

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de 8 Mai 1945 de Guelma

Faculté des mathématiques et de l'informatique et des sciences de la matière

Département des sciences de la matière



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Chimie

Option : MASTER 2 – Chimie Physique

**Suivi cinétique de la décomposition de l'eau de Javel utilisée
comme désinfectant au niveau de la station de Traitement de l'eau
du Barrage Bouhamdene-Guelma**

Présenté par :

ATTAFI Amine M^{ed} Laid

REKIK Mohamed

Sous la Direction de :

Dr. STITI Maàmar

Juin 2024



وجعلنا من الماء كل شيء حي

(قرآن كريم)





Remerciements

Toute notre gratitude et remerciement à “**Allah**” le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

Nous tenons à exprimer notre très sincère reconnaissance à Monsieur le **Dr. STITI Maàmar** qui nous a fait l'honneur de diriger ce travail, aussi pour sa disponibilité, sa patience, ses conseils judicieux et ses orientations précieuses et toute l'attention qu'il nous a accordé le long de la réalisation de ce travail. Qu'il trouve dans l'aboutissement de ce travail le témoignage de notre profonde gratitude et parfaite considération.

Notre grande reconnaissance à Mme **BOUZIT Habiba**, Docteur en Chimie au sein du Laboratoire de Chimie Appliquée (LCA), à l'université 8 Mai 1945 de Guelma, pour l'aide qu'elle nous a apporté au cours de la réalisation de notre travail expérimentale avec la spectrophotométrie.

Nous tenons à remercier toute **l'équipe du laboratoire ADE** (Algérienne des eaux) de Hammam Debagh-Guelma, qu'elle trouve ici l'expression de notre respectueuse considération et de notre sincère gratitude pour l'intérêt qu'elle a accordé à notre travail ainsi que le soutien et l'aide qu'elle nous a apporté durant notre stage.

Nous présentons nos remerciements pour les membres de jury d'avoir accepté de juger ce travail.

A **nos enseignants** qui nous ont beaucoup aidés et encouragés durant notre formation. Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

2024
Class
of



Dédicace

À ma famille bien-aimée, qui est l'essence même de ma vie, je dédie ce travail à mes chers parents, ma mère **Şoulef** et mon père **Şahim**, et à mes frères **Oussama**, **Taki el-din** et **Wassim**, et à ma tante **Hayat**, qui ont été mon pilier et ma source d'inspiration. Les mots ne suffisent pas à exprimer ma profonde gratitude et mon amour pour vous, car vous êtes le fondement solide sur lequel je m'appuie à chaque étape. Je vous remercie pour votre amour sans fin et votre soutien indéfectible, pour chaque leçon précieuse que vous m'avez enseignée, et pour tout ce que vous avez fait pour moi. Je prie Dieu de vous protéger et de remplir vos jours de bonheur et de joie. Je vous aime sans limites, et je chéris votre précieuse présence dans ma vie. J'espère que cette étape sera le point de départ vers un avenir radieux, riche en succès et en bonheur pour nous tous.

À vous également mon ami **Mohamed**. Merci pour la confiance que vous m'avez accordée et pour votre accord de réaliser ce mémoire ensemble.

À mes **fidèles amis**, présents ou lointains, je vous remercie pour votre soutien sans bornes.

Et je ne peux pas ne pas exprimer ma gratitude envers l'étudiante **Chourouk**, ainsi que tous les **enseignants** et **mes camarades** de 2^{ème} année master, qui m'ont donné force et détermination.

Du fond du cœur, merci à vous tous.

AMIR





Dédicace

Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de plusieurs années d'études à mes chers parents :

À ma mère **Radia** qui m'a encouragé durant toutes mes études, et qui sans elle, ma réussite n'aurait pas eu lieu.

À mon père **Abdelhak** qui est toujours disponible pour nous et prêt à nous aider, je lui confirme mon attachement et mon profond respect.

À mes points de force qui m'ont toujours accompagné et encouragé, ma sœur **Ines** est mon frère **abdelnour**.

Et toute ma famille qui m'ont donné beaucoup d'espoir, courage, et qui sont restés toujours serviables surtout aux moments difficiles tout au long de mon cursus universitaire.

À vous également mon ami **Amir**. Merci pour la confiance que vous m'avez accordée et pour votre accord de réaliser ce mémoire ensemble.

Sans oublier tous les enseignants et amis de Master II, sciences de la matière promotion 2024.

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.

MOHAMMED



Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Références.....	3

Première partie : Partie théorique

Chapitre I: Généralités sur l'eau

Introduction	6
I.I.1 Définition de l'eau.....	6
I.I.2 Cycle d'eau	6
I.I.3 Importance de l'eau	7
I.I.4 Composition de l'eau.....	7
I.I.4.1 Les sels minéraux.....	8
I.I.4.2 Autres minéraux et oligo-éléments	8
I.I.4.3 Autres substances naturelles	9
I.I.5 Etats de l'eau.....	9
I.I.5.1 L'état solide	10
I.I.5.2 L'état liquide.....	10
I.I.5.3 L'état gazeux	11
I.I.6 Propriétés de l'eau.....	12
I.I.6.1 Propriétés physiques de l'eau.....	12
I.I.6.2 Propriétés chimiques de l'eau	12
I.I.6.3 Propriétés biologiques de l'eau	13
I.I.7 Classification des eaux	14
I.I.7.1 Eaux naturelles.....	14
I.I.7.1.1 Eaux Souterraine	14
I.I.7.1.2 Eaux de surface	14
I.I.7.1.3 Eaux des mers et des océans.....	16
I.I.7.2 Les eaux usées.....	16
I.I.7.3 Les eaux de consommation.....	16
I.I.8 La pollution de l'eau	17
I.I.8.1 Origine de pollution	17
I.I.8.1.1 L'industrie	17

Sommaire

I.I.8.1.2 L'agriculture	17
I.I.8.1.3 La pollution domestique.....	17
I.I.8.1.4 La pollution par les eaux pluviales.....	18
I.I.8.1.5 La pollution d'origine naturelle.....	18
I.I.8.2 Les principaux polluants	18
I.I.8.2.1 La pollution physique.....	18
I.I.8.2.2 La pollution chimique	18
I.I.8.2.3 La pollution microbiologique.....	19
Conclusion	20
Références.....	21

Chapitre II: Chaîne de traitement de l'eau potable au de niveau de la station

Introduction	23
I.II.1 Les Normes de qualité de l'eau.....	23
I.II.1.1 Les paramètres physico-chimiques.....	23
I.II.1.2 Les paramètres organoleptiques	23
I.II.1.3 Les paramètres microbiologiques.....	23
I.II.1.4 Les paramètres liés aux substances indésirables	23
I.II.1.5 Les paramètres liés aux substances toxiques.....	24
I.II.2 La chaîne de traitement des eaux arrivant du barrage.....	24
I.II.2.1 Captage	24
I.II.2.2 Le prétraitement.....	25
I.II.2.3 Les préoxydation	25
I.II.2.4 La clarification.....	25
I.II.2.4.1 Coagulation	26
I.II.2.4.2 Flocculation	26
I.II.2.5 Filtration	27
I.II.2.5.1 Types de filtration	28
I.II.2.6 La désinfection	28
I.II.2.6.1 Critères permettant de choisir le désinfectant.....	28
I.II.2.6.2 Principes généraux de la désinfection.....	30
I.II.2.6.3 Désinfection au Dioxyde de Chlore.....	30
I.II.2.6.4 Désinfection par L'ozone	31
I.II.2.6.5 Désinfection UV	31

Sommaire

I.II.2.6.6 Désinfection par le chlore	31
Conclusion	31
Références.....	32

Chapitre III: La désinfection par l'eau de Javel

I.III.1 La Désinfection par l'eau de javel, et étude cinétique de sa décomposition	34
I.III.1.1 Historique sur L'eau de javel	34
I.III.1.2 Synthèse de l'eau de Javel.....	34
I.III.1.3 Définition	35
I.III.1.4 Notion de "chlore actif", "chlore actif libre" et "chlore total"	36
I.III.1.5 Propriétés physiques et chimiques de l'eau de Javel (solution d'hypochlorite de sodium)	36
I.III.1.5.1 Propriétés Physiques de l'eau de Javel.....	36
I.III.1.5.2 Propriétés Chimiques de l'eau de Javel.....	37
I.III.1.6 L'efficacité de l'eau de Javel contre les agents pathogènes	39
I.III.1.7 La décomposition de l'eau de Javel	41
I.III.1.8 Mécanisme réactionnel de la réaction de décomposition de l'eau de Javel.....	42
I.III.1.9 Cinétique de la décomposition de l'eau de Javel	43
I.III.1.10 Stockage et Conservation de l'eau de Javel	44
I.III.1.11 Avantages et qualités de l'Eau de Javel	45
Conclusion	46
Références.....	47

Chapitre IV: Analyse Physicochimiques et Bactériologiques de l'eau brute et traitée du Barrage Bouhamdene

I.IV.1 Les paramètres Physico-Chimiques.....	49
I.IV.1.1 Température	49
I.IV.1.2 Conductivité	49
I.IV.1.3 Turbidité.....	49
I.IV.1.4 Dureté.....	50
I.IV.1.5 Le pH.....	50
I.IV.1.6 Sulfate	50
I.IV.1.7 Potassium	51

Sommaire

I.IV.1.8 Chlore.....	51
I.IV.1.9 Sodium	51
I.IV.1.10 Nitrates	51
I.IV.2 Analyse Bactériologiques.....	52
I.IV.2.1 Les Germes Totaux	52
I.IV.2.2 Les Coliformes Totaux.....	53
I.IV.2.3 Les Coliformes Thermo-tolérants (Fécaux)	53
I.IV.2.4 Les Streptocoques Fécaux.....	53
I.IV.2.5 Les Clostridium Sulfite-réducteurs	53
Conclusion	54
Références.....	55

Deuxième partie : Protocoles Expérimentaux & Résultats et discussions

Chapitre I: Présentation de la zone d'étude

Introduction	59
II.I.1 Présentation de la Wilaya de Guelma	59
II.I.2 Description du Barrage Hammam Debagh (Barrage de Bouhamdene).....	60
II.I.3 Le cadre géologique et lithologique du Barrage	60
II.I.4 Les principales caractéristiques du barrage Hammam Debagh	61
II.I.5 Répartition des besoins selon la population	62
II.I.6 Climat	62
II.I.7 La station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh	62
Références.....	64

Chapitre II: Protocoles expérimentaux

II.II.1 Mode de prélèvement.....	66
II.II.2 Enregistrement et étiquetage des échantillons	66
II.II.3 Certaines Analyses Physicochimiques et Chimiques de l'eau brute et traitée réalisées au niveau de la station	67
II.II.3.1 Mesure de la turbidité.....	67
II.II.3.2 Détermination des alcalinités TA et TAC et les bicarbonates	67
A. Titre alcalimétrique simple (TA)	67
B. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	68

Sommaire

C. Détermination de la concentration des (HCO_3^-)	68
II.II.3.3 Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)	68
II.II.3.4 Dosage des chlorures (Cl^-)	69
II.II.4 Protocoles expérimentaux de la demande en chlore	70
II.II.4.1 Echantillonnage	70
II.II.5 Méthodes analytiques.....	70
II.II.5.1 Procédure expérimentale pour la préparation de la solution de l'eau de Javel	70
II.II.5.2 Méthodes de dosage du Chlore	70
II.II.5.2.1 Dosage du chlore résiduel.....	70
II.II.5.3 Détermination de la demande en chlore	71
II.II.5.4 Description des essais de chloration.....	72
II.II.6 (Le quotient CT) : Dose en désinfectant et son temps de contact	72
II.II.7 Analyses Bactériologiques de l'eau brute et traitée	73
II.II.7.1 Recherche des germes totaux à 37°C (GT)	73
II.II.7.2 Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF).....	74
A. Pour les coliformes totaux.....	74
B. Pour les coliformes fécaux	74
II.II.7.3 Recherche des streptocoques fécaux	75
II.II.7.4 Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (ASR).....	75
II.II.8 Analyse de l'eau de Javel utilisée dans la station.....	76
II.II.8.1 Dosage des ions hypochlorite (ClO^-) dans la solution de l'eau de Javel	76
II.II.8.1.1 Dosage iodométrique classique à température ambiante.....	76
II.II.8.1.2 Dosage acide-base (Par pH-métrie)	77
II.II.8.1.3 Dosage spectrophotométrique	77
II.II.8.2 Dosage de certains ions coexistant avec l'ion hypochlorite dans la solution de l'eau de Javel	78
II.II.8.2.1 Dosage des ions chlorates (ClO_3^-)	78
II.II.8.2.2 Dosage des chlorites (ClO_2^-)	79
II.II.8.2.3 Dosage argentimétrique des ions chlorure (Cl^-) dans la solution d'eau de Javel	80
II.II.8.3 Etude par spectrophotométrie de la Cinétique de décomposition des ions hypochlorite dans l'eau de Javel en fonction de la température.....	80
Références.....	81

Chapitre III: Résultats & Discussions

II.III.1 Analyses chimiques et physicochimiques de l'eau au niveau de la station de traitement du barrage de Bouhamdene	83
II.III.1.1 Mesure de de la turbidité.....	83
II.III.1.2 Mesure de TA et TAC et les bicarbonates (HCO_3^-).....	84
A. Détermination du titre alcalimétrique simple (TA).....	84
B. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC).....	85
C. Détermination de la concentration des Bicarbonates (HCO_3^-).....	86
II.III.1.3 Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH).....	88
II.III.1.4 Dosage des chlorures (Cl^-)	89
II.III.2 Détermination de la dose optimale en chlore de l'eau de Javel versée pour la désinfection de l'eau.....	90
II.III.3 Analyses Bactériologiques.....	93
II.III.3.1 Recherche des germes totaux à 37°C (GT).....	94
II.III.3.2 Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)	95
A. Pour les coliformes totaux (CT).....	95
B. Pour les coliformes fécaux (CF).....	96
II.III.3.3 Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (ASR)	97
II.III.3.4 Recherche des streptocoques fécaux.....	98
II.III.4 Analyses de l'eau de javel utilisée dans la station.....	99
II.III.4.1 Dosage des ions hypochlorite (ClO^-) dans la solution de l'eau de Javel.....	99
II.III.4.1.1 Dosage iodométrique classique des ions hypochlorite.....	99
II.III.4.1.2 Dosage acide-base (pH métrique) des ions hypochlorite	100
II.III.4.1.3 Dosage spectrophotométrique direct des ions hypochlorite.....	103
II.III.4.2 Dosage de certains ions coexistant avec l'ion hypochlorite dans la solution de l'eau de Javel	105
II.III.4.2.1 Dosage des ions chlorates (ClO_3^-).....	105
II.III.4.2.2 Dosage des chlorites (ClO_2^-)	106
II.III.4.2.3 Dosage argentimétrique des ions chlorure	106
II.III.4.3 Etude par spectrophotométrie de la Cinétique de décomposition de l'eau de Javel en milieu basique en fonction de la température	108
CONCLUSION GENERALE.....	117

Liste des figures

Première partie : Partie théorique

Chapitre I: Généralités sur l'eau

Figure I.1 Cycle de l'eau dans la nature	7
Figure I.2 Les trois états des eaux	9
Figure I.3 Structure cristalline des molécules d'eau	10
Figure I.4 Désordre des molécules d'eau à l'état liquide	11
Figure I.5 Désordre maximal des molécules d'eau à l'état gazeux.....	11
Figure I.6 Présentation des eaux souterraines	14

Chapitre II: Chaîne de traitement de l'eau potable au de niveau de la station

Figure II.1 Etape de traitement de l'eau par coagulation.....	26
Figure II.2 La floculation	27
Figure II.3 Filtre à sable	28

Chapitre III: La désinfection par l'eau de Javel

Figure III.1 Présence de l'acide hypochloreux HOCl en %.....	38
Figure III.2 Présence du chlore dissous et des Ions hypochlorites Cl_2 et ClO^- en %	38
Figure III.3 Présence de l'acide hypochloreux, chlore dissous et des Ions hypochlorites en %	39

Deuxième partie : Protocoles Expérimentaux & Résultats et discussions

Chapitre I: Présentation de la zone d'étude

Figure I.1 Image satellite du barrage Bouhamdene.....	60
Figure I.2 Photo satellitaire de la station de traitement de Hammam Debagh.....	63
Figure I.3 Entrée de la Station de traitement des eaux Hammam Debagh.....	63

Chapitre II: Protocoles expérimentaux

Figure II.1 photos réelles d'échantillons prélevés	66
Figure II.2 Image du turbidimètre utilisé	67
Figure II.3 Montage représentant l'analyse de TA	68

Liste des figures

Figure II.4 Montage représentant l'analyse de TAC	68
Figure II.5 L'analyse de TH.....	69
Figure II.6 Image représentant l'analyse des Cl^-	69
Figure II.7 Image représentant l'analyse bactériologique de l'eau (Coliformes totaux et fécaux)	74
Figure II.8 Image représentant le dosage iodométrique classique des ions hypochlorite	76
Figure II.9 Matériel représentant le dosage spectrophotométrique direct de l'eau de Javel.....	78
Figure II.10 Image représentant le dosage des chlorates (ClO_3^-).....	79
Figure II.11 Image représentant le dosage des chlorites (ClO_2^-).....	79

Chapitre III: Résultats & Discussions

Figure III.1 Evolution de la turbidité (Turb) dans l'intervalle (Janvier 2024 à Avril 2024)....	83
Figure III.2 Evolution du titre alcalimétrique simple (TA) en fonction du temps (Janvier 2024 à Avril 2024)	85
Figure III.3 Evolution du titre alcalimétrique complet (TAC) au cours des mois (Janvier 2024 à Avril 2024)	86
Figure III.4 Evolution des bicarbonates (HCO_3^-) en fonction des mois (Janvier 2024 à Avril 2024).....	87
Figure III.5 Evolution du titre hydrotimétrique (TH) au cours des mois (Janvier 2024 à Avril 2024).....	88
Figure III.6 Evolution des chlorures (Cl^-) en fonction du temps (Janvier 2024 à Avril 2024)	89
Figure III.7 Evolution du chlore libre + combiné en fonction du chlore injecté à pH=8 et $T=7^\circ\text{C}$ après $T_2=2\text{h}$ de contact (Mois de Février)	91
Figure III.8 Evolution des germes totaux (GT) en fonction des mois (Janvier 2024 à Avril 2024).....	94
Figure III.9 Evolution des coliformes totaux (CT) en fonction des mois (Janvier 2024 à Avril 2024).....	95
Figure III.10 Evolution des coliformes fécaux (CF) en fonction des mois (Janvier 2024 à Avril 2024).....	96
Figure III.11 Evolution des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) en fonction du temps (Janvier 2024 à Avril 2024)	97
Figure III.12 Evolution des streptocoques fécaux en fonction des mois (Janvier 2024 à Avril 2024).....	98
Figure III.13 Courbe de Dosage acido-basique de l'eau de Javel.....	101

Liste des figures

Figure III.14 Dosage spectrophotométrique direct de l'eau de Javel	103
Figure III.15 Spectres d'absorption des solutions de l'eau de Javel en fonction du temps à 75°C enregistrée entre 200 et 400 nm	109
Figure III.16 Spectres d'absorption des solutions de l'eau de Javel à 75°C au début et à la fin de l'étude	110
Figure III.17 Représentation de la concentration A de l'eau de Javel en fonction du temps (t)	111
Figure III.18 Représentation de : $\ln A$ en fonction du temps (t)	112
Figure III.19 Représentation de : $1/A$ en fonction du temps (t)	113

Liste des tableaux

Première partie : Partie théorique

Chapitre I: Généralités sur l'eau

Tableau I.2 Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines. **Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre II: Chaîne de traitement de l'eau potable au de niveau de la station

Tableau II.1 Paramètres avec valeurs limites de la qualité des eaux potables 24

Chapitre III: La désinfection par l'eau de Javel

Tableau III.1 Notion de "chlore actif", "chlore actif libre" et "chlore total" 36

Chapitre IV: Analyse Physicochimiques et Bactériologiques de l'eau brute et traitée du Barrage Bouhamdene

Tableau IV.1 Classification des eaux selon la conductivité..... 49

1Tableau IV.2 Normes algérienne de l'eau potable..... 51

Deuxième partie : Protocoles Expérimentaux & Résultats et discussions

Chapitre I: Présentation de la zone d'étude

Tableau I.1 Les principales caractéristiques du barrage Hammam Debagh 61

Tableau I.2 La répartition des besoins selon la population 62

Chapitre III: Résultats & Discussions

Tableau III.1 Résultats des analyses de la turbidité pour la période (janvier 2024 à avril 2024) 83

Tableau III.2 Résultats des analyses de TA pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024)..... 84

Tableau III.3 Résultats des analyses de TAC pour la période (Janvier 2024 à Avril 2024) 85

Tableau III.4 Résultats des analyses de bicarbonates pour les mois (janvier à Avril 2024) 87

Tableau III.5 Résultats des analyses de TH pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024)..... 88

Tableau III.6 Résultats des analyses des chlorures pour la période (janvier 2024 à Avril 2024) 89

Liste des tableaux

Tableau III.7 L'évolution de la concentration du chlore combiné et chlore résiduel en fonction de la dose de chlore introduite. A pH= 8 et T=7°C, Temps de contact T ₂ =2heures. (Mois de Février)	90
Tableau III.8 Résultats des analyses des germes totaux pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024).....	94
Tableau III.9 Résultats des analyses des coliformes totaux pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024).....	95
Tableau III.10 Résultats des analyses de coliforme fécaux pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024).....	96
Tableau III.11 Résultats des analyses des anaérobies sulfito-réducteurs pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024)	97
Tableau III.12 Résultats des analyses des streptocoques fécaux pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024)	98
Tableau III.13 Résultats des analyses dosage acide-base de l'eau de Javel	100
Tableau III.14 résultats de l'étude cinétique réalisée à 75°C	109
Tableau III.15 Absorbance A de l'eau de Javel en fonction du temps (t)	111
Tableau III.16 Valeurs de ln A de l'eau de Javel en fonction du temps (t)	112
Tableau III.17 Valeurs de 1/A de l'eau de Javel en fonction du temps (t)	112

Liste d'abréviations

Symbole	Signification
AEP	Alimentation en eau potable
ANBT	Agence nationale des barrages et transferts
ASR	Anaérobies sulfito-réducteur
B.H.A.A	Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies
BGN	Bacilles gram négatifs
CF	Coliformes fécaux
CT	Coliformes totaux
DCO	Demande chimique en oxygène
DPD	(N,N-diethyl-p-phenylen-diamine)
EDTA	Acide éthylène diamine tétra acétique
GT	Germes totaux
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
KPA	Kilopascal
MES	Matière en suspension
MO	Matière organique
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PCB	Polychlorobiphényles
PH	Potentiel d'hydrogène
Pt/Co	Platinum-Cobalt
RS	Résidu sec
TA	Titre alcalimétrique
TAC	Titre alcalimétrique complet
TGEA	Gélose tryptone glucose agar
UFC	Unité formant colonie
VHA	Virus de l'hépatite A
VIH	Virus de l'immunodéficience humaine
VLC	Méthode au violet leuco cristal

Résumé

Le traitement de l'eau potable est crucial pour garantir la sécurité sanitaire des populations. L'eau de Javel, ou hypochlorite de sodium, est couramment utilisée comme désinfectant grâce à ses propriétés antimicrobiennes efficaces. Cependant, sa décomposition au fil du temps peut réduire son efficacité.

Dans notre étude, nous avons abordé divers aspects liés à l'eau de Javel, notamment sa composition, sa stabilité, sa qualité et son efficacité en tant que désinfectant.

À travers des méthodes de dosage variées telles que la spectrophotométrie, la pH-métrie et l'iodométrie, nous avons déterminé les concentrations des principaux ions présents dans l'eau de Javel, notamment les ions hypochlorite, les résultats obtenus ont révélé des variations significatives entre les différentes méthodes de dosage utilisées, soulignant l'importance de choisir la méthode appropriée en fonction des besoins spécifiques d'analyse.

De plus, nous avons identifié la présence d'ions coexistant avec l'hypochlorite dans la solution d'eau de Javel, tels que les chlorure, chlorates et les chlorites, ce qui suggère une possible dégradation du produit et souligne l'importance d'une surveillance continue de sa stabilité.

En étudiant la cinétique de décomposition de l'eau de Javel en fonction de la température, nous avons pu déterminer l'ordre et la constante de vitesse de cette réaction, et estimer la demi-vie de l'eau de Javel, ce qui nous a permis d'évaluer l'effet de la température sur sa stabilité.

Enfin, en simulant une période de conservation de trois mois à température ambiante, nous avons observé une chute significative de la concentration d'eau de Javel, mettant en évidence l'importance d'un stockage adéquat pour maintenir son efficacité désinfectante.

Ces résultats fournissent des informations précieuses pour garantir la qualité et la sécurité de l'eau de Javel dans diverses applications, contribuant ainsi à la protection de la santé publique et de l'environnement.

Abstract

The treatment of drinking water is crucial to ensure public health safety.

Bleach, or sodium hypochlorite, is commonly used as a disinfectant due to its effective antimicrobial properties. However, its decomposition over time can reduce its effectiveness.

In our study, we addressed various aspects related to bleach, including its composition, stability, quality, and effectiveness as a disinfectant.

Through various dosage methods such as spectrophotometry, pH-metry, and iodometry, we determined the concentrations of the main ions present in bleach, including hypochlorite ions. The results obtained revealed significant variations between the different dosage methods used, highlighting the importance of choosing the appropriate method based on specific analysis needs.

Additionally, we identified the presence of ions coexisting with hypochlorite in bleach solution, such as chloride, chlorate, and chlorite ions, suggesting possible product degradation and emphasizing the importance of continuous monitoring of its stability

By studying the decomposition kinetics of bleach as a function of temperature, we were able to determine the order and rate constant of this reaction, and estimate the half-life of Bleach, allowing us to evaluate the effect of temperature on its stability.

Finally, by simulating a three-month storage period at room temperature, we observed a significant decrease in bleach concentration, highlighting the importance of proper storage to maintain its disinfectant effectiveness

These results provide valuable information to ensure the quality and safety of bleach in various applications, thereby contributing to the protection of public health and the environment.

ملخص

إن معالجة مياه الشرب ضرورية لضمان السلامة الصحية للسكان.

يستخدم ماء الجافيل، أو هيبوكلوريت الصوديوم، بشكل شائع كمطهر بفضل خصائصه المضادة للميكروبات الفعالة. ومع ذلك، فإن تحلله مع مرور الوقت يمكن أن يقلل من فعاليته.

في دراستنا هذه، تناولنا جوانب مختلفة تتعلق بماء الجافيل، بما في ذلك تركيبته واستقراره وجودته وفعاليته كمطهر.

من خلال طرق تحليل متنوعة مثل طيف الامتصاص، والتحليل الحمضي-القاعدي، والمعايرة اليودومترية، حددنا تراكيز الأيونات الرئيسية الموجودة في ماء الجافيل، بما في ذلك أيونات الهيبوكلورايت. كشفت النتائج المحصل عليها عن تباينات واضحة بين الطرق المختلفة المستخدمة للتحليل، مما يؤكد على أهمية اختيار الطريقة المناسبة وفقاً لاحتياجات التحليل المحددة.

بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد أيونات تتواجد جنباً إلى جنب مع الهيبوكلورايت في محلول ماء الجافيل، مثل الكلورات والكلوريتات والكلوريتيت، مما يشير إلى احتمال تدهور المنتج ويؤكد على أهمية متابعة استقراره بشكل مستمر.

من خلال دراسة حركية تحلل ماء الجافيل بالنسبة لدرجة الحرارة، تمكنا من تحديد رتبة وثابت السرعة لهذا التفاعل، وتقدير نصف عمر ماء الجافيل، مما سمح لنا بتقييم تأثير درجة الحرارة على استقراره.

أخيراً، من خلال محاكاة فترة تخزين لمدة ثلاثة أشهر عند درجة حرارة الغرفة، لاحظنا انخفاضاً كبيراً في تركيز ماء الجافيل، مما يبرز أهمية التخزين السليم للحفاظ على فعاليته كمطهر.

توفر هذه النتائج معلومات قيمة لضمان جودة وسلامة ماء الجافيل في تطبيقات متنوعة، مما يساهم في حماية الصحة العامة والبيئة.

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource précieuse qui recouvre une grande partie de la surface de la terre, mais malgré cela, seulement 2.5% de celle-ci est de l'eau douce, indispensable pour la consommation humaine et l'agriculture. La gestion de cette ressource est complexe, d'autant plus que des défis tels que la mauvaise distribution, l'urbanisation croissante et les changements climatiques viennent compliquer sa gestion. De plus, la pollution résultant des activités humaines menace non seulement les écosystèmes, mais aussi la santé publique. Dans ce contexte, la gestion durable de l'eau devient essentielle pour garantir un avenir viable. [1]

En Algérie, l'approvisionnement en eau potable et industrielle repose en grande partie sur les eaux des barrages, qui sont malheureusement vulnérables à diverses formes de pollution et souvent de qualité médiocre. Ces eaux peuvent contenir un large éventail de substances nocives, allant des sels minéraux aux micropolluants organiques et minéraux, en passant par les contaminants biologiques tels que les bactéries, les virus et les parasites. La présence de composés chimiques émergents, comme les pesticides, les métaux et les produits pharmaceutiques, représente également un risque majeur de contamination.

Afin de garantir un approvisionnement constant en eau potable, il est impératif de surveiller et de préserver la qualité des eaux des barrages, ainsi que l'ensemble du système de distribution. En effet, tout déversement accidentel ou volontaire de produits toxiques peut potentiellement contaminer les réserves d'eau. La principale menace de contamination de l'eau brute est d'origine microbiologique, d'où la nécessité de recourir à des procédés de désinfection tels que les rayons UV, l'ozonation et l'utilisation de l'eau de Javel pour garantir la salubrité de l'eau destinée à la consommation humaine. [2]

L'eau de Javel, utilisée comme désinfectant, a considérablement amélioré la sécurité des réserves d'eau potable, réduisant ainsi les risques de maladies hydriques. Cependant, elle présente également des inconvénients, notamment la formation de sous-produits toxiques pouvant avoir des effets mutagènes ou cancérigènes, ainsi que des altérations du goût et de l'odeur de l'eau traitée. [3]

À la station de traitement de Hammam Debagh, près du barrage Bouhamdene à Guelma, un processus rigoureux de potabilisation de l'eau est mis en œuvre, incluant divers procédés chimiques et physico-chimiques (coagulation, floculation, décantation, filtration, et chloration) Des contrôles de qualité par l'analyse des paramètres organoleptiques, physico-chimiques,

INTRODUCTION GENERALE

chimique et bactériologiques sont régulièrement effectués afin de prévenir toute contamination et de protéger la santé des consommateurs. [4]

Dans ce contexte, notre étude, menée en collaboration avec les laboratoires pédagogiques de notre département SM ainsi qu'au laboratoire de recherche chimie appliquée (LCA), visera à déterminer dans un premier temps les concentrations des principaux ions présents dans l'eau de Javel, notamment les ions hypochlorite, les chlorure, chlorates et les chlorites.

Dans un deuxième temps, nous étudierons la cinétique de décomposition de l'eau de Javel en fonction de la température. Cette analyse permettra de comprendre comment la température influe sur la vitesse de décomposition de l'eau de Javel, et ainsi d'évaluer son efficacité dans différentes conditions environnementales. En examinant les données cinétiques, nous pourrons déterminer les réactions sous-jacentes et prévoir les conditions optimales pour l'utilisation de l'eau de Javel en tant que désinfectant dans la station.

Ce mémoire est divisé en deux parties distinctes. La première partie est une étude bibliographique, composée de quatre chapitres : " Généralités sur l'eau ", " Chaine de traitement de l'eau potable au niveau de la station ", " La désinfection par l'eau de Javel ", et " Analyse Physicochimiques et Bactériologiques de l'eau brute et traitée du Barrage Bouhamdene ".

La deuxième partie comprend les protocoles expérimentaux et les résultats et discussions, est composée de trois chapitres : "Présentation de la zone d'étude", "Protocoles expérimentaux", et "Résultats et discussions".

Le mémoire débute par une introduction générale et se termine par une conclusion générale.

Références

- [1] Degremont, Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, Tome 1, 9e éd. 1989.
- [2] I. Kouadri, « Analyses physico-chimiques des eaux de différentes origines », 2013.
- [3] G. Jean-Marie et O. Anne-Marie, Le préparateur en pharmacie-Guide théorique et pratique (2e ed.). Lavoisier, 2013.
- [4] R. Desjardins, Le traitement des eaux. Presses internationales Polytechnique, 1997.



Première partie

Partie théorique

Chapitre I

Généralités sur l'eau

Introduction

L'eau, symbole universel de vie, est omniprésente sur notre planète bleue. Constituant essentiel des êtres vivants, elle est la force motrice de la biosphère, régulant le climat, modelant les paysages et assurant la survie de toutes les formes de vie. Sa molécule, composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène, est à la fois simple et complexe, offrant une multitude de propriétés uniques. Des vastes océans aux gouttes de pluie qui tombent du ciel, l'eau circule sans relâche à travers le cycle hydrologique, assurant la continuité des écosystèmes terrestres. Pourtant, malgré son abondance, l'eau douce, essentielle à la vie humaine, est une ressource précieuse et vulnérable, menacée par la pollution, la surexploitation et les changements climatiques. Ainsi, comprendre l'eau dans toute sa complexité est essentiel pour préserver notre environnement, notre santé et notre avenir sur cette planète bleue. [1]

I.I.1 Définition de l'eau

L'eau est une substance chimique composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène, représentée par la formule H_2O . C'est un liquide transparent, incolore, inodore et insipide à l'état pur, essentiel à la survie de toutes les formes de vie sur Terre. L'eau existe sous différentes formes, notamment liquide, solide (glace) et gazeuse (vapeur), et joue un rôle crucial dans de nombreux processus biologiques, géologiques et environnementaux. Elle est également utilisée dans de nombreux domaines, tels que l'agriculture, l'industrie, la production d'énergie et la consommation domestique, ce qui en fait une ressource vitale pour l'humanité et la biodiversité. [2]

I.I.2 Cycle d'eau

L'eau se déplace sans relâche sur la planète. Elle se dissipe dans les océans et revient à eux sous la forme de la pluie. L'eau des rivières, des lacs, des mers et des océans est évaporée par le soleil en petites gouttelettes. En se rassemblant, elles se transforment en nuages qui, poussés par le vent, se rencontrent avec des masses d'air froid et engendrent la pluie.

Dans le sol, l'eau de pluie pénètre et se rassemble dans les nappes phréatiques, les sources, les rivières et les fleuves, pour recommencer sans cesse le même parcours.[1]

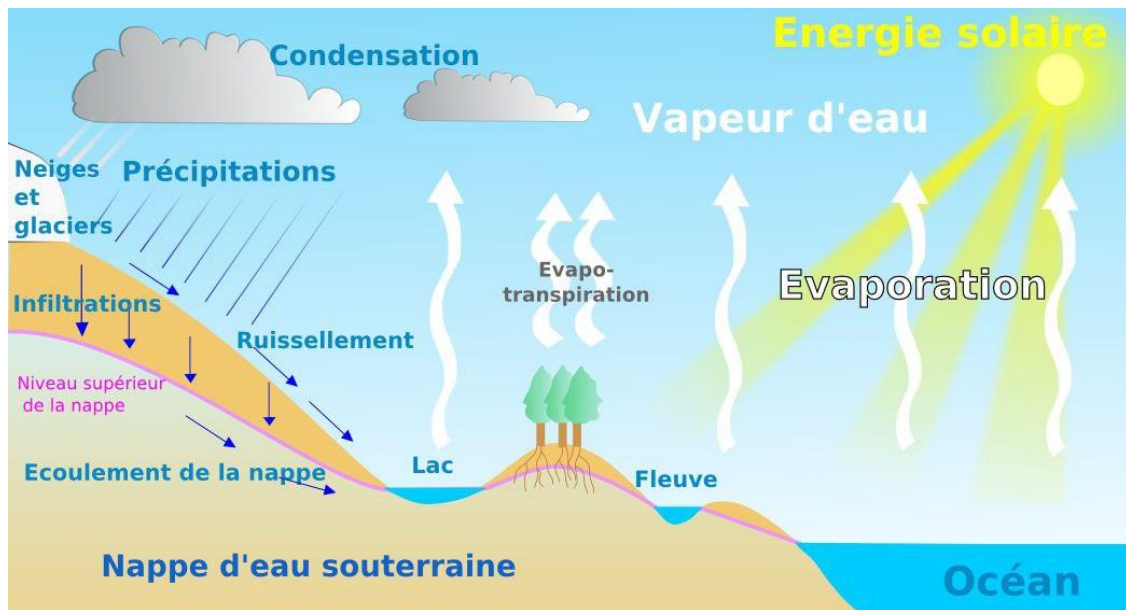


Figure I.1 Cycle de l'eau dans la nature

I.I.3 Importance de l'eau

L'eau joue un rôle crucial dans la survie de l'humanité et de toutes les espèces animales ou végétales sur Terre, ainsi que dans l'environnement en général. Il n'existe aucun liquide qui puisse être substitué à l'eau. Effectivement, elle possède diverses caractéristiques qui la distinguent des autres substances minérales. En tant que liquide, elle présente l'avantage d'être un support pour les formes de vie. Le dissolvant des composants est responsable du transport des molécules essentielles et de l'activation des réactions chimiques. L'eau est également mentionnée comme une molécule polaire avec une terminaison positive (Hydrogène) et une autre négative (Oxygène).

La capacité des atomes d'hydrogène à établir des liaisons avec d'autres molécules est connue. Aucune autre substance liquide ne peut créer un réseau aussi souple et résistant, et être utilisé comme solvant pour autant de substances acides ou basiques.[1]

I.I.4 Composition de l'eau

L'eau absolument pure ne contient que la molécule H_2O . Elle n'existe pas dans la Nature, et l'absence de minéralisation la rend mauvaise pour la santé.

Les eaux naturelles contiennent des substances dissoutes, principalement des sels minéraux provenant des couches géologiques que l'eau a traversées. Pour être propre à la consommation,

l'eau doit contenir un peu de sels minéraux. Le corps humain est arrangeant : il accepte une très grande variation de composition d'eau.

Nos cellules et notre sang contiennent des électrolytes (des sels). Une eau complètement déminéralisée (ou de l'eau distillée) est mauvaise, car un phénomène "osmotique" conduirait les sels de nos cellules ou de notre sang à migrer dans l'eau, réduisant ainsi leur concentration normale dans notre corps.[2]

I.I.4.1 Les sels minéraux

Ils sont constitués de cations (chargés positivement) et d'anions (chargés négativement) dissous dans l'eau, dont les principaux sont :

- Le calcium Ca^{2+}
- Le magnésium Mg^{2+}
- Le sodium Na^+
- Le potassium K^+
- Le bicarbonate HCO_3^- (appelé aussi hydrogénocarbonate)
- Le sulfate SO_4^{2-}
- Le chlorure Cl^-
- Le nitrate NO_3^-
- Le fluorure F^-

Les ions ci-dessus sont bénéfiques ou neutres. Leur concentration varie entre quelques mg/l et quelques centaines de mg/l. Seuls les deux derniers ne devraient pas être présents à forte concentration. C'est surtout le cas du fluorure. Le nitrate est inoffensif pour l'homme adulte, mais peut créer de graves problèmes chez le nourrisson.[2]

I.I.4.2 Autres minéraux et oligo-éléments

Les eaux contiennent de nombreux autres éléments en concentration plus faible, notamment des métaux : fer, zinc, cuivre, etc. Certains sont considérés comme bénéfiques (un peu de fer, de zinc ou de cuivre) d'autres sont toxiques, comme le plomb, le cadmium, l'uranium, qui font partie des "métaux lourds". Le mot "oligo-élément" est utilisé, sans avoir une définition scientifique précise, pour indiquer que certains métaux à très faible concentration sont considérés comme bénéfiques sur le plan médical.

D'autres substances minérales dissoutes qui ne sont pas des métaux sont toxiques à diverses concentrations : c'est le cas de l'arsenic, du sélénium ou du bore.[2]

I.1.4.3 Autres substances naturelles

L'eau contient encore d'autres substances naturelles dissoutes :

- De l'oxygène O_2
- Du gaz carbonique CO_2 (les bulles de l'eau Perrier)
- De la silice SiO_2
- Des matières organiques provenant de la décomposition de végétaux (feuilles, herbe etc.) dans les eaux de surface (rivières, lacs, étangs)
- Des bactéries, dans les eaux de surface également.[2]

I.1.5 Etats de l'eau

L'eau est la seule substance naturelle présente sous différentes formes : solide, liquide et gazeuse (Figure I.2). Lorsque la chaleur (par exemple : solaire) et la pression (atmosphérique) sont combinées, elle évolue en phase. Les modifications d'état se produisent lorsque les liaisons hydrogène qui relient les molécules d'eau entre elles se rompent.

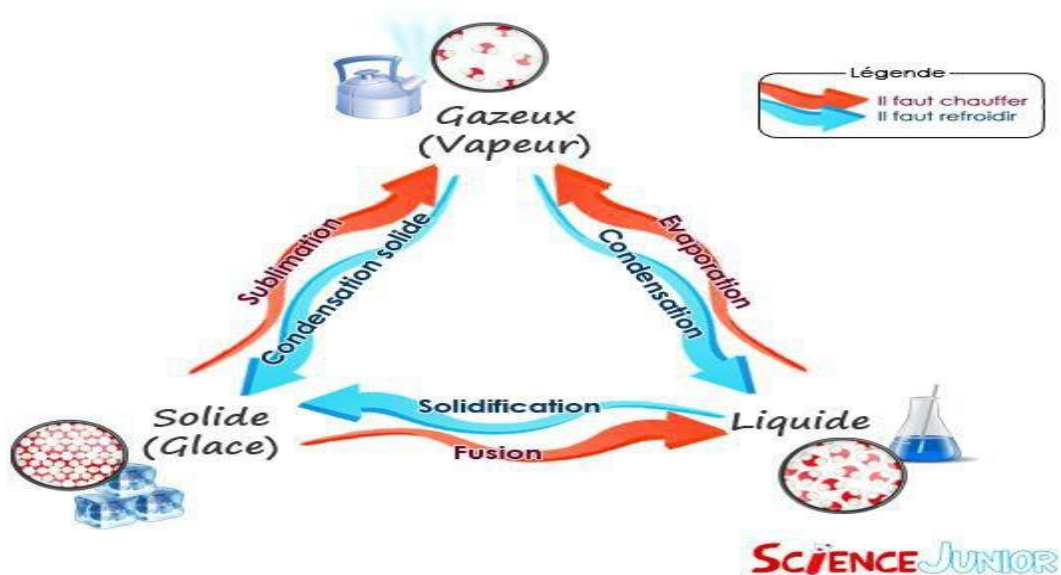


Figure I.2 Les trois états de l'eau

I.I.5.1 L'état solide

Si la température est inférieure ou égale à 0°C , l'eau pure est solide. Dans cette situation, la structure la plus fréquente des molécules est une structure cristalline (figure I.3) :

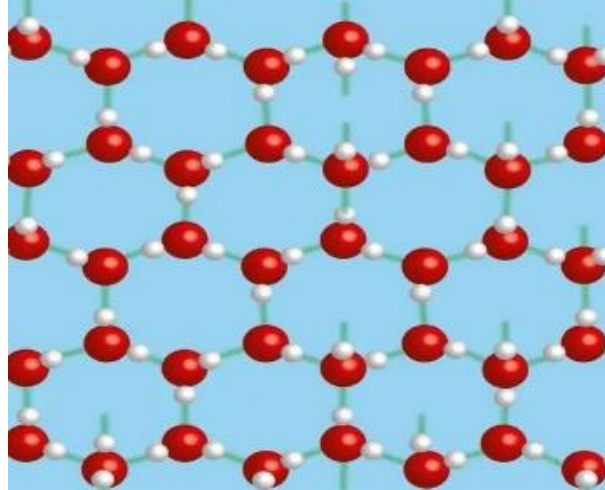


Figure I.3 Structure cristalline des molécules d'eau

Voici quelques illustrations de l'eau sous forme solide :

- **La glace** : est produite par le gel de l'eau et se forme à une température de 0°C .
- **La neige** : est un petit cristal de glace en forme d'étoiles.
- **Les flocons** : se forment par l'agglomération de ces cristaux.
- **Le givre** : est le gel du brouillard.
- **Le glacier** : est le résultat du tassement de la neige accumulée.[3]

I.I.5.2 L'état liquide

Le liquide de l'eau est présent à des températures variant de 0° à 100°C à une pression normale (1 bar). Lorsqu'elles sont en désordre dans cet état, les molécules sont moins serrées qu'à l'état solide, ce qui explique pourquoi un litre d'eau occupe plus d'un litre lorsqu'elle se gèle.

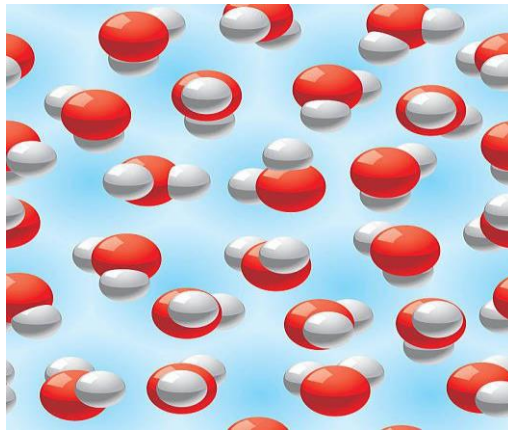


Figure I.4 Désordre des molécules d'eau à l'état liquide

Voici quelques exemples de présentation de l'eau à l'état liquide :

- **Les nuages** : ils sont formés par l'accumulation de gouttelettes d'eau.
- **La pluie** : elle est constituée des gouttelettes d'eau libérées par les nuages.
- **Le brouillard** : il est constitué de gouttelettes d'eau en suspension dans l'air.[3]

I.1.5.3 L'état gazeux

L'eau se présente sous forme de gaz ou de vapeur dès 100°C à une pression normale. Cependant, elle peut également être présente à des températures plus basses : c'est ce qui se produit au-dessus des océans pendant l'évaporation. Le gaz est le stade où les molécules sont le plus désorganisées.

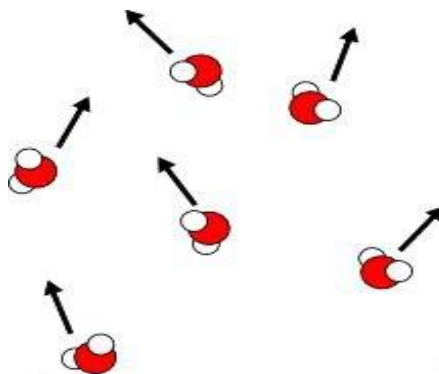


Figure I.5 Désordre maximal des molécules d'eau à l'état gazeux

Il convient de souligner que la vapeur d'eau n'apparaît pas. On peut observer sa transformation. Par exemple, lorsque la vapeur se heurte à une paroi froide, elle se condense et se transforme en eau, ce qui entraîne un changement d'état.[3]

I.I.6 Propriétés de l'eau

I.I.6.1 Propriétés physiques de l'eau

Le fait que la molécule d'eau soit polaire peut entraîner des associations possibles entre les molécules d'eau ; cela entraînera diverses anomalies physiques que nous mentionnons brièvement, les critères de pureté suivants :[4]

- **Température d'ébullition :**

En comparaison avec celle de composés de masse moléculaire similaire, avec plusieurs atomes d'hydrogène, elle est anormalement élevée.

En règle générale, sa température d'ébullition est de 100°C.[4]

- **Masse volumique :**

Elle fluctue en fonction de la température et de la pression, ainsi que de la quantité de sels dissouts. La masse volumique de l'eau est de 1g/cm³. [4]

- **Viscosité :**

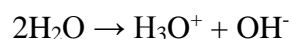
Elle diminue lorsque la température croît ; par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissouts. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures.[4]

- **Tension superficielle :**

Elle désigne une caractéristique des interfaces (surfaces qui restreignent deux phases). On la définit comme une force de traction qui exerce une force à la surface du liquide en cherchant constamment à réduire l'étendue de cette surface au maximum. A 20°C la tension superficielle de l'eau vaut 0,07275 N/m

- **La conductivité électrique :**

L'eau est légèrement conductrice. Cette conductivité très faible, mais jamais nulle est expliquée par une très faible dissociation de la molécule d'eau selon l'équation chimique :[4]



I.I.6.2 Propriétés chimiques de l'eau

L'eau est particulièrement adaptée à la dissolution de divers corps gazeux, liquides polaires et surtout solides en raison de ses propriétés électriques et de sa composition moléculaire.

La solvataion (ou action hydratante de l'eau) se produit lorsque les atomes et les molécules du corps à dissoudre subissent une destruction totale ou partielle des liens électrostatiques, afin de les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, créant ainsi de nouvelles structures. Cela entraîne une réaction chimique réelle.

La solvataion totale correspond à la dissolution. Lorsque la solvataion se produit sans que la matière ne se disperse naturellement dans l'eau, on a tendance à observer une peptisation, qui correspond à la solution colloïdale. En cas de solvataion superficielle, on peut obtenir une suspension colloïdale ou une gelée, en fonction de la capacité du corps à être mouillé ou gonflé (hydrophilie). La dissolution, la peptisation ou l'hydrophilie sont favorisées par certains corps. Les agents de mouillage sont également appelés solubilisant, peptisants, émulsionnants, stabilisants. Une ionisation se produit lorsque les corps minéraux se dissocient, ce qui entraîne la dissociation des molécules qui constituent le cristal minéral, ce qui entraîne l'émergence d'ions chargés électriquement et possédant une certaine mobilité en solution.

Effectivement, lorsque nous créons un champ électrique continu, les ions se déplacent (vers la cathode pour les cations (+) et vers l'anode pour les anions (-) afin de générer un courant.[6]

I.I.6.3 Propriétés biologiques de l'eau

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants.

Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges. L'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants. Pour l'homme, on cite les pourcentages suivants :[6]

- ❖ Nouveau-né 66 à 74 %
- ❖ Adulte 58 à 67 %

L'eau compose la plus grande partie de nos aliments :

- ❖ Laitue..... 92 %
- ❖ Pomme de terre..... 78%
- ❖ Poulet..... 72 %

I.I.7 Classification des eaux

I.I.7.1 Eaux naturelles

I.I.7.1.1 Eaux Souterraine

L'eau souterraine désigne l'eau située sous le sol et qui remplit soit les fissures du sol, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels que les sables et les graviers. Au lieu de se regrouper comme un ruisseau ou une rivière, l'eau souterraine se déplace en profondeur dans les formations géologiques qui forment l'espace souterrain.

La nappe phréatique désigne le niveau d'eau souterraine au-dessous duquel les roches ou les sédiments sont saturés. Au-dessus de la nappe phréatique, dans la zone non saturée, on peut également trouver de l'eau, par exemple sous forme d'eau du sol. Cependant, cette eau n'est généralement pas utilisée par l'homme et elle n'est pas considérée comme une eau souterraine (Figure I.6) :[7]

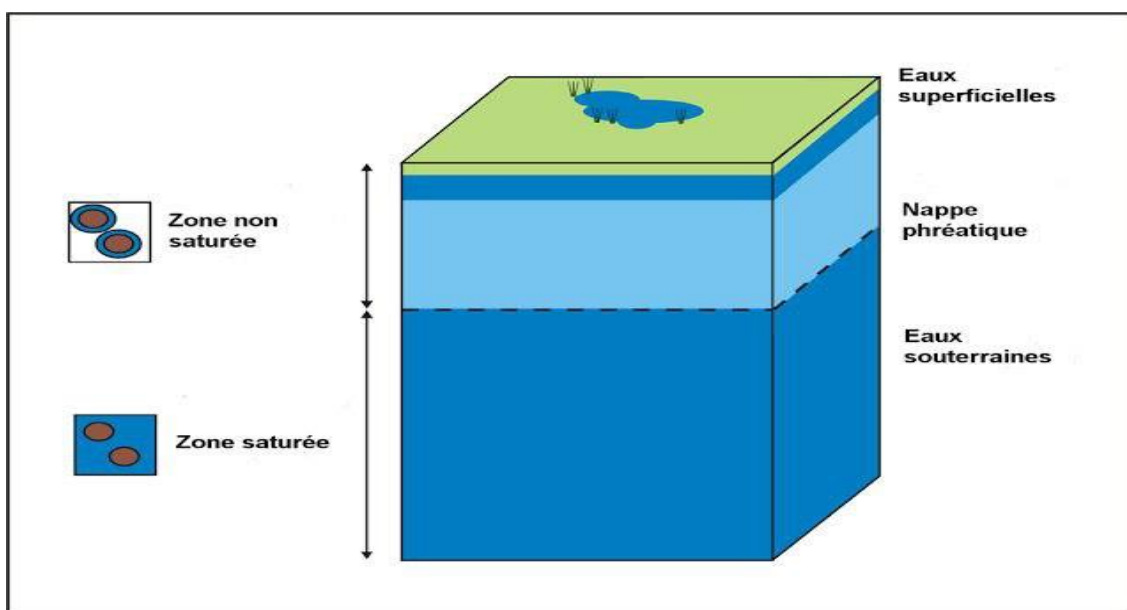


Figure I.6 Présentation des eaux souterraines

I.I.7.1.2 Eaux de surface

Elles proviennent soit de nappes profondes qui se forment en ruisseaux, rivières, soit des eaux de ruissellement. Les cours d'eau regroupent ces eaux, se distinguant par une surface de contact entre l'eau et l'atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation remarquable. Il est possible qu'elles soient conservées dans des réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrages) qui se distinguent par une surface d'échange d'eau quasiment

immobile, une profondeur pouvant atteindre une grande profondeur et un temps de séjour agréable.[5]

Tableau I.1 Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines[5]

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité, MES (Vraies ou colloïdales)	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques par exemple)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
O ₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
H ₂ S	Généralement absent	Souvent présent
NH ₄ ⁺	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur en général modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps

	rapidement après suppression de la source	
Éléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal)	Ferro bactéries fréquentes
Solvants chlorés	Rarement présents	Souvent présents
Caractère eutrophe	Fréquent Accentué par les températures élevées	Non

I.I.7.1.3 Eaux des mers et des océans

Les océans et les mers sont de vastes réservoirs d'eau. Environ 97,4 % du volume d'eau actuel sur notre planète est composé d'elles, tandis que le reste est constitué des eaux continentales (sous-sol et surface). Les eaux de mer se distinguent par leur forte salinité, également appelées « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation compliquée, en particulier en raison de leur coût élevé pour leur traitement.[8]

I.I.7.2 Les eaux usées

Les eaux usées désignent les déchets provenant d'une industrie ou d'une communauté, qui sont destinés à être éliminés après utilisation. Ces eaux ont perdu leur pureté initiale en raison de leur utilisation industrielle ou domestique, ce qui les rend inaptés à d'autres utilisations de qualité. Il est important de ne pas rejeter les eaux usées en masse dans l'environnement avant d'avoir été traitées pour éliminer les polluants indésirables en passant par une station d'épuration.[1]

I.I.7.3 Les eaux de consommation

Une eau potable est une eau douce qui présente des propriétés chimiques et biologiques saines, qui est conforme à l'usage humain afin d'éviter toute maladie. Il est recommandé que les normes mises en place pour une telle eau ne soient pas moins strictes que celles énoncées dans la dernière édition des "Normes internationales pour l'eau potable" publiée par l'OMS. Les ménages utilisent fréquemment l'eau du robinet en raison de son niveau de potabilité élevé.

L'eau potable est une eau non salée, une eau douce qui est suffisamment sûre et saine pour être consommée par les êtres humains ou utilisée avec un faible risque de dommages immédiats ou à long terme.[1]

I.I.8 La pollution de l'eau

Actuellement, la pollution de l'eau occupe une place prépondérante dans les enjeux environnementaux, car elle constitue une interface entre l'air et le sol, ce qui entraîne des dégradations de ces deux milieux.

On considère que l'eau est polluée lorsque son équilibre est altéré de manière durable par l'introduction de quantités considérables de substances plus ou moins toxiques, qu'elles soient naturelles ou provenant des activités humaines.

La pollution de l'eau est peut-être observée à différents niveaux dont on cite :

- Les nappes ou les sources d'eaux par suite d'infiltration d'eaux usées (Fosses septiques, latrines).
- Les eaux de surface : les fleuves, les rivières et les oueds.
- Les canalisations et les réseaux d'alimentations en eau.[7]

I.I.8.1 Origine de pollution

I.I.8.1.1 L'industrie

L'industrie rejette de nombreuses substances qui pourraient polluer nos cours d'eau et nos nappes, parfois même de manière d'autant plus dangereuse que les conséquences à long terme sont inconnues. Les déchets industriels contiennent différents produits, qu'ils soient insolubles ou solubles, d'origine minérale et/ou organique, qui peuvent être biodégradables ou toxiques même à faible concentration (comme les métaux lourds, les composés cyanurés ou phénols, les pesticides et divers hydrocarbures...).[6]

I.I.8.1.2 L'agriculture

Les agriculteurs font usage d'engrais chimiques azotés et phosphorés, ainsi que de produits phytosanitaires, afin de préserver les cultures et de simplifier leur quotidien. Lorsqu'ils sont utilisés en excès, ces produits peuvent être toxiques et contaminer les eaux de surface par lessivage et ruissellement, ainsi que les nappes par infiltration.[6]

I.I.8.1.3 La pollution domestique

Nos eaux usées urbaines (mélange d'eaux vannes et d'eaux ménagères) sont essentiellement constituées de matières organiques biodégradables certes, mais grandes consommatrices

d'oxygène, de germes pathogènes (cause d'épidémies) et de produits chimiques (lessives détergentes riches en phosphates) à l'origine des phénomènes d'eutrophisation.

Par nos lavabos, nos éviers, nos salles de bains et nos WC passe chaque jour une pollution proportionnelle au nombre d'habitants.[6]

I.I.8.1.4 La pollution par les eaux pluviales

Il est également important de ne pas négliger la pollution causée par les eaux pluviales. Au contact de l'air, l'eau de pluie transporte des impuretés (fumées industrielles).[1]

I.I.8.1.5 La pollution d'origine naturelle

Parfois, l'environnement peut être contaminé par certaines substances naturellement présentes, ce qui peut entraîner des problèmes de sanitaire. L'eau potable peut être contaminée par des substances inorganiques telles que le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures. La vulnérabilité de l'eau souterraine se manifeste lorsque des métaux sont présents dans les formations géologiques environnantes.[1]

I.I.8.2 Les principaux polluants

I.I.8.2.1 La pollution physique

Les éléments qui influencent l'état physique de l'eau, tels que la température, la présence de particules ou de mousses, et les variations de l'effet réfractaire de l'eau, sont responsables de la pollution physique. La pollution des cours d'eau par l'eau chaude provenant des centrales nucléaires est une préoccupation majeure pour de nombreux pays. [9]

I.I.8.2.2 La pollution chimique

La pollution chimique se produit lorsque des substances indésirables entrent dans la composition chimique de l'eau qui était initialement destinée à un usage spécifique. Deux catégories de critères sont utilisées pour évaluer l'état de cette pollution :

Les valeurs globales : elles sont le résultat de la combinaison des effets de plusieurs substances simultanément, comme le pH, la conductivité, la turbidité, la Demande Chimique en Oxygène (DCO), etc...

La DCO d'une eau englobe toutes les substances chimiques dissoutes ou en suspension, qu'elles soient oxydables, organiques ou minérales.

Les caractéristiques particulières qui définissent un composé spécifique ou plusieurs composés chimiques similaires.

Le choix le plus difficile reste incontestablement la définition des paramètres à suivre en vue d'évaluer cette pollution ; en effet le but est de pouvoir qualifier et quantifier la pollution en vue de mettre en place les solutions appropriées ou mieux de pouvoir la prédire à temps pour mettre en place les dispositions préventives qui s'imposent.

Des cas de pollution sont signalés quotidiennement dans le monde alors que la grande partie surtout dans les pays en voie de développement est passée sous silence à cause du manque de diagnostic réel de la cause. Par exemple, en France les contaminations aux pesticides sont de plus en plus signalées partout dans le pays ; ainsi l'Institut Pasteur de Lille (Région Nord) a publié un rapport indiquant la contamination des eaux de pluies de 1998 à 2003 par l'atrazine et ses métabolites, la simazine, l'isoproturon et le diuron à des teneurs pouvant atteindre jusqu'à $3\mu\text{g.l}^{-1}$.

Dans une étude de l'Institut français de l'Environnement, à la demande du Ministère de l'Environnement d'une évaluation du degré de pollution des eaux superficielle et souterraine, on soulignait que 50 % des eaux analysées contenaient de l'atrazine et indiquait la présence d'autres pesticides (lindane, alachlore, dinoterbe...) à des fréquences moins importantes. Bernard et Maillot, (2000) soulignent les dépassements inquiétants observés dans certaines collectivités de la France pour certains pesticides, nitrates et métaux (nickel, plomb et arsenic). En Algérie, rares sont les études qui ont été effectuées pour évaluer le degré de la pollution et mêmes si elles ont été réalisées, elles restent sous les tiroirs des responsables. L'intoxication au centre de certaines villes devra servir d'antécédent.

L'activité agricole surtout le maraîchage continue dans tout le pays. La pollution par les pesticides semble être toujours accompagnée par celle des nitrates.[9]

I.I.8.2.3 La pollution microbiologique

La pollution microbiologique découle de la présence de microorganismes dans l'eau, qui sont transportés par l'eau et sont à l'origine de nombreuses maladies hydriques. La présence d'eau peut favoriser la prolifération de bactéries et de virus nuisibles à la santé des populations qui l'utilisent pour leurs besoins. Les bactéries causantes de maladies hydriques (Vibrionacea, Enterobacteriaceae, etc...) sont les principales causes de ces maladies. Des maladies telles que l'hépatite infectieuse, la méningite, etc. sont également causées par les parasites.[9]

Conclusion

Ce chapitre aborde quelques généralités sur l'eau ainsi que son importance. L'eau joue un rôle crucial dans la survie de la planète. Il est impératif de la préserver et de la gérer de manière durable pour protéger l'environnement et assurer la sécurité alimentaire et sanitaire des êtres humains. Chacun doit agir pour préserver cette ressource précieuse en adoptant des habitudes de consommation responsables et en soutenant les initiatives mondiales de préservation de l'eau.

Références

- [1] A. Lamaa, « Eau : Étude Physico-Chimique et Bactériologique Et Développement d'un Système de Traitement (membrane à Base de Charbon Actif) », 2019.
- [2] « Ce qu'il y a dans l'eau ». Consulté le : 15 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur : http://dardel.info/eau_composition.html
- [3] B. Amina, L. Rania, et H. Abdelkrim, « Traitements des eaux du Barrage Ourkis d'oum El-Bouaghi par coagulation-floculation », 2021.
- [4] I. Kouadri, « Analyses physico-chimiques des eaux de différentes origines », 2013.
- [5] Degremont, Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, Tome 1, 9^e éd. 1989.
- [6] J. BOEGLIN, Propriétés des eaux naturelles. Ed. Techniques Ingénieur, 2001.
- [7] W. Ayad, « Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : Cas des puits de la région D'EL-Harrouch (Wilaya DE Skikda) », Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 2017.
- [8] A. Lounnas, « Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda », Memory of Magister, Skikda Tlemcen University, Algeria, p. 45-52, 2009.
- [9] M. O. S. O. Kankou et J. Ayele, « Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie : Etude en laboratoire du comportement de deux pesticides », 2004.

Chapitre II

Chaîne de traitement de l'eau potable au niveau de la station

Introduction

Le processus de traitement de l'eau implique l'élimination de toutes les substances qu'elle contient, qu'elles soient biologiques, chimiques ou physiques, potentiellement nocives pour l'approvisionnement en eau destinée à l'usage humain et domestique. Ce traitement permet de produire une eau sûre, agréable au goût, claire, incolore et inodore. L'eau doit également être non corrosive, cela implique qu'elle n'endommagera pas les canalisations.[1]

I.II.1 Les Normes de qualité de l'eau

Pour pouvoir être consommée en toute sécurité .il existe 5 grands groupes pour cela :

I.II.1.1 Les paramètres physico-chimiques

Ils correspondent aux caractéristiques de l'eau comme : pH, la température, la conductivité ou la dureté. Par Exemples :

- La teneur en sulfate doit être inférieure à 250mg/l.
- La teneur en chlorures doit être inférieurs à 200mg/l.
- Le pH de l'eau doit être compris entre 6,5 et 9.[2]

I.II.1.2 Les paramètres organoleptiques

Concerne la couleur, le gout et l'odeur de l'eau, doit être agréable à boire, clair et sans odeur, ils n'ont pas de valeur sanitaire directe.[2]

I.II.1.3 Les paramètres microbiologiques

Permettent de contrôler que l'eau ne contient aucun germe pathogène, comme les virus, les bactéries, pouvant provoquer des maladies, voire des épidémies.[3]

I.II.1.4 Les paramètres liés aux substances indésirables

Concernent les substances telles que les nitrates, nitrites et les pesticides.

- La teneur en nitrates ne doit pas dépasser 50 mg/l.
- La teneur en fluor doit être inférieure à 1,5 mg/l.[3]

I.II.1.5 Les paramètres liés aux substances toxiques

La micropolluants tels que l'arsenic, le cyanure, le chrome, le nickel, le sélénium ainsi que certains hydrocarbures sont soumis à des normes très sévères à cause de leur toxicité.

Tableau II.1 Paramètres avec valeurs limites de la qualité des eaux potables

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres Chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Fer total	mg/l	2
	Nitrites	mg/l	0.2
Paramètres Organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur a' 12°C	Taux dilution	4
Paramètres Physico-Chimiques En relation avec La structure naturel des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/l	500
	Conductivité a' 20°C	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Température	°C	25
Paramètres Microbiologiques	Escherichia Coli	n /100ml	0

I.II.2 La chaîne de traitement des eaux arrivant du barrage

I.II.2.1 Captage

Pour protéger les unités principales d'une station d'épuration et contribuer à leur fonctionnement efficace, il est nécessaire d'utiliser des tamis pour éliminer les grosses matières flottantes et en suspension présentes dans l'afflux. Ces matériaux comprennent des feuilles, des brindilles, du papier, des chiffons et d'autres débris qui pourraient obstruer l'écoulement dans l'usine ou endommager l'équipement.[4]

I.II.2.2 Le prétraitement

L'objectif du prétraitement est d'extraire des matières les plus grossières susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend :

- **Le dégrossissage** : Consiste à retenir les solides les plus épais (>1mm), comme les plastiques, le bois, entre autres, dans le but de protéger les pompes et d'éviter l'obstruction des tuyaux et des vannes.

Pour ce faire, l'eau passe au travers de tamis ou de grilles

- **Le tamisage** : Consiste à retenir les solides plus fins (0,25 – 1 mm) dans le but de réduire la charge contaminante de la manière la plus propre et la plus économique possible, ainsi que de protéger les processus de purification suivants.

- **Dessablage** : Consiste à séparer les graviers, le sable et les particules minérales en suspension de l'effluent, afin d'éviter qu'ils ne sédimentent et ne surchargent les boues produites par là. [4]

I.II.2.3 Les préoxydation

Elle permet d'éliminer des substances nocives. De plus l'eau est fortement valorisée en ce qui concerne l'aspect, et le goût. Les techniques utilisées : la préchloration, la préozonation, et l'oxydation par le bioxyde de chlore. Est destinée à :

- L'élimination du fer et du manganèse.
- La décomposition des complexes organiques.
- L'élimination de l'azote ammoniacal.
- L'élimination de la couleur.

I.II.2.4 La clarification

Il s'agit d'un ensemble d'opérations qui permettent l'élimination des matières en suspension (MES) d'une eau brute ainsi que la majeure partie des matières organiques.

La clarification inclut les opérations de coagulation, floculation, de décantation et de filtration.[2]

I.II.2.4.1 Coagulation

La coagulation est un processus consistant en une neutralisation des charges portées par les substances colloïdales, ou dissoute indésirables d'un produit chimique.[3]



Figure II.1 Etape de traitement de l'eau par coagulation

I.II.2.4.2 Flocculation

La flocculation est l'étape de traitement après la coagulation. Elle vise à favoriser la croissance de floccs par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un flocculant.

Le temps nécessaire pour la coagulation–flocculation est 20 à 30 minutes. La recherche progressive de cette procédure se fait dans une installation appelée Jar-test, Permettant la sélection du meilleur jeu de conditions opératoires en vue de l'étape de décantation. Le flocculateur est un appareil couramment utilisé pour les essais de coagulation–flocculation.[5]

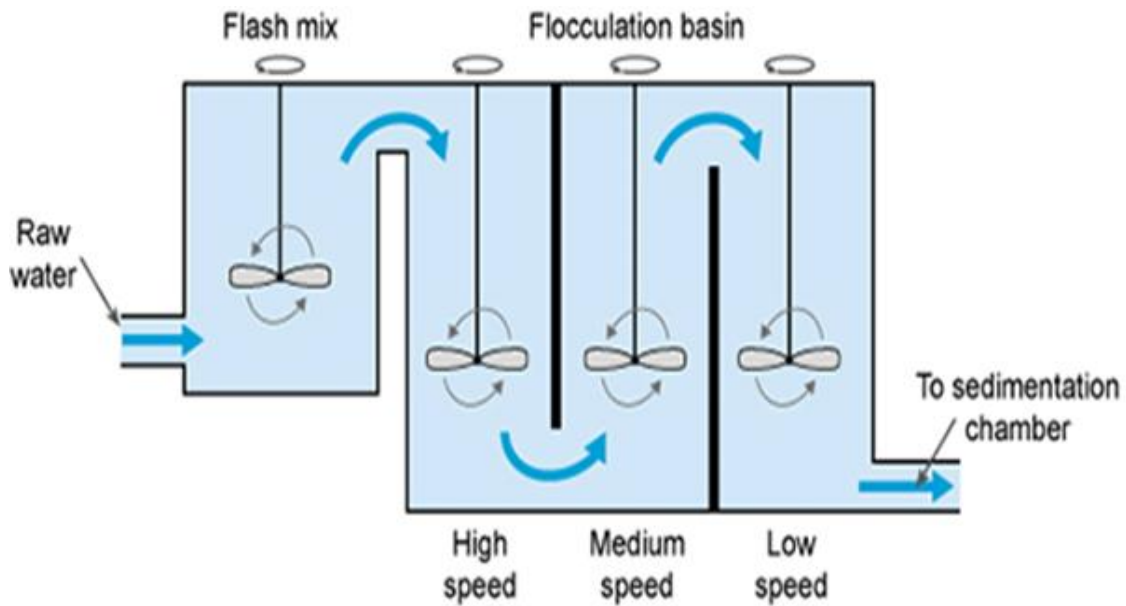


Figure II.2 La floculation

I.II.2.5 Filtration

Le processus de filtration sur sable est un élément crucial des méthodes de traitement de l'eau les plus anciennes.

Un filtre à sable est constitué par une couche de sable de qualité adéquate, à travers laquelle l'eau circule à vitesse relativement faible. Le filtre à sable purifie l'eau de trois manières différentes :

- La filtration permet d'intercepter les dernières particules visibles à l'œil nu de l'eau à traiter.
- Floculation pendant laquelle les substances se collent à la surface du sable et viennent grossir la taille de ce dernier.
- Assimilation par des micro-organismes qui se nourrissent des polluants de l'eau.[6]



Figure II.3 Filtre à sable

I.II.2.5.1 Types de filtration

- **Filtration lent ($V < 10 \text{ m/j}$)** : Utilisé pour les faibles débits d'eau, elle assure l'épuration et la clarification des eaux, Elle a l'avantage d'être une opération facile mais ce type de filtration nécessite une grande surface et exige une eau dont la turbidité est faible.
- **Filtration rapide ($V = 4,5 \text{ à } 10 \text{ m/h}$)** : S'applique à des eaux probablement traitées (eau floculée et décantée) et a pour but la clarification poussée de l'eau par l'élimination de MES. [6]

I.II.2.6 La désinfection

La désinfection consiste à éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre des maladies. Ce processus ne comprend pas nécessairement la stérilisation, qui consiste à détruire tous les organismes vivants dans un environnement spécifique.

La désinfection peut être réalisée en ajoutant une quantité d'un produit chimique ayant des propriétés germicides à l'eau. Le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, le brome, l'iode et le permanganate de potassium sont les produits chimiques les plus couramment utilisés. L'eau peut aussi être désinfectée par des méthodes physiques telles que l'ébullition, les ultrasons, les rayons ultraviolets ou les rayons gamma. [7]

I.II.2.6.1 Critères permettant de choisir le désinfectant

Étant donné qu'il n'existe pas de produits de désinfection équivalents, il est nécessaire de sélectionner le procédé le plus adapté en tenant compte de certaines conditions spécifiques

Chapitre II : Chaîne de traitement de l'eau potable au niveau de la station

(caractéristiques et utilisations de l'eau, types de microorganismes à éliminer, qualité du réseau de distribution, etc.) Il est important de noter que tout désinfectant ou méthode de désinfection doit :[7]

- a) Ne pas être nocif pour les êtres humains ou les animaux.
- b) Présenter une toxicité, à des concentrations faibles, pour les microorganismes.
- c) Se dissolver dans l'eau.
- d) Créer une solution homogène avec de l'eau.
- e) L'objectif est de faciliter la mesure de sa concentration et, par conséquent, de mieux la contrôler.
- f) S'adapter aux températures habituelles de l'eau de consommation (de 0 à 25°C).
- g) Être constant, pour assurer le maintien d'une concentration résiduelle stable pendant de longues périodes.
- h) Ne pas interagir avec d'autres substances organiques que les microorganismes.
- i) Éviter de dégrader les métaux ni de causer des dommages aux vêtements lors de la préparation.
- j) Supprimer les émanations.
- k) Être présent en grande quantité et être commercialisé à un prix accessible.
- l) Faciliter la manipulation et ne présenter aucun risque aux opérateurs.

La désinfection est généralement réalisée en utilisant du chlore (80 % de la désinfection mondiale), car ce désinfectant présente plusieurs inconvénients mentionnés précédemment. Toutefois, l'ajout de ce produit peut provoquer des effets secondaires indésirables qui, dans certains cas, nécessitent l'utilisation d'autres désinfectants. Le chlore entre donc en réaction avec la matière organique de l'eau, ce qui peut parfois provoquer la création de composés cancérigènes (trihalométhanes) ou d'odeurs désagréables (Chlorophénols). De plus, la puissance du chlore n'est pas adéquate pour éliminer entièrement certains microorganismes très résistants tels que les virus et les protozoaires. Pour combler ces déficits, on emploie du dioxyde de chlore ou de l'ozone. Ces désinfectants, bien plus efficaces que le chlore, présentent cependant l'inconvénient d'être instables (par exemple, l'ozone réagissant rapidement dans l'eau, il est impossible de maintenir une concentration résiduelle pendant longtemps). C'est la raison pour laquelle il est nécessaire de les fabriquer dans l'usine de traitement des eaux.[7]

Les autres moyens de désinfection tels que le brome, l'iode, le permanganate de potassium, l'ébullition, les ultrasons, les ultraviolets et les rayons gamma sont beaucoup moins utilisés. Par

conséquent, le brome et l'iode ne sont utilisés que de manière occasionnelle pour désinfecter les eaux de piscine, tandis que le permanganate de potassium est rarement utilisé pour la désinfection des eaux potables, car il donne une teinte rosée à l'eau. Le procédé de désinfection par ébullition est utilisé principalement dans l'industrie alimentaire – mais il est trop coûteux pour qu'on l'utilise dans une usine de traitement des eaux et les ultrasons, les ultraviolets et les rayons gamma sont réservés à la désinfection de petites quantités d'eau, car l'eau et les particules en suspension absorbent ces rayons – ce qui peut diminuer son efficacité.[7]

I.II.2.6.2 Principes généraux de la désinfection

La capacité d'un désinfectant à détruire les microorganismes dépend de divers facteurs tels que la puissance du désinfectant, la concentration du désinfectant, le temps de contact, le nombre de microorganismes à éliminer, le type de microorganismes, la température de l'eau, le pH de l'eau et la concentration de matières organiques dans l'eau. Aucune loi mathématique connue pour le calcul du taux de destruction des microorganismes en fonction de ces variables n'est actuellement connue. Toutefois, en se basant sur des mesures réalisées en laboratoire, il est possible d'établir certaines règles spécifiques :

Influence du temps de contact.

Influence de la concentration de désinfectant.

Influence de la température de l'eau.[7]

Avant d'appliquer ces règles, cependant, il est nécessaire de réaliser des tests en laboratoire sur l'eau à traiter pour déterminer quelle règle est applicable et évaluer les constantes nécessaires.[7]

I.II.2.6.3 Désinfection au Dioxyde de Chlore

Le mot « chloration » est également fréquemment employé lorsque le désinfectant chimique utilisé est le dioxyde de chlore. À la différence du chlore et des hypochlorites, ce réactif ne peut pas être conservé en usine et doit donc être préparé sur place. On peut utiliser le dioxyde de chlore dans l'usine pour pré-oxyder et inter-oxyder (pour éliminer les algues, les goûts et les odeurs, le fer et le manganèse) ou encore pour la désinfection finale. Grâce à son fort pouvoir rémanent, il assure la désinfection de sécurité du réseau, souvent accompagnée de chlore (en particulier en cas de rechloration du réseau).[8]

I.II.2.6.4 Désinfection par L'ozone

On utilise souvent l'ozonation pour traiter les eaux de surface. En plus d'une désinfection extrêmement efficace, de nombreux autres objectifs sont atteints, tels que :

- Le traitement des algues, des goûts et des odeurs.
- L'amélioration de la coagulation/floculation.
- L'élimination du fer et du manganèse.

Et, à la fin de la filière (généralement avant un traitement de finition au charbon actif) :

- La transformation de la matière organique qui réduit le potentiel de formation de sous-produits de chloration et crée du carbone organique biodégradable (plus facile à éliminer),
- L'élimination du fer et du manganèse (retenus ensuite sur des filtres).
- L'oxydation des nitrites.
- La transformation des micropolluants organiques (pesticides, phénols, toxines d'algues, résidus pharmaceutiques, perturbateurs endocriniens, etc.) qui entraînent souvent une diminution ou une annulation de leur toxicité (avec quelques exemples contraires).[8]

I.II.2.6.5 Désinfection UV

Cette technologie offre de multiples bénéfices (production sur site, prix abordable, réactive, faible encombrement, absence de stockage, absence de sous-produits identifiés, absence de risque de surdosage, etc.). Cependant, il est impossible de substituer l'effet persistant des désinfectants chlorés dans le réseau de distribution. Lorsqu'il s'agit de désinfection chimique, il est nécessaire de l'appliquer sur une eau de qualité supérieure, sans impuretés et avec un minimum de matières organiques ou d'autres composés absorbant les UV.[8]

I.II.2.6.6 Désinfection par le chlore

(Voir le chapitre III)

Conclusion

Le traitement de l'eau est essentiel pour garantir la qualité de l'eau potable et protéger la santé publique. Les techniques de traitement telles que la filtration, la désinfection et l'osmose inverse ont prouvé leur efficacité dans l'élimination des contaminants. Cependant, il est crucial de maintenir une surveillance régulière et de mettre en œuvre des normes de qualité de l'eau strictes pour assurer une fourniture d'eau sûre et durable.[9]

Références

- [1] F. U. Rahman, « 7 Major Stages in Water Treatment Plant », The Constructor.
- [2] C. Z. Bouzidi Soumia, « Caractérisation physico-chimique et bactériologique avant et après traitement de l'eau du barrage de Hammam Debagh-Geulma », 2017.
- [3] F. Valiron, Gestion des eaux : alimentation en eau, assainissement. Presses de l'Ecole Nationale de Ponts et Chaussées, 1989. [En ligne]. Disponible sur : <https://books.google.dz/books?id=JfFjxgEACAAJ>
- [4] « Pré-traitements eaux usées - J. Huesa Water Technology - Tratamiento de aguas ». Consulté le : 24 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur : <https://jhuesa.com/fr/technologies/pretraitements>
- [5] S. Mouassa, « Impact du périmètre d'irrigation sur la qualité des eaux souterraines de la nappe alluviale de guelma et sur les sols », Annaba, 2006.
- [6] J. C. Van Dijk et J. OOMEN, La filtration lente sur sable, pour l'approvisionnement en eau collective dans les pays en développement.
- [7] R. Desjardins, Le traitement des eaux. Presses internationales Polytechnique, 1997.
- [8] B. Legube, Production d'eau potable : procédés de traitement, paramètres de qualité et impacts du changement climatique. In Technique et ingénierie. Série Environnement. Dunod, 2021.
- [9] A. Jacquot, « Compagnie Générale des Eaux : Rapport du conseil d'administration lu par son président, le comte Henri Siméon, lors de la première assemblée générale des actionnaires de la société tenue à Paris le 26 octobre 1853 », Flux, n° 2, p. 100-110, 2003.

Chapitre III

La désinfection par l'eau de Javel

I.III.1 La Désinfection par l'eau de javel, et étude cinétique de sa décomposition

I.III.1.1 Historique sur L'eau de javel

L'histoire de l'eau de Javel remonte à la fin du XVIII^e siècle.

En 1775, le chimiste suédois Carl Wilhelm Scheele découvre le principe actif de l'eau de Javel, qu'il nomme « l'acide muriatique oxygéné », lors de ses recherches sur les propriétés du chlore. Scheele constate que ce composé a des propriétés désinfectantes et blanchissantes

En 1785, Berthollet, un chimiste français, a perfectionné le procédé de fabrication de l'eau de Javel. Il a utilisé du chlorure de sodium (sel de cuisine) et de l'acide sulfurique pour libérer le chlore nécessaire à la formation du composé désinfectant. Berthollet a réalisé ses premières expériences dans la ville de Javel, située près de Paris.

Le nom "eau de Javel" est donc une référence à l'endroit où ce procédé a été mis au point. Le site de production initial, la manufacture de Javel, a donné son nom au produit. De là, le terme "eau de Javel" est devenu courant pour désigner cette solution désinfectante et blanchissante à base de chlore.

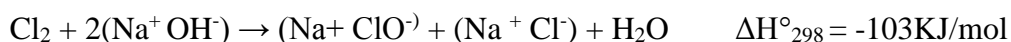
Au début du XIX^e siècle, l'eau de Javel devient un produit courant dans les industries textile, médicale et alimentaire. Elle est utilisée pour blanchir le coton, désinfecter les hôpitaux et les instruments chirurgicaux, ainsi que pour traiter l'eau potable.

Au fil du temps, des améliorations sont apportées aux procédés de fabrication de l'eau de Javel, notamment pour augmenter sa stabilité et sa concentration. Des additifs sont parfois incorporés pour améliorer ses performances désinfectantes.

De nos jours, l'eau de Javel est largement utilisée comme désinfectant domestique pour nettoyer les surfaces, désinfecter l'eau potable et blanchir le linge. Elle est également utilisée dans diverses industries, notamment l'industrie alimentaire et celle du papier, pour ses propriétés désinfectantes et blanchissantes.[1]

I.III.1.2 Synthèse de l'eau de Javel

La synthèse de l'eau de Javel se fait donc par dismutation du dichlore dans une solution de soude (produits tous les deux par électrolyse de solutions de chlorure de sodium).



La désinfection par l'eau de Javel

L'hypochlorite de sodium est fabriqué par l'absorption de chlore sur une solution de soude à plus de 18%.

La réaction est fortement exothermique, le mélange réactionnel est donc refroidi pour éviter la dismutation (plus lente) des ions ClO^- en ions chlorate et chlorure.

Dans cette méthode de préparation, il y a donc théoriquement autant d'ions hypochlorite que d'ions chlorure. Cependant, dans les solutions fortement concentrées en hypochlorite de sodium, le chlorure de sodium précipite partiellement et peut donc être filtré. La concentration de l'ion ClO^- est alors plus élevée que celle de l'ion Cl^- .

L'eau de Javel de faible concentration peut être aussi obtenue par électrolyse de solutions de NaCl dans des cellules ne comportant pas de séparation entre les comportements anodique et cathodique. Ces solutions contiennent alors des quantités non négligeables d'ions chlorure résiduels

L'eau de Javel est commercialisée dans des bouteilles et dans des berlingots.

En solution, les espèces majoritaires sont l'hypochlorite de sodium (Na^+ClO^-), le chlorure de sodium (Na^+Cl^- , composé résiduel du processus de fabrication) et de la soude.

L'eau de Javel est donc oxydante et caustique ($11,5 < \text{pH}$)

I.III.1.3 Définition

La solution commerciale basique d'hypochlorite de sodium, également connue sous le nom d'eau de Javel, est un liquide jaune verdâtre avec un pH compris entre 11,5 et 13. Il s'agit de la solution du chlore gazeux dans la soude avec une quantité d'ions équimolaire.

L'ion hypochlorite et le chlorure (à ce pH) est exprimé en degrés chlorométriques ($1^\circ = 3,17\text{g Cl/L}$) pour son titre (ou sa concentration). Le titre chlorométrique de l'eau de Javel industrielle varie habituellement entre 47 et 50° (soit 149 à 159 g de Cl_2 par litre d'eau de Javel).

Les Eaux de Javel sont des solutions aqueuses d'hypochlorite de sodium et il serait plus simple d'exprimer leur concentration en pourcentage d'hypochlorite de sodium,

Il y a 2,7 % d'hypochlorite de sodium dans une solution d'Eau de Javel à 2,6 %.

Il y a 10 % d'hypochlorite de sodium dans une solution d'Eau de Javel à 9,6 %.[2]

I.III.1.4 Notion de “chlore actif”, “chlore actif libre” et “chlore total”

L'expression “**chlore actif**” correspond au concept scientifique de “available chlorine” (soit chlore disponible). Le chlore actif correspond à l'ion ClO^- et aux gaz HOCl et Cl_2 dissous dans l'eau (solution assez concentrée et alcaline).[2]

L'expression “**chlore actif**” désigne, en réalité, un pouvoir oxydant qui correspond bien au double de la quantité de chlore sous forme de NaOCl dans une solution assez concentrée et alcaline.

L'expression “**chlore actif libre**” correspond au concept américain de “active chlorine”. Le “**chlore actif libre**” correspond aux gaz HOCl et Cl_2 dissous dans l'eau (solution très diluée en milieu neutre ou acide).

L'expression “**chlore total**” désigne le chlore sous toutes ses formes : hypochlorite, mais aussi le chlorure de sodium qui pourrait, d'ailleurs, être éliminé, ainsi que les chlorites et les chlorates.

Tableau III.1 Notion de “chlore actif”, “chlore actif libre” et “chlore total”

Chlore actif (available chlorine)	Ion hypochlorite ClO^- Acide hypochloreux HOCl Chlore Cl_2 (Gaz dissous)
Chlore actif libre	Acide hypochloreux HOCl Chlore Cl_2 (Gaz dissous)
Chlore total	Hypochlorite de sodium NaOCl Chlorure de sodium NaCl Chlorite de sodium NaClO_2 Chlorate de sodium NaClO_3

I.III.1.5 Propriétés physiques et chimiques de l'eau de Javel (solution d'hypochlorite de sodium)

I.III.1.5.1 Propriétés Physiques de l'eau de Javel

- 1) **Aspect** : L'eau de Javel est généralement un liquide d'une couleur jaunâtre.
- 2) **Odeur** : Elle a une odeur piquante caractéristique due à son contenu en chlore.

3) **Densité** : La densité de l'eau de Javel dépend de sa concentration en hypochlorite de sodium (NaClO) et d'autres additifs, mais elle est généralement plus élevée que celle de l'eau pure.

4) **Point d'ébullition** : A des concentrations typiques, l'eau de Javel est liquide à température ambiante. Son point d'ébullition est plus élevé que celui de l'eau pure en raison de la présence d'ions hypochlorite.

5) **Solubilité** : L'eau de Javel est soluble dans l'eau, formant une solution aqueuse.

I.III.1.5.2 Propriétés Chimiques de l'eau de Javel

1) **Agent Oxydant** : L'hypochlorite de sodium (NaClO) présent dans l'eau de Javel agit comme un puissant agent oxydant. Il est capable de décomposer les composés organiques et de désinfecter les surfaces.

2) **Réactivité** : L'eau de Javel réagit vigoureusement avec de nombreux composés organiques, provoquant souvent des réactions d'oxydation.[3]

3) Influence du pH sur la constitution des Eaux et Concentrés de Javel

Les courbes des Figures III.1 à III.2 illustrent l'influence du pH sur la constitution du chlore actif libre contenu dans les Eaux et Concentrés de Javel, ce chlore étant composé soit de chlore dissous (Cl_2) et d'acide hypochloreux (HOCl), soit d'ions hypochlorites (ClO^-) et d'acide hypochloreux.

En superposant les Figures III.1 et III.2 on obtient la Figure III.3.

La Figure III.1 indique les quantités d'acide hypochloreux présent dans une Eau de Javel en fonction des valeurs de pH. On constate que pratiquement entre les valeurs de $\text{pH} = 4$ et $\text{pH} = 6$, tout le chlore est sous forme d'acide hypochloreux HOCl , (gaz dissous non ionisé).[1]

La Figure III.2 représente les concentrations en chlore dissous et en ions hypochlorites en fonction des valeurs de pH. On constate qu'aux valeurs de pH supérieures à 5, l'ionisation de l'hypochlorite va croissante pour être totale aux valeurs supérieures à 9. A cette valeur, tout le chlore est sous la forme d'ions hypochlorites (ClO^-) (NaOCl sous la forme $\text{ClO}^- + \text{Na}^+$)

Aux valeurs de pH acide inférieures à 4, le chlore dissous (Cl_2) devient la forme prédominante du "chlore actif libre", soit :



La désinfection par l'eau de Javel

En raison de cette instabilité due à de nombreux facteurs et en fonction de la valeur du pH du milieu où elle est utilisée, l'Eau de Javel peut agir de façons différentes :

Aux valeurs de pH inférieures à 5, elle agira par chloration (présence de chlore et d'acide hypochloreux dissous, en proportion variant en fonction du pH) (voir Figure III.1, III.2).

Aux valeurs de pH supérieures à 5, elle agira par oxydation, transformation en acide hypochloreux et libération d'oxygène gazeux (présence d'acide hypochloreux et d'ions hypochlorites, en proportion variant en fonction du pH) (voir Figure III.3). C'est notamment ce qui se passe dans le cas du blanchiment du linge.

A pH = 7,5 les concentrations en acide hypochloreux et en hypochlorites sont très voisines de 50 % (point E du Figure III.3).

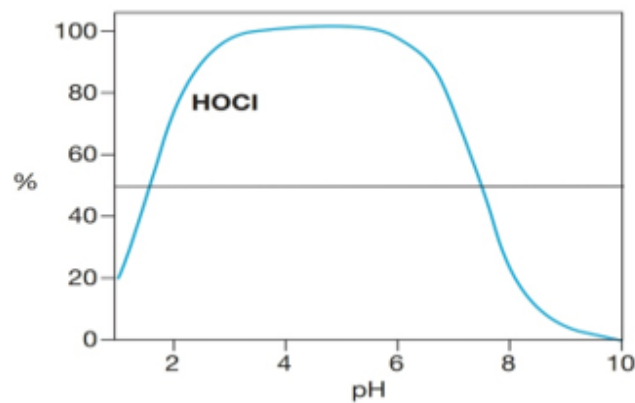


Figure III.1 Présence de l'acide hypochloreux HOCl en %

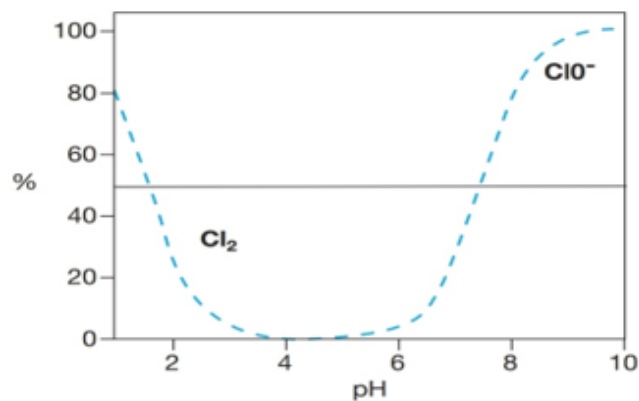


Figure III.2 Présence du chlore dissous et des Ions hypochlorites Cl₂ et ClO⁻ en %

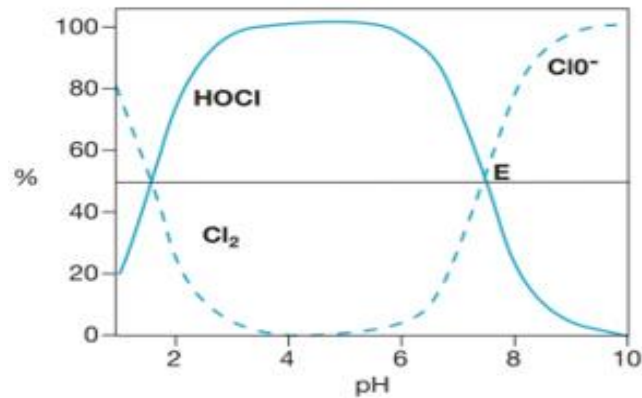
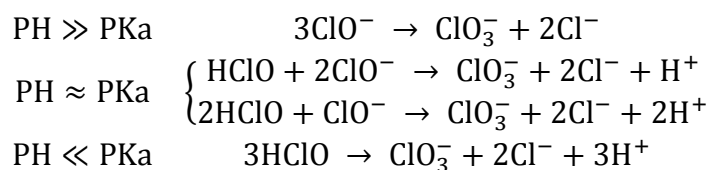


Figure III.3 Présence de l'acide hypochloreux, chlore dissous et des Ions hypochlorites en %



I.III.1.6 L'efficacité de l'eau de Javel contre les agents pathogènes

L'eau de Javel est depuis longtemps un pilier de la lutte contre les agents pathogènes, grâce à son efficacité sans faille dans l'élimination des bactéries, des virus et des champignons. Son principal composant, le chlore actif, agit comme un agent oxydant puissant, perturbant les structures cellulaires des micro-organismes et les rendant incapables de survivre ou de se reproduire.

Cette défense antimicrobienne offerte par l'eau de Javel est essentielle dans de nombreux contextes. Dans les foyers, elle est utilisée pour désinfecter les surfaces contaminées, réduisant ainsi le risque de propagation des maladies infectieuses au sein de la famille, dans les restaurants et les écoles. Dans les environnements médicaux, elle joue un rôle crucial dans la stérilisation des équipements et des surfaces pour prévenir les infections nosocomiales. De même, dans l'industrie alimentaire, elle est utilisée pour désinfecter les installations de transformation et prévenir la contamination des produits.

L'utilisation de l'eau de Javel comme désinfectant a considérablement amélioré la sécurité des réserves d'eau potable et réduit les risques de maladies hydriques.

L'efficacité de l'eau de Javel dans la lutte contre les agents pathogènes est incontestable, mais son utilisation nécessite une manipulation prudente. Des mesures de sécurité telles que la

La désinfection par l'eau de Javel

dilution adéquate, la ventilation appropriée et la réduction de l'exposition directe sont essentielles pour prévenir les risques pour la santé et l'environnement."

L'eau de Javel est un désinfectant efficace contre une large gamme de micro-organismes, y compris les bactéries, les virus et les champignons.

Voici quelques exemples de ces organismes et les types spécifiques auxquels l'eau de Javel peut s'attaquer :

a) Bactéries :

Escherichia coli (E. coli) : Une bactérie intestinale qui peut causer des infections alimentaires sévères.

Salmonella : Responsable de la salmonellose, une infection gastro-intestinale souvent contractée par la consommation d'aliments contaminés.

Staphylococcus aureus : Une bactérie présente dans la flore cutanée qui peut causer des infections de la peau et des tissus mous.

Streptococcus pyogenes : Cette bactérie peut causer des infections de la gorge (streptocoque) et d'autres maladies.

b) Virus :

Norovirus : Un virus très contagieux qui provoque souvent des épidémies de gastro-entérite.

Influenza (virus de la grippe) : Responsable de la grippe saisonnière et peut entraîner des complications graves, surtout chez les personnes vulnérables.

Virus de l'herpès simplex (HSV) : Peut provoquer des lésions cutanées et des infections génitales.

Virus de l'immunodéficience humaine (VIH) : Le virus qui cause le SIDA en attaquant le système immunitaire de l'organisme.

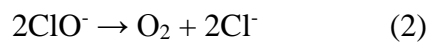
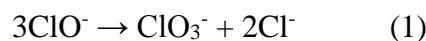
c) Champignons :

Candida albicans : Un champignon qui peut provoquer des infections fongiques telles que les infections à levures, notamment dans la bouche (muguet) ou les organes génitaux.

Aspergillus : Un genre de champignons qui peut causer des infections pulmonaires chez les personnes immunodéprimées ou atteintes de maladies respiratoires.

I.III.1.7 La décomposition de l'eau de Javel

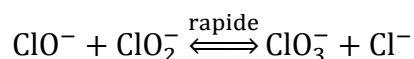
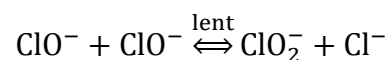
La décomposition de l'eau de Javel (hypochlorite de sodium, NaClO) ou de l'acide hypochloreux (HClO), est un processus complexe influencé par divers facteurs tels que la température, le pH, la concentration en hypochlorite de sodium, et la présence de catalyseurs. L'ion hypochlorite est instable et se décompose selon deux réactions principales, chaque processus étant d'ordre 2 par rapport aux ions hypochlorite.



Bien que dans le bilan de la réaction (2) la molécule d'eau n'apparaît pas, celle-ci est indispensable à la réaction, favorisant la décomposition en dioxygène, surtout en présence de catalyseurs métalliques, de pH acides, de force ionique élevée et de température. Cette décomposition génère un gaz, augmentant la pression dans des récipients fermés, ce qui peut être dangereux. L'eau de Javel est donc vendue dans des contenants en plastique hermétiques à la lumière et non contaminés par des ions métalliques.

La réaction de dismutation (1) se produit plus rapidement que l'oxydation de l'eau (2) en l'absence de catalyseurs, ce qui entraîne la formation d'ions ClO_3^-

Le mécanisme de la réaction de dismutation est connu et fait intervenir un équilibre lent suivi d'une réaction rapide.[4]



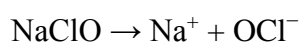
Cette décomposition est accélérée en présence de lumière ou de chaleur. Les ions chlorate ainsi produits peuvent ensuite subir d'autres réactions, y compris des réactions d'oxydation avec des composés organiques. Soulignant l'importance du stockage approprié de l'eau de Javel pour éviter une dégradation excessive.

I.III.1.8 Mécanisme réactionnel de la réaction de décomposition de l'eau de Javel

Le mécanisme réactionnel exact de la décomposition de l'eau de Javel (hypochlorite de sodium, NaClO), implique la rupture de la liaison O-Cl dans l'hypochlorite de sodium, formant des composés oxygénés et chlorés.

En combinant des données expérimentales avec des études de produits intermédiaires et des analyses théoriques, un mécanisme réactionnel peut être proposé.

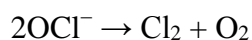
1. Formation d'hypochlorite : L'eau de Javel se dissocie en solution pour former des ions hypochlorite (OCl^-) et des ions sodium (Na^+).



2. Formation de chlorate : Sous certaines conditions, les ions hypochlorite peuvent réagir entre eux pour former du chlorate (ClO_3^-).



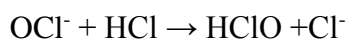
3. Formation de chlore gazeux : Les ions hypochlorite peuvent également se décomposer en libérant du chlore gazeux (Cl_2) et de l'oxygène :



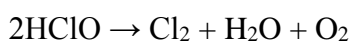
Ces réactions peuvent se produire simultanément ou successivement, influencées par des facteurs tels que le pH, la température, et la concentration en ions métalliques et autres catalyseurs. Le mécanisme exact implique généralement des étapes de réaction en plusieurs étapes, y compris la formation de complexes et leur fragmentation

Réaction d'acide hypochloreux :

Si l'eau de Javel est en solution acide, les ions hypochlorite peuvent réagir avec l'acide chlorhydrique (HCl) pour former de l'acide hypochloreux (HClO).



Ce dernier peut ensuite se décomposer pour former du chlore gazeux.



I.III.1.9 Cinétique de la décomposition de l'eau de Javel

La cinétique de décomposition de l'eau de Javel peut être étudiée expérimentalement pour comprendre son comportement dans différentes conditions.

Typiquement, la réaction de décomposition de l'eau de Javel suit une cinétique de deuxième ordre par rapport à l'hypochlorite de sodium.[4] Cela signifie que la vitesse de réaction est directement proportionnelle au carré de la concentration d'hypochlorite de sodium.

L'équation différentielle de vitesse pour cette réaction peut être exprimée comme suit :

$$-\frac{d[\text{NaClO}]}{dt} = k[\text{NaClO}]^2$$

Où :

$[\text{NaClO}]$: représente la concentration d'hypochlorite de sodium à un moment donné.

t : représente le temps, et k est la constante de vitesse de la réaction.

Effet de la température sur la décomposition de l'eau de Javel :

En général, une augmentation de la température augmente la vitesse de réaction en fournissant plus d'énergie cinétique aux molécules. Cependant, dans le cas de la décomposition de l'eau de javel, une augmentation de la température peut accélérer la réaction mais peut également favoriser d'autres réactions secondaires indésirables, réduisant ainsi l'efficacité globale de la solution.

Etude de l'effet - de la température sur la cinétique de la décomposition de l'eau de Javel :

La cinétique de la décomposition de l'eau de Javel peut être étudiée expérimentalement en suivant la diminution de la concentration d'hypochlorite de sodium (NaClO) au fil du temps à différentes températures, cette diminution de concentration peut être mesurée à l'aide de techniques analytiques telles que la spectrophotométrie ou la titrimétrie.

Relation entre l'énergie d'activation et la température :

L'énergie d'activation est l'énergie minimale requise pour que les réactifs réagissent et forment des produits. Une augmentation de la température augmente l'énergie cinétique des molécules, ce qui réduit l'énergie d'activation nécessaire pour la réaction de décomposition de l'eau de javel.

Durée de vie de l'eau de Javel à 25°C :

La durée de vie de l'eau de Javel à 25°C dépend de plusieurs facteurs, notamment sa concentration initiale en hypochlorite de sodium, son exposition à la lumière, à l'air et à d'autres substances pouvant accélérer sa décomposition.

En général, à 25°C et dans des conditions de stockage appropriées (à l'abri de la lumière et de l'air), l'eau de Javel commerciale peut avoir une durée de vie d'environ 3 à 6 mois avant que sa concentration en hypochlorite de sodium ne diminue de manière significative. Cependant, il est recommandé de vérifier régulièrement la concentration d'hypochlorite de sodium pour garantir son efficacité.

La décomposition de l'eau de Javel peut être accélérée à des températures plus élevées, donc il est essentiel de stocker l'eau de Javel dans un endroit frais pour prolonger sa durée de vie.

Les fabricants d'eau de Javel peuvent fournir des informations spécifiques sur la durée de vie de leurs produits dans des conditions de stockage recommandées.

I.III.1.10 Stockage et Conservation de l'eau de Javel

Le stockage et la conservation de l'eau de Javel sont d'une importance capitale pour garantir son efficacité et assurer la sécurité des utilisateurs. Tout d'abord, il est essentiel de conserver l'eau de Javel dans son emballage d'origine bien fermé et étiqueté de manière appropriée, afin d'éviter toute confusion et tout contact accidentel. L'emballage doit être placé dans un endroit frais, sec et bien ventilé, à l'abri de la lumière directe du soleil. La lumière peut dégrader les composants de l'eau de Javel, réduisant ainsi son efficacité désinfectante.

De plus, il est important de stocker l'eau de Javel loin de toute source de chaleur ou de flammes nues, car elle est hautement réactive et peut réagir de manière violente avec certains produits chimiques ou matériaux inflammables. Les températures élevées peuvent également accélérer sa décomposition. Par conséquent, il est recommandé de la conserver à température ambiante, évitant les variations extrêmes de température.

Un autre point crucial concerne le stockage de l'eau de Javel loin des substances incompatibles telles que les acides, les ammoniacs ou les produits contenant des résidus organiques. Ces substances peuvent réagir avec l'eau de Javel et produire des gaz toxiques ou des réactions dangereuses.

La désinfection par l'eau de Javel

Les conditions de fabrication telle que la pureté des matières premières mises en jeu.

Sont importantes pour assurer une meilleure conservation, et il est recommandé d'employer de l'eau adoucie afin d'éviter la formation de précipitations de carbonate de calcium.

En ce qui concerne les contenants utilisés pour stocker l'eau de Javel, il est préférable d'utiliser des matériaux résistants aux produits chimiques tels que le plastique HDPE (polyéthylène haute densité) ou le verre. Les contenants en métal peuvent corroder au contact de l'eau de Javel, ce qui pourrait entraîner une contamination du produit.

Comme tout liquide réactif, l'eau de Javel est distribuée à l'aide d'une pompe volumétrique à débit réglable (pompe doseuse), qui est dépendante, si possible, de la concentration de chlore résiduel libre.[2]

I.III.1.11 Avantages et qualités de l'Eau de Javel

Bien que l'eau de Javel soit un produit très répandu et largement utilisé, il convient de noter qu'elle peut être dangereuse en cas d'utilisation incorrecte, notamment en raison de sa réactivité avec d'autres produits chimiques et de sa toxicité lorsqu'elle est ingérée ou inhalée en grande quantité.

L'eau de Javel grâce à ses propriétés uniques, est depuis longtemps le produit d'hygiène irremplaçable que l'on utilise toujours aujourd'hui :

- Elle blanchit le linge.
- C'est un excellent produit de détachage.
- Elle permet d'éliminer des mauvaises odeurs (par destruction des microorganismes et oxydation des composés odorants).
- C'est un désinfectant à spectre d'activité complet.
- L'hypochlorite de sodium est aussi largement utilisé pour la désinfection des eaux de piscines et salles de bain.

L'Eau de Javel est encore en termes de désinfection le produit de référence pour le corps médical.

Sa facilité d'emploi, son coût très modéré, sa disponibilité et son spectre d'activité font de l'Eau de Javel un produit qui participe à l'hygiène dans le monde entier.[5]

Conclusion

L'eau de Javel, découverte au XVIII^e siècle, est synthétisée à partir de chlorure de sodium et d'eau sous l'action du chlore. Elle est largement reconnue pour ses puissantes propriétés désinfectantes, capables d'éliminer un large éventail de micro-organismes pathogènes. Ses principales propriétés chimiques incluent sa capacité à libérer du chlore actif, agent oxydant, et à réagir avec les composés organiques. Cependant, elle est sujette à la décomposition, accélérée par la chaleur, la lumière et la présence de métaux, suivant une cinétique complexe. Ainsi, bien que largement utilisée, une manipulation et un stockage appropriés sont essentiels pour garantir son efficacité et sa sécurité.

Références

- [1] S. Ahuja, Monitoring water quality: Pollution assessment, analysis, and remediation. Newnes, 2013.
- [2] B. Legube, Production d'eau potable : procédés de traitement, paramètres de qualité et impacts du changement climatique. In Technique et ingénierie. Série Environnement. Dunod, 2021.
- [3] G. Jean-Marie et O. Anne-Marie, Le préparateur en pharmacie-Guide théorique et pratique (2e ed.). Lavoisier, 2013.
- [4] M. W. Lister, « Decomposition of sodium hypochlorite: the catalyzed reaction », Can J Chem, vol. 34, n° 4, p. 479-488, 1956.
- [5] A. A. C. F. Torterotot Lucas, Physique PC - Annales corrigées et commentées - Concours 2016/2017/2018. Ellipses, 2018.

Chapitre IV

Analyses Physicochimiques et Bactériologiques de l'eau brute et traitée du Barrage Bouhamdene

I.IV.1 Les paramètres Physico-Chimiques

I.IV.1.1 Température

C'est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz. Dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH d'une façon générale.[1]

I.IV.1.2 Conductivité

Elle mesure le passage de l'électricité entre deux électrodes séparées par un cube de 1cm×1cm d'eau. La mesure s'effectue à 25° C ou avec un conductimètre avec compensateur automatique de température.

La conductivité d'une eau est l'inverse de sa résistivité électrique en $\mu\text{ohm/cm}$ ou mohm/cm (micro ou milli ohm/cm par cm).

Si l'eau très pure est un isolant qui oppose une grande résistance au passage de l'électricité, il n'en est plus de même lorsqu'elle est chargée en sels minéraux d'origine naturelle (calcium, magnésium, sodium, potassium). A cette minéralisation naturelle liée à la nature des sols s'ajoutent aussi ...les polluants[2]

Tableau IV.1 Classification des eaux selon la conductivité

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	Résistivité ($\Omega\cdot\text{m}$)
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

I.IV.1.3 Turbidité

C'est un paramètre qui varie en fonction des composés colloïdaux ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi de la pollution qui trouble l'eau avec un appareil (turbidimètre) on mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur.[1]

Chapitre IV : Analyses Physico-Chimiques et Bactériologiques de l'eau brute et traitée du Barrage Bouhamdene

- $NTU < 5$ = Eau claire
- $NTU < 30$ = Eau légèrement trouble
- $NTU > 50$ = Eau trouble

I.IV.1.4 Dureté

Elle est appelée le titre hydrométrique (TH) dont l'origine est liée aux ions de calcium et au magnésium, de ce fait on peut distinguer différents types de dureté :

- Dureté totale.
- Dureté calcique.
- Dureté magnésienne.
- Dureté permanente ou non carbonatée.
- Dureté temporaire ou carbonatée.[3]

I.IV.1.5 Le pH

Mesure la concentration des ions H^+ de l'eau, traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14.

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico chimiques et dépend de facteurs multiples dont l'origine de l'eau, le pH doit être mesuré sur le terrain à l'aide de PH-mètre.[4]

• Classification des eaux d'après leur PH

$pH < 5$ → Acidité fort

$pH = 7$ → pH neutre

$7 < pH < 8$ → Neutralité approchée (majorité des eaux de surface)

$5,5 < pH < 8$ → Majorité des eaux souterraines

$pH = 8$ → Alcalinité fort, évaporation intense

I.IV.1.6 Sulfate

La présence de sulfate dans l'eau résulte principalement de la présence de gypse dans les sels. Cela étant, la teneur en sulfate doit être inférieure à 250 mg /l car elle influe sur la qualité de l'eau.[5]

I.IV.1.7 Potassium

C'est un élément naturel qui contribue pleinement aux paramètres physico-chimiques de l'eau.

La teneur en potassium doit être inférieure à 12 mg /l me par contre l'excès de k à peu d'impact sur la vie aquatique.

Par contre sa présence en excès dans l'eau (> 2 ou 3mg /l) est le signe d'une pollution par des effluents agricoles.[6]

I.IV.1.8 Chlore

L'existence des chlorures en concentration élevée, affecte le goût de l'eau et accéléré la corrosion des métaux dans les réseaux en fonction de l'alcalinité de l'eau. Il Peut entrainer une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau.[7]

I.IV.1.9 Sodium

C'est un élément vital pour des fonction essentielle de notre organisme, mais il est susceptible d'entraîner des problèmes cardiaques ou rénaux.[6]

I.IV.1.10 Nitrates

Les nitrates se trouvent en faible quantité dans les eaux. Ils proviennent de la nitrification de l'azote organique des sols par les bactéries et de l'oxyde d'azote atmosphérique apporté par la pluie.

Tableau IV.2 Normes algérienne de l'eau potable

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres Physico-chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Nitrates	mg/l	50
	Phosphore	mg/l	5

Chapitre IV : Analyses Physico-Chimiques et Bactériologiques de l'eau brute et traitée du Barrage Bouhamdene

	Argent	µg/l	100
	Cuivre	mg/l	2
	Plomb	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Benzène	µg/l	10
	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	pH	pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25
Paramètres Microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductices	n/20ml	0

I.IV.2 Analyses Bactériologiques

Les matières fécales constituent l'origine principale des bactéries pathogènes présentes dans les eaux. On ne les produit que par une minorité de la population et elles ne représentent qu'un faible pourcentage de la masse bactérienne apportée par les matières fécales. Pour obtenir une méthode simple et sensible, on cherche généralement uniquement les germes qui témoignent de la contamination fécale : Coliformes totaux, coliformes thermotolérants (connus également sous le nom de fécaux), streptocoques fécaux, germes sporulés anaérobies produits par le sulfite.[8]

I.IV.2.1 Les Germes Totaux

L'estimation de la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable est réalisée en énumérant les germes aérobies mésophiles ou germes totaux. De cette manière, elle permet d'évaluer de manière globale la salubrité d'une eau, sans cependant identifier les sources de contamination. En général, ce recensement est employé comme élément de mesure de la pollution et aussi comme indicateur d'efficacité du traitement.[9]

I.IV.2.2 Les Coliformes Totaux

D'après l'organisme international de normalisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) qui ne sont pas sporulés et qui ont une oxydase négative aérobie ou anaérobie facultative. Ils ont la capacité de fermenter le lactose et de produire de l'acide et du gaz en 24 à 48 heures à une température variant de 36°C à 37°C.

Ils sont présents dans les matières fécales mais sont également présents dans les environnements naturels.[10]

I.IV.2.3 Les Coliformes Thermo-tolérants (Fécaux)

Les coliformes qui se développent à une température de 44°C, tels que les E coli, génèrent de l'indole à partir du tryptophane, fermentent le lactose ou le mannitol, ce qui entraîne la production d'acide et de gaz. En règle générale, ils ne peuvent pas se reproduire dans les environnements aquatiques, leur présence dans l'eau témoigne d'une pollution fécale contemporaine.[10]

I.IV.2.4 Les Streptocoques Fécaux

On les divise en deux catégories : Streptococcus et Enterococcus. La majorité des espèces font partie du groupe Enterococcus. Leur étude dans les milieux aquatiques revêt un intérêt indéniable, car leur comportement est clairement différent de celui des coliformes. Les bacilles Gram + ont une excellente résistance dans les milieux hydriques tels que les eaux douces et marines. Cela pourrait mettre en lumière des pollutions plus anciennes.

Il est possible que cette résistance soit similaire à celle des virus entériques. De plus, ils ont une plus grande résistance à la désinfection, ce qui constitue un indicateur d'efficacité du traitement, et ne montrent pas (contrairement aux coliformes) de croissance dans les réseaux de distribution. Cependant, certaines espèces sont peu sensibles aux contaminations fécales. Streptococcus faecalis var liquefaciens est présent dans l'environnement, sur des végétaux ou des sols non contaminés. Cependant, les avancées en analyse favorisent une sélection plus précise des souches cibles, ce qui entraîne une sensibilité accrue de l'indicateur.[11]

I.IV.2.5 Les Clostridium Sulfite-réducteurs

Les ASR (Anaérobies Sulfite-Réducteurs) sont des micro-organismes présents dans l'environnement extérieur tels que le sol, l'eau, l'air, etc., qui peuvent y résister pendant une

Chapitre IV : Analyses Physico-Chimiques et Bactériologiques de l'eau brute et traitée du Barrage Bouhamdene

longue période sous forme de spore. Ils sont également présents dans la flore intestinale de l'homme et des animaux. Ils évoluent dans des environnements d'anaérobiose (sans oxygène). Ces germes présentent une grande résistance à la chaleur. Grâce à leur résistance à l'action des facteurs chimiques et physiques, ces spores peuvent rester dans l'eau pendant une durée prolongée, contrairement aux formes végétatives. De cette manière, elles peuvent donner des indications sur une pollution à distance ou intermittente.[12]

Conclusion

Les paramètres physiques-chimiques et bactériologiques des traitements de l'eau sont essentiels pour garantir sa qualité et sécurité. Ces paramètres doivent être surveillés de près pour assurer l'efficacité des processus de traitement, la conformité aux normes réglementaires et la protection de la santé publique. Une compréhension approfondie de ces paramètres permet d'optimiser les procédés de traitement et de prévenir les risques pour l'environnement et la santé humaine.

Références

- [1] L. Divet, P. Schulhof, et P. Angoulvent, Le traitement des eaux. (Presses universitaires de France) réédition numérique FeniXX, 1980. [En ligne]. Disponible sur : <https://books.google.dz/books?id=R9vsDwAAQBAJ>
- [2] L. Schriver-Mazzuoli, La gestion durable de l'eau : Ressources-Qualité-Organisation. Dunod, 2012.
- [3] S. Ammari, « Etude de potabilité de l'eau naturelle et filtrée », université Echahid Hamma Lakhdar-EL OUED, 2019.
- [4] M. E. K. O. Cheikh, K. El Kacemi, et L. Idrissi, « Caractérisation physico-chimique des eaux d'alimentation de la ville de Tijikja (Mauritanie) », Int J Biol Chem Sci, vol. 5, n° 5, p. 2133-2139, 2011.
- [5] N. Morin-Crini, G. Crini, et L. Roy, Eaux industrielles contaminées. Presses universitaires de Franche-Comté, 2017.
- [6] M. Fatima Zahra, M. Ahmed, et M. Touhami, « Etude hydrogéologique, hydrochimique et microbiologique des eaux souterraines dans le synclinal du Crétacé inférieur de la région de Béni Ounif (Le revers méridional de l'Atlas Saharien occidental, Algérie) », 2020.
- [7] R. Bipat et J. R. Toelsie, « Drinking water with consumption of a jelly filled doughnut has a time dependent effect on the postprandial blood glucose level in healthy young individuals », Clin Nutr ESPEN, vol. 27, p. 20-23, 2018.
- [8] Degremont, Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, Tome 1, 9^e éd. 1989.
- [9] N. H. Dafri Nabila-Khamassi Ikram, « Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau utilisé dans les industries agro-alimentaire Cas : Conserverie Amor Ben Amor-Bouati Mahmoud-Guelma », 2019.
- [10] M. SANGARE, L. SANGARÉ, N. KEITA, et M. CAMARA, « EFFETS DÉSINFECTANTS DE LA GRAINE DE MORINGA OLEIFERA SUR LES COLIFORMES FÉCAUX ET TOTAUX DES EAUX DE PUIITS DE NAKOYAPKALA, N'ZÉRÉKORÉ, GUINÉE ».

Références

[11] E. Jestin, « La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires », AESN Rivières de Basse-Normandie-Agence de l'Eau Seine-Normandie Direction Territoriale et Maritime des Rivières de Basse-Normandie-Hérouville saint Clair, 2006.

[12] M. Mourdi et ouahida Rekhili, « Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées au niveau de la station d'Azzaba (wilaya de Skikda) », Université Frères Mentouri Constantine 1, 2022.

Deuxième partie
Protocoles Expérimentaux
&
Résultats et Discussions

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

Introduction

Depuis le XXe siècle, l'essor industriel a engendré le développement de technologies avancées pour les grands aménagements hydrauliques. Ces infrastructures, telles que les digues et les barrages, jouent un rôle crucial dans la gestion des ressources en eau, essentielles à la survie humaine et au progrès des sociétés modernes.

Ces constructions le long des cours d'eau servent à créer des réservoirs pour divers usages : réguler les débits et atténuer les inondations, fournir de l'eau pour l'irrigation ou produire de l'énergie hydroélectrique. Avec la croissance de la demande énergétique industrielle, des installations plus grandes et plus efficaces ont été élaborées.

Parallèlement, le changement climatique actuel affecte complexement la disponibilité de l'eau à l'échelle mondiale. Le réchauffement climatique provoque des perturbations météorologiques extrêmes, entraînant une augmentation des catastrophes naturelles telles que les tempêtes, les sécheresses et les inondations.

Aujourd'hui, les retenues d'eau sont devenues un outil indispensable dans la gestion de l'eau. Elles permettent de stocker l'eau durant les crues pour la redistribuer en période de sécheresse, assurant ainsi la sécurité alimentaire et améliorant les rendements agricoles. Même les petites retenues, souvent destinées à l'agriculture pour l'irrigation et l'abreuvement du bétail, se révèlent cruciales pour faire face aux variations climatiques.

II.I.1 Présentation de la Wilaya de Guelma

Guelma est une ville de la wilaya de Guelma. La ville porte le nom de Guelma en français et Guelma en anglais.

Située au Nord-Est du pays, elle est géographiquement un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba – Skikda) et les centres d'échanges du Sud (Oum-El-Bouaghi et Tébessa), en plus de la proximité du territoire tunisien à l'Est. Sur une superficie de 3,686,84km², elle compte 494079 habitants (estimation à fin 2009), dont 25% sont concentrés dans le chef-lieu de la wilaya. Cette population a une densité moyenne de 132Hab/Km².^[1]

Le temps est hivernal et sec en été. Située au cœur d'une vaste région agricole, Guelma est entourée de montagnes (Maouna ou Mahouna, Debagh), ce qui lui confère le statut de ville assiette. Sa région est particulièrement fertile grâce à la vallée Seybouse et à un important

barrage (Barrage de Bouhamdene) qui assure une irrigation étendue. Depuis toujours, cette localité était fière de ses ressources agricoles et thermales.[1]

II.I.2 Description du Barrage Hammam Debagh (Barrage de Bouhamdene)

Il se trouve à 23 km de la wilaya de Guelma et se trouve à 3 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh, sur l'Oued Bouhamdene. Il a été inauguré en 1987 et tire son nom de la zone des sources thermales.

Le barrage est principalement utilisé pour l'irrigation du périmètre de Guelma et de Bouchegouf, représentant une superficie de 13000 hectares, et à plus long terme pour fournir de l'eau à la ville de Guelma. La capacité totale de la retenue créée par le barrage sera de 200 hm³, ce qui permettra une régularisation annuelle de 55 à 60 hm³. Le bassin versant du barrage s'étend sur une distance de 1070 km, ce qui représente un apport annuel de 69 hm³. La crue maximale retenue par le projet est de 35000 m³/s.[2]



Figure I.1 Image satellite du barrage Bouhamdene

II.I.3 Le cadre géologique et lithologique du Barrage

Dans toute étude hydrologique et hydro chimique, la géologie et la lithologie jouent un rôle crucial. Leur influence sur la qualité des eaux après la dissolution des minéraux présents dans la roche et sur la quantité d'eau qui s'écoule ou s'infiltre est essentielle. Les paramètres sont influencés par la porosité du sol. La géologie de l'Oued Bouhamdene se compose d'une nappe

de calcaire sous-jacente, à laquelle ont été ajoutées les nappes telliennes, qui sont composées de marnes noires ou grises. Il y a trois types de formations géologiques dans son bassin versant : des formations douces et inclinées, des formations superficielles et des formations raides (perméables). Le bassin versant de l'oued Bouhamdene présente une lithologie complexe. Les roches sont variées en termes de résistance et de forme, allant des plus dures roches calcaireuses et gréseuses aux plus tendres roches marneuses.[3]

II.I.4 Les principales caractéristiques du barrage Hammam Debagh

Les principales caractéristiques du barrage sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau I.1 Les principales caractéristiques du barrage Hammam Debagh

Caractéristiques hydrologiques		Caractéristiques du barrage	
Oued	Bouhamdene	Type	TERRE
Capacité initiale	200 hm ³	Hauteur	95 m
Capacité dernier levé	184,35 hm ³	Longueur	430 m
Apport moyen annuel	69 hm ³	Côte de retenue Normale (R.N)	360 m
Envasement annuel	0,53 hm ³ /an	Côte Plus Hautes Eaux (P.H.E)	370,24 m
Surface du bassin versant	1070 km ²	Débit d'évacuation	2240 m ³ /s
		Vidange de Fond	218m ³ /s
		Déversoirs	COROLLE et SEUIL LIBRE

II.I.6 Répartition des besoins selon la population

Le tableau ci-dessous représente la répartition des besoins selon la population.

Tableau I.2 La répartition des besoins selon la population

Agglomération	Population (hab)	Besoins (hm ³ /an)
Ain Hassainia	5897	0,32
Hammam Debagh	15384	0,84
Medjez Amar	3575	0,2
Ben Djerrah	8711	0,48
Guelma	128921	7,1

II.I.7 Climat

La région est exposée à un climat méditerranéen avec deux saisons différentes. L'une est humide, caractérisée par une forte pluviométrie d'octobre à mai et des températures basses. L'autre est sèche et chaude, avec des températures élevées, atteignant leur maximum au mois d'août.[4]

II.I.8 La station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh

Elle se trouve à 1 km à l'amont de la localité du barrage de Bouhamdene, à environ 2 km au Nord-Ouest de l'agglomération du chef-lieu de la commune et sur la rive droite de l'Oued Bouhamdene à 40 km. Elle a été mise en service en 2003, avec une superficie de 3 hectares et une élévation de 296 mètres. Le barrage Bouhamdene alimente la station avec une capacité théorique de 220 millions de m³. [5]



Figure I.2 Photo satellitaire de la station de traitement de Hammam Debagh



Figure I.3 Entrée de la Station de traitement des eaux Hammam Debagh

Références

- [1] D. R. RAHAL et N. TOUBI, « Etude de l'efficacité du processus de chloration au niveau de la station de traitement de l'eau du barrage Bouhamdene-Guelma. », 2023.
- [2] R. Y. GHODBANE SARRA, « Analyse en amont et en aval de l'eau de la station de traitement du barrage HAMMAM DEBAGH-GUELMA », 2021.
- [3] T. M. Stiti Sarra, « Bioaccumulation des éléments métalliques traces chez trois espèces de poissons (Barbus barbus, Sander lucioperca et Abramis brama) dans le barrage d'Hamam Debagh Nord-Est d'Algérie », 2017.
- [4] Z. W. Atamenia Nadia, « Traitement et analyses des eaux du barrage de Hammam Debagh », 2020.
- [5] Y. Bara, « Etude comparative de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau du barrage de Hammam Debagh avant et après traitement Cas de la station de traitement de Hammam Debagh-Guelma », 2016.

Chapitre II

Protocoles expérimentaux

II.II.1 Mode de prélèvement

L'eau doit être mise de côté avant de prélever des échantillons pour analyse.

Laisser Couler pendant au moins 5 minutes.

Le prélèvement nécessite certaines précautions. L'eau doit être collectée dans des bouteilles stériles, remplies à 2/3 pour laisser de l'espace Air.

Pour les analyses physico-chimiques, des flacons en polyéthylène ou en verre sont remplis complètement pour éliminer les bulles d'air qui pourraient modifier l'analyse.

L'eau collectée pour analyse ne doit pas dater de plus de 24 heures.

Chaque échantillon doit être conservé entre 2 et 5°C.

II.II.2 Enregistrement et étiquetage des échantillons

Il est important que les échantillons soient clairement étiquetés avant utilisation.

Les échantillons et les étiquettes sont clairs et imperceptibles.

Dans ces derniers, on doit noter avec précision ; la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales.

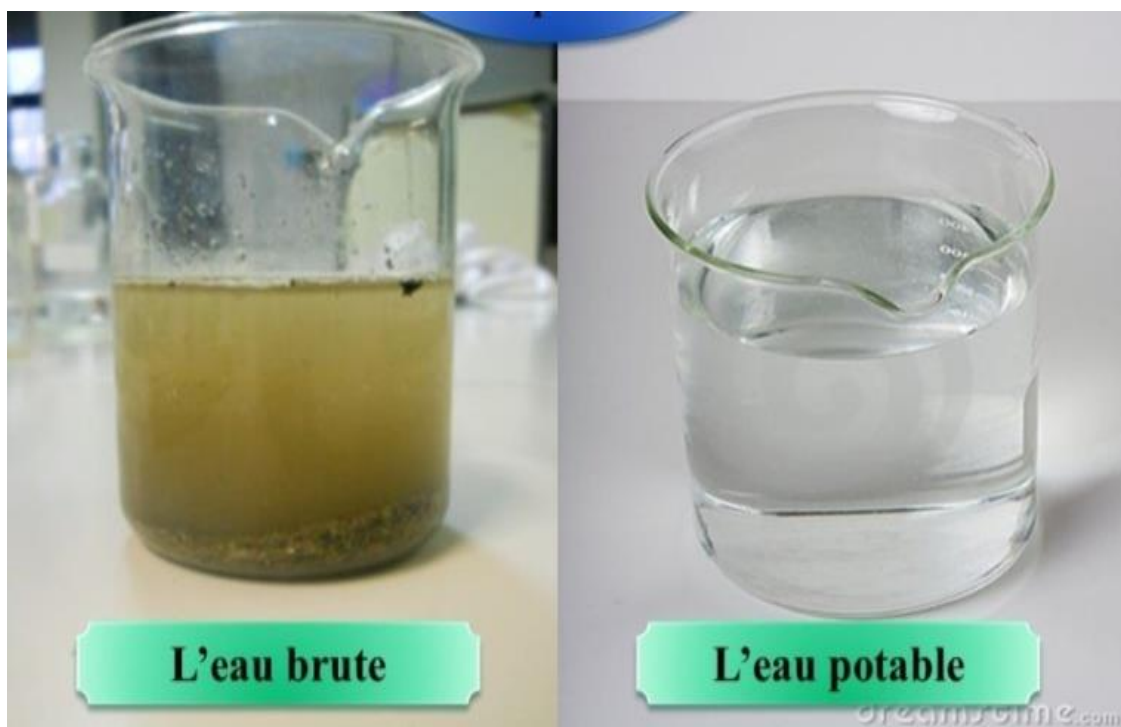


Figure II.1 photos réelles d'échantillons prélevés

II.II.3 Certaines Analyses Physicochimiques et Chimiques de l'eau brute et traitée réalisées au niveau de la station

II.II.3.1 Mesure de la turbidité

Mode opératoire :

- Rincer la cuvette avec l'eau distillée et remplir avec de l'eau à analyser jusqu'au trait jaugé.
- Vérifier l'absence de bulles d'air avant la mesure.
- Mettre la cuvette dans l'appareil de mesure cliquer sur (ENTRER).
- L'appareil affiche directement le résultat en NTU.
- Noter le résultat de la turbidité.

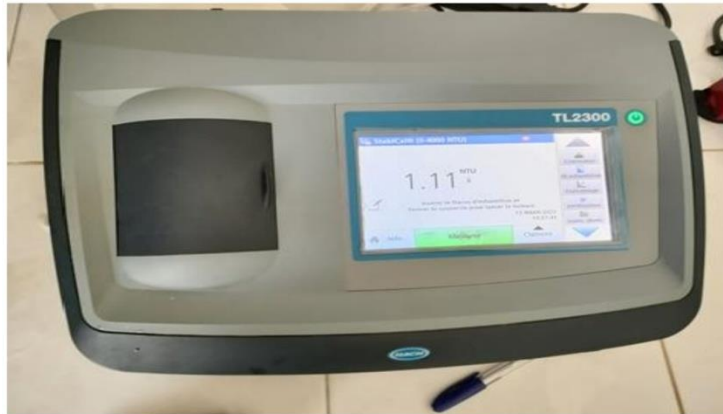


Figure II.2 Image du turbidimètre utilisé

II.II.3.2 Détermination des alcalinités TA et TAC et les bicarbonates

A. Titre alcalimétrique simple (TA)

Mode opératoire :

- A 100 ml d'eau à analyser, ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine.
- Si une coloration rose apparaît, titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à la disparition de la couleur.
- Si la couleur n'apparaît pas le TA = 0 (pH < 8,3 donc TA = 0).
- On note VTA le volume versé.



Figure II.3 Montage représentant l'analyse de TA

B. Titre alcalimétrique complet (TAC)

- A 100 ml d'eau à analyser, ajouter 2 à 3 gouttes de méthylorange à 0.5%.
- Titrer par l'acide sulfurique jusqu'au virage rouge orange et noter VTAC le volume versé.



Figure II.4 Montage représentant l'analyse de TAC

C. Détermination de la concentration des (HCO_3^-)

Voir Partie II chapitre III.

II.II.3.3 Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

Mode opératoire :

- Prélever une prise d'essai de 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de la solution tampon NH_4OH et une pincée d'indicateur : le noir ériochrome T(NET). Bien mélanger, la solution doit se colorer en rose.
- Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA, en versant lentement jusqu'au virage au bleu ; la couleur ne doit pas changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.
- Noter V_{EDTA} le volume d'EDTA utilisé.



Figure II.5 L'analyse de TH

II.II.3.4 Dosage des chlorures (Cl^-)

Mode opératoire :

- Introduire 25 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%.
- Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 min ; Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent utilisé.



Figure II.6 Image représentant l'analyse des Cl^-

II.II.4 Protocoles expérimentaux de la demande en chlore

II.II.4.1 Echantillonnage

Les tests des échantillons d'eau ont été réalisés dans le laboratoire de la station de traitement des eaux Hammam-Debagh. Les prélèvements manuels d'eau de barrage ont été effectués dans des bouteilles en plastique de 1,5 L, après avoir été préalablement rincées avec l'eau à prélever. Ensuite, ils sont transportés vers le laboratoire de la station de traitement des eaux. L'objectif des échantillons d'eau de barrage est de mesurer la quantité de chlore nécessaire.

Les collectes ont eu lieu pendant la période de février 2024.

II.II.5 Méthodes analytiques

II.II.5.1 Procédure expérimentale pour la préparation de la solution de l'eau de Javel

- Une concentration de 1,65 mol/l d'hypochlorite de sodium (eau de Javel (NaOCl) est diluée dans de l'eau distillée).

- Avant d'être utilisée, on réduit le pH de cette solution de 7,5 à 8 en ajoutant de l'acide chlorhydrique concentré HCl. Il y a donc un mélange d'acide hypochloreux HClO et d'ions hypochlorites ClO^- qui est le chlore actif. La méthode iodométrique permet de vérifier régulièrement son titre précis en g/l et en degré chlorométrique en utilisant une solution de thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (N/10).[1]

- La solution d'eau de javel est conservée à l'abri de la lumière.

II.II.5.2 Méthodes de dosage du Chlore

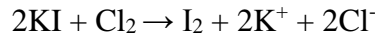
II.II.5.2.1 Dosage du chlore résiduel

Le chlore résiduel est déterminé par la méthode iodométrique, selon Tardât – Henry et Beaudry[2]

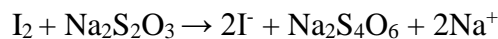
Principe de la méthode iodométrique :

Il s'agit d'une technique d'oxydoréduction qui comprend deux étapes :

1. Un excès d'iodure de potassium (KI) est ajouté, ce qui libère une quantité équivalente d'iode (I_2). La réaction a lieu dans un environnement acide avec un pH de 3 à 4. On privilégie l'acide acétique plutôt qu'un acide fort pour ce dosage.



2. L'iode ainsi libéré est dosé par une solution normale de thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3$) selon la réaction suivante :



$$[\text{Chlore}_{\text{résiduel}}](\text{mg/l}) = \frac{N_1 \times V_1 \times 35,5 \times 10^3}{V_2}$$

N_1 : Normalité de thiosulfate de sodium 0,1 N.

V_1 : Volume de thiosulfate de sodium versé (chute de burette) en ml.

V_2 : Volume de prise d'essais 10 ml.

35.5: la masse molaire de chlore (en g/l).[3]

II.II.5.3 Détermination de la demande en chlore

Objectif de la méthode :

La détermination de la consommation de chlore d'une eau permet d'évaluer le niveau de chloration à appliquer à l'eau à traiter afin d'obtenir une quantité de chlore résiduelle donnée, après un temps de contact fixé et à un pH donné. La DPD (N, N-d'éthyle-p-phenylen-diamine) est conseillée, car elle permet de différencier le chlore libre du chlore combiné.

À un pH de 6,2 à 6,5, la DPD provoque une coloration rougeâtre qui est proportionnelle à la quantité de chlore libre présente dans l'environnement. La quantité de chlore libre peut être déterminée par comparaison sur une échelle de couleur.

On ajoute de l'iodure de potassium sur le même échantillon, ce qui libère le chlore combiné et le rend réactif avec la DPD, ce qui nous donne finalement la lecture du chlore résiduel total. En comparant ces deux valeurs, il est possible de calculer le chlore réduit combiné à une température spécifique.

Chapitre II : Protocoles expérimentaux

Il est nécessaire d'effectuer cette demande de chlore en fonction des objectifs de la détermination et des conditions pratiques de l'installation : température de l'eau, durée de stockage de l'eau chlorée dans le réservoir (généralement 1 à 2 heures) ou du temps de séjour de l'eau dans le réseau (quelques heures à quelques dizaines d'heures).

Principe de la méthode :

On ajoute des concentrations de chlore croissantes dans une série de flacons contenant un même volume d'eau à analyser. Le premier flacon contient la demande en chlore de l'eau, lorsque la présence de chlore libre est détectée après un temps de contact spécifique (généralement 1 à 2 heures).[4]

II.II.5.4 Description des essais de chloration

Nous avons effectué nos essais dans des fioles de 100 ml. On procède à l'oxydation du chlore à température ambiante (18 à 20°C) en ajoutant des micro-volumes d'eau de javel dilué au 1/10. Une fois agitées, les fioles sont conservées dans l'obscurité.

Nous avons suivi cette procédure pour évaluer les consommations de chlore par nos échantillons. La consommation de chlore est calculée en fonction de la disparité entre le chlore introduit et le chlore résiduel mesuré.

II.II.6 (Le quotient CT) : Dose en désinfectant et son temps de contact

Le quotient CT est employé afin de déterminer la quantité de désinfectant nécessaire pour purifier l'eau. La concentration résiduelle finale d'un désinfectant chimique spécifique est exprimée en mg/L. Le "T" correspond à la durée minimale de contact (minutes) entre le matériel à désinfecter et le désinfectant. L'unité du CT est donc donnée en mg.min/L.

$$\text{CT} = \text{concentration en désinfectant} \times \text{temps de contact} = \text{C mg/L} \times \text{T minutes.}$$

Une fois que le désinfectant a produit une concentration résiduelle, il est nécessaire de la maintenir pendant un temps de contact nécessaire pour éliminer les microorganismes pathogènes.

Afin d'assurer une désinfection efficace de l'eau, il est nécessaire de donner à l'eau une concentration de désinfectant supérieure à celle qui était présente.

Le temps nécessaire pour désactiver un microorganisme spécifique diminue avec l'augmentation de la concentration de désinfectant (mg/L).

On réalise des tests en laboratoire afin de déterminer le temps de contact le plus efficace.

II.II.7 Analyses Bactériologiques de l'eau brute et traitée

II.II.7.1 Recherche des germes totaux à 37°C (GT)

La recherche et le dénombrement des germes totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22°C et ceux mésophiles soit 37°C.

Mode opératoire :

- Verser 1 ml d'eau à analyser au fond de deux boîtes de pétri vides.
- Compléter ces deux boîtes avec une quantité d'environ 15 à 20 ml de gélose TGEA fondue (**voir Annexe**), refroidir à 45°C.
- Maintenir une agitation délicate en utilisant un mouvement circulaire de va et vient en forme de (8) pour permettre à l'eau de se mélanger à la gélose.
- Laisser le milieu 10 minutes sur la paillasse pour se solidifier.
- Rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose.

Incubation :

L'incubation se fait à 37°C pendant 48 h pour la première boîte et à 22°C pendant 72h pour la deuxième boîte.

II.II.7.2 Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)

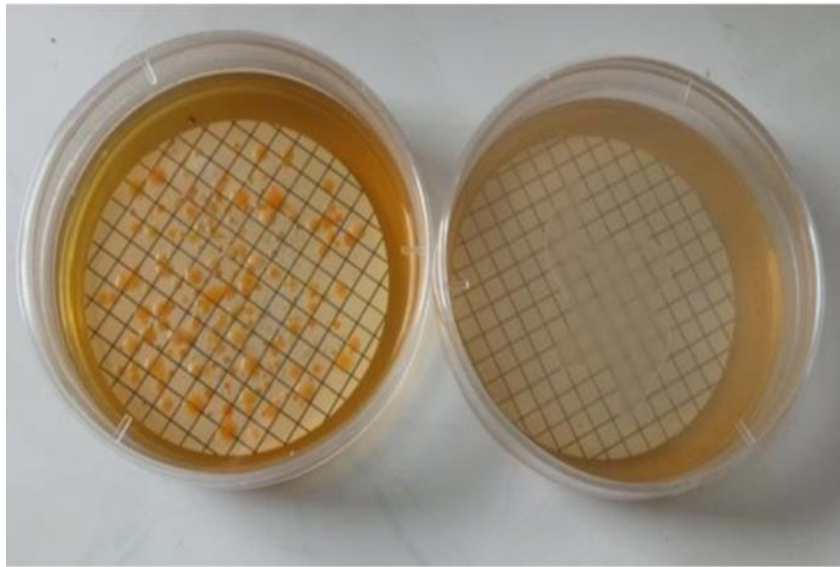


Figure II.7 Image représentant l'analyse bactériologique de l'eau (Coliformes totaux et fécaux)

Mode opératoire :

A. Pour les coliformes totaux

- Remplir l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser.
- Actionner la rampe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile.
- Ensemencer la membrane qui renferme les germes, dans une boîte de pétri contenant de la gélose TTC Tergitol.

B. Pour les coliformes fécaux

- Placer dans le milieu Schubert s'il y a des colonies.

Incubation :

Pour les coliformes totaux :

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

Pour les coliformes fécaux (*Escherichia coli*) :

L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures.

II.II.7.3 Recherche des streptocoques fécaux

Mode opératoire :

- Stériliser l'entonnoir à l'aide d'un bec bunsen.
- Refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien de l'eau distillée stérile.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 μm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dernier avec la pince correspondante.
- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 50 ml d'eau à analyser.
- Actionner la rampe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir et transférer la membrane à l'aide de la même pince stérile et placer dans une boîte de pétri contenant de la gélose Slanetz et Bartley.

Incubation :

L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 heures.

II.II.7.4 Recherche des anaérobies sulfite-réducteur (ASR)

- Prendre environ 25 ml à partir de l'eau à analyser, dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5ml par tube.
- Ajouter environ 20 ml de gélose viande foie, fondue, puis refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$.
- L'incorporation se fait dans un tube et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air.
- Mélanger doucement le milieu en évitant la formation des bulles d'air et l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ.

Incubation :

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

II.II.8 Analyse de l'eau de Javel utilisée dans la station

II.II.8.1 Dosage des ions hypochlorite (ClO^-) dans la solution de l'eau de Javel

II.II.8.1.1 Dosage iodométrique classique à température ambiante

Cette méthode implique l'ajout d'une solution d'iodure de potassium dans l'échantillon d'eau de Javel, suivie de la titration de l'iodure libéré par le thiosulfate de sodium.

Produits	Solutions/Solvants	Matériel
Iodure de potassium	HNO_3 1 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,100 M Empois d'amidon Sol. P d'eau de Javel à 15,1% de chlore actif et densité 1.21	Béchers de 150 (2) ml Pipette jaugée de 50 ml Pipette graduée de 5 ml Burette de 10 ml Agitateur magnétique non-chauffant

Les ions hypochlorite sont oxydants et peuvent donc être dosés classiquement par iodométrie. Dans un bécher de 150 ml, prélever, à l'aide d'une pipette jaugée, 50 ml de la solution P, ajouter 0,5 g de KI. Agiter, additionner ensuite 5 ml d' HNO_3 1 M. Laisser en réaction 5 min. Doser I_2 formé à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium 0,100 M jusqu'à décoloration de la solution (burette de 10 ml, ajouter en fin de dosage quelques gouttes d'empois d'amidon, V_1). Recommencer le dosage (V_2).[5]



Figure II.8 Image représentant le dosage iodométrique classique des ions hypochlorite

II.II.8.1.2 Dosage acide-base (Par pH-métrie)

Mode opératoire :

Mesurer le pH de l'eau de Javel à l'aide d'un pH-mètre.

Utiliser une courbe de titrage acide-base pour déterminer la concentration en ions hypochlorite en fonction du pH.

Produits	Solutions/Solvants	Matériel
Iodure de potassium	HCl 0,5 M Sol. P d'eau de Javel (Voir II.II.8.1.1)	Bécher de 150 ml Pipette jaugée de 100 ml Burette de 10 ml pH-mètre + électrodes (verre + ECS) Agitateur magnétique non-chauffant

Dans un bécher de 150 ml, prélever 100 ml de la solution P, doser par de l'acide chlorhydrique 0,5 M en suivant l'évolution du pH (burette de 10 ml, pas de 0,5 ml réduire le pas près de(s) l'équivalence(s)). Le dosage est impérativement arrêté à PH = 3.

II.II.8.1.3 Dosage spectrophotométrique

Produits	Solutions/Solvants	Matériel
Soude en pastilles Chlorure de sodium Chlorate de sodium	Sol. P d'eau de Javel (Voir II.II.8.1.1)	Fioles jaugées de 100 (5) ml Pipettes jaugées de 5,50 ml Spectrophotomètre + cuves en quartz

Préparation des solutions :

Dans une fiole jaugée de 100 ml, diluer la solution P d'un facteur 2 (sol. P₀).

Dans quatre fioles jaugées de 100 ml, préparer des solutions de concentration voisine de 0,05M de NaOH, de NaCl, et de KClO₃ (sol.C). Dans une fiole jaugée de 100 ml, diluer la solution de chlorite de sodium d'un facteur 20.

Enregistrer les spectres des solutions de NaOH, de NaCl, de et de KClO₃ entre 200 et 400nm. Les superposer au spectre de la solution P₀. [5]



Figure II.9 Matériel représentant le dosage spectrophotométrique direct de l'eau de Javel

II.II.8.2 Dosage de certains ions coexistant avec l'ion hypochlorite dans la solution de l'eau de Javel

II.II.8.2.1 Dosage des ions chlorates (ClO_3^-)

Réactifs nécessaires : Échantillon contenant les chlorates, réactif titrant (sulfate d'argent), indicateur (nitrate de potassium).

Protocole :

1. Préparation d'une solution de réactif titrant de sulfate d'argent de concentration 0.1M.
2. Ajout d'un indicateur (nitrate de potassium) à l'échantillon.
3. Titration de l'échantillon avec la solution de sulfate d'argent jusqu'à formation d'un précipité jaune de chlorure d'argent.
4. Calcul de la concentration en chlorates dans l'échantillon.



Figure II.10 Image représentant le dosage des chlorates (ClO_3^-)

II.II.8.2.2 Dosage des chlorites (ClO_2^-)

Réactifs nécessaires : Échantillon contenant les chlorites, réactif titrant (sulfate de fer (II)), indicateur (starch-iodide).

Protocole :

Le protocole est similaire au dosage des chlorates, mais en utilisant un réactif titrant différent adapté à la réaction spécifique avec les chlorites.



Figure II.11 Image représentant le dosage des chlorites (ClO_2^-)

II.II.8.2.3 Dosage argentimétrique des ions chlorure (Cl^-) dans la solution d'eau de Javel

Produits	Solutions/Solvants	Matériel
K_2CrO_4	AgNO_3 0,100 M Sol. P d'eau de Javel (Voir II.II.8.1.1) Tampon acétique (0,2M ; pH=4,6) Eau oxygénée à 3%	Bécher de 100 ml Pipette jaugée de 50 ml Pipettes graduées de 5, 10 ml Burette de 10 ml Agitateur magnétique non-chauffant

Dans un bécher de 100ml, prélever 50 ml de la solution P, ajouter 5 ml de H_2O_2 à 3% et chauffer à ébullition pendant 10min. Refroidir dans la glace. Ajouter 10 ml de solution tampon acétique (0,2 M). Ajouter 2 à 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%.

Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent à 0,100 M jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 min ; Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent utilisé.[5]

II.II.8.3 Etude par spectrophotométrie de la Cinétique de décomposition des ions hypochlorite dans l'eau de Javel en fonction de la température

Dans 7 tubes de 20 ml, prélever 1 ml (pipette jaugée) d'eau de Javel à 15,1 % de chlore actif. Boucher ces tubes avec du parafilm, les plonger dans un bain d'huile thermostaté vers 75°C . Mesurer précisément si nécessaire la température du bain

t (min)	0	20	60	110	170	240	320
---------	---	----	----	-----	-----	-----	-----

Au temps ci-dessus, refroidir un tube dans la glace. Ajouter 5 ml d'eau distillée en rinçant les parois du tube. Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 50 ml, rincer le tube avec trois fois 5 ml d'eau. Compléter au trait de jauge, homogénéiser. Dans une seconde fiole jaugée de 50 ml, diluer cette solution d'un facteur 10. Homogénéiser et enregistrer le spectre de la solution diluée entre 200 et 400 nm (cuve en quartz, blanc : eau distillée).[5]

Références

- [1] J. Rodier, B. Legube, et N. Merlet, « L'Analyse de l'eau 9e édition », Entièrement mise à jour, Dunod, Paris, 2009.
- [2] Degremont, Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, Tome 1, 9^e éd. 1989.
- [3] T. Bergan et A. Lystad, « Evaluation of désinfectant inactivators. », Acta pathologica et microbiologica scandinavica, Section B, vol. 80, n^o 4, p. 507-510, 1972.
- [4] D. R. RAHAL et N. TOUBI, « Etude de l'efficacité du processus de chloration au niveau de la station de traitement de l'eau du barrage Bouhamdene-Guelma. », 2023.
- [5] B. Jean-Pierre, 400 manipulations commentées de chimie des solutions volume 1. Ellipses, 2011. [En ligne]. Disponible sur :
<https://books.google.dz/books?id=fxdEEAAAQBAJ>

Chapitre III

Résultats & Discussions

II.III.1 Analyses chimiques et physicochimiques de l'eau au niveau de la station de traitement du barrage de Bouhamdene

L'eau est un élément vital pour toute forme de vie, et sa qualité joue un rôle crucial dans la santé publique et l'environnement. Les analyses d'eau sont donc essentielles pour évaluer sa pureté et sa sécurité.

Dans cette partie, nous présentons les principaux résultats obtenus, ainsi que leurs implications et interprétations dans le contexte de notre étude.

II.III.1.1 Mesure de de la turbidité

Tableau III.1 Résultats des analyses de la turbidité pour la période (janvier 2024 à Avril 2024)

Date de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
Turbidité (NTU) Eau Brute (EB)	24,5	14,7	13	12,5
Turbidité (NTU) Eau Traitée (ET)	5,86	2,8	2	1,11

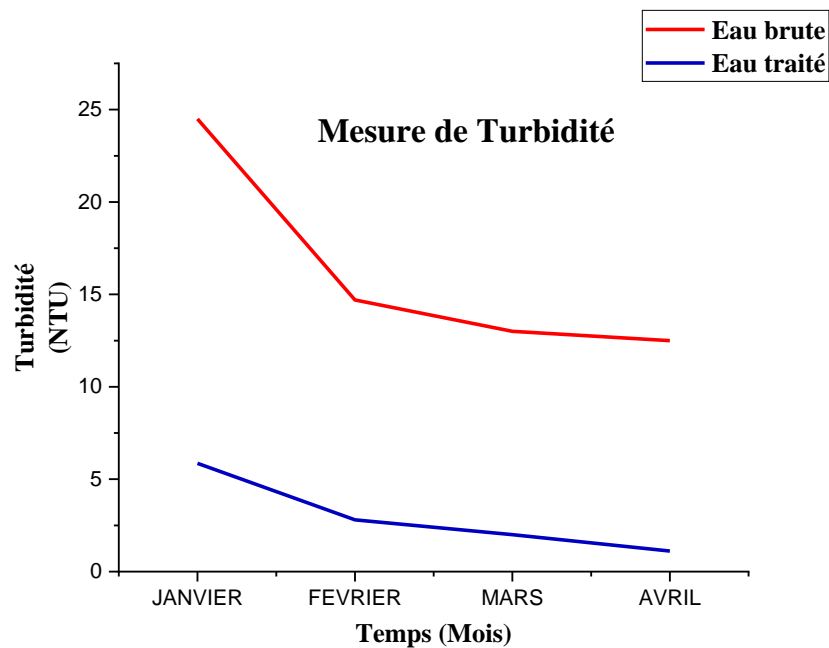


Figure III.1 Evolution de la turbidité (Turb) dans l'intervalle (Janvier 2024 à Avril 2024)

Interprétation et Discussion :

La turbidité est une caractéristique qui indique la clarté d'une eau ; Elle est influencée par les éléments colloïdaux présents dans l'eau.

L'analyse des données présentées dans la figure ci-dessus met en évidence une variation de la turbidité des eaux brutes au fil du temps, avec des niveaux de valeurs variables.

La période allant de janvier jusqu'au avril pour l'eau brute est marquée par une forte turbidité, principalement due aux précipitations. À cette période de l'année, l'eau, sur son chemin, s'empare d'un grand nombre de particules qui la perturbent. Les substances en suspension sont variées, comprenant des substances minérales comme l'argile, le limon, le sable, des particules fines et des microorganismes.

Toutefois, avec les traitements réalisés dans la station de traitement d'eau, la turbidité a connu une diminution significative, toutes les valeurs pour l'eau traitée restant inférieures à la valeur indicative (5 NTU) établie par la norme algérienne concernant la qualité de l'eau potable.

II.III.1.2 Mesure de TA et TAC et les bicarbonates (HCO_3^-)

A. Détermination du titre alcalimétrique simple (TA)

Tableau III.2 Résultats des analyses de TA pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024)

Date de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
TA(°f) Eau Brute (EB)	0	0	0	0
TA(°f) Eau Traitée (ET)	0	0	0	0

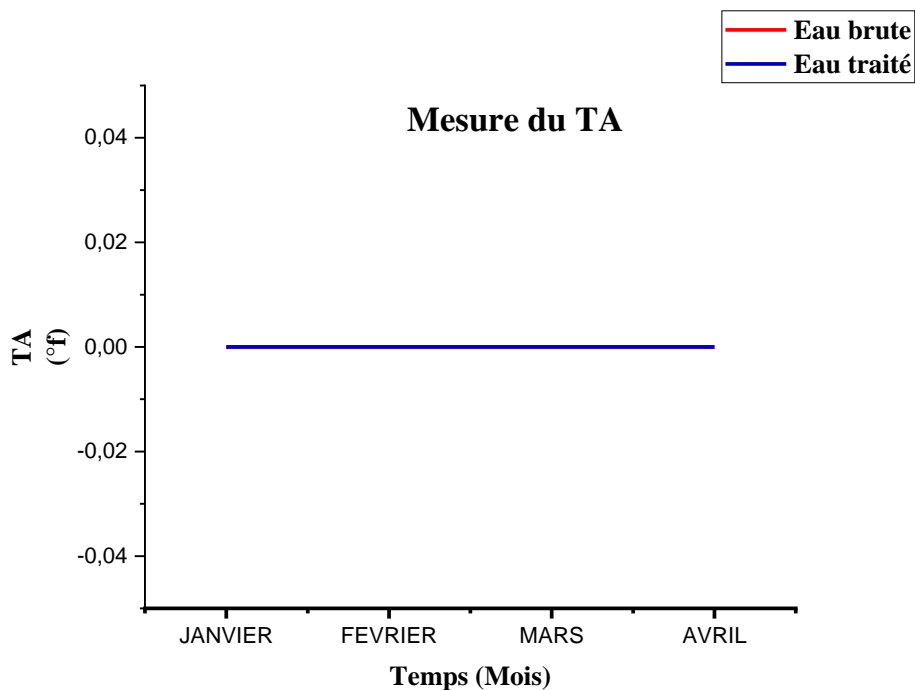


Figure III.2 Evolution du titre alcalimétrique simple (TA) en fonction du temps (Janvier2024 à Avril 2024)

Interprétation et Discussion :

Les résultats obtenus indiquent que les valeurs du titre alcalimétrique sont 0f°. Ces résultats sont en totale adéquation avec les normes relatives à la qualité de l'eau potable, établies à 12f°.

B. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

Tableau III.3 Résultats des analyses de TAC pour la période (Janvier 2024 à Avril 2024)

Date de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
TAC(°f) Eau Brute (EB)	10,1	11	10,6	10,7
TAC(°f) Eau Traitée (ET)	8,9	10,7	9,1	9,3

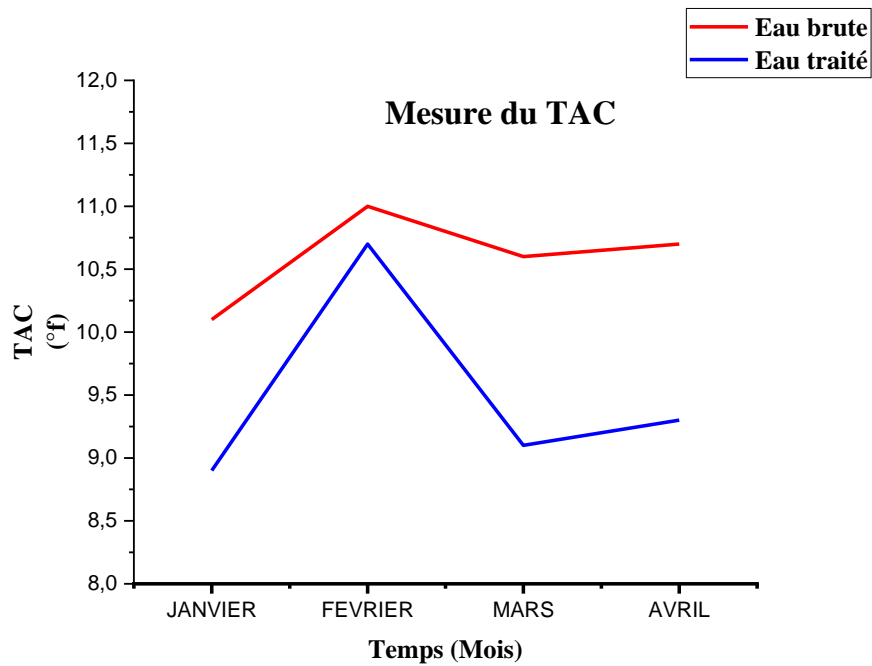


Figure III.3 Evolution du titre alcalimétrique complet (TAC) au cours des mois (Janvier2024 à Avril 2024)

Interprétation et Discussion :

La teneur en alcalins libres, comme les carbonates et les hydrogénocarbonates, dans l'eau est mesurée par le titre alcalimétrique complet (TAC). Les conclusions de cette étude indiquent que les valeurs du TAC pour l'eau brute et traitée sont pratiquement semblables, et s'accordent avec la norme Algérienne (12°f) avec une légère diminution observée pendant le traitement.

C. Détermination de la concentration des Bicarbonates (HCO_3^-)

Expression des résultats :

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/l} = (V \times C \times M(\text{HCO}_3^-) / \text{PE}) \times 1000$$

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/l} = (V \times 0,02 \times 61/100) \times 1000$$

V : volume d'acide versé dans le titrage de TAC.

C : concentration de l'acide versé (0,02 mol/l).

M(HCO_3^-) : masse molaire de bicarbonate (HCO_3^-) = 61 g/mol.

PE : prise d'essai

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ (mg/l)} = \text{TAC } ^\circ\text{f} \times C \times M(\text{HCO}_3^-) / \text{PE}$$

Et après les calculs : $[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/l} = \text{TAC (}^\circ\text{f)} \times 12,2$

Tableau III.4 Résultats des analyses de bicarbonates pour les mois (janvier à Avril 2024)

Date de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
HCO₃⁻(mg/l) Eau Brute (EB)	123,22	134,2	129,32	130,34
HCO₃⁻(mg/l) Eau Traitée (ET)	108,58	130,54	111,02	114,12

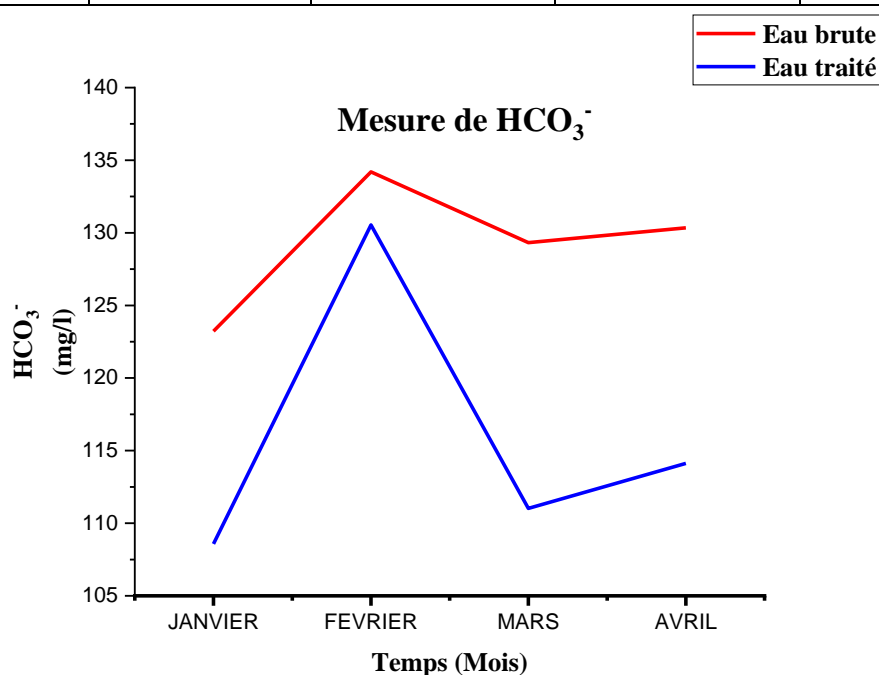


Figure III.4 Evolution des bicarbonates (HCO₃⁻) en fonction des mois (Janvier2024 à Avril 2024)

Interprétation et Discussion :

D'après la figure ci-dessus, les niveaux de bicarbonates dans l'eau brute et l'eau traitée sont semblables, avec des valeurs de 134,2 à 108,58 mg/l respectivement.

Les valeurs obtenues respectant l'ensemble de la norme algérienne, qui établit une limite maximale de 350 mg/l.

II.III.1.3 Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

Tableau III.5 Résultats des analyses de TH pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024)

Date de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
TH (°f) Eau Brute (EB)	22	21,8	20,6	20,4
TH (°f) Eau Traitée (ET)	22	21,8	20,6	20,4

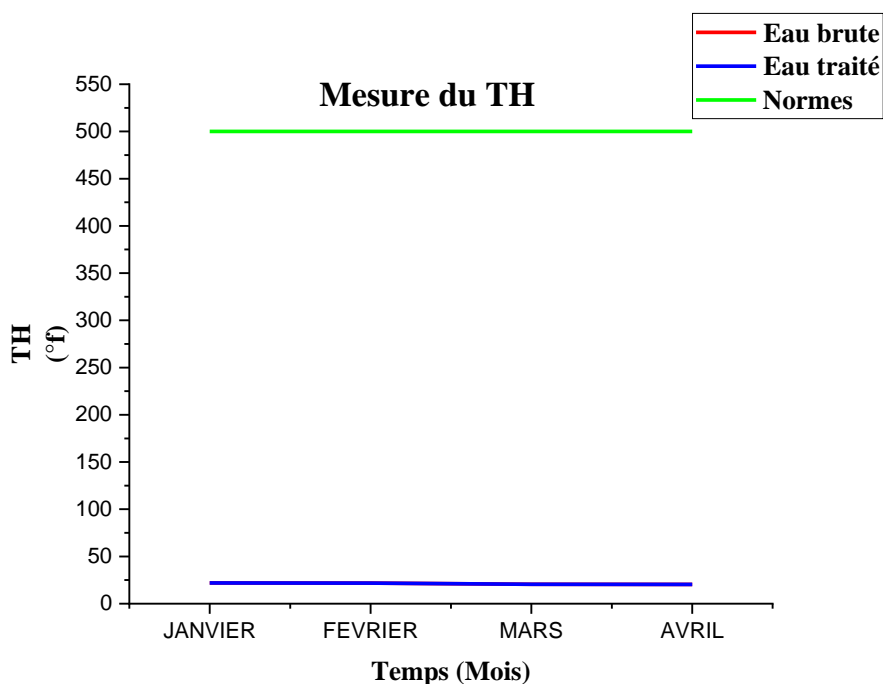


Figure III.5 Evolution du titre hydrotimétrique (TH) au cours des mois (Janvier 2024 à Avril 2024)

Interprétation et Discussion :

La courbe présentée dans la ci-dessus illustre l'évolution de la dureté totale ou titre hydrotimétrique en fonction des mois.

Les résultats obtenus indiquent que la dureté de l'eau de ce barrage diminue légèrement à partir du mois de janvier jusqu'au mois d'avril et demeure très inférieure à la norme algérienne (500°f).

II.III.1.4 Dosage des chlorures (Cl⁻)

Tableau III.6 Résultats des analyses des chlorures pour la période (janvier 2024 à Avril 2024)

Date de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
Cl ⁻ (mg/l) Eau Brute (EB)	71	71	56,8	56,8
Cl ⁻ (mg/l) Eau Traitée (ET)	71	71	56,8	56,8

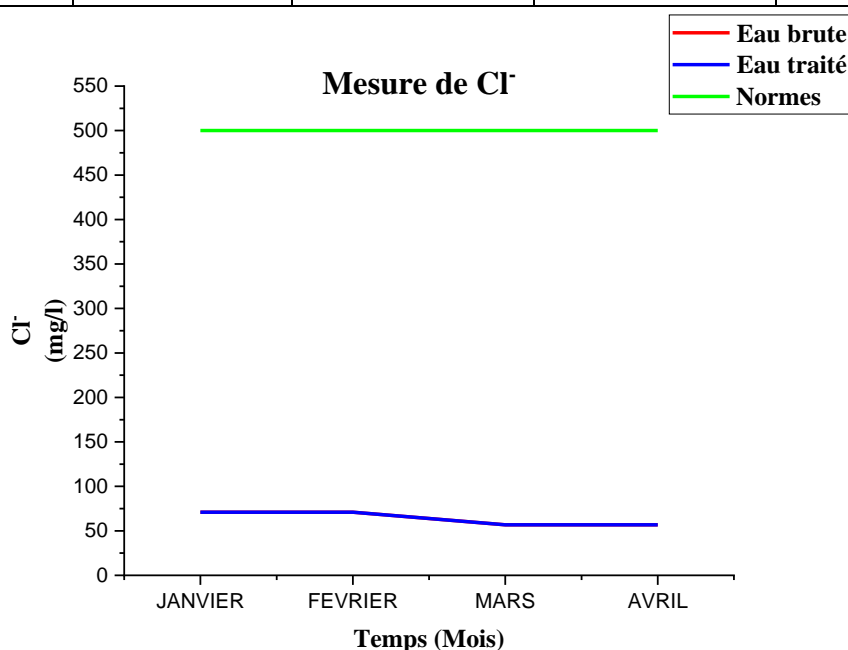


Figure III.6 Evolution des chlorures (Cl⁻) en fonction du temps (Janvier 2024 à Avril 2024)

Interprétation et Discussion :

La quantité de chlorures présente dans l'eau est déterminée par la géologie du terrain traversé. Les eaux contenant une grande quantité de chlorures peuvent entraîner des problèmes digestifs et accélérer la corrosion des conduites. D'après la norme algérienne, la concentration de chlorures dans l'eau doit être inférieure à 500 mg/l pour garantir sa potabilité. Selon les résultats obtenus, il est observé que les concentrations de chlorures dans la période allant de janvier jusqu'au mois d'avril l'eau sont réparties entre 56,8 à 71 mg/l, ce qui est conforme aux normes actuelles. De cette manière, l'eau provenant du barrage Bouhamdene n'est pas corrosive et peut être qualifiée de qualité supérieure.

II.III.2 Détermination de la dose optimale en chlore de l'eau de Javel versée pour la désinfection de l'eau.

Parmi les composants chimiques souvent examinés dans l'eau se trouve l'eau de Javel, largement utilisée comme désinfectant, notamment dans le traitement de l'eau potable

Les doses optimales de chlore dans l'eau de Javel sont établies en fonction de différents éléments tels que la qualité de l'eau, les types et les concentrations des micro-organismes présents, ainsi que le pH de l'eau brute. Des essais sont effectués à un pH donné afin d'évaluer l'efficacité de diverses quantités de chlore dans l'élimination des microorganismes visés.

L'objectif consiste à concilier l'élimination efficace des microorganismes avec la préservation d'une réserve de chlore résiduel adéquate tout au long du réseau de distribution d'eau. Il est crucial de conserver cette réserve de chlore résiduel afin d'éviter la propagation des micro-organismes et de garantir la désinfection de l'eau jusqu'au moment de sa consommation. Cependant, une surabondance de chlore dans l'eau peut entraîner des conséquences néfastes sur la santé humaine.

Tableau III.7 L'évolution de la concentration du chlore combiné et chlore résiduel en fonction de la dose de chlore introduite. A pH= 8 et T=7°C, Temps de contact T₂=2heures. (Mois de Février)

Chlore injecté mg/l	0,6	1	1,2	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Chlore combiné mg/l	0,2	0,2	0,25							
Chlore libre mg/l				Trace	Trace	Trace	0,1	0,3	0,6	1

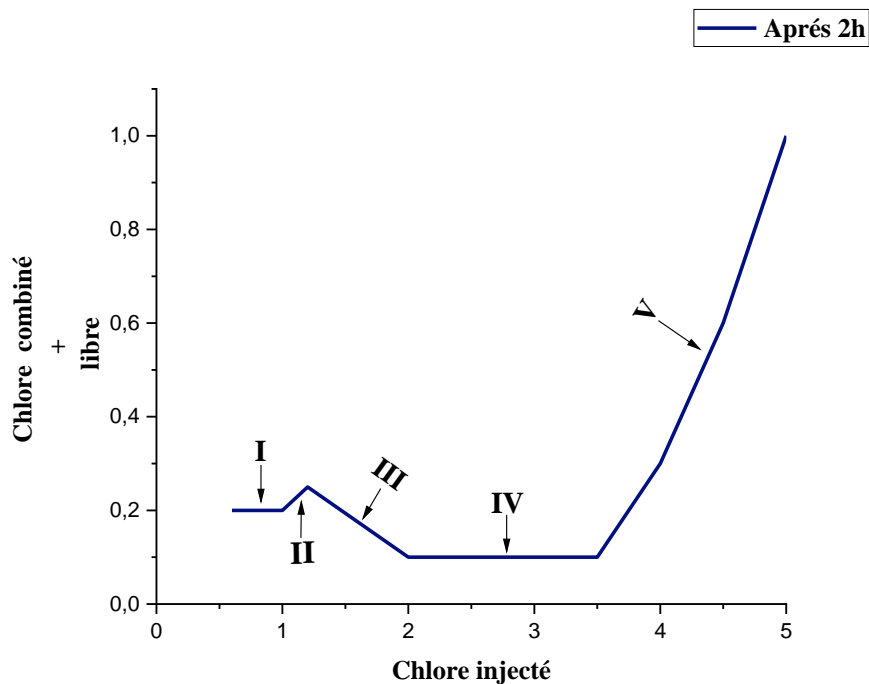


Figure III.7 Evolution du chlore libre + combiné en fonction du chlore injecté à pH=8 et T=7°C après T₂=2h de contact (Mois de Février)

Interprétation et Discussion :

Après deux heures de contact à un pH de 8 et une température de 7°C, l'interprétation de l'évolution du chlore libre et combiné en fonction du chlore injecté serait la suivante :

En effet, après 2 heures de contacte et à pH=8, le point de rupture (break point) a changé et sa valeur est maintenant de 3,5 mg/l, ce changement est dû à la réapparition de grandes quantités d'algues dans le barrage suite à une faible précipitation pendant cette période de printemps. La courbe obtenue présente **5** étapes

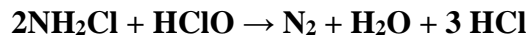
Étape I - Dans Cette étape a lieu l'oxydation de substances réductrices, spécialement inorganiques : Fe²⁺, Mn²⁺, H₂S, ... Tout l'hypochlorite qu'on ajoute est consommé, ceci révèle l'absence de chlore disponible.

Étape II - Quand ces substances ont été détruites, il commencerait une étape dans laquelle se formeraient les composés chlorés, principalement les chloramines, qui agirait comme chlore résiduel, ce qui donnerait un certain caractère désinfectant au système.

Étape III - Quand tout l'ammoniac et les amines organiques ont réagi au chlore, après le palier de la courbe, il commence une étape de destruction de ces composés chlorés formés dans l'étape antérieure.

Étape IV - Encore qu'on y ajoute du chlore, il n'y a pas un croissement de la quantité de chlore disponible, car on consomme d'avantage le chlore résiduel qui avait été formé, comme l'hypochlorite ajouté.

Dans l'équation suivante on peut observer cet effet :



Alors la capacité désinfectante du système se réduit dans cette étape.

Étape V - Après le point de rupture (break point) situé à 3,5 mg/l, tout le chlore qu'on ajoute reste comme chlore résiduel. Lorsque toutes ces substances ont réagi avec le chlore, celui-ci reste sous forme de chlore libre.

À partir de ce point, on considère que la désinfection proprement dite et l'élimination des microorganismes par le chlore a lieu, et l'eau contient une quantité résiduelle de chlore libre spécifique.

Ainsi, en se basant sur la courbe de détermination de chlore on peut observer le point de rupture (break point) qui est un bon indicateur de la demande en chlore.

La demande de chlore est la différence qui existe entre la quantité de chlore appliquée à l'eau et celle de chlore libre disponible. Ainsi on peut considérer que la demande en chlore correspond à peu près à la dose dans laquelle le point de rupture est atteint.

- **Chlore libre** : Après deux heures, on peut s'attendre à ce que le chlore libre injecté ait continué à réagir avec les contaminants présents dans l'eau pour les désinfecter. Le niveau de chlore libre pourrait avoir diminué par rapport à celui mesuré après une heure, mais il devrait encore être présent dans l'eau pour maintenir la désinfection.

- **Chlore combiné** : Le chlore combiné pourrait continuer à augmenter après deux heures de contact. Cela indiquerait que le chlore injecté a réagi avec les contaminants pour former des composés chlorés combinés. Cependant, il est important de surveiller le niveau de chlore combiné, car un excès peut entraîner une irritation pour les utilisateurs et une diminution de l'efficacité de la désinfection.

La discussion pourrait se concentrer sur le maintien de l'équilibre entre le chlore libre et combiné pour assurer une désinfection efficace tout en minimisant les effets indésirables pour les utilisateurs. Des ajustements éventuels dans la quantité de chlore injecté pour maintenir cet

équilibre pourraient être envisagés, ainsi que des considérations sur la nécessité éventuelle de prolonger le temps de contact en raison de la température plus basse.

Evaluation du quotient CT

Pour la même eau, à pH = 8 et T= 7°C, une eau bien définie par sa composition possède un quotient CT constant qui traduit l'efficacité de l'opération de désinfection.

$$\text{CT} = \text{concentration en désinfectant} \times \text{temps de contact} = \text{C mg/L} \times \text{T minutes.}$$

$$T = 120 \text{ min} \qquad \text{deuxième temps de contact}$$

$$C = 3,5 \text{ mg/l} \qquad \text{demande en chlore correspondante}$$

$$\Rightarrow C \times T = 3,5 \text{ mg/l} \times 120 \text{ min} = 420 \text{ mg.min/l}$$

II.III.3 Analyses Bactériologiques

L'évaluation de la qualité microbiologique de l'eau est une étape cruciale pour assurer sa potabilité et sa sécurité pour la consommation humaine.

Parmi les nombreux germes et bactéries potentiellement présents dans l'eau, plusieurs sont particulièrement significatifs en termes de risques pour la santé publique.

Dans le cadre des analyses microbiologiques de l'eau, plusieurs types de germes sont régulièrement recherchés pour évaluer sa contamination et son niveau de sécurité.

Dans cette partie, nous explorerons les résultats d'analyse de ces différents types de germes dans l'eau, ainsi que leur importance dans la préservation de la santé publique et de la sécurité de l'approvisionnement en eau potable. En comprenant les risques associés à ces différents germes et en mettant en œuvre des stratégies efficaces de surveillance et de traitement de l'eau, nous pouvons mieux protéger la santé des populations et prévenir les maladies d'origine hydrique.

II.III.3.1 Recherche des germes totaux à 37°C (GT)

Tableau III.8 Résultats des analyses des germes totaux pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024)

Date de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
GT (UFC/ml) Eau Brute(EB)	52	300	125	50
GT (UFC/ml) Eau Traitée (ET)	0	0	0	0

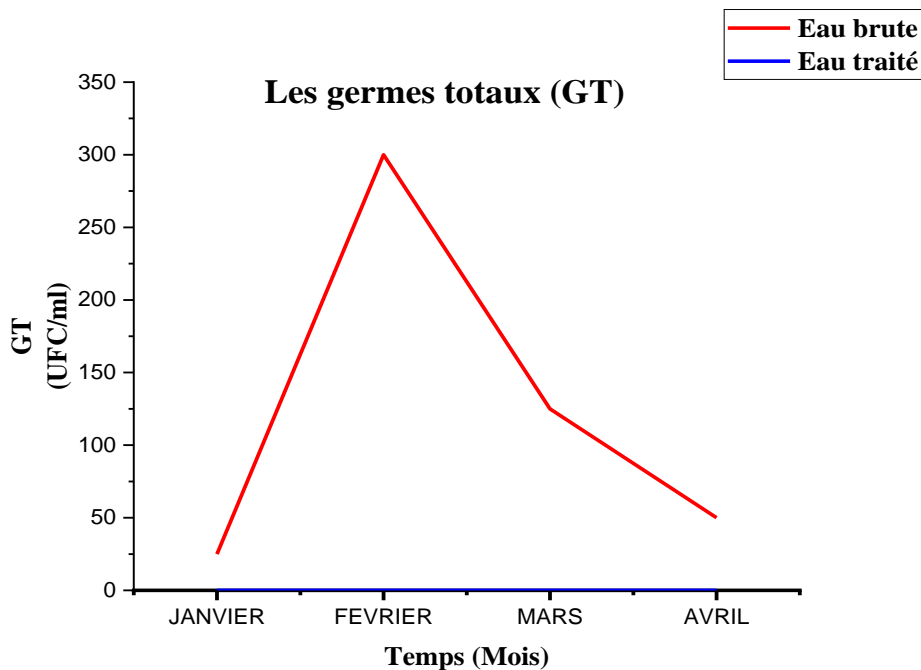


Figure III.8 Evolution des germes totaux (GT) en fonction des mois (Janvier 2024 à Avril 2024)

Interprétation et Discussion :

La recherche des germes totaux à 37°C (GT) fournit une indication générale de la présence de micro-organismes dans l'eau, les résultats obtenus révèlent que les valeurs enregistrées des germes totaux varient. Effectivement, en ce qui concerne l'eau brute, la charge bactérienne atteint son maximum en Février (300 UFC/ml) et la charge minimale est observée en Avril (50 UFC/ml). Les résultats obtenus révèlent que les valeurs enregistrées des germes totaux varient. Cependant, l'eau traitée présente une charge bactérienne nulle, ce qui démontre l'efficacité du traitement effectué et la qualité sanitaire satisfaisante de l'eau pour la consommation humaine.

II.III.3.2 Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)

A. Pour les coliformes totaux (CT)

Tableau III.9 Résultats des analyses des coliformes totaux pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024)

Date de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
CT(UFC/100ml) Eau Brute (EB)	7	0	0	0
CT(UFC/100ml) Eau Traitée (ET)	0	0	0	0

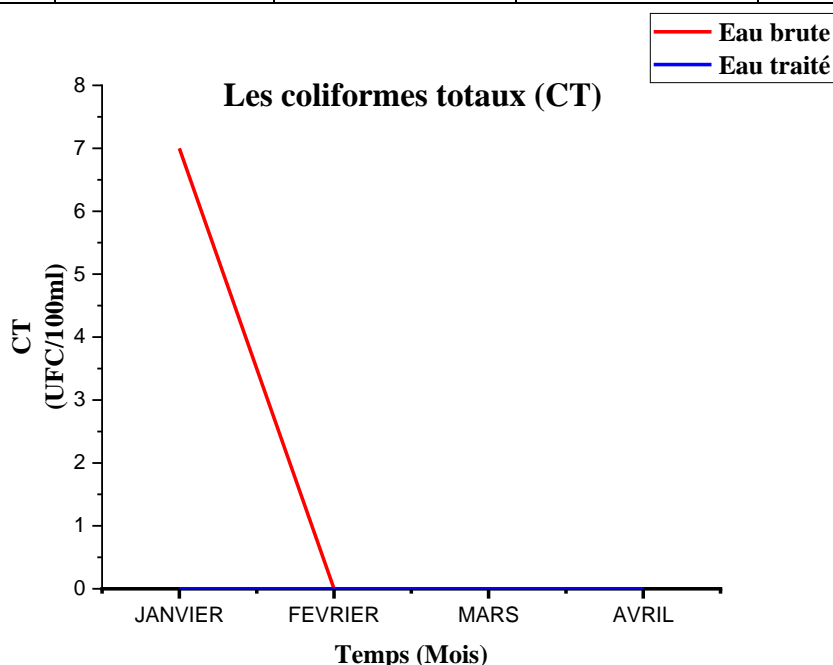


Figure III.9 Evolution des coliformes totaux (CT) en fonction des mois (Janvier 2024 à Avril 2024)

Interprétation et Discussion :

La recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) est essentielle pour évaluer la contamination fécale de l'eau. Les coliformes totaux sont des indicateurs généraux de contamination, tandis que les coliformes fécaux sont spécifiques aux matières fécales animales ou humaines, signalant ainsi un risque accru de maladies d'origine hydrique.

Les résultats obtenus montrent que les concentrations de coliformes totaux (CT) pour l'eau brute fluctuent au fil des mois. En outre, on observe un maximum de charge bactérienne au

Chapitre III : Résultats & Discussions

mois de mars (37 UFC/100 ml), tandis qu'une valeur nulle est obtenue pour le mois d'avril. Par contre, pour l'eau traitée, il n'y a pas de détection de ces bactéries, ce qui respecte la norme algérienne qui est de 0 UFC/100 ml. Ces résultats témoignent d'une qualité bactériologique remarquable des eaux examinées.

B. Pour les coliformes fécaux (CF)

Tableau III.10 Résultats des analyses de coliforme fécaux pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024)

Date de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
CF(UFC/100ml) Eau Brute(EB)	2	0	2	0
CF(UFC/100ml) Eau Traitée (ET)	0	0	0	0

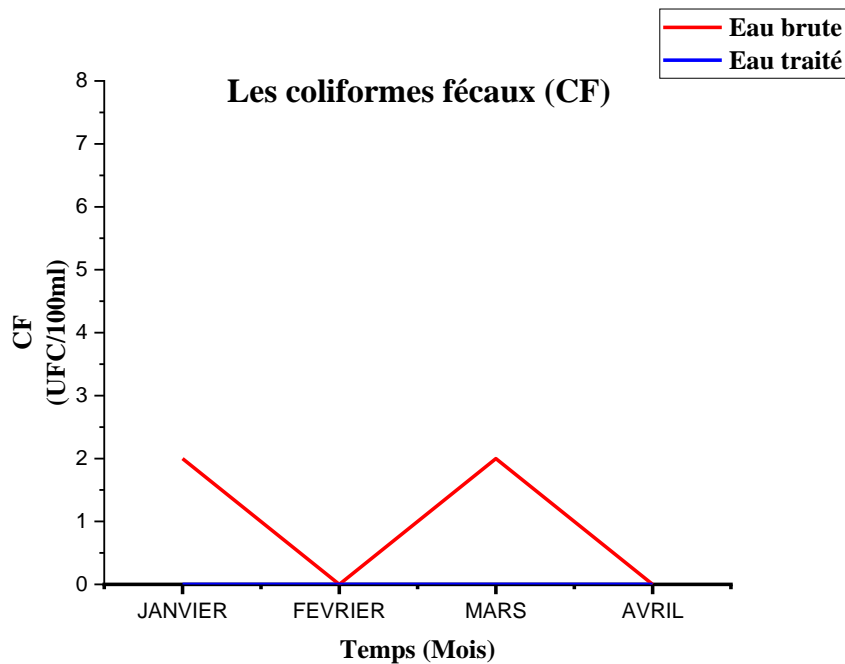


Figure III.10 Evolution des coliformes fécaux (CF) en fonction des mois (Janvier 2024 à Avril 2024)

Interprétation et Discussion :

Les résultats obtenus montrent une différence minimale et peu significative entre les valeurs des coliformes fécaux (CF) pour l'eau brute et l'eau traitée.

Chapitre III : Résultats & Discussions

Effectivement, les résultats indiquent une similarité des valeurs pour les mois de janvier et mars, avec un nombre de 2 UFC/100 ml, tandis que pour les mois de février et avril, les valeurs sont nulles. Il convient de noter que l'eau traitée ne présente toujours aucune charge bactérienne, conformément à la norme Algérienne en la matière.

II.III.3.3 Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (ASR)

Tableau III.11 Résultats des analyses des anaérobies sulfito-réducteurs pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024)

Date de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
ASR(UFC/100ml) Eau Brute (EB)	3	5	4	4
ASR(UFC/100ml) Eau Traitée (ET)	0	0	0	0

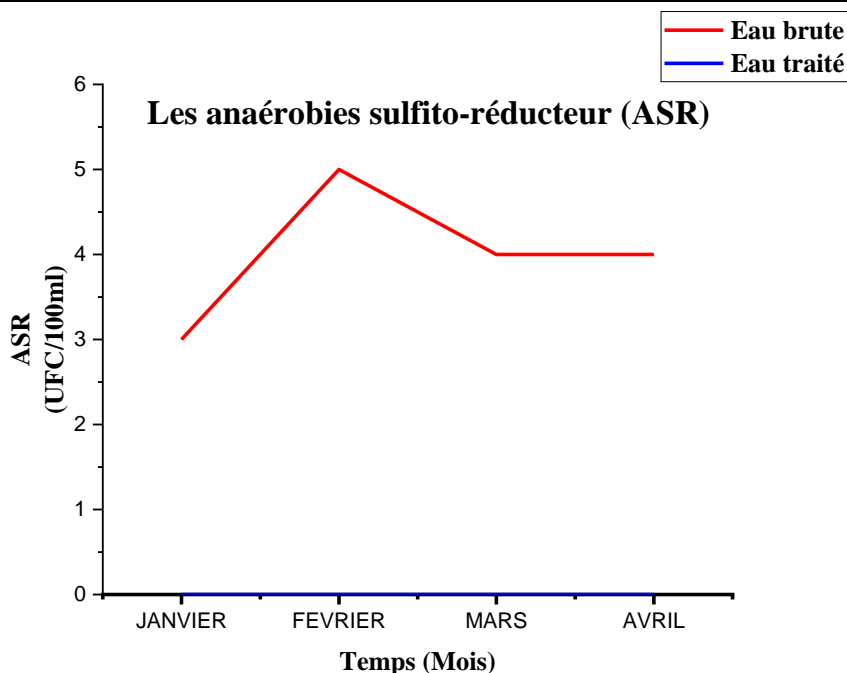


Figure III.11 Evolution des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) en fonction du temps (Janvier 2024 à Avril 2024)

Interprétation et Discussion :

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) sont également examinés, car leur présence peut indiquer des conditions anaérobies favorables à la prolifération de bactéries pathogènes.

Les résultats obtenus (Figure III.12) montrent que les anaérobies sulfito-réducteurs sont présents dans l'eau brute en petites quantités et absent complètement dans l'eau traitée.

II.III.3.4 Recherche des streptocoques fécaux

Tableau III.12 Résultats des analyses des streptocoques fécaux pour les mois (janvier 2024 à Avril 2024)

Date de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
SF(UFC/100ml) Eau Brute (EB)	0	7	0	0
SF(UFC/100ml) Eau Traitée (ET)	0	0	0	0

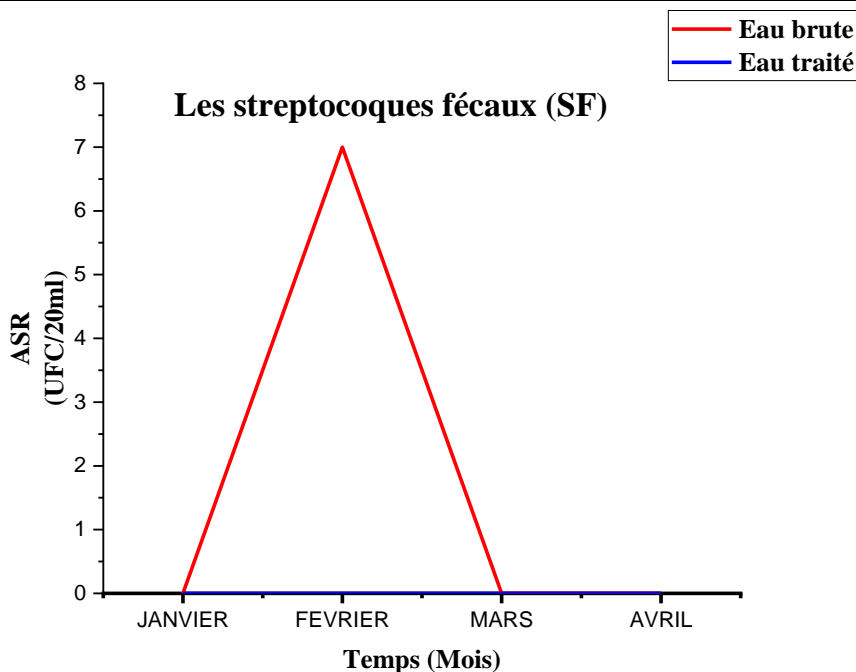


Figure III.12 Evolution des streptocoques fécaux en fonction des mois (Janvier 2024 à Avril 2024)

Interprétation et Discussion :

La recherche des streptocoques fécaux est spécifique aux contaminants d'origine fécale, permettant ainsi d'identifier des sources potentielles de contamination humaine ou animale.

En période de février, on observe une augmentation de la quantité de streptocoques fécaux dans l'eau brute, atteignant 7 UFC/100 ml, mais ces bactéries sont complètement absentes dans

les autres mois. Par contre, la présence de ces bactéries dans l'eau traitée demeure toujours nulle, ce qui explique l'efficacité du traitement réalisé.

II.III.4 Analyses de l'eau de javel utilisée dans la station

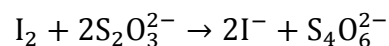
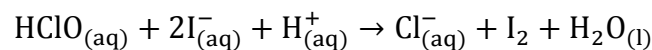
En dosant les ions hypochlorite, chlorures, chlorates et chlorites présents dans l'eau de Javel, on peut évaluer sa qualité et sa stabilité. En effet, des concentrations élevées de ces ions peuvent indiquer une dégradation de l'eau de Javel, ce qui pourrait réduire son efficacité désinfectante ou même entraîner la formation de sous-produits potentiellement nocifs.

Dans cette partie de notre travail, la concentration en ions hypochlorite, chlorure, chlorate et chlorite d'une eau de Javel contenant 15.1% de chlore actif sont évaluées en utilisant des techniques spécifiques.

II.III.4.1 Dosage des ions hypochlorite (ClO^-) dans la solution de l'eau de Javel

II.III.4.1.1 Dosage iodométrique classique des ions hypochlorite

Les ions hypochlorite sont oxydants et peuvent donc être dosés classiquement par iodométrie en milieu acide selon les réactions suivantes :



• En milieu acide, l'oxydant le plus fort (HClO) et le réducteur le plus fort (I^-) réagissent. Les ions iodure sont en grand excès, les espèces qui coexistent en fin de réaction sont donc I_2 (sous forme I_3^-) et Cl^-

Le diiode apparu est ensuite dosé classiquement par les ions thiosulfate. Un équivalent molaire d'ions hypochlorite nécessite deux éq. D'ions thiosulfate.

La moyenne des volumes équivalents de la solution titrante ($V_{\text{éq}} = 82,5 \text{ ml}$) donne une concentration d'ions hypochlorite dans la solution commerciale :

$$C_{\text{ClO}^-} \times V_1 = 2(C_2 \times V_{\text{éq}}) \times f$$

$$V_{\text{éq}} = 82,5 \text{ ml}$$

f : coefficient de dilution

$$C_{ClO^-} = \frac{2(C_2 \times V_{\text{éq}})}{V_1} = \frac{2(0.1 \times 82.5) \times 5}{50}$$

$$C_{ClO^-} = 1,65M$$

II.III.4.1.2 Dosage acide-base (pH métrique) des ions hypochlorite

Les ions hypochlorite sont basiques et peuvent être dosés par un acide fort avec un suivi pH métrique. Les résultats du dosage sont rapportés dans le tableau suivant :

Tableau III.13 Résultats des analyses dosage acide-base de l'eau de Javel

V	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
pH	11,62	11,52	11,06	9,91	9,05	8,64	8,4	8,26	8,13

V	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
pH	8	7,9	7,84	7,75	7,67	7,57	7,5	7,48	7,4

V	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13
pH	7,33	7,25	7,14	7	6,97	6,84	6,76	6,46	6,32

V	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18
pH	5	4,7	3,9	3,64	3,42	3,3	3,2	3,19	3,05	2,98

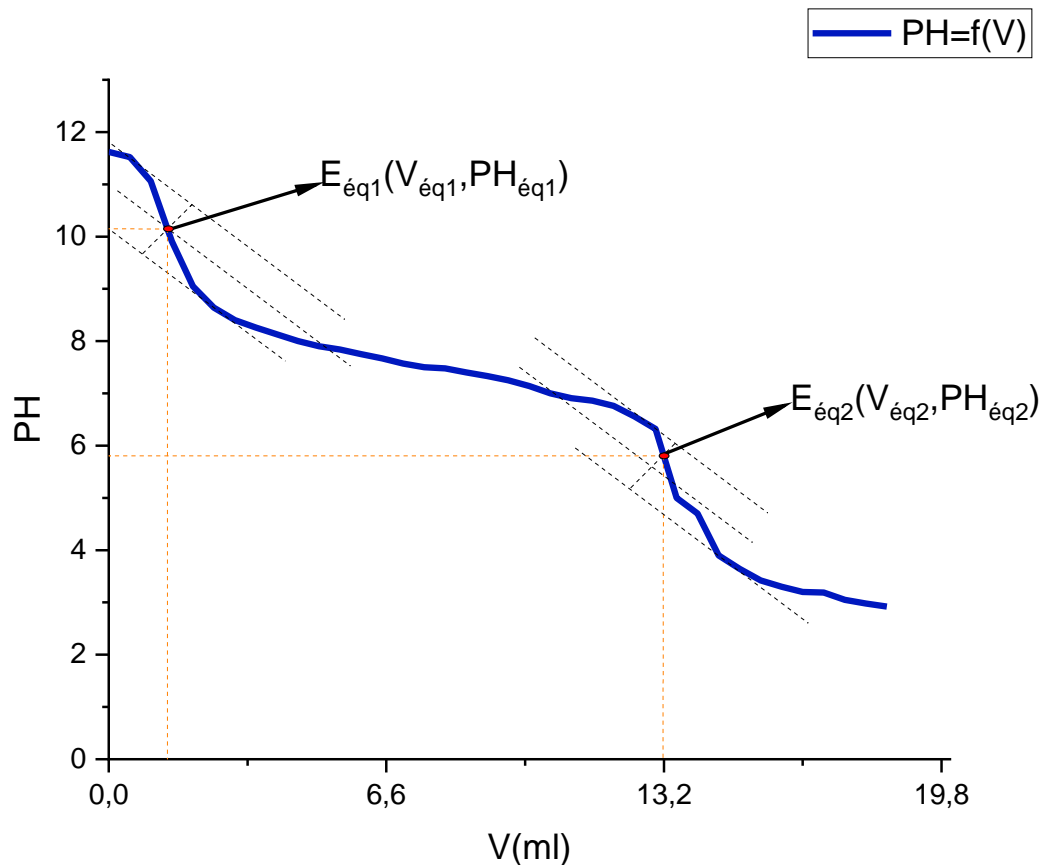


Figure III.13 Courbe de dosage acido-basique de l'eau de Javel

Détermination de la concentration des ions hypochlorite (ClO^-)

D'après le graphique obtenu, ce dosage pH-métrique présente deux sauts de pH. Montrant que l'on dose d'abord une base forte (les ions hydroxyde) puis une base faible (les ions hypochlorite) entre $V_{\text{éq1}}$ et $V_{\text{éq2}}$

La quantité d'acide HCl consommée pour neutraliser les deux bases est :

$$n_{\text{HCl}} = n_{\text{OCl}^-} + n_{\text{OH}^-}$$

$$n_{\text{OH}^-} = (C_{\text{éq1}} \times V_{\text{éq1}})_{\text{OH}^-}$$

$$n_{\text{HCl}} = n_{\text{OCl}^-} + (C_{\text{éq1}} \times V_{\text{éq2}})_{\text{OH}^-} \quad (*)$$

$$C_{\text{éq1}} = [\text{OH}^-]$$

On a: $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH}$$

Au premier point d'équivalence : $\text{pH}=10,15$

Chapitre III : Résultats & Discussions

Donc : $\text{pOH} = 14 - 10,15$

$$\text{pOH} = 3,85$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-3,85}$$

$$[\text{OH}^-] = 0,00014\text{M}$$

$$\text{D'où : } n_{\text{OH}^-} = [\text{OH}^-] \times V_{\text{éq1}})_{\text{OH}^-} = 0,00014 \times 1,39 \times 10^{-3}$$

$$n_{\text{OH}^-} = 1,9 \times 10^{-7}$$

Donc, on peut négliger la quantité de OH^- devant celle de OCl^-

Et enfin, dans l'équation (*) donnée ci-dessus, on trouve : $n_{\text{HCl}} \approx n_{\text{OCl}^-}$

Pour les 2 sauts on peut écrire :

$$n_{\text{HCl}} \approx n_{\text{ClO}^-} = C \times \Delta V$$

$$n_{\text{ClO}^-} = 0,5 \times (13,18 - 1,39)$$

$$n_{\text{ClO}^-} = 5,89 \text{ mmol} = 5,89 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{ClO}^-} = C_{\text{ClO}^-} \times \Delta V$$

$$C_{\text{ClO}^-} = f \left(\frac{n}{V} \right) \text{ClO}^- = 3 \times \frac{0,00589}{(13,18 - 1,39) \times 10^{-3}} = 1,50 \text{ M}$$

f : coefficient de dilution

$$C_{\text{ClO}^-} = 1,50 \text{ M}$$

Détermination du pKa du couple (HClO/ClO^-)

On sait qu'à la demi-équivalence :

$$\text{pH} = \text{pKa}$$

$$V = 1/2 V_{\text{éq2}} = 13,18/2 = 6,59 \text{ ml}$$

Par projection on relève une valeur du pH de 7,8.

Donc $\text{pKa} (\text{HClO}/\text{ClO}^-) = 7,8$ valeur proche du pKa tabulé

II.III.4.1.3 Dosage spectrophotométrique direct des ions hypochlorite

La superposition des spectres d'absorption des solutions de NaOH, de NaCl et de KClO_3 d'une concentration voisine de 0,05 avec celui de l'eau de Javel (ClO^-) de concentration inconnue, enregistrée entre 200 et 400 nm, est présentée sur la figure suivante :

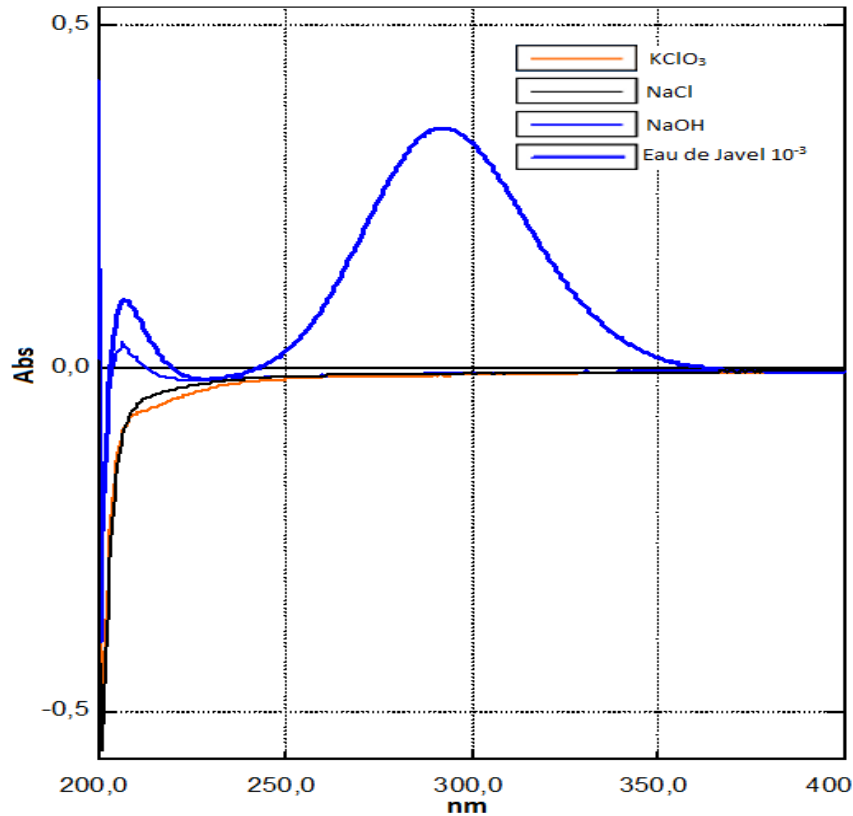


Figure III.14 Dosage spectrophotométrique direct de l'eau de Javel

Les ions hypochlorite absorbent dans l'UV à 292 nm et peuvent être dosés dans l'eau de Javel à condition qu'aucune autre espèce n'absorbe à cette longueur d'onde.

Comme le montre cette figure, aucune des espèces NaOH, NaCl et KClO_3 n'absorbe à 292 nm. De plus, l'ion chlorite, qui est une espèce intermédiaire dans la décomposition de l'eau de Javel, absorbe également près de 292 nm, mais sa concentration dans le milieu est très faible, ce qui ne perturbe pas le dosage des ions hypochlorite dans l'eau de Javel. On peut donc déterminer avec une assez bonne précision la concentration de ces ions dans une eau de Javel commerciale à partir de la mesure de l'absorbance à 292 nm, en appliquant la loi de Beer-Lambert suivante :

$$A = \epsilon l C$$

Chapitre III : Résultats & Discussions

Où :

A : Absorbance de la solution

ϵ : coefficient d'extinction moléculaire ($\epsilon_{NaOCl} = 362 M^{-1} \cdot cm^{-1}$)

l : Largueur de la cellule

C : Concentration du composé analysé

$$C = \frac{Af}{\epsilon l}$$

Tel que : f est le coefficient de dilution

$$\text{Soit : } C_{ClO^-} = \frac{0,26 \times 2400}{362} = 1,74 M$$

$$C_{ClO^-} = 1,74 M$$

Interprétation des résultats obtenus

L'ion hypochlorite est l'agent actif dans l'eau de Javel qui confère ses propriétés désinfectantes. La détermination précise de sa concentration en utilisant différentes méthodes permet de garantir l'efficacité désinfectante de l'eau de Javel pour différentes applications. Chaque méthode a ses avantages et ses limitations

- $C_{ClO^-} = 1,65 M$ Par iodométrie
- $C_{ClO^-} = 1,74 M$ par spectrophotométrie
- $C_{ClO^-} = 1,50 M$ par pH métrie

Ces résultats montrent des variations significatives entre les trois méthodes. Cela pourrait être dû à plusieurs facteurs, notamment des erreurs expérimentales, des différences dans la sensibilité des méthodes ou des réactions secondaires pouvant influencer les mesures.

On remarque que la concentration de ClO^- mesurée par iodométrie est presque équivalente, à quelques incertitudes près, à celle mesurée par spectrophotométrie. En revanche, celle déterminée par pH-métrie s'éloigne légèrement.

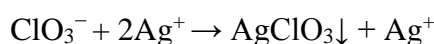
II.III.4.2 Dosage de certains ions coexistant avec l'ion hypochlorite dans la solution de l'eau de Javel

II.III.4.2.1 Dosage des ions chlorates (ClO_3^-)

Les ions chlorate sont oxydants, mais les réactions les mettant en jeu sont lentes, voire très lentes, sauf en milieu fortement acide.

Malheureusement, en milieu fortement acide les ions I^- sont aussi oxydés par le dioxygène de l'air. Donc le dosage des ions chlorate par iodométrie ne donne alors des résultats fiables que si l'on élimine le dioxygène, ceci peut se faire en dégazant toutes les solutions.

Une autre méthode utilisée en chimie analytique pour déterminer la concentration des ions chlorate (ClO_3^-) dans une solution est faite par le sulfate d'argent (Ag_2SO_4) en présence de nitrate de potassium (KNO_3) comme indicateur : la réaction de dosage est la suivante



Dans cette réaction, les ions chlorate réagissent avec les ions argent pour former un précipité d'argent chlorate (AgClO_3). Le nitrate de potassium (KNO_3) est souvent utilisé comme indicateur pour complexer les ions argent (Ag^+) en solution, empêchant ainsi leur précipitation prématurée sous forme de nitrate d'argent.

$$V_{\text{éq}} = V_{\text{Ag}^+} = 10 \text{ ml}$$

$$C_{\text{ClO}_3^-} = \frac{2(C_{\text{Ag}^+} \times V_{\text{Ag}^+})}{V_{\text{ClO}_3^-}} = \frac{2(0,1 \times 10)}{50}$$

$$C_{\text{ClO}_3^-} = 0,04\text{M}$$

Interprétation et Discussion :

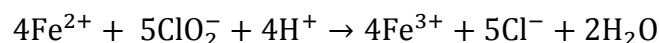
Cela indique la présence d'une concentration relativement élevée de cet ion dans la solution.

Ce qui suggère une dégradation de l'eau de Javel, car les chlorates sont des sous-produits de sa décomposition. Cela peut être le résultat d'une exposition prolongée à la lumière ou à la chaleur, ou d'un stockage inapproprié, d'où la nécessité d'entreprendre des mesures correctives pour se conformer aux normes de sécurité et de qualité. En plus les chlorates peuvent interférer avec les processus de désinfection et réduire la capacité de l'eau de Javel à tuer les micro-organismes pathogènes.

II.III.4.2.2 Dosage des chlorites (ClO_2^-)

Les chlorites (ClO_2^-) peuvent être des sous-produits de diverses réactions impliquant des produits chlorés. Ces ions peuvent présenter différents degrés de toxicité et doivent être pris en compte lors de la manipulation et de l'élimination des déchets contenant de l'eau de Javel.

La réaction de dosage des ions chlorite (ClO_2^-) par le sulfate de fer (II) (FeSO_4) en présence d'amidon iodé comme indicateur peut être représentée par l'équation suivante :



$$V_{\text{éq}} = V_{\text{Fe}^{2+}} = 7 \text{ ml}$$

$$C_{\text{ClO}_2^-} = \frac{4(C_{\text{Fe}^{2+}} \times V_{\text{Fe}^{2+}})}{5V_{\text{ClO}_2^-}} = \frac{4(0,05 \times 7)}{5 \times 50}$$

$$C_{\text{ClO}_2^-} = 0.006\text{M}$$

Interprétation et Discussion :

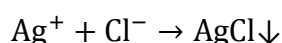
La présence d'une concentration détectable en ions chlorite suggère une certaine décomposition de l'eau de Javel. Les chlorites peuvent être des sous-produits de la dégradation de l'hypochlorite de sodium (NaOCl) contenu dans l'eau de Javel.

La détection des ions chlorite peut servir de marqueur pour suivre la stabilité de l'eau de Javel au fil du temps. Des concentrations croissantes de chlorites peuvent indiquer une détérioration progressive de la solution, nécessitant éventuellement des ajustements dans les procédés de fabrication ou les conditions de stockage.

II.III.4.2.3 Dosage argentimétrique des ions chlorure

Le dosage argentimétrique des ions chlorure contenus dans l'eau de Javel n'est possible qu'une fois les ions hypochlorite détruits (par oxydation de l'eau oxygénée).

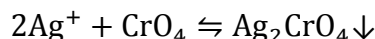
L'équation de dosage par la méthode de Mohr peut être représentée comme suit :



Dans cette réaction, les ions argent (Ag^+) réagissent avec les ions chlorure (Cl^-) pour former un précipité insoluble de chlorure d'argent (AgCl). Cette réaction est utilisée pour déterminer la concentration des ions chlorure dans une solution en titrant la solution contenant les ions chlorure avec une solution standard d'ions argent.

Chapitre III : Résultats & Discussions

L'équation indicatrice de fin de dosage par le chromate de potassium (K_2CrO_4) dans la méthode de Mohr est la suivante :



L'ajout d'une solution de chromate de potassium comme indicateur provoque la formation d'un précipité rouge d'argent chromate (Ag_2CrO_4). Ce changement de couleur indique la fin du dosage.

Détermination de la concentration en ions chlorure de la solution commerciale de l'eau de javel :

$$V_{\text{éq}} = V_{Ag^+} = 7,1 \text{ ml}$$

$$C_{Cl^-} \times V_{Cl^-} = C_{Ag^+} \times V_{Ag^+}$$

$$C_{Cl^-} = \frac{(C_{Ag^+} \times V_{Ag^+})}{V_{Cl^-}} = \frac{(0,1 \times 7,1)}{50}$$

$$C_{Cl^-} = 0,01 \text{ M}$$

Interprétation et Discussion :

La détection d'une concentration de 0,01 M en ions chlorure confirme la présence de chlorures dans l'eau de Javel commercial. Les chlorures peuvent provenir de diverses sources, y compris des matières premières utilisées dans la production d'eau de Javel.

Les chlorures peuvent être présents à l'origine dans l'eau de Javel en tant qu'impuretés ou peuvent résulter de la décomposition de l'hypochlorite de sodium ($NaOCl$) pendant le stockage ou l'utilisation.

Bien que les chlorures ne soient pas nécessairement préjudiciables à la qualité de l'eau de Javel, des concentrations élevées peuvent indiquer une contamination ou une détérioration de la solution. Un suivi attentif de la concentration en chlorure peut être nécessaire pour évaluer la stabilité et la durée de conservation de l'eau de Javel.

Conclusion générale :

La connaissance précise des concentrations des différentes espèces chimiques (hypochlorite, chlorate, chlorite, chlorure) dans l'eau de Javel est essentiel pour garantir son efficacité désinfectante, sa qualité et sa conformité réglementaire, tout en optimisant les processus de production. De plus, en surveillant ces concentrations au fil du temps, ils peuvent prendre des mesures pour prévenir la dégradation de l'eau de Javel pendant le stockage.

II.III.4.3 Etude par spectrophotométrie de la Cinétique de décomposition de l'eau de Javel en milieu basique en fonction de la température

L'efficacité de l'eau de Javel en tant qu'agent désinfectant dépend de plusieurs facteurs, notamment sa concentration en hypochlorite, le pH, la présence de contaminants surtout métalliques et les conditions environnementales en particulier la chaleur et la lumière. Au fil du temps, l'eau de Javel se décompose, perdant progressivement son efficacité désinfectante. Il est crucial de comprendre la cinétique de cette décomposition pour garantir une utilisation sécuritaire et efficace.

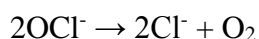
L'eau de javel est principalement composée d'hypochlorite de sodium (NaClO), qui est un composé chimique instable.

En milieu basique, les réactions de décomposition des ions hypochlorite (OCl^-) sont généralement moins prononcées que dans un milieu acide. Cependant, voici les réactions principales qui peuvent se produire :

1. Décomposition en chlorate (ClO_3^-) :



2. Formation de chlorure (Cl^-) :



3. Formation de chlorate et chlorure :



Résultats d'absorption des solutions de l'eau de Javel en fonction du temps à 75°C enregistrée entre 200 et 400 nm

La cinétique de décomposition de l'eau de Javel en fonction de la température dans un milieu basique peut être étudiée expérimentalement en suivant la diminution de la concentration

Chapitre III : Résultats & Discussions

d'hypochlorite de sodium (NaClO) au fil du temps. Les résultats de cette étude cinétique réalisée par spectrophotométrie à 75°C sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.14 résultats de l'étude cinétique réalisée à 75°C

t(min)	0	20	60	110	170	240	320
A(292nm)	1.2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
C(M)	1.65	1.38	1.24	1.10	0.96	0.82	0.69

La superposition des spectres de l'absorbance des solutions en fonction du temps à 75°C est présentée sur la figure suivante :

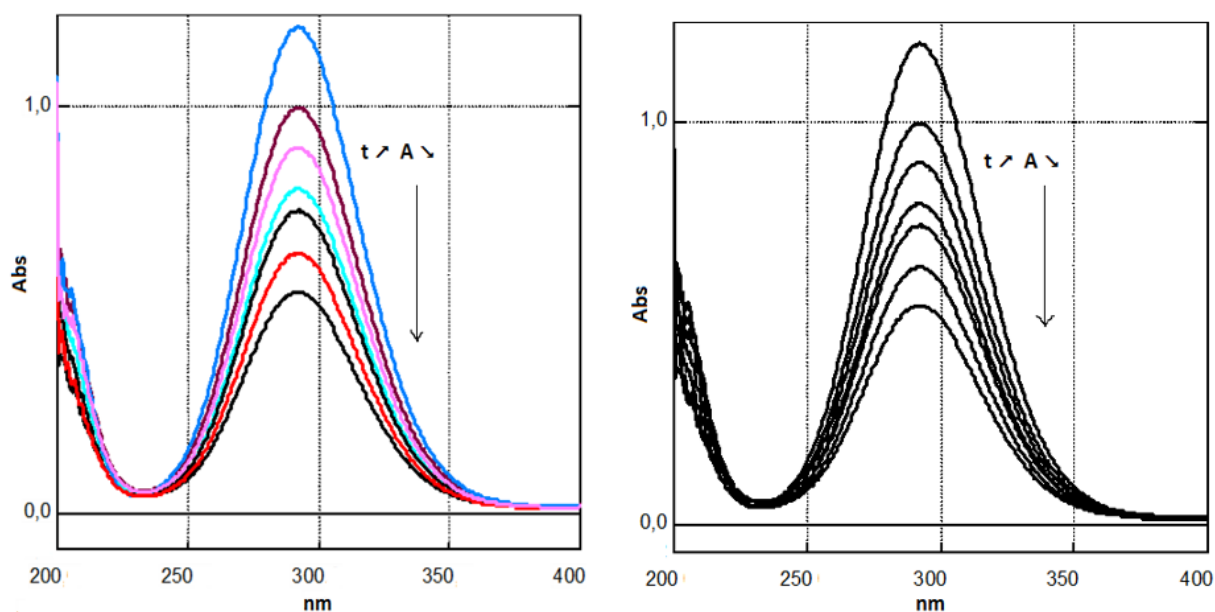


Figure III.15 Spectres d'absorption des solutions de l'eau de Javel en fonction du temps à 75°C enregistrée entre 200 et 400 nm

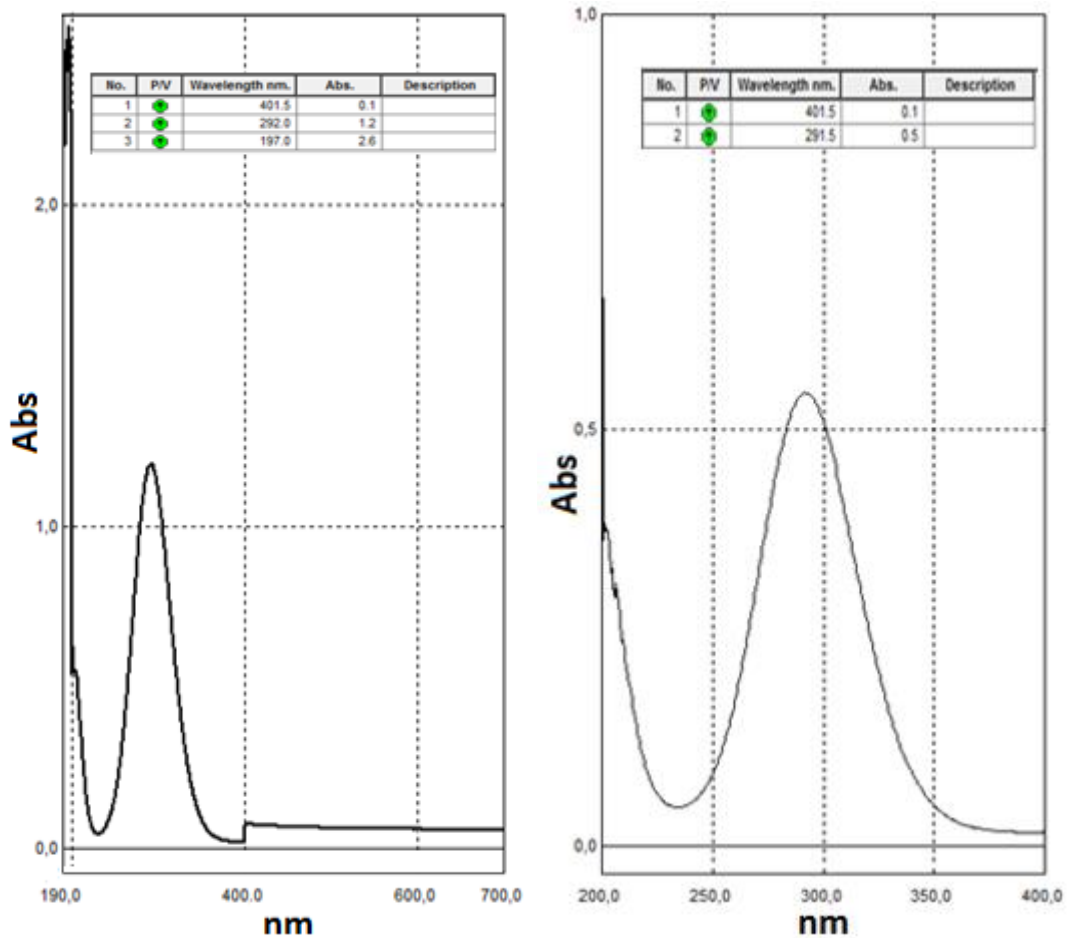


Figure III.16 Spectres d'absorption des solutions de l'eau de Javel à 75°C au début et à la fin de l'étude

Nous observons une diminution de l'absorbance, et par conséquent, de la concentration au fil du temps à mesure que la réaction de décomposition avance.

a) Calcul des concentrations des ions ClO^- à 75°C à différents moments(t) :

$$A = \epsilon l \frac{C}{f}$$

$$C = \frac{A \times f}{\epsilon l}$$

Exemple, Pour $t=0$ min $\rightarrow A=1,2$:

$$C = \frac{1,2 \times 500}{362 \times 1} = 1.65M$$

b) Détermination de l'ordre de la réaction :

L'équation cinétique différentielle s'exprime simplement comme

$$v = -\frac{d[\text{ClO}^-]}{dt} = k[\text{ClO}^-]^a$$

Chapitre III : Résultats & Discussions

L'intégration de cette équation différentielle rapportée à l'absorbance de l'ion hypochlorite de la solution diluée conduit à l'expression donnée ci-dessous :

$$v = -\frac{dA}{dt} = k[A]^a$$

Où :

- V est la vitesse de la réaction.
- [A] est l'absorbance ou la concentration du réactif à un moment donné,
- t est le temps,
- k est la constante de vitesse de la réaction.
- a est l'ordre de la réaction

❖ Pour une réaction d'ordre zéro et un facteur de dilution égale à 500 on obtient :

$$\text{Ordre 0 : } A = \frac{-\varepsilon l k t}{500} + A_0$$

Tableau III.15 Absorbance A de l'eau de Javel en fonction du temps (t)

t	0	20	60	110	170	240	320
A	1.2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5

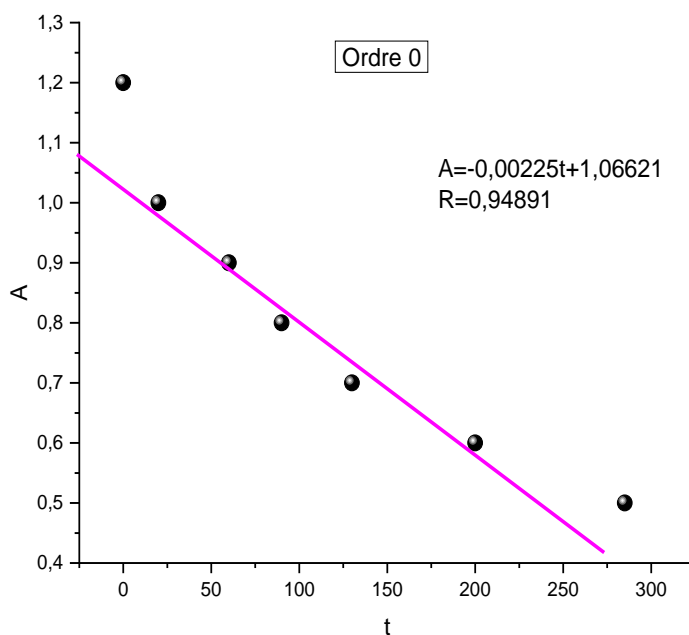


Figure III.17 Représentation de l'absorbance A de l'eau de Javel en fonction du temps (t)

On remarque que l'absorbance (la concentration) décroît de manière linéaire avec le temps.

❖ Pour une réaction d'ordre un :

$$\text{Ordre 1 : } \ln A = -kt + \ln A_0$$

Tableau III.16 Valeurs de ln A de l'eau de Javel en fonction du temps (t)

t	0	20	60	110	170	240	320
ln A	0.1823	0	-0.1053	-0.2231	-0.3566	-0.5108	-0.6931

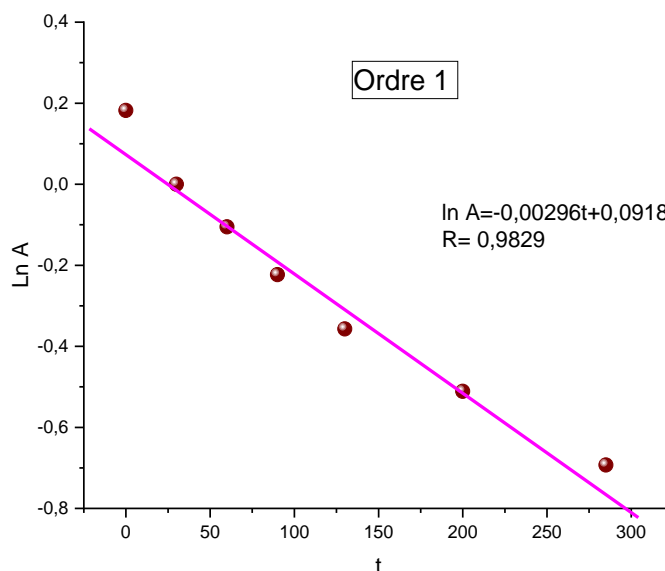


Figure III.18 Représentation de : ln A en fonction du temps (t)

On remarque que la concentration décroît exponentiellement avec le temps.

❖ Pour une réaction d'ordre deux :

$$\text{Ordre 2 : } \frac{1}{A} = \frac{500kt}{\varepsilon l} + \frac{1}{A_0}$$

Tableau III.17 Valeurs de 1/A de l'eau de Javel en fonction du temps (t)

t	0	20	60	110	170	240	320
1/A	0,8333	1	1,1111	1,25	1,4285	1,6666	2

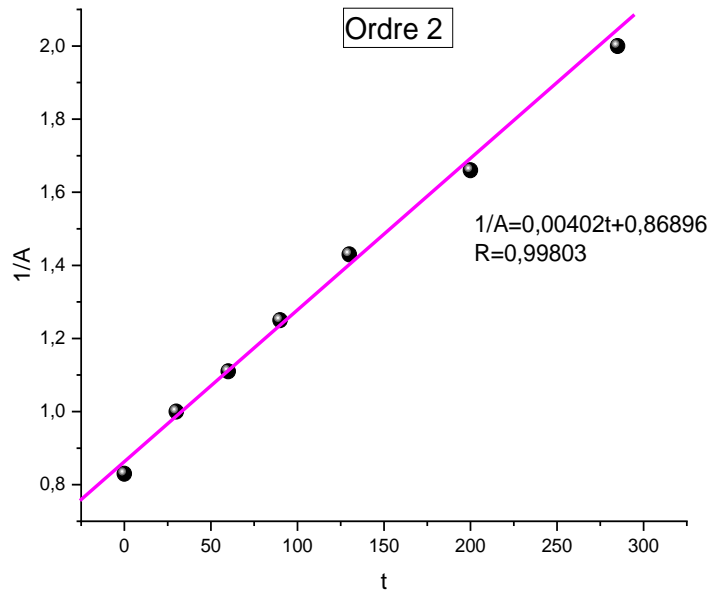


Figure III.19 Représentation de : 1/A en fonction du temps (t)

On remarque que la concentration décroît de manière exponentielle avec le temps

Interprétation du résultat obtenue

Comme on peut le constater ci-dessus, l'ordre de la réaction est 2 (car c'est la dépendance linéaire qui possède le meilleur coefficient de régression linéaire). Ce résultat s'accorde bien avec les travaux théoriques et expérimentaux cités au paravent dans le chapitre 3 de la partie théorique [4].

c) Calcul de la constante de vitesse à 75°C :

Pour une réaction d'ordre 2 on a :

$$\frac{1}{A} = \frac{500kt}{\epsilon l} + \frac{1}{A_0}$$

Pour évaluer la constante de vitesse k on trouve d'abord la pente de la droite représentant cette équation cinétique : $a = \frac{500k}{\epsilon l} = 0.004$

$$k = \frac{0,004 \times \epsilon \times l}{500}$$

$$k = \frac{0,004 \times 362 \times 1}{500}$$

$$k = 2,9 \times 10^{-3} \text{M}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

d) Calcul de la constante de vitesse à 25°C

L'équation de van't Hoff (ou équation d'Arrhenius modifiée), qui prend en compte la variation de température de T à T', permet de calculer la constante de vitesse à 25°C comme suit :

$$\ln k' = \ln k - \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right)$$

Sachant que l'énergie d'activation (E_a) du processus de décomposition vaut 87 kJ/mol.

Soit :

$$\ln k' = \ln(2,9 \times 10^{-3}) - \frac{87000}{8,314} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{348} \right)$$

$$\ln k' = -10,8882905$$

$$k' = 1,8 \times 10^{-5} M^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

Interprétation du résultat obtenu :

Comparons entre la vitesse de décomposition de l'eau de Javel à la température ambiante (25°C) et celle à 75°C, on trouve :

$$\frac{K}{K'} = 2,9 \times 10^{-3} = 161 \text{ fois}$$

Cela montre que la vitesse de décomposition de l'eau de Javel à 75°C est quasiment 161 fois plus par rapport à celle observée à la température ambiante (25°C).

e) Calcul du nombre de jours nécessaires pour que la concentration des ions hypochlorite diminue de 50% (demi-vie) à 25°C :

À cette température et pour une solution à 15,1 %, la demi-vie signifie que la concentration diminue de moitié (diminution de 50% d'hypochlorite de sodium). Par conséquent et conformément à l'équation cinétique d'une réaction de deuxième ordre on obtient :

$$t_{1/2} = \frac{1}{k'A_0}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{1,8 \times 10^{-5} \times 1,65} = 33670 \text{ min} = 23,38 \text{ jours}$$

f) Evaluation de la concentration de l'eau de Javel après 3 mois de stockage :

3 mois de stockage valent un temps de $t = (3 \times 30 \times 24 \times 60) = 12960$ min

D'où :

$$\frac{1}{A} = \frac{500k't}{\epsilon l} + \frac{1}{A_0}$$

$$\frac{1}{A} = \frac{500 \times 1,8 \times 10^{-5} \times 12960}{362 \times 1} + \frac{1}{1,65} = 0,9$$

$$A = \frac{1}{0,9} = 1,11M$$

Interprétation des résultats obtenus :

A cette durée de conservation de 3 mois à température ambiante (25°), On constate une chute considérable de la concentration de l'eau de Javel (quasiment trois fois moins), ce qui rend son utilisation pour la désinfection inefficace, en contravention avec les normes réglementaires.

Conclusion générale :

Nous avons examiné l'effet de la température sur la décomposition de l'eau de Javel, ainsi que les implications de cette décomposition sur son efficacité en tant que désinfectant.

En effet, le résultat de notre étude montre que la vitesse de décomposition de l'eau de Javel à 75°C a augmenté de 161 fois plus par rapport à celle observée à la température ambiante (25°C).

En combinant nos analyses chimiques avec une compréhension approfondie de la cinétique de décomposition, nous pouvons mieux garantir la sécurité et la qualité de l'eau dans divers contextes, contribuant ainsi à la protection de la santé publique et de l'environnement.

CONCLUSION GENERALE



CONCLUSION GENERALE

L'eau est un élément essentiel de la vie sur terre, étant utilisée à diverses fins, notamment la boisson, l'agriculture, l'industrie et les divertissements. Cependant, l'eau peut être contaminée par divers polluants, la rendant impropre à l'usage humain direct. Le traitement de l'eau dans les stations d'épuration est donc essentiel pour garantir sa qualité et sa sécurité.

Dans cette étude menée à la station de traitement de Hammam Debagh à Guelma ainsi qu'aux laboratoires pédagogiques de SM (LCA), nous avons exploré en profondeur les procédés de traitement de l'eau, en particulier ceux appliqués aux eaux brutes provenant du barrage de Bouhamdene.

Dans un premier temps, nous avons suivi attentivement les étapes essentielles du traitement, notamment la coagulation, la floculation, la décantation, la filtration, et l'ajout de l'eau de Javel pour la désinfection.

De plus, nous avons réalisé au niveau de la station diverses analyses physico-chimiques et bactériologiques sur les eaux brutes et traitées, Les résultats obtenus ont démontré que les eaux traitées étaient conformes aux normes organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques en vigueur en Algérie. L'eau de Javel s'est avérée efficace dans le processus de désinfection de l'eau, pourvu que les conditions de stockage et la durée soient respectées.

Dans un deuxième temps, nous avons mis en lumière les remarquables propriétés antimicrobiennes de l'eau de Javel, fondées sur son principe actif, l'hypochlorite de sodium. Cette caractéristique en fait un élément indispensable dans le processus de désinfection de l'eau, contribuant ainsi à la prévention de maladies d'origine hydrique et à la protection de la santé des populations.

Cependant, malgré ses avantages indéniables, nous avons également abordé le défi posé par la dégradation progressive de l'eau de Javel au fil du temps. Cette décomposition, souvent influencée par des facteurs tels que la température, le pH et la présence de contaminants, peut altérer son efficacité désinfectante et compromettre sa qualité.

Dans le cadre de notre étude, nous avons entrepris une analyse approfondie des différents aspects de l'eau de Javel, couvrant sa composition, sa stabilité, sa qualité et son efficacité en tant que désinfectant. À travers l'utilisation de diverses méthodes de dosage, notamment la spectrophotométrie, la pH-métrie et l'iodométrie, nous avons pu obtenir des données précises sur les concentrations des principaux ions présents dans l'eau de Javel en particulier les ions

CONCLUSION GENERALE

hypochlorites. Ces résultats ont souligné l'importance de sélectionner la méthode de dosage la plus appropriée en fonction des caractéristiques spécifiques de l'échantillon analysé.

En outre, notre étude a permis d'identifier la présence d'ions coexistant avec l'hypochlorite dans la solution d'eau de Javel, tels que les chlorures, les chlorates et les chlorites, suggérant ainsi une possible dégradation du produit. Cette constatation a mis en évidence la nécessité d'une surveillance continue de la stabilité de l'eau de Javel pour garantir sa qualité et son efficacité.

En étudiant la cinétique de décomposition de l'eau de Javel en fonction de la température, nous avons pu déterminer l'ordre et la vitesse de cette réaction, ainsi qu'estimer la demi-vie des ions hypochlorite. Cette analyse approfondie nous a fourni des informations cruciales sur les mécanismes sous-jacents à la dégradation de l'eau de Javel, offrant ainsi des pistes pour améliorer sa conservation et son utilisation.

Enfin, en simulant une période de stockage de trois mois à température ambiante, nous avons observé une diminution significative de la concentration d'eau de Javel, soulignant l'importance capitale d'un stockage adéquat pour maintenir son efficacité désinfectante. Ces résultats ont des implications pratiques considérables pour les opérations de traitement de l'eau, notamment en ce qui concerne les protocoles de stockage et les pratiques d'utilisation de l'eau de Javel.

En conclusion, notre étude approfondie fournit des données précieuses pour orienter les décisions et les actions visant à garantir la qualité et la sécurité de l'eau de Javel dans divers contextes d'application. En combinant une analyse détaillée des propriétés chimiques et cinétiques de l'eau de Javel avec une évaluation rigoureuse de ses implications pratiques.

Notre recherche contribue à optimiser les pratiques de traitement de l'eau dans la station, garantissant une meilleure qualité de l'eau distribuée et à protéger la santé publique.

Annexe



Annexe

Tableau I : Les paramètres physicochimiques d'une eau potable selon l'OMS et le journal officiel Algérien.

Paramètres	Normes	
	ALG	OMS
Couleur (Pt/CO)	60	-
Turb (NTU)	05	-
PH	6.5-9	6.5-9.2
CE ($\mu\text{S/cm}$)	2800	-
TDS (mg/l)	-	-
Salinité	-	-
T ($^{\circ}\text{C}$)	25	25
TH ($^{\circ}\text{f}$)	500	200
TA ($^{\circ}\text{f}$)	12	-
TAC ($^{\circ}\text{f}$)	12	-
HCO_3^- (mg/l)	350	-
Ca^{2+} (mg/l)	200	-
Mg^{2+} (mg/l)	150	150
Cl (mg/l)	500	250
MO (mg/l)	05	-
MES (mg/l)	<30	-
RS (mg/l)	2000	-
NO_2^- (mg/l)	0.2	0.2
NH_4^+ (mg/l)	0.5	-
NO_3^- (mg/l)	50	50
SO_4^{2-} (mg/l)	400	500
PO_4^{3-} (mg/l)	0.5	-
Fe^{2+} (mg/l)	0.3	-
Al^{3+} (mg/l)	0.2	0.2

Tableau II : Normes des paramètres bactériologiques d'une eau potable.

Paramètres	Normes ALG
GT (UFC/ml)	10
CT (UFC/100 ml)	00
CF (UFC/100ml)	00
SF (UFC/100ml)	00
ASR (UFC/20ml)	00