	7,7
17/03/2024	7,5	7,7	7,6	7,6
18/03/2024	7,7	7,7	7,8	7,8
03/04/2024	7,6	7,8	7,7	7,7
04/04/2024	7,6	7,9	7,8	7,8
14/04/2024	7,8	7,9	7,8	7,9

**Annexe N°11 : Variation de l'indice de l'agressivité (Langelier)
au cours des analyses.**

Date	Bouroumi	Douera	Traité	Mélange
03/03/2024	0,15	0,15	0,1	-0,08
04/03/2024	0,13	0,2	0,15	-0,02
05/03/2024	0,16	0,28	0,2	0,01
17/03/2024	0,36	0,25	0,3	0
18/03/2024	0,28	0,52	0,3	-0,12
03/04/2024	0,31	0,3	0,24	0,02
04/04/2024	0,25	0,14	0,16	-0,15
14/04/2024	0,01	0,11	0,17	-0,21

Annexe N°12 : Variation de conductivité au cours des analyses.

Date	Bouroumi	Doura	Traité	Mélange
03/03/2024	1532	986	1342	896
04/03/2024	1542	966	1374	977
05/03/2024	1533	975	1355	1002
17/03/2024	1536	986	1357	986
18/03/2024	1540	1012	1340	893
03/04/2024	1526	1032	1361	975
04/04/2024	1530	1008	1348	968
14/04/2024	1527	1015	1352	974

Annexe N°13: Facteur pour calculer le pH de saturation.

Facteur de totalité des sels dissous (TDS) (Ppm (mg/l))	Valeur de A	Facteur de température (to)	Valeur de B	Facteur de dureté totale (of C)	Valeur de C	Facteur de l'alcalinité totale (of)	Valeur de D
85 à 425	0,1	0 à 1	2,6	1 à 1,1	0,6	1 à 1,1	1
425 à 10 000	0,2	2 à 6,5	2,5	1,2 à 1,3	0,7	1,2 à 1,3	1,1
		6,5 à 9	2,4	1,3 à 1,7	0,8	1,4 à 1,7	1,2
		9 à 13,5	2,3	1,7 à 2,2	0,9	1,8 à 2,2	1,3
		13,5 à 16,5	2,2	2,2 à 2,7	1	2,3 à 2,7	1,4
		16,5 à 21	2,1	2,7 à 3,4	1,1	2,8 à 3,5	1,5
		21 à 26,5	2	3,4 à 4,3	1,2	3,5 à 4,4	1,6
		26,5 à 31	1,9	4,3 à 5,5	1,3	4,5 à 5,5	1,7
		31 à 36,5	1,8	5,5 à 6,9	1,4	5,6 à 6,9	1,8
		36,5 à 43,5	1,7	6,9 à 8,7	1,5	7 à 8,8	1,9
		43,5 à 50	1,6	8,7 à 11	1,6	8,9 à 11	2
		50 à 56,5	1,5	11 à 13,8	1,7	11,1 à 13,9	2,1
		56,5 à 63,5	1,4	13,8 à 17,4	1,8	14 à 17,6	2,2
		63,5 à 71	1,3	17,4 à 22	1,9	17,7 à 22,2	2,3
		71 à 81	1,2	22 à 27	2	23 à 27	2,4
		81 à 89	1,1	27 à 34	2,1	28 à 35	2,5
		89 à 96	1	34 à 43	2,2	36 à 44	2,6
		96 à 100	0,9	43 à 55	2,3	45 à 55	2,7
			2,4	55 à 69	2,8	56 à 69	2,8
				69 à 87	2,5	70 à 88	2,9
				87 à 100	2,6	88 à 100	3