

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 20 AOÛT 1955 SIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Ingénierie & Gestion de l'Eau

*VÉRIFICATION DE LA QUALITÉ DES
EAUX AU NIVEAU DE STATION AZZABA*

Soutenu le/06/2023

Réalisé par :

Laouacheria Fadia

Attoui Nour Elhouda

Baghdouche Amina

Encadré par : BOUGDAH Nabil

BELHOUCINE Youghorta

Année Universitaire 2022- 2023

Résumé

L'eau est le secret de la vie, elle doit donc être préservée pour assurer la disponibilité d'une eau potable qui ne constitue pas une menace pour la santé ou l'environnement, et c'est un droit en Algérie. Pour cette raison, nous avons effectué des vérifications d'eau à la station d'Azzaba dans la ville de Skikda.

Dans notre étude, nous nous sommes concentrés sur :

Sur la qualité de l'eau, y compris l'importance des critères et facteurs organoleptique, physico-chimiques et microbiologiques de sa détérioration.

Et à travers les expériences analytiques que nous avons menées, nous avons constaté qu'il existe des résultats variables dus au changement de l'eau du barrage d'Al-Anaba (municipalité de Bakush Lakhdar) et les avons comparés aux normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). De bonne qualité, sa consommation ne présente aucun risque.

ملخص

الماء هو سر الحياة لذلك يجب الحفاظ عليه لضمان توفر مياه الشرب التي لا تشكل خطرا على الصحة أو البيئة وهي حق في الجزائر.

لهذا السبب أجرينا فحوصات للمياه على مستوى محطة عزابة بولاية سكيكدة.

في دراستنا , ركزنا: حول جودة المياه بما في ذلك أهمية المعايير العضو حسية و الفيزيوكيميائية والميكرو بيولوجية وعوامل تدهورها ومن خلال التجارب التحليلية التي أجريناها وجدنا أن هناك نتائج متباينة بسبب التغيير المائي لسد العنبة (بلديّة بكوش لخضر) ومقارنتها بمعايير منظمة الصحة العالمية (OMS) ذات نوعية جيدة واستهلاكها لا يمثل أي خطر .

Summary

Water is the secret of life, so it must be preserved to ensure the availability of drinking water that

Does not pose a threat to health or the environment and is a right in Algeria

For this reason, we carried out water tests at the Azzaba station in the state of Skikda in our study, we focused:

On water quality, including the importance of sensory, physiochemical and microbiological parameters and factor of its degradations and through the analytical experiments that we conducted, we found that there are mixed results due to the water change of the Al-Anaba Dam (Bakush Lakhdar municipality) and compared it to the standards of the World Health Organization (OMS) of good quality and its consumption does not represent any danger

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots
qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer
la gratitude, L'amour, le respect, la
reconnaissance... Aussi,

Je dédie cette thèse

À MES CHERS PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour et mon
considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon
instruction et mon bien être

Je vous remercie pour tout le soutien l'amour que vous me portez

depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne
toujours

A ma chère sœur, Meriem pour leurs encouragements permanent, et leur soutien
moral.

A mes chers frères, MOURADE et ZINOI pour leur appui et leur Encouragement

A tout ma famille BAGHDOUCHE

*Et à tous ceux qui ont contribué de
près ou de loin pour que ce projet soit
possible, je vous dis merci.*

**BAGHDOUCHE
AMINA**



Dédicace

Au nom de dieu le clément et
miséricordieux

A vous mes parents les plus
chères au monde^{''} Abde Alhak et
blkahla lamia^{''} .

A mes sœurs Hassan Chaïma
Raouïa et mes frères Salah et
Rabeh

A nouveau Née Mohamed Haroun
A tout ma famille et mes chères
amies

A tous les étudiants de la
promotion de 2023
Je dédie ce modeste travail



Fadia laouacheria

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots
qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer
la gratitude, L'amour, le respect, la
reconnaissance... Aussi,

Je dédie cette thèse

À MES CHERS PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour et mon
considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon
instruction et mon bien être

Je vous remercie pour tout le soutien l'amour que vous me portez

Depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne
toujours

A mes chères sœurs ibtihal et Meriem pour leurs encouragements permanent, et leur
soutien moral.

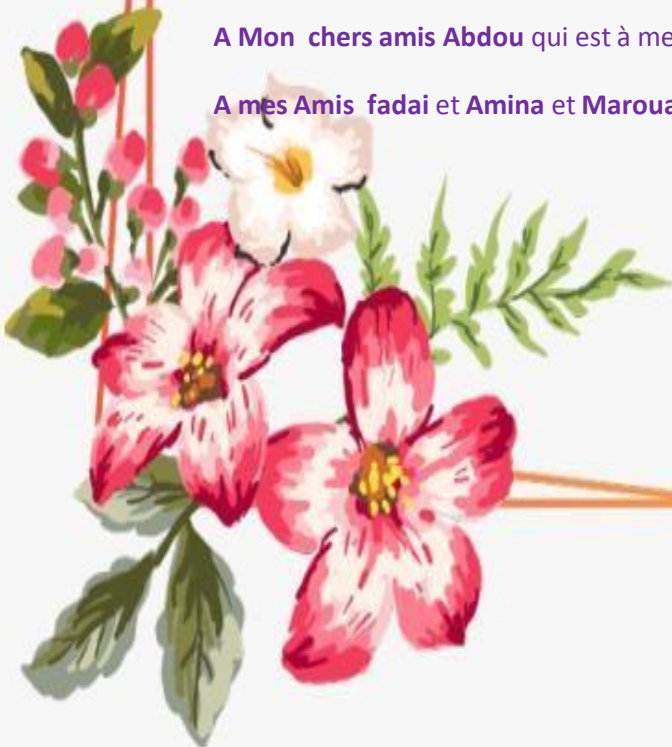
A mes chers frères, KenzEddine et pour leur appui et leur Encouragement

A Mon chers amis Abdou qui est à mes cotés et ne soutient

A mes Amis fadai et Amina et Maroua et Lamis et Mouni

*Et à tous ceux qui ont contribué de
près ou de loin pour que ce projet soit
possible, je vous dis merci*

**ATTOUI NOUER EL
HOUDA**



Remerciement

Avant tout nous remercions bon dieu le tout puissant qui nous a dotés de volonté et de patience pour achever ce travail.

Nous tenons à présenter nos plus sincères remerciements et nos profondes reconnaissances à notre encadreur Monsieur BOUGDEH NABIL pour son aide.

Nous tenons aussi à remercier les membres du département de pétrochimie et génie des procédés qui nous ont assuré un environnement adéquat de travail.

Nos remerciements s'adressent à tous les membres de la station de traitement de l'eau AZZABA considération qu'ils ont accordé afin d'évaluer le résultat de notre travail.

Nos sentiments de gratitude vont à nos professeurs tout au long surtout monsieur BOUSSAHA.

Des années d'études nous ont transmis leur savoir sans réserve.

Nous remercions aussi tous nos Amis et nos collègues pour leur soutien moral tout au long de la préparation de ce mémoire. Enfin, à tous ceux que nous avons involontairement oubliés et qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Un grand merci à tout le monde

Liste des figures I	
Liste des tableaux II	
Liste des symboles III	
Introduction générale	1
Chapitre I : Généralisation sur l'eau	
I.1.Introduction	3
I.2.Définition de l'eau	3
I.3.Composition et la structure de la molécule d'eau	3
I.4.Le cycle de l'eau dans la nature	4
I.5.Origine de l'eau sur la terre	5
I.6.Importance de l'eau	5
I.7.L'état de l'eau	5
I.7.1. L'état de vapeur (L'état gazeux	6
I.7.2.L'état liquide	6
I.7.3.L'état solide	6
I.8.L'utilisation de l'eau	6
I.8.1.Les usages domestiques (Dont l'alimentation en eau potable	6
I.8.2.Les usages agricoles	7
I.8.3.Les usages industriels	7
I.8.4.Les usages énergétiques	7
I.8.5.Les usages liés aux loisirs	7
I.8.6.Les usages liés à la santé	7
I.9.Représentation de l'eau	7
I.9.1. Les type d'eau	7
I.9.2.Les eaux douces	8
I.9.3.L'eau des barrages	8
I.9.4.L'eau de rivière	8
I.9.5.L'eau de lacs	9
I.9.6.Les eaux saumâtres	9
I.9.7.L'eau de mer	9
I.9.8.L'eau salée	10
I.9.9.L'eau souterraine	10
I.9.10.L'eau de source	10
I.9.11.L'eau minérale naturelle	11
I.10. Les propriétés de l'eau	11
I.10.1.Les propriétés physiques de l'eau	11
I.10.2.Les propriétés chimiques de l'eau	12
I.10.3.Les propriétés biologique	13
I.11.Qualité de l'eau	13
I.11.1.Qualité organoleptique	13
I.11.2. Qualité physico-chimique	14
I.11.2.1.Qualité physique	14
I.11.2.2.Qualité chimique	16
I.11.3.Qualité microbiologique	18
I.12.Conclusion	20
Chapitre II : Les facteurs des dégradations de la qualité de l'eau	
II.1.Introduction	21
II.2.Les phénomènes biologiques	21

II.2.1.Sources des microorganismes	21
II.2.2.Formation du bio film et caractéristiques	23
II.2.3.Les principaux organismes dans les réseaux	24
II.2.4.Facteurs jouant un rôle dans la reviviscence	27
II.2.5.Mesures de la reviviscence bactérienne	28
II.2.6.Conséquences d'un accroissement du bio film et contrôle de son évolution	29
II.3.Facteurs physique et chimiques affectant la dégradation de la qualité de l'eau	30
II.3.1.PH et minéralisation	30
II.3.2.Température	30
II.3.3.Oxygène dissous	31
II.3.4.Turbidité	31
II.3.5.Ammonium	32
II.3.6.Matière organiques	32
II.3.7.Désinfectant résiduel	34
II.3.8.Les factures organoleptiques	34
II.3.9.Influence des phénomènes de corrosions sur la qualité de l'eau	36
II.4.Facteurs de dégradation liée à la conception ou à la gestion du réseau	36
II.4.1.L'hydraulique du réseau	36
II.4.2.Influence du choix des matériaux	37
II.4.3.Origine des altérations de la qualité de l'eau potable	38
II.4.4.Facteur de fuites	41
II.5.Conclusion	41
Chapitre III : Matériel et Méthode	
III.1.Introduction	43
III.2.Définition du prélèvement	43
III.2.1.Les condition d'échantillonnage	43
III.2.1.1.Pour les analyse physico-chimique	43
III.2.1.2.Pour les analyse microbiologique	43
III.3.Analyse physique-chimique	44
III.3.1.L'outil utilisé dans l'analyse	44
III.3.2.Matériel utilisé pour l'analyse	45
III.3.3.La détermination de Ph et de la Température	45
III.3.4.La détermination de la conductivité et la salinité	46
III.3.5.La détermination de turbidité	47
III.3.6.La détermination de TA, TAC	48
III.3.7.La détermination de THT	49
III.3.8. La détermination de THCa	49
III.3.9.La détermination de chlorure	50
III.3.10.La détermination de calcium	50
III.3.11.La détermination de chlore résiduel	51
III.4.Analyse bactériologique	52
III.4.1.Critères bactériologique	53
III.4.2.Outils et matériaux utilisé	54
Chapitre IV : résultats et discussions	
IV.1.Introduction	57
IV.2.Résultats des analyses organoleptiques	57
IV.3.Résultats des analyses physico-chimiques	57
IV.3.1.Variation de pH	57

IV.3.2. Détermination de la température	58
IV.3.3. Détermination de la Conductivité	59
IV.3.4. Détermination de salinité	60
IV.3.5. Détermination de Turbidité	61
IV.3.6. Détermination du Titre al cal métrique TA-TAC	62
IV.3.7. Détermination de Dureté THT	63
IV.3.8 détermination de THCa	64
IV.3.9 Détermination des chlorures	65
IV.3.10 Détermination de chlore résiduel	66
IV.4. Résultats des analyses bactériologiques	67
Conclusion générale	69
Référence bibliographiques	71

LISTE DE FIGURE

Chapitre I	
Figure I.1 : Structure la molécule de l'eau	4
Figure I.2 : Cycle de l'eau	4
Figure I.3 : Les trois états de l'eau	5
Figure I.4 : Les coliformes totaux dans l'eau	18
Figure I.5 : Coliformes fécaux	19
Figure I.6 : Les streptocoques dans l'eau	20
Chapitre II	
Figure II.1 : Le bio film	24
Figure II.2 : La relation entre la loge de la densité bactérienne et la concentration En matière organique biodégradation	33
Chapitre III	
Figure III.1: échantillons prélevés au niveau de station AZZABA	44
Figure III.2 : L'outil d'analyse au niveau de station AZZABA	44
Figure III.3 : Les matériels d'analyse physique au niveau de station AZZABA	45
Figure III.4 : Détermination de pH et de température-station AZZABA	45
Figure III.5 : Détermination de la conductivité et de la salinité- station AZZABA	46
Figure III.6 : Détermination de turbidité-station AZZABA	47
Figure III.7 : Les produits utilisés pour l'analyse chimique-station AZZABA	48
Figure III.8 : Représentation les résultats d'étalonnage de dureté total THT	49
Figure III.9 : Représentation les résultats d'étalonnage des ions chlore Cl^-	50
Figure III.10 : Représentation les résultats d'étalonnage des ions calcium Ca^{2+}	51
Figure III.11 : Représentation matériaux réactif pour la détection chlore Résiduel	52
Figure III.12 : Représentation quelque étape d'analyse microbiologique	52
Figure III.13 : Quelques outils et matériaux d'analyse microbiologique-station de AZZABA	54
Figure III.14 : Représentation les résultats d'analyse microbiologique	55
Chapitre IV	
Figure IV.1 : Variation de pH de l'eau du barrage ANBA-AZZABA	58
Figure IV.2 : Variation de la température de l'eau de barrage ANBA-AZZABA	59
Figure IV.3 : Variation de la conductivité de l'eau de barrage ANBA-AZZABA	60
Figure IV.4 : Variation de la salinité de l'eau de barrage ANBA-AZZABA	61

Figure IV.5 : Variation de la turbidité de l'eau de barrage ANBA-AZZABA	62
Figure IV.6 : Variation de TAC de l'eau de barrage ANBA-AZZABA	63
Figure IV.7 : Variation de THT de l'eau de barrage ANBA-AZZABA	64
Figure IV.8 : Variation de la THCa de l'eau de barrage ANBA-AZZABA	65
Figure IV.9 : Variation de Cl ⁻ de l'eau de barrage ANBA-AZZABA	66
Figure IV.10 : Variation de chlore résiduel de l'eau de barrage ANBA-AZZABA	67

LISTE DE TABLEAU

Chapitre I	
Tableau. I.1 : Composition isotopique moyenne de l'eau	3
Tableau. I.2 : Evaluation de l'utilisation l'eau par secteur	7
Tableau. I.3 : Les effets indésirables du paramètre d'eau potable	17
Chapitre II	
Tableau. II.1 : Organisme susceptibles d'être présents dans les réseaux	25
Tableau. II.2 : Quelques microorganismes susceptibles d'être présente dans Les eaux	27
Chapitre III	
Tableau. II.3 : Valeurs guides indicatives pour minimiser le potentiel nutritif	33
Tableau. II.4 : Exemple microorganismes produisant des problèmes Organoleptiques	35
Chapitre IV	
Tableau. II.5 : Problèmes organoleptique et d'origines physico-chimiques	35
Tableau. II.6 : Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et conséquences	39
Chapitre IV	
Tableau. IV.1 : Résultats des analyses organoleptiques	57
Tableau. IV.2 : Résultats des analyses du pH	57
Tableau. IV.3 : Résultats des analyses du les températures	69
Tableau. IV.4 : Résultats des analyses de la conductivité	60
Tableau. IV.5 : Résultats des analyses du la salinité	61
Tableau. IV.6 : Résultats des analyses du la turbidité	61
Tableau. IV.7 : Résultats des analyses de TAC	62
Tableau. IV.8 : Résultats des analyses du la dureté THT	63
Tableau. IV.9 : Résultats des analyses du THCa	64
Tableau. IV.10 : Résultats des analyses du chlorure	65
Tableau. IV.2 : Résultats des analyses du chlore résiduel	66
Tableau IV.13 : les résultats des analyses bactériologiques	67

LISTE DE SUMBOL

H₂O: Eau
CaCO₃: Carbonate de calcium
CO₃⁻²: Carbonate
HCO₃⁻: Bicarbonates
OH⁻: ion hydroxide
H⁺: Hydrogène
pH: Potentielle d'hydrogène
TH: Titre hydrotimétrique
TA: Titre alcalimétrique
TAC: Titre alcalimétrique complet
Cl⁻: ion chlorure
Mg²⁺: ion magnésium
Ca⁺²: ion calcium
Na Cl : chlorure de sodium
DBO₅: demande Biochimique en oxygène
C°: Degré Celsius
CO₂: dioxyde de Carbone
COA: carbone organique assimilable
CODB: carbone organique dissous biodégradable
COT: carbone organique total
COD: carbone organique dissous
T: Température
F°: degré Française
TH Ca : acide tétra a hydro cannabinique
Na OH : Hydroxyde de sodium
µs/cm : micro siemens par centimètre
L : litre
Ml : Millilitre
Mg/l : milligramme par litre
t/h : tonne par heure

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both ending in small circular curls.

Introduction générale

Introduction Générale

L'eau est le cœur battant de la vie, et c'est la composante de base de tout ce qui existe à la surface de Dieu. On ne peut pas s'en passer du tout. C'est important pour les humains, les animaux et les plantes, et c'est important pour l'apparition de nombreux processus vitaux, il régule aussi la température du corps humain et animal, son poids varie de 50 à 80% du corps, bien sûr, à cause des muscles et de la graisse qu'il contient.

Et parce que c'est une ressource importante liée à la vie humaine, elle est utilisée dans toutes les activités économiques, industrielles et agricoles. La consommation moyenne d'eau par habitant est un indicateur de son niveau de vie, un adulte consommant 2,5 à 3 litres par jour.

La Terre est appelée planète bleue car sa surface est recouverte à 70% d'eau, et l'eau varie en fonction de sa qualité. Il y a des eaux souterraines présentes dans le sol et moins sensibles à la pollution, et il y a des eaux de surface présentes à la surface du globe, plus sensible à la pollution.

L'eau potable est considérée comme la plus consommée, il fallait donc y faire attention car elle est plus sensible à la pollution, que ce soit la pollution naturelle ou la pollution chimique. Ce mémoire comporte essentiellement quatre chapitres.

Dans le premier chapitre nous donnons des généralités sur les eaux et décrivons leurs compositions et les propriétés physico-chimiques. Le deuxième chapitre s'intéresse sur les facteurs qui peuvent influencer sur la qualité de l'eau dans les réseaux. Le troisième chapitre nous présentons la procédure expérimentale (protocoles et méthodes) mise en place au cours de cette étude. Dans le quatrième chapitre nous présentons les différents résultats obtenus ainsi que leurs discussions.

Enfin nous terminons par une conclusion générale résumant l'ensemble des résultats obtenus.

La réponse au cours de ce mémoire nous allons examiner la qualité de l'eau distribuée au niveau de la station d'AZZABA et vérifier si elle respecte les normes fixées par l'organisation mondiale de la santé OMS: L'eau potable distribuée à la station d'AZZABA est-elle conforme aux normes d'eau potable en vigueur au sein de l'Organisation Mondiale de la Santé.



CHAPITRE I

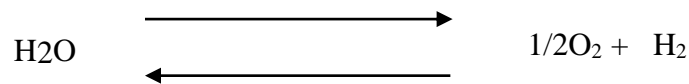
Généralités sur l'eau

I.1.Introduction

L'eau a une importance considérable car d'une part, elle intervient dans la nutrition des plantes à la fois directement en tant que véhicule des éléments nutritifs dissous, d'autre part, c'est un des principaux facteurs de la pédogenèse qui conditionne la plupart des processus de formation des sols.

I.2.Définition de l'eau

L'eau est un composé chimique liquide transparent, incolore, inodore, insipide et caractéristique le secret de la vie, qui résulte de l'interaction de l'oxygène avec l'hydrogène, et est symbolisé par H_2O , selon ce que les scientifiques l'ont classé sur terre, c'est un composant essentiel des cellules vivantes et des microorganismes, et il interagit selon l'équation.



I.3.Composition et la structure de la molécule d'eau

L'eau est un composé chimique qui constitue de l'hydrogène et de l'oxygène avec la formule de H_2O . La raison principale pour les propriétés inhabituelles de l'eau peut être discernée de la structure des molécules de H_2O . Il existe très nombreuses combinaisons possibles des éléments hydrogène et oxygène qui comportent chacun plusieurs isotopes. L'eau pure est donc un mélange de plusieurs molécules, chimiquement identiques, mais ayant des propriétés physiques distinctes, cependant l'eau ordinaire est constituée essentiellement de molécules H_2O comme le montre le tableau-1 qui donne la composition isotopique moyenne de l'eau:

Tableau. I.1. Composition isotopique moyenne de l'eau

Molécules	Abondance relative (% en masse)
$^1H_2O^{16}$	99.70%
$^2H_2O^{16}$	0.000002%
$^3H_2O^{16}$	Traces
$^1H_2O^{18}$	0.20%
$^1H_2O^{17}$	0.04%
$^1H^2HO^{16}$	0.03%

L'atome d'oxygène ($Z = 8$) possède six électrons de valence dont deux célibataires. Pour former la molécule d'eau, l'atome d'oxygène se lie à deux atomes d'hydrogène établissant ainsi deux liaisons

covalentes.

La molécule d'eau est constituée d'un édifice électronique stable, qualitativement semblable Au néon, qui cependant ne réalise pas un équilibre électronique parfait. En effet, à cause de l'électronégativité marquée de l'oxygène, et de sa tendance à accaparer Les deux électrons d'hydrogène, il s'ensuit une déformation de la structure à l'origine des caractéristiques géométriques essentielles de la molécule d'eau, qui est dissymétrique et :

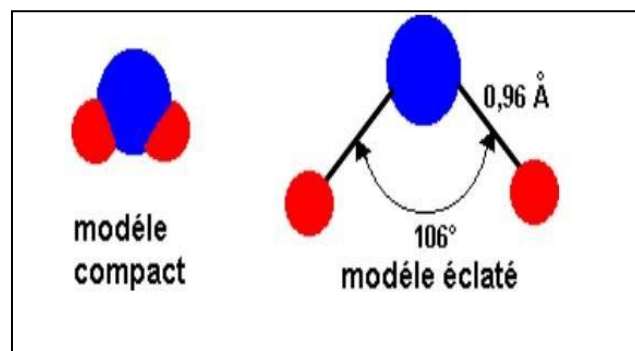


Figure I.1: Structure de la molécule de l'eau.

I.4. Le cycle de l'eau dans la nature

Le cycle de l'eau est aussi appelé cycle hydraulique, qui est le mouvement continu de l'eau entre les continents, les océans et l'atmosphère, à travers lequel l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux, puis revient à l'état liquide. Il se compose de trois processus principaux, à savoir l'évaporation, la condensation et la fusion, où l'état de l'eau diffère selon les processus auxquels elle est soumise, de sorte qu'elle s'évapore, et l'état liquide de l'eau se transforme en état gazeux, et l'eau passe de l'état gazeux à l'état liquide, tandis que la fusion est la transformation de l'eau de l'état solide à l'état liquide, et ce doit être les circonstances Adapté [1].

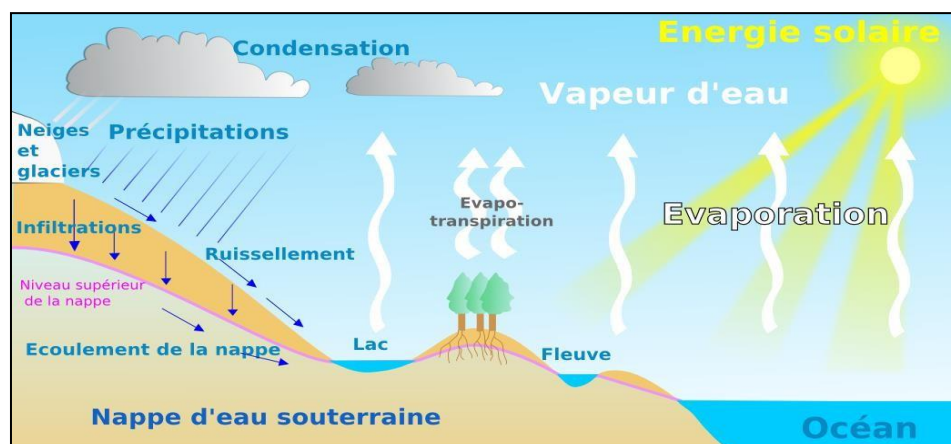


Figure I.2 : Cycle de l'eau

I.5. Origine de l'eau sur la terre

L'hydrogène est produit très tôt dans l'histoire de l'univers, c'est le premier atome formé [1]. L'oxygène est le produit un peu plus tardif de réaction de fusion thermonucléaire au sein de certaines étoiles. Ces deux atomes se combinent au cours d'une réaction exothermique pour former l'eau. Lorsque la terre s'est formée, l'eau était une des molécules présentes en quantité importante (comme dans les météorites et comètes) [2].

I.6. Importance de l'eau

L'eau est une ressource naturelle indispensable pour la survie de l'humanité et de toute espèce animale ou végétale sur terre et pour l'environnement d'une façon générale. Aucune substance liquide ne peut remplacer l'eau en effet, elle a plusieurs particularités qui la rendent unique parmi les autres substances minérales. Dans sa phase liquide, elle a l'avantage d'être un support des formes de vie. C'est le dissolvant des composants qui transporte les molécules clés et active les réactions chimiques. On parle aussi de l'eau en tant que molécule polaire disposant de terminaison positive (Hydrogène) et une autre négative (Oxygène). Ses atomes d'hydrogènes ont la capacité de tendre des liaisons avec d'autres molécules. Aucun autre liquide ne peut former un réseau aussi souple et résistant et agir comme solvant à autant de substances acides ou basiques [3].

I.7. L'état de l'eau

L'eau existe sous trois états : solide, liquide et gazeux (vapeur d'eau invisible). Dans la nature, l'eau ne disparaît pas ; elle décrit un cycle en passant d'un état à un autre avant de revenir à son état initial [4].

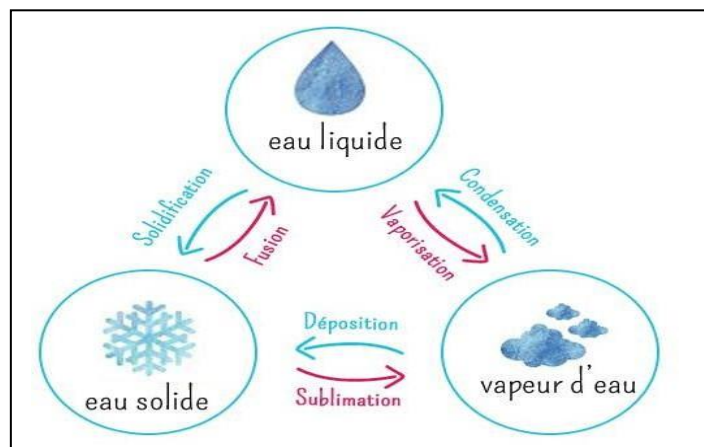


Figure I.3 : Les trois états de l'eau

I.7.1.L'état de vapeur (état gazeux)

Le phénomène de l'évaporation de l'eau, le passage de l'eau de l'état liquide à l'état de Vapeur est très important. L'eau, en se transformant en vapeur, passe à l'état gazeux qui est celui de désordre maximal des molécules par rapport à la masse totale de l'hydrosphère, la vapeur d'eau ne représente qu'une toute petite quantité puisqu'elle est égale à 0.001% de la totalité de l'eau [2].

I.7.2.L'état liquide

C'est la forme de l'eau la plus répandue sur terre. Il y a d'une part d'eau douce qui représente seulement 2.8% de l'eau totale du globe.

Dans ce faible pourcentage, les glaces polaires représentent de 2.15%, les eaux souterraines 0.63%, les eaux de surface (lacs, fleuves et rivières) seulement 0.019 %. Reste 0.001% pour l'atmosphère. L'eau douce contenue dans les glaciers est cependant très difficilement accessible à l'homme. Le reste, c.-à-d. l'eau salée est contenu dans les mères et les océans. Ces derniers représentent 90% de l'hydrosphère et couvrent plus de 71% de la surface terrestre.

I.7.3Etat solide

Une partie des 2.8% d'eau douce, soit un volume de 30100000 km³ est stocké sous forme de glacier ou sous forme de neige, soit 2.15% de l'eau sur terre. En fonction de l'altitude et de la température, les précipitations se font sous forme de neige ou de pluie. La neige est seulement un stockage temporaire appelé à disparaître lors du redoux. Lorsque la température remonte, soit la neige retourne directement vers l'atmosphère par l'évaporation, c'est de la sublimation, soit la fonte lente du manteau neigeux va permettre à l'eau de s'infiltrer dans le sol et de ruisseler vers les rivières.

I.8.L'utilisation de l'eau

L'eau est une substance indispensable à tous les êtres vivants: hommes, animaux et plantes. Elle est également nécessaire à toutes les activités développées par l'homme. On peut ainsi distinguer différents usages de l'eau :

I.8.1.Les usages domestiques (dont l'alimentation en eau potable)

En moyenne, chaque être humain consomme 150 litres d'eau par jour. L'essentiel de l'eau consommée est utilisé pour l'hygiène corporelle, les sanitaires, l'entretien de l'habitat et diverses tâches ménagères. La boisson et la préparation des aliments ne représentent que 7% de notre consommation totale. En plus, il faut ajouter les consommations collectives auxquelles chacun participe: écoles, hôpitaux, bureaux, lavage des rues, fontaines dans les villes [5].

I.8.2 Les usages agricoles

L'agriculture est la principale source de consommation d'eau, essentiellement à des fins d'irrigation. A noter que l'aquaculture (algues, mollusques, crustacés et poissons) est assimilé aux activités agricoles [5].

I.8.3. Les usages industriels

L'eau est au cœur de nombreux processus industriels. Elle est aussi très utilisée pour le lavage et l'évacuation des déchets, pour le refroidissement des installations ou pour faire fonctionner les chaudières. Le refroidissement des installations représente l'essentiel de l'utilisation industrielle [5].

I.8.4. Les usages énergétiques

Les barrages, les conduites forcées captant des sources et les centrales hydroélectriques équipées de turbines. L'eau sert aussi pour refroidir les centrales thermiques et nucléaires, qui la rejettent plus chaude (on parle alors de pollution thermique) ou l'évaporent. Enfin, les calories de l'eau souterraine sont utilisées pour les installations de géothermie (basse ou haute température) [5].

I.8.5. Les usages liés aux loisirs

La voile, le ski nautique, la plongée, la baignade, le canoë-kayak et la pêche, les piscines et stades nautiques, les bains d'eau chaude naturelle, les stations de ski en hiver et les patinoires [5].

I.8.6. Les usages liés à la santé

Il s'agit des cures thermales, de la thalassothérapie [5].

Tableau I.2: Evolution de l'utilisation de l'eau par secteur

Utilisations	1975	1980	1989	1999	2002
Domestique	18%	21%	25%	34%	39%
Irrigation	79%	75%	70%	62%	55%
Industries	3%	4%	5%	4%	6%

I.9. Représentation de l'eau

I.9.1. Les types d'eau

Il y'a différents types d'eau on peut citer :

Les eaux de surface

L'eau de surface précise qu'une eau, telle que le ruissellement, qui reste à surface du sol et qui peut être stockée en étangs ou ouvrages de retenue. Elle résume la collecte de l'eau souterraine ou d'eau atmosphérique.

L'eau de surface est de l'eau qui s'accumule sur le sol ou dans un cours d'eau, le lit d'une rivière, un lac, une zone humide, une mer ou un océan.

Par définition, les eaux de surface sont tirées des lacs, rivières, chutes d'eau et de la mer. Elles jouent le plus grand rôle de formation de l'hydrosphère sur terre.

Cette eau de surface est naturellement alimentée par les précipitations et naturellement perdues par l'évaporation et l'infiltration souterraine dans le sol. Bien qu'il existe d'autres sources d'eaux souterraines, tels que l'eau fossile et l'eau magmatique, les précipitations sont le principal apporteur d'eau de surface et les eaux souterraines proviennent de cette façon est plutôt appelée eau météorique.

I.9.2. Les eaux douces

L'eau douce est une eau qui contient peu d'ions ou, en termes non chimiques, qui n'est pas salée. C'est l'eau des rivières et des lacs, l'eau de pluie, des glaciers, des tourbières, etc. par opposition à l'eau de mer ou à la glace de l'océan Arctique. Ces deux types d'eau s'opposent dans les expressions poisson d'eau douce, marin d'eau douce, etc. L'eau douce n'est pas l'inverse d'une eau dure qui, elle, est définie comme une eau contenant des ions magnésium et /ou calcium. Ainsi, de l'eau contenant du chlorure de sodium dissous n'est ni douce ni dure. Une eau douce contient généralement moins d'un gramme de matières solides dissoutes (comme les sels, métaux et éléments nutritifs) par litre. De comparaison, l'eau de mer en contient plus de trente et le sérum physiologique en contient 0,9g.

I.9.3. L'eau des barrages

L'alimentation en eau potable est une des plus grandes conquêtes auxquelles aient contribué les barrages. Ils permettent de régulariser et sécuriser l'alimentation des villes en eau potable. L'utilisation des barrages pour l'alimentation en eau est d'autant plus nécessaire que les nappes souterraines, surexploitées, ne peuvent plus subvenir à elles seules aux besoins. L'eau stockée peut même servir à diluer les rejets polluants, afin de maintenir les cours d'eau à un niveau de qualité acceptable.

I.9.4. L'eau de rivière

L'origine de la rivière s'appelle la source. La rivière coule dans un chenal appelé le lit, qui chemine dans les terres jusqu'au terme de la rivière, l'embouchure. Celle-ci peut donner dans

Une autre rivière ou un fleuve ou un lac. Chaque rivière collecte l'eau d'un « sous bassin versant », l'ensemble de ces sous-bassins constituant le bassin versant d'un fleuve. Les rivières ont divers faciès et abritent divers écosystèmes.

La transparence d'une rivière dépend de la quantité de végétaux qu'elle contient et de la pollution environnante. D'une manière générale, la rivière adapte toujours son lit selon la topologie des lieux.

I.9.5.L'eau de lacs

Les lacs sont généralement alimentés soit par un ou plusieurs d'eau en amont, soit par des résurgences, soit par des glaciers. L'eau s'évacue naturellement, principalement par un cours d'eau appelé émissaire, mais aussi par évaporation.

Les lacs constituent une importante réserve d'eau douce utilisée par l'homme pour l'irrigation des cultures, comme source d'eau potable et dans certains cas pour produire de l'énergie électrique. En revanche, certains lacs de retenue sont responsables de l'assèchement de la partie aval de leur bassin.

I.9.6.Les eaux saumâtres

Une eau saumâtre est une eau dont la teneur en sel est sensiblement inférieure à celle de l'eau de mer. La concentration totale de sel dissous y est généralement comprise entre 1 et 10 g/l, alors qu'elle est (en moyenne) de 35g/l pour l'eau de mer. Les pays anglo-saxons considèrent qu'une eau est saumâtre à partir d'un degré de salinité compris entre 0,05 % et 1,8 %, ou dans certains cas jusqu'à 3 %. Une eau faiblement chargée en sel est qualifiée d'eau douce. Les étendues d'eau saumâtre généralement d'un épanchement consécutif à la rupture d'une digue maritime.

I.9.7.L'eau des mers

L'eau de mer est l'eau salée des mers et des océans de la Terre. On dit qu'elle est « salée » parce qu'elle contient des substances dissoutes, les sels, constitués d'ions principalement des ions halogénures comme l'ion chlorure et des ions alcalins comme l'ion sodium. On trouve 30 à 40 grammes de sels dissous pour un kilogramme d'eau de mer. L'eau salée s'oppose à l'eau douce, qui contient moins d'un gramme de sels dissous par kilogramme. La masse volumique de l'eau de mer à la surface est d'environ 1,025 g/ml, supérieure de 2,5% à celle de l'eau douce (1 g/m) à cause de la masse du sel et de l'électrostriction.

Les océans et mers occupent un volume estimé à 1 340 millions de km³, ce qui représente 97,4% des réserves d'eau présentes à la surface de la terre. Ce volume n'inclut pas les eaux souterraines (aquifères), dont environ 85% sont salées à différents degrés.

I.9.8.L'eau salée

Les eaux salées sont toutes les eaux naturelles, en mer (mer ouverte ou mer fermée), en milieu océanique, qui ont une composition analogue à l'eau de mer, c'est-à-dire, dans lesquelles le chlorure de sodium domine.

L'eau salée englobe toute eau contenant une quantité sensible, surtout du point de vue de la potabilité, de sels dissous, plus particulièrement de chlorure de sodium par opposition à une eau douce. Sa concentration minimale en matières dissoutes peut être figée conventionnellement en générale à 1000 ppm. Les eaux salées sont constituées par les eaux saumâtres, les eaux salines et les eaux sur salées.

I.9.9.L'eau souterraine

Les stocks disponibles en eau naturelle se composent des eaux souterraines, alimentés par les eaux de surface et les eaux de mer. L'eau souterraine est l'eau qui existe dans les pores, les fissures des roches et dans les sédiments sous la terre. Elle est issue des précipitations ou de la neige et puis, infiltre les sols dans les systèmes d'eaux souterraines. Par la suite, elle peut éventuellement remonter à la surface, ou rejoindre des lacs ou des océans. Elle est naturellement alimentée par la surface, grâce aux précipitations, aux cours d'eau et eau infiltration d'eaux provenant des rivières. L'eau souterraine est un réservoir naturel à long terme pour le cycle de l'eau, comparé aux réservoirs naturels que sont l'atmosphère ou l'eau de surface.

Les eaux souterraines sont souvent contenues dans des couches aquifères qui est une strate saturée qui peut rapporter des quantités utilisables de l'eau à un puits. Il y a deux types différents de couches aquifères basées sur des caractéristiques physiques : si la zone saturée est coincée entre des couches de matériaux imperméables et si les eaux souterraines sont sous pression, on sera en présence d'une couche aquifère confinée ; s'il n'y aucune couche imperméable immédiatement au-dessus de la zone saturée, on sera en présence d'une couche aquifère non confinée.

I.9.10.L'eau de source

Les eaux de source sont des eaux naturellement propre et sont convenable à la consommation humaine, il est permis de leur appliquer que certain traitement qui sont l'aération, la décantation et la filtration.

Pour les eaux naturellement gazeuses qui contiennent du dioxyde de Carbone dissous, peuvent également être gazéifiés avant d'être embouteillées

I.9.11.L'eau minérale naturelle

L'eau minérale naturelle est naturellement pure à la source et ne subit aucun traitement microbiologique. Une eau minérale naturelle ne peut être que d'origine souterraine, à l'abri de tout risque de pollution humaine. Afin de conserver sa pureté et ses qualités originelles, elle est obligatoirement embouteillée directement à la source sans adjonction de produits chimiques. Elles sont dites naturelles car elles doivent être commercialisée sans traitement microbiologique, ces eaux sont désormais soumises aux mêmes limites de concentration que l'eau du robinet pour une dizaine de substances toxiques (fluor, arsenic, nitrates, métaux lourds...). Certaines sont donc traitées pour rester dans les limites réglementaires. [6]

I.10.Propriétés de l'eau

L'eau ne représente pas la même chose pour tout le monde. Elle possède des propriétés physiques et chimiques uniques et d'autres propriétés : on peut la faire geler, fondre, évaporer ou chauffer et la mélanger. Rappelons que la molécule est la plus petite quantité d'un corps pur qui puisse exister à l'état libre. C'est un assemblage d'atomes. La molécule conserve toutes les propriétés physiques et chimiques de ce Corps.

I.10.1.Propriétés physiques de l'eau

L'eau sur terre connaît une phase liquide particulièrement importante et elle possède les propriétés physiques principales suivantes [7].

➤ **Point d'ébullition**

Dans les phases liquide et solide de l'eau, les liaisons hydrogène lient les molécules fortement entre elles. C'est parce qu'il faut briser ces liaisons que l'eau a une température d'ébullition particulièrement élevée pour une molécule de cette masse molaire. Cette caractéristique de l'eau permet à une importante phase liquide d'exister aux températures que nous connaissons sur terre. Cette phase liquide est nécessaire à l'apparition et au maintien de la vie telle que nous la connaissons sur cette planète.

➤ **viscosité**

La viscosité de l'eau est très variable en fonction de sa composition chimique et de sa température de telle sorte que deux eaux peuvent être non miscibles.

Ce phénomène est particulièrement important pour la continuité des grands courants océaniques qui règlent le climat planétaire.

➤ **Solvant**

L'eau est le plus important solvant de la surface de la planète. Elle se charge donc des minéraux et substances organiques qu'elle croise et dissout.

➤ **tension superficielle**

La tension superficielle de l'eau est très élevée. Cette propriété permet la formation de gouttes et favorise l'ascension capillaire.

➤ **chaleur spécifique**

L'eau est l'élément naturel dont la chaleur spécifique est la plus élevée 4185 J/kg. Elle demande donc beaucoup d'énergie pour être réchauffée et pour être refroidie.

➤ **chaleur latente**

Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau sont élevées.

Comme l'énergie est prélevée sur le substrat on comprend que le phénomène d'évaporation de l'eau vers l'atmosphère refroidisse continuellement les océans

Ces caractéristiques expliquent que l'hydrosphère liquide agisse comme un tampon thermique qui régularise la température terrestre.

➤ **Capacité thermique**

L'eau présente une très grande capacité thermique de tous les fluides. Du fait de cette capacité, les masses d'eau agissent comme des tampons ou régulateur contre les changements élevés de température.

➤ **Transparence**

L'eau est transparente dans le spectre visible, mais elle absorbe le rayonnement infrarouge dès les premiers mètres d'épaisseur, ce qui explique que seules les eaux superficielles se réchauffent [11].

I.10.2. Propriétés chimiques de l'eau

L'eau est un excellent solvant qui dissout un très grand nombre de sels, de gaz, de molécules organiques. Les réactions chimiques de la vie se passent en milieu aqueux, les organismes sont très riches en eau (jusqu'à plus de 90%). Elle a longtemps été considérée comme un solvant neutre intervenant peu ou pas dans les réactions chimiques. La dilution dans l'eau permettait en particulier de ralentir l'activité des réactifs. En fait, l'eau est un agent chimique très agressif qui risque d'attaquer les parois du récipient qui la contient comme par exemple dans un flacon en verre, des ions silicium passent dans l'eau.

L'eau pure peut exister du point de vue réglementaire, c'est-à-dire eau sans contaminants bactériens et chimiques, mais elle n'existe pratiquement pas du point de vue chimique (même l'eau distillée contient des traces d'ions ou de molécules organiques prélevées aux conduites et aux récipients).

Dans les réactions chimiques, l'eau intervient d'abord par sa dissociation en protons H^+ , souvent associés à H_2O pour former des protons hydratés H_3O^+ , et en ions hydroxyle OH^- , c'est le rapport entre ces 2 types d'ions qui détermine le pH de la solution (pH ; logarithme de l'inverse de la concentration molaire en H^+). De nombreux métaux peuvent décomposer l'eau en produisant un dégagement d'hydrogène et un hydroxyde métallique [8].

I.10.3. Propriétés biologiques

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, au cours duquel s'effectue une série d'échanges grâce à l'eau. Celle-ci est le constituant principal (en volume) des êtres vivants, et plus particulièrement du protoplasme de toutes les cellules. L'eau compose la plus grande partie de nos aliments (70 à 95% de la plupart de nos viandes et de nos fruits et légumes). Il est donc évident que « l'eau, c'est la vie », mais il convient de préciser quelques-unes des multiples relations qui existent entre elle et les êtres vivants [9].

I.11. Qualité de l'eau

I.11.1. Qualité organoleptique

Considérés longtemps comme subjectifs, ces paramètres sont jugés aujourd'hui essentiels car c'est au travers que le consommateur se forge une idée sur la qualité de l'eau délivrée.

• L'odeur

Dans l'eau diverses molécules sont responsables des odeurs. Elles proviennent essentiellement de la dégradation des composés azotés ou soufrés : amine, ammoniac, mercaptans, etc. Mais la molécule qui pose le plus de problème est généralement l'hydrogène sulfuré (H_2S), qui possède une odeur caractéristique d'œuf pourri. Norme : dilué 3 fois aucune odeur ne doit être décelable la couleur.

• La couleur

La couleur de l'eau peut provenir de substances minérales comme le fer ou le manganèse et/ou de substances organiques. Les substances organiques comprennent généralement des algues, des protozoaires et des produits naturels provenant de la décomposition de la végétation (substances humiques, tanins, lignine). Il ne faut pas confondre couleur et turbidité. La couleur est très préjudiciable pour l'esthétique.

• La saveur

La saveur de l'eau est due à de nombreuses molécules et ne révèle pas si l'eau est polluée ou non mais c'est l'une des principales préoccupations formulées par les utilisateurs à l'égard de l'eau qui leur est fournie. 39% de la population trouvent un goût désagréable à l'eau du robinet, 15% ne

l'estimant pas du tout à leur goût [6].

I.11.2. Qualité physico-chimique

I.11.2.1. Qualité physique

- **La température**

Il est importante de connaître la température d'une eau puisque les équilibres physiques et chimique en dépendent : la solubilité des sels et surtout des gaz, la dissociation des sels dissous et par même la conductivité électrique, le pH, ..etc. Instrument de masseur : avec un thermomètre Norme de potabilité : l'eau distribuée ne doit pas dépasser 25°C. Au-delà, les risques de contamination bactérienne et virale augmentent. En été, il arrive que la température de l'eau dépasse 25°C, du faite de débit lent de la vilaine.

- **Le pH**

Le pH d'une eau est en général compris entre 5.5 et 9.5, la nature des sols granitiques fait que le pH des eaux davantage acide. Mais le pH d'une eau potable peut varier être 6.5 et 8.5, ils ajoutent de la chaux pour donner un pH supérieur à 7, et préserver les conduites de la corrosion.

- **La conductivité**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. Etroitement liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature, elle varie de quelques $\mu\text{S/cm}$ à environ 3000 $\mu\text{S/cm}$. Une eau de bonne qualité a, à une température de 20°C, une conductivité inférieure ou égal à 400 $\mu\text{S/cm}$.

- **La turbidité**

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière. Dans les eaux eutrophies, il peut aussi s'agir de bactéries et de micro-algues.

La turbidité est un facteur écologique important, qui peut traduire :

- Une teneur importante (normale ou non) en matières en suspension (suite par exemple à l'érosion, au lessivage de sols fragiles, dégradés ou agricoles labourés)
- Une teneur élevée en plancton

○ Une pollution ou eutrophisation de l'eau, cause éventuelle d'asphyxie (paranoxie) du milieu ou de colmatage des branchies des poissons.

- **L'oxygène dissous**

Le pourcentage d'oxygène par rapport à la saturation être pris en compte. La dissolution de l'oxygène dans l'eau est en effet régie par des lois physiques et dépend de la pression atmosphérique, de la pression de vapeur saturante, de la température de l'eau, de la salinité. Pour une valeur donnée de chacun de ces paramètres, la solubilité maximale de l'oxygène dans l'eau est appelée saturation. La solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue en fonction de la salinité et de la température. A 20°C, la solubilité de l'oxygène est de 9 mg/l dans de l'eau salées 35 mg/l.

- **La salinité**

La salinité est la quantité totale des résidus solides (en grammes) contenu dans 1 kg d'eau de mer, quand tous les carbonates ont été transformés en oxydes, le brome et l'iode remplacé par le chlore et que toute la matière organique a été oxydée.

Il est très difficile d'estimer la salinité par analyse chimique directe (séchage et pesée du résidu solide), car certains corps présents, notamment les chlorures, s'échappent au cours du dernier stade de séchage. On utilise le fait que, dans l'eau de mer, les proportions relatives des principaux constituants sont pratiquement constantes. Le dosage de l'un d'entre eux est donc susceptible de donner la teneur de tous les autres, ainsi que la salinité. Les ions chlore, brome et iode peuvent aisément être dosés, avec précision, par titrage au nitrate d'argent.

- **Les matières en suspension (MES)**

La notion de matière en suspension (ou MES) désigne l'ensemble des matières solides insolubles visibles à l'œil nu présentes dans un liquide. Plus une eau contient, plus elle est dite turbide. Elle est aussi étudiée en tant que « matrice » capable d'adsorber divers polluants, qui peuvent s'y transformer et être transportés par le courant, ou qui peuvent passer dans le réseau trophique et l'alimentation (via les organismes filtreurs notamment).

On différencie :

- ✓ Les matières en suspension des colloïdes (taille comprise entre 10 nm et 1 µm).
- ✓ Les matières dissoutes (taille inférieure à 10 nm).

- **Les résidus secs (RS)**

Ce sont les solides dissous et les solides en suspension qui restent après évaporation à 180°C.

Le maximum autorisé par la loi était de 500 mg/l avant (1961), aujourd'hui une concentration de

1500 mg/l est tolérée. Certaines eaux en bouteilles dépassent largement ces normes.

I.11.2.2. Qualité chimique

- **Le chlorure**

Les chlores est un désinfectant utilisé pour l'élimination des germes pathogènes et pour la sécurité sanitaire du transport de l'eau dans les canalisations. Le chlore utilisé dans l'eau potable ne présente aucun risque sur le plan sanitaire lorsque l'eau potable est de bonne qualité. Pour le confort et l'agrément du consommateur, une teneur en « chlore libre résiduel » limitée est souhaitable.

- **La dureté totale (TH)**

Le titre hydrotimétrique (T.H ou G.H, en allemand pour Gesamt Harte), ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium. La dureté s'exprime en ppm (ou mg/l de CaCO_3) ou en degré français (symbole F°). Un degré français correspond à 10^{-4} mol/l, soit 4 mg de calcium ou 2,4 mg de magnésium par litre d'eau. Les sels minéraux dissous qui entrent dans le calcul de la dureté de l'eau sont souvent essentiels à la santé. Lors de leur dissolution dans l'eau ceux-ci se retrouvent sous la forme de cations et d'anions. A l'état libre, ces derniers sont toutefois difficilement assimilables par les êtres vivants (qui assimilent plus facilement des ions complexés).

- **Le titre alcalimétrique complet (TA, TAC)**

- **Le TA**

Il permet de connaître les teneurs de l'eau en carbonates et bases fortes présentes dans l'eau. Cette analyse se fait en présence de phénolphthaléine qui vire de l'incolore au rose-fuchsia à un pH de 7. Le titre alcalimétrique s'exprime en degré français (F°).

La norme algérienne propose une alcalinité des eaux potable s'étendant de 30 et 500 m/l.

- **Le TAC**

L'alcalinité, c'est la teneur de l'eau en carbonate (CO_3^{2-}), en bicarbonate (HCO_3^-) et en alcalis (OH^-). Il n'existe aucune norme applicable à l'alcalinité. L'alcalinité de l'eau est toutefois considérée acceptable entre 30 et 500 mg/l de CaCO_3 et bonne entre 100 et 200 mg/l de CaCO_3 . Cependant, l'alcalinité est le principal facteur de contrôle de l'agressivité de l'eau et de son pouvoir incrustant. Une eau agressive a tendance à réagir avec le métal des Canalisations et à le corroder alors qu'une eau incrustante a tendance à précipiter des sels dans le tuyau et à réduire son diamètre utile.

- **Magnésium (Mg^{2+})**

Comme le calcium c'est un élément indispensable pour la croissance il joue le rôle d'élément plastique dans l'os et dynamique dans les systèmes enzymatique et hormonaux il est en outre un élément déterminant de la dureté de l'eau un goût désagréable sa concentration est obtenu par la

différence entre la dureté total et la dureté calcique.

- **Le calcium (Ca⁺²)**

C'est le métal alcalino-terreux le plus réparti dans la nature et constitue l'élément dominant des eaux de boisson les normes de potabilité recommandent une teneur max de 200 mg/l de CaCO₃.

- **Le sodium (Na Cl)**

Sa présence dans l'eau est due au lessivage des formations géologique contenant du chlorure de sodium (Na Cl) ou communément appelé « sel » son ingestion en quantité excessive n'est d'aucune incidence sur la santé sauf pour des sujets hypertendus les normes recommandent au maximum de 200 mg/l.

- **La demande biochimique en oxygène (DBO₅)**

DBO₅, c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommée après 5 jours d'incubation, est conventionnellement utilisée. Il convient de noter que la DBO₅ n'est normalement représentative que de la pollution organique carbonée biodégradable.

Tableau I.3 : les effets indésirables du paramètre d'eau potable [10]

Paramètres	Effets indésirable
pH	pH acide corrosion des conduites. pH basique diminue l'efficacité de la désinfection.
Turbidité	Protégé les micro-organismes contre les effets de la Disinfection
Température	Basse diminue l'efficacité du traitement : élevée, favorise la croissance microbienne.
Résidu sec	Gout désagréable.
Dureté total	En tartrage des conduites et consommation excessive de savon.
Calcium	En tartrage des combinaisons avec les sulfates.
Magnésium	Génère goût en combinaison avec les sulfates.
Sodium	A concentration élevée gêne les hypertendus.
Chlorure	Saveur désagréable, effet laxatif corrosion des conduites.
Chlore	<0,2 peu efficace sur la désinfection > 1 peu entraîné des effets cancérigènes
Plomb	Saturnisme.

I.11.2.3. Qualité microbiologique

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à chercher des bactéries vivantes aérobies, c'est-à-dire de développant en présence d'oxygène.

- **Germes totaux**

Elle se développe dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la hygiène de l'eau destinée à la consommation humaine [11]. Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines [12].

- **Coliformes**

Les coliformes appartiennent à la famille des Enterobactériacées: cette bactérie coliforme correspond à un organisme en bâtonnets, non pyrogène, Gram négatif, oxydase négatif, aéro anaérobies facultatifs, capable de fermenter le lactose avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37 °C ils sont sensibles au chlore. Ils se répartissent en deux catégories :

- Les germes thermophiles.
- Les germes psychrotrophes (aquatique ou terrigène).

Les coliformes comprennent les germes : *Escherichia*, *Nitrobacter*, *Entérobactérie*, *Yersinia*, *Klebsiella*, *Serratia* [13].

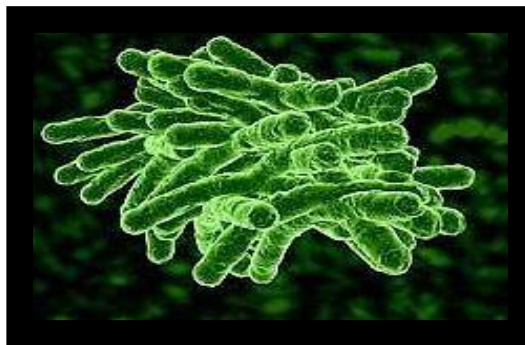


Figure I.4. : Les coliformes totaux dans l'eau [14].

- **Coliformes fécaux**

Les *coliformes fécaux* sont un sous-groupe de *coliformes totaux*, l'existence de ces germes peut être un indicateur de la présence des micro-organismes en terre pathogènes, comme les *salmonelles* [13]. Un autre test peut fournir les mêmes indications que celles fournies par le dénombrement des *coliformes fécaux*, c'est le dénombrement des *E. coli* présumés qui correspondent à des *coliformes thermo-tolérants* qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, à 44°C.

E. coli l'espèce la plus fréquemment associée aux *coliformes fécaux* et *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermo-tolérants détectés. Selon l'OMS (2004), l'annonce de la présence d'*E. coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente [15].

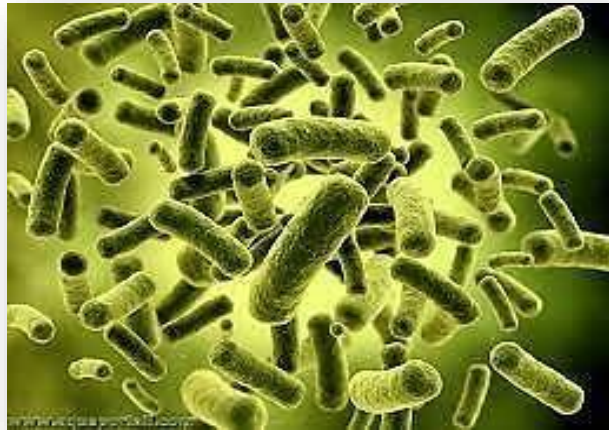


Figure I.5 : Coliformes fécaux

- **Streptocoques fécaux**

Ce sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, ram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous-groupes : Entérocoques et Streptococcies. Ce sont les streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Landefeld [14].



Figure I.6 : Les streptocoques dans l'eau [16].

I.12. Conclusion

Dans la nature, l'eau est en contact avec l'air et le sol, sous l'effet de l'activité humaine, cette eau devient polluée elle provoque la destruction de la vie sous toutes ses formes.

Avant leur utilisation, ces eaux doivent être subies une chaîne de traitement dont la nature dépend de la qualité originelle de cette eau qui on peut le savoir par la détermination des paramètres de qualité.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the right, framing the text.

CHAPITRE II

**Facteurs de dégradation de la
qualité de l'eau**

Chapitre II

II.1. Introduction

Le réseau de distribution de l'eau potable est souvent décrit comme un véritable réacteur, où l'eau et son contenant (conduite, ...) sont le siège d'interactions physico-chimiques et biologiques. L'eau du robinet peut avoir une qualité très éloignée de celle issue

De l'usine de production. Les conditions qui contrôlent l'évolution de la qualité de l'eau dans le réseau sont complexes et ont fait l'objet ces dernières années d'une recherche approfondie. Une bonne connaissance des facteurs qui peuvent influencer la qualité de l'eau dans les réseaux est indispensable pour les services d'exploitation (en usine de production ou sur le (Réseau) afin d'anticiper et d'éviter des problèmes potentiels

II.2. Les phénomènes biologique

II.2.1. Sources des microorganismes

L'eau traitée produite dans les stations d'épuration du réseau pour les usagers n'est jamais stérile. Par conséquent, nous parlons de désinfection et non de stérilisation. Une usine de traitement de l'eau potable doit éliminer autant de microbes que possible de l'eau brute, en particulier tous les microbes pathogènes. Lors de la désinfection de, la purification de l'eau est basée sur la destruction de microbes tests, indicateurs de contamination fécale et le témoignage de la présence de microbes pathogènes.

Si le contrôle d'autres types de microbes, comme les microbes généraux (flore aérobie hétérotrophe viable) est assuré en sortie de plante, alors il arrive qu'un certain nombre de microorganismes soient introduits dans le réseau (pour les microbes généraux par exemple, le niveau de référence 10 microbe/ml pour le calcul à 37 °C) car les méthodes physico-chimiques classiques ne permettent pas vraiment de garantir la destruction complète des microorganismes.

Par ailleurs, diverses situations d'exploitation en usine peuvent conduire à des relargages.

Par exemple un mauvais rinçage des filtres au sein de l'usine peut permettre le relargage de germes ou de spores en sortie de station ainsi que la distribution des premières eaux produites par la filtration après lavage.

La flore bactérienne identifiée par les techniques classiques de comptage sur gélose n'est pas forcément représentative des bactéries effectivement présentes dans l'eau produite. Il est ainsi possible que des bactéries blessées ou stressées au sortir des traitements de filtration et de désinfection soient rendues temporairement inaptées à la croissance sur des milieux de culture standard suivant les conditions types fixées.

Sur des milieux de culture plus pauvres (dits milieux de ressuscitation ») avec de faibles températures et de longues durées d'incubation, ces bactéries peuvent alors être identifiables.

A l'intérieur du réseau, ces bactéries blessées ou stressées, peuvent se réanimer ou se réparer, fonction de paramètres tels que la température, les nutriments présents et bien sûr le temps.

Aux Etats-Unis la détection de telles bactéries sur des milieux plus pauvres, permet des diagnostics intéressants lorsque des problèmes bactériologiques sont rencontrés sur le réseau). Dans le réseau, certains points offrent des voies d'entrée à la contamination par des microorganismes. C'est le cas des réservoirs où l'eau est en contact avec l'air, et où les Orifices mal protégés peuvent permettre le passage de poussières ou d'insectes apportant des contaminations.

Les interventions sur le réseau (réparations, branchements), les fuites (en cas de dépression) et les accidents tels que des retours d'eau ou des cassures peuvent également être responsables de l'introduction de microorganismes dans le réseau.

II.2.2. Formation du bio film et caractéristiques

Les micro-organismes ne peuvent se développer et survivre dans des environnements qui leur sont "inhabituels", tels que les réseaux d'eau potable, que si les propriétés nutritionnelles et physico-chimiques de cet environnement sont proches de l'optimum pour chaque famille microbienne présente.

La biomasse libre dans le réseau se fixe sur les parois des conduites, qu'elle soit morte ou vivante, et constituera le premier support pour le développement de couches supérieures plus actives. Si ces organismes rencontrent des conditions environnementales satisfaisantes, ils forment des bios films. Compte tenu de l'énorme capacité d'adaptation de certains micro-organismes, les limites de ces conditions ne sont pas faciles à déterminer, de sorte qu'aucun critère strict ne peut être énoncé qui limitera complètement leur prolifération.

Le bio film qui se formera sera constitué d'espèces résistantes à ce milieu particulier et linéairement sur les parois. Ensuite, un véritable écosystème complexe

se forme sur les parois, où les phénomènes de synergie et d'antagonisme interspécifiques sont probables (LEVI - 1994).

Le bio film devient alors un système dynamique dans lequel se construit une chaîne alimentaire complexe. Cet habitat est un lieu privilégié pour le métabolisme, la régénération (par exemple à partir des spores), la croissance et la mort (par le recyclage des nutriments).

A l'interface solide-liquide, le bio film (Figure II.1) assure une protection hydraulique et chimique car il limite la diffusion de désinfectants comme le chlore. Ainsi, il protège certains types de micro-organismes des résidus de désinfection voire d'un nettoyage incomplet, notamment par agrégation, encapsulation et fixation.

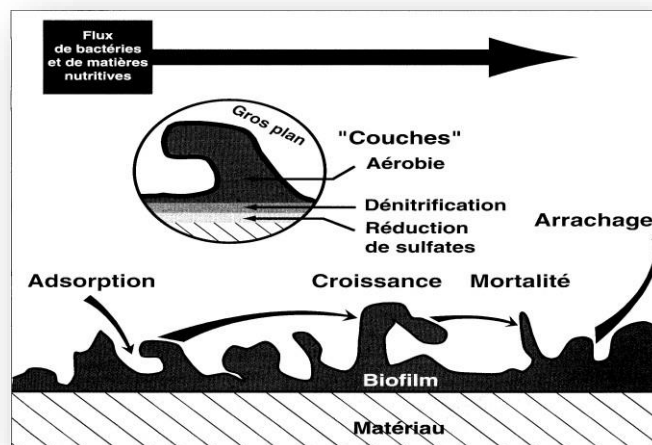


Figure II.1: Le bio-film

Dans les zones de dépôt ou d'affaissement de particules, des niches peuvent se développer plus spécifiquement et établir des conditions anaérobies. La corrosion est causée par la prolifération de bactéries, et parfois même la prolifération de bactéries coliformes est possible.

Malgré son nom, bio film, ce n'est ni tout à fait "biologique" (biologique) ni un vrai film. Il existe des dépôts inorganiques (dépôts accumulés, produits de corrosion), qui sont de nature assez hétérogène. Par exemple, les fines de charbon ou la turbidité résiduelle provenant du traitement au charbon actif peuvent pénétrer dans le système.

Notez cependant que les algues ne peuvent pas se reproduire sans lumière et que la plupart des champignons et des levures nécessitent des concentrations élevées d'éléments organiques. Les virus potentiellement pathogènes pour l'homme ne peuvent pas se reproduire en réseaux.

II.2.3. Les principaux organismes dans les réseaux

Les organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux de distribution couvrent une large partie de la classification des êtres vivants, incluant les bactéries, virus, champignons, et organismes pluricellulaires (Tableau II.1) (SCHULHOF - 1990). Au sein de l'écosystème que constitue le bio film, certains micro-organismes (tels que certaines espèces de Gammarets et d'aselles) se nourrissent ainsi d'algues et de bactéries. Ils peuvent être présents et coloniser certains réseaux. Visibles à l'œil nu du consommateur puisqu'ils mesurent quelques centimètres, ils constituent une gêne notoire.

Les populations d'organismes vivantes dans les bio films ont été identifiées et il faut savoir que la majorité des microorganismes dénombrés et identifiés dans l'eau elle-même provient de ces bio films.

Les tableaux II.1 et II.2 énumèrent certains des micro-organismes que l'on peut trouver dans l'eau potable. On peut notamment considérer:

- Les virus, identifiés à partir d'échantillons de l'ordre de 1 000 litres provenant le plus souvent des matières en suspension auxquels ils sont adsorbés et sont rarement libres. On les retrouve si l'oxydation par le chlore et ses dérivés, ou par l'ozone ne sont pas appliquées dans de bonnes conditions.
- Les bactéries forment un ensemble abondant et hétérogène. Les bactéries recherchées le plus souvent sont en général aérobies.
 - Les bactéries anaérobies qui se développent en absence d'oxygène sont aussi recherchées du fait de leur caractère pathogène (c'est le cas de *Clostridium perfringens*), de leur capacité à sporuler d'où leur résistance aux désinfectants (cas de Bacilles), ou des réactions métaboliques défavorables à la qualité de l'eau (bactéries réductrices de nitrates en nitrite et des sulfates en sulfures comme de *Sulfovibrio* et *Desulfuricans*).

Ces dernières bactéries forment des associations complexes avec des bactéries aérobies et peuvent donc entraîner des pustules et des trous dans les parois des tuyaux.

Enfin, il faut mentionner les bactéries pathogènes impossibles, telles que *Pseudomonas aeruginosa* (pyocyanines), *Aeromonas hydrophila* (indiquant la présence de matière organique résorbable) ou *Klebsiella pneumoniae*, qui sont parfois gardées dans de mauvais filets.

Dans cette dernière bactérie identifiée dans le bio film, il est à noter qu'une augmentation de la résistance au chlore jusqu'à 150 fois a été observée.

Tableau II. 1 : Organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux

<p>Les Levures telles que <i>Rhodotorula rubra</i> ou glutines, quelquefois associée aux <i>Pseudomonas</i>, et susceptible de se maintenir dans des conditions de désinfectant éliminant les <i>Pseudomonas</i>.</p>
<p>Les Champignons Inférieurs Caractérisés par des spores abondantes et des membranes de cellules épaisses, ils sont suspectés d'être à l'origine de problèmes de goût, réactions allergiques, voire toxiques (par voie d'inhalation uniquement). Notons la possibilité de formation de <i>trichloranisole</i> par certains champignons.</p>
<p>Les Algues Caractérisées par une forte variation saisonnière dans certaines eaux superficielles, elles parviennent à franchir parfois les filières de traitement notamment lorsque la charge dans la ressource est très élevée, elles apportent des teneurs élevées en matières organiques et génèrent une sapidité de l'eau.</p>

Les Autres Eucaryotes

Citons les rotifères, les protozoaires ciliés, flagelles qui sont difficiles à éradiquer par les produits bactéricides classiques et dont certains sont pathogènes avec par exemple des amibes, *Cryptosporidium* (quelques occurrences récentes aux Etats Unis et en Grande Bretagne), *Giardia* (kystes résistants à désinfection par le chlore et l'ozonation).

Les Vers

Les Nématodes peuvent mesurer plusieurs millimètres et ont une remarquable capacité de survie: Les Oligochètes se multiplient par scissiparité, surtout dans les matériaux filtrants et ont aussi une résistance aux désinfectants.

Les Crustacés

Ils sont considérés comme non dangereux mais sont suspectés de fournir une protection pour les bactéries dans leur tube digestif. Ils peuvent atteindre une longueur de plusieurs centimètres. Citons *Asellusaquaticus* et *Gammaruspulex*.

Une étude d'organisme planctoniques à la sortie des stations de la Société des Eaux de Marseille également recensé les crustacés suivants Daphnie, *Bosmina*, Copépode *harpacticoida*, *cyclopoida* Ostracode.

Les Mollusques et les insectes

Peuvent être aussi présents sous forme de larves ou d'œufs (cas des chironomes pour les insectes) si elles franchissent les matériaux filtrants dans les filières de traitement. Bien qu'elles ne trouvent pas un milieu favorable à leur développement dans le réseau, il est nécessaire de les réduire au maximum pour limiter l'apport de matière organique au réseau.

Tableau. II.2 : Quelques microorganismes susceptibles d'être présents dans les eaux

Pathogènes potentiels et bactéries indicatrices	Bactéries autochtones	Bactéries de la corrosion	Moisissures et levures
<i>Salmonella Shigella</i>	<i>Acinetobacter</i>	<i>Bactéries</i>	<i>Penicillium</i>
<i>Entérovirus</i>	<i>Aeromonas Alcali</i>	<i>Sulfate</i>	<i>Rhizopus</i>
<i>Ecoli, Streptococcies</i>	<i>gènes Bacillus</i>	<i>réductrices</i>	<i>Mycelium</i>
<i>Légionella</i>	<i>Entérobacter</i>	<i>Bactéries du fer</i>	<i>Trichomonas</i>
	<i>Flavobacterium</i>		<i>Mucor Aspergillus</i>
	<i>Pseudomonas</i>		
	<i>Staphylococcus</i>		
	<i>Corynebacterium</i>		
	<i>Proteus</i>		
	<i>Yersinia</i>		

II.2.2.4. Facteurs jouant un rôle dans la reviviscence

La régénération bactérienne est particulièrement difficile pour les réseaux alimentés par les eaux de surface, alors que les eaux souterraines, à l'exception des eaux karstiques, contiennent une faible quantité de micro-organismes et de matière organique en raison de la vulnérabilité des couches karstiques. Pour que les micro-organismes survivent et/ou se multiplient dans un milieu, ce milieu qui peut être un réseau, doit avoir des propriétés nutritionnelles et physico-chimiques satisfaisantes pour chaque espèce présente. Les facteurs déterminants sont nombreux et interagissent souvent entre eux:

De facteurs déterminés par le traitement amont au réseau :

- La quantité de cellules microbiennes mortes ou vivantes introduites dans le Réseau. Biomasse qui constitue un véritable réservoir d'éléments nutritifs.

- Les particules qui pénètrent dans le réseau et qui en décantant génèrent des « Niches écologiques » protégées contre les désinfectants. Des phénomènes de Post-floculation sont aussi possibles à l'intérieur du réseau.
- Le contenu organique c'est-à-dire le contenu en éléments organiques carbonés,
- le contenu azoté et phosphore étant non limitant pour la majorité des bactéries.
- Le contenu minéral avec la présence de fer et de manganèse qui favorisent le développement de certaines bactéries.
- Les paramètres physicochimiques :
 - ✓ pH qui contrôle l'action du désinfectant, température qui influence l'activité bactérienne,
 - ✓ Oxygène dissous qui détermine le type de communautés bactériennes qui peuvent proliférer ou non,
 - ✓ Turbidité qui recouvre le contenu organique et minéral colloïdal par une mesure globale.
- La concentration en désinfectant résiduel, avec pour chaque désinfectant des spécificités de comportement vis-à-vis des bactéries et autres microorganismes.
- La demande en chlore de l'eau (qui doit être faible voire nulle si le contenu organique tend vers zéro).

De facteurs déterminés par le réseau et sa gestion :

- Les matériaux en contact avec l'eau potable avec des relargage ou de permutation (ce qui signifie la propriété de laisser passer à travers l'épaisseur des matériaux, du fait d'un certain pore site, des molécules de faible taille par exemples présentes dans la phase liquide ou gazeuse extérieure au tuyau), ou qui peuvent protéger des bactéries au sein d'anfractuosités de surface, ou même réagir avec le désinfectant résiduel.
- Le fonctionnement du réseau qui a une influence directe sur le temps de séjour de l'eau (et donc de stagnation), sur les phénomènes de décrochage ou de remise en suspension de dépôts.

Notons que la prolifération bactérienne en réseau est aussi dépendante du rapport flore libre / flore fixée. Dans un diamètre 100 mm, le rapport tend vers 0,7% et dans un diamètre 200, il est de 5%. Le potentiel de prolifération dans le réseau est donc fonction du rapport volume du réseau sur surface offerte en supports aux bactéries (CORDONNIER-1995).

II.2.5. Mesures de la reviviscence bactérienne

La flore bactérienne est toujours transmise par l'eau de distribution, selon la localisation et l'origine de l'eau, de 10^2 à 10^5 cellules bactériennes (vivantes et mortes) par millilitre (cette

Flore est généralement comptée au microscope) et $0\text{ à }10^3$ UFC (unités formant colonies par millilitre, mesurées alors sur gélose). A titre de comparaison, le nombre de bactéries adhérentes par unité de surface est généralement de 10^7 cellules/cm², selon des valeurs rapportées dans la littérature.

II.2.6. Conséquences d'un accroissement du bio film et contrôle de son évolution

La formation de bio film sur la paroi du tuyau est un phénomène inévitable, Mais si le bio film se développe excessivement, la qualité de l'eau et la "santé" du réseau de canalisations peuvent en souffrir Affecté, présente donc les inconvénients suivants :

- Instabilité des oxydants neutralisants; Le bio film est un consommateur d'oxydant et augmente le besoin de chlore si cet oxydant est utilisé. Il faut donc 3 à 4 jours au pour stabiliser la concentration en chlore libre dans un réseau qui n'a jamais été chloré).
- Formation de sous-produits organochlorés, de mauvais goût et/ou toxiques.
- "Accueil" des bactéries pathogènes endommagées, mais avec la récupération de l'activité métabolique.
- Croissance potentielle de bactéries dénitrifiantes(en anoxie) qui dépasse le seuil de nitrite.
- Mise en place d'un écosystème avec des organismes "Grazer", qui sont pour la plupart macroscopiques et visibles à l'œil nu
- Problèmes de goût, d'odorat et de couleur; élimination des déchets biologiques.
- Pollution générale du réseau avec des serrures et ce jusqu'à ce que l'utilisateur tape. Notons cependant que les exportations de floc de biomasse et la consommation on par les micro-invertébrés prédateurs sont des éléments de régulation de l'extension du bio film. Pour limiter l'évolution du bio film, les moyens de prévention sont:
 - Le contrôle des nutriments bactériens (carbone organique utilisable) à l'entrée du réseau.
 - A un degré moindre, la qualité des matériaux utilisés et/ou des revêtements pour limiter l'ancrage du bio film.
 - Les oxydants résiduels n'ont qu'une action limitée sur le bio film, et agissent surtout sur la flore libre circulante (bactéries «planctoniques»). Les moyens curatifs sont physiques (racleurs, mélange air-eau,...) et chimiques (détergents et désinfectants à concentration élevée).

II.3. Facteurs physique et chimiques affectant la dégradation de la qualité de l'eau

II.3.1. pH et minéralisation

Dans les réseaux, le pH et la minéralisation sont importants pour le contrôle de la corrosion, agressivité de l'eau, action des désinfectantes précipitations des éléments dissous.

Mais le pH peut varier avec la distribution en raison des changements de concentration de CO₂ dissous, ou parce que l'eau traitée n'est pas nécessairement en équilibre de carbonate de calcium sortie de la gare .L'aération dans le réservoir peut durcir l'eau et provoquer des croutes dues à la perte d'eau CO₂, et risque alors de boucher les canalisations en déposant du tartre. La solution est d'ajouter extraction de CO₂ et /ou CaCO₃ pour le rétablissement de l'équilibre.

Inversement, une eau agressive riche en CO₂ (avec un plus bas) a tendance à éroder

Les matériaux qu'il rencontre ont des conséquences majeures : le ciment se dissout, érosion (corrosion) des métaux ferreux ou attaque de métaux toxiques comme le plomb.

Une solution possible est d'éliminer le CO₂ corrosif, d'ajouter de la chaux pour traitement équilibrant ou reminéralisant au carbonate de calcium.

Avec des combinaisons judicieuses, de l'eau peut se former à la surface des matériaux, la couche protectrice est constituée en partie de carbonate de calcium. Il faut distribuer une eau légèrement sursaturée en carbonate de calcium pour favoriser la formation de ce dépôt protégé.

II.3.2. Température

La température des eaux peut varier de plusieurs degrés pendant le transit en réseau A titre d'exemple, on observe un écart maximal de 4°C entre les points extrêmes du réseau en région parisienne. Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont d'origine superficielle.

Une température élevée peut favoriser des goûts ou odeurs désagréables. De plus, elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques et biologiques dans le réseau, influence la croissance bactérienne, dissipe l'effet du désinfectant résiduel en agissant sur les constantes d'équilibre et accélère la corrosion. On a observé sur certains réseaux en climat tempéré que le nombre de conformes dans des réseaux de distribution variait de façon saisonnière, les plus hauts niveaux se produisant durant les mois d'été. L'activité bactérienne s'accroît nettement lorsque la température dépasse 15°C.

La température joue aussi un rôle notable lorsque l'on fait des mélanges entre des eaux de composition différentes ; la couche protectrice formée par l'eau légèrement entartrant sur les parois peut ainsi changer de structure et diminuer en épaisseur ce qui n'est pas favorable. La

température est aussi un des facteurs le plus important pour la dissolution des éléments tels que le plomb. Sa solubilité, par exemple, augmente de l'ordre de deux fois entre 12° C et 25° C.

Les services des eaux peuvent difficilement agir sur la température de l'eau. Les efforts doivent donc se porter sur d'autres paramètres qui évoluent en fonction de la température. L'ajustement du désinfectant résiduel se fera par exemple en conséquence.

II.3.3. Oxygène dissoudre

De l'état de saturation à l'entrée du réseau, l'oxygène dissous peut considérablement diminuer en cours de distribution avec des réactions d'oxydation ou une prolifération bactérienne. Toute baisse de la teneur en oxygène dissous détectée sur le réseau peut alors être interprétée comme un signe de croissance biologique.

Dans le cas où le réseau est correctement entretenu, une anaérobiose répandue ne se produit qu'avec des temps de séjour très longs. En revanche, le développement de zones anoxiques est possible localement. Il en résulte des phénomènes de fermentation et bio réduction (transformation de nitrate en nitrite), à l'origine de saveurs désagréables ou de corrosion.

De tels problèmes nécessitent une révision des pratiques d'entretien dans le réseau. La sursaturation en oxygène reste rare.

II.3.4. Turbidité

Si la turbidité de l'eau est supérieure à 0.4 NTU, l'action des bactéricides est ralentie, voire annulée. Les colloïdes responsables de la turbidité peuvent protéger les bactéries des oxydants. Ainsi, un traitement de chlore libre à 0.4 ppm pendant une heure, qui donne normalement une garantie bactériologique à l'eau, n'est actif que si la turbidité est inférieure à NTU.

Dans le réseau, une turbidité élevée de l'eau révèle les problèmes suivants :

- Précipitation de fer, aluminium ou manganèse, due à une oxydation dans le réseau.
- Précipitation lente de CaCO_3 (ou parfois hydroxydes de magnésium), due à un mauvais ajustement du pH à l'usine de traitement.
- Une corrosion importante.
- L'agglomération naturelle des colloïdes qui peuvent provenir d'arrachements de bio film, ou de bactéries agglomérées par leur glycocalyx (polysaccharides présents sur les parois extérieures des bactéries).
- Une fuite de matières dans la filière de filtration de l'usine de traitement (on dit que les filtres sont « percés »).

➤ Des précipités formés par l'effet de post-floculation dans le réseau (effort persistant du floculant et polymérisation non achevée) dégradent la qualité organoleptique de l'eau et conditionnent la prolifération de microorganismes.

Le paramètre Turbidité est suivi tout particulièrement par les producteurs d'eau car il est aujourd'hui facile à mesurer en continu et permet d'évaluer rapidement la qualité de l'eau produite. En d'autres termes, c'est un excellent indicateur de traitement global.

La mesure de turbidité est ainsi un moyen qui permet de s'assurer de l'élimination de certains microorganismes qui résistent au traitement chimique, comme les spores ou les kystes. Seuls les traitements physiques de rétention les retiennent. Comme la turbidité «protège» ces microorganismes, tout comme d'ailleurs les germes qui ne sont pas libres dans l'eau, il y a une bonne corrélation entre l'abattement des microorganismes et la turbidité. Les relations établies dans certaines usines de production d'eau potable pour relier les abattements d'algues, de kystes et autres clostridium après traitements et la diminution de la turbidité le prouvent.

II.3.5. Ammonium :

Il est important d'éliminer l'ammonium avant l'introduction de l'eau dans le réseau parce que l'ammonium réagit avec le chlore pour produire des chloramines, qui sont des désinfectants moins efficaces et peuvent provoquer des goûts désagréables. Certaines bactéries prolifèrent aussi en transformant l'ammonium en nitrites puis en nitrates.

II.3.6. Matières organiques

Source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne, le contenu en éléments organiques carbonés est aujourd'hui considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité microbiologique de l'eau dans le réseau, une consommation de la matière organique s'accompagne d'un accroissement de la densité bactérienne présente au niveau du bio film, tout comme dans l'eau circulant (Figure II.2). Plusieurs mesures du potentiel nutritif carboné ont été effectuées, afin de déterminer des valeurs guides indicatives pour assurer une croissance bactérienne limitée dans le réseau (Tableau II.3).

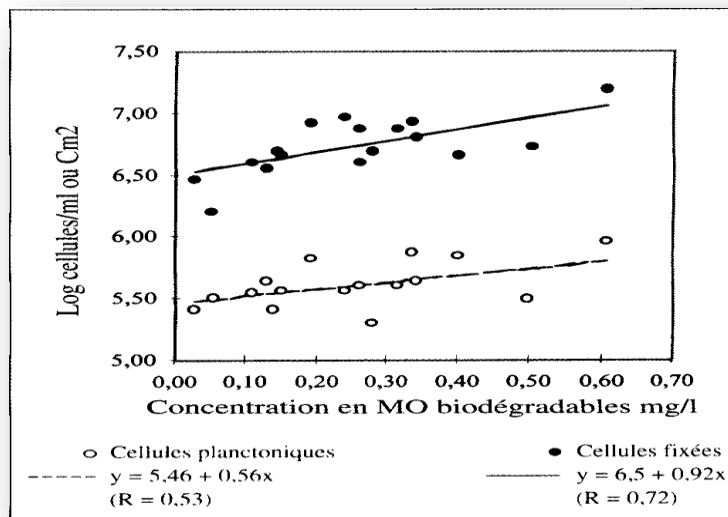


Figure II.2 : Relation entre la loge de la densité bactérienne et la concentration en matière organique biodégradée

Tableau II.3 : Valeurs guides indicatives pour minimiser le potentiel nutritif

References	Parameters	Valeur guide estimée
VanderKooijetal.1989	Carboneorganique assimilable	COA<10µg/l
WerneretHamsch1986	Potentiel decroissance	µmax.<0.15heure ⁻¹
LevietJoret1990	Carbone organique dissous biodégradable par bio film bactérien	CODB < 0.2 mg/l
Servaisetal1992	Carbone organique dissous biodégradable par des bactéries sen suspension	CODB< 0.16 mg/l

Remarque

- Dans le réseau du Syndicat des Eaux d'Ile de France, en exploitation courante, le CODB est de l'ordre de 0,5 mg/l et le COT évolue de 0,5 à 5 mg/l.
- La ville de Nice bénéficie de ressources en eau exempte de matière organique biodégradable. Depuis le début du siècle, le procédé de désinfection employé par la

Compagnie Générale des Eaux est l'ozonation. L'eau est distribuée sans chlore. Un diagnostic complet du réseau sur un an a révélé des teneurs très faibles de COD (0.3 mg C/l en moyenne) et CODB (inférieur à 0.1 mg C/l) sur l'ensemble du réseau. Les numérations bactériennes sont peu élevées, avec une faible reviviscence d'Aéromieshydrophile sur quelques points d'observations indiquant un bio film minimal. (AGHTM - 1991).

- COT - carbone organique total (soluble et insoluble).
- COD - carbone organique dissous (fraction soluble de COT).
- La fraction de COD qui est facilement digérée par les microorganismes est couramment mesurée par la procédure COA (carbone organique assimilable) ou, surtout en France et aux Etats-Unis, le test CODB (carbone organique dissous biodégradable). Ces paramètres sont mesurés au COT mètre.

Si plusieurs études ont montré que la matière organique contribue au maintien dans le réseau d'une population bactérienne vivante et stable, même en présence de chlore, il reste très délicat de faire une prévision des numérations de bactéries sur cette seule indication. Le désinfectant résiduel, l'état du réseau et d'autres conditions environnementales décrites ci avant sont aussi des facteurs tout aussi déterminants

II.3.7. Désinfectant résiduel

Si une basse du désinfectant résiduel peut entraîner une croissance bactérienne dans le réseau, l'expérience montre que le maintien du désinfectant résiduel n'assure pas totalement la prévention d'une telle reviviscence

II.3.8. Les facteurs organoleptiques

Le consommateur est très sensible à la dégradation organoleptique de l'eau du réseau. Malheureusement, le goût et l'odorat sont les propriétés les plus difficiles à contrôler en raison de causes et d'interactions telles que).

- Le Traitement : type et dose de désinfectant et transfert de désinfectant résiduel à travers le réseau.
 - La Réseau : matériaux rencontrés dans le réseau et conditions chimiques existantes (corrosion, pénétration à travers le revêtement, relargage, etc.).
 - La Microbiologie : production biologique et bioconversion de composés par microorganismes.
- De plus, la question organoleptique est très subjective : par exemple, le chlore « chez soi » ou la qualité de l'eau « à l'étranger » est considérée comme indésirable. Certains problèmes

causés par des micro-organismes spécifiques ou d'origine physico-chimique sont présentés dans les tableaux II.4 et II.5.

Tableau II.4: Exemples de microorganismes produisant des problèmes organoleptiques

Micro-Organisme	Remarque
<i>Streptomyces</i>	Plaintes de goût et d'odeur aux concentrations supérieures à 10/100 ml
<i>Désulfobivrio</i> <i>Désulfuricans</i>	Réduction biologique de sulfate en sulfure : goûts et odeurs de sulfures
<i>Actinomycètes</i> <i>Streptomycètes</i>	Goûts de moisi, de vase ou de terres, attribuées aux composés gominés ou méthyl- 2-isobornéol

Tableau II.5: Problèmes organoleptique et d'origines physico-chimique

Type	Cause	Reconnaissance
Fer	Corrosion Traitement de coagulation (sels de fer utilisés)	3 mg/l seuil de reconnaissance moyen 40 µg/l pour les personnes sensibles
Cuivre	Corrosion	7 mg/l seuil de reconnaissance moyen 3 mg/l pour les personnes sensibles
Zinc	Corrosion	20 mg/l seuil de reconnaissance moyen 5 mg/l pour les personnes sensibles
Revêtement	Plusieurs types	Goûts «pharmaceutique/médicamenteux » ou « solvant/chimique »
	Chlore résiduel réaction avec les matières organiques	Odeurs de chlore pour les consommateurs en tête du réseau Goûts « pharmaceutique/médicamenteux »

La couleur de l'eau peut être directement liée à la présence d'acides humiques dans l'eau. Ils réagissent également avec le chlore pour former des composés organiques halogénés indésirables. Après cela, l'enlèvement de la peinture doit être effectué à l'installation de traitement avant que l'eau n'entre dans le système.

Les Plaintes de consommateurs sont considérées comme un signe avant coure Ur de détérioration de l'eau .Ces "études des surveillances" peuvent permettre de détecter des anomalies spécifiques au réseau de distribution, qui auraient pu échapper à l'attention du distributeur s'il ne s'agissait que de problème s'internes réseau.

II.3.9. Influence des phénomènes de corrosions sur la qualité de l'eau

La corrosion est souvent responsable de la présence de fer, de plomb, de cuivre, de cadmium ou de zinc dans l'eau. Ils protègent les micro-organismes de l'érosion hydraulique, ralentissent l'écoulement et peuvent le modifier localement.

La corrosion est causée par divers phénomènes électrochimiques locaux (divers mécanismes de corrosion);par exemple, à un pH Bas ou lorsque les niveaux d'oxygènes ont élevés à, il est souvent exacerbé par des bactéries qui accélèrent les réactions.

La protection contre la corrosion doit être obtenue par des précautions dans le traitement de l'eau et un entretien approprié du système.

II.4.Facteurs de dégradation liés à la conception ou à la gestion du réseau

II.4.1.L'hydraulique du réseau :

Contribue au maintien de la qualité de l'eau en réduisant le temps de rétention dans le réseau. Dans les réseaux urbains, le maillage est souvent important, ce qui assure la sécurité quantitative du, répond aux exigences de sécurité incendie, autorise les cycles les plus élevés et permet au d'arrêter l'eau en cas de besoin. Cependant, il augmente le temps de séjour de l'eau dans le réseau .Le temps de séjour de l'eau dans les réservoirs peut être augmenté en raison de limitations Fo actionnelles ou même en raison de défauts de conception dans la conception de points individuels du réseau. L'heure du réseau n'est pas une valeur unique, mais est représentée par une distribution statistique. Le temps de séjour moyen dans le réseau peut aller jusqu'à plusieurs jours, mais une certaine quantité d'eau peut stagner plus de dix jours et presque zéro dans les zones du réseau à faible débit ou faible demande en eau (par exemple, pendant les vacances).

Des études ont montré que des problèmes de stagnation qui contribuent à la corrosion et aux dépôts se produisent lorsque les vitesses de l'eau sont inférieures à $0,01\text{m}\cdot\text{S}^{-1}$ et derrière à $0,1\text{m}\cdot\text{S}^{-1}$ disparaît

Lors du dessin des réseaux, les diamètres des canalisations sont calculés à partir des débits de pointe horaires. Des valeurs guident de débit de $0,5$ et $1,5\text{m}\cdot\text{S}^{-1}$ sont recommandées.

Nous avons vu que le débit d'eau limite la croissance bactérienne par un effet de nettoyage du bio film. Par exemple, la qualité microbiologique de l'eau peut se détériorer lorsque le débit est augmenté, surtout s'il se produit soudainement, comme lors de l'ouverture d'une bouche

D'incendie Les besoins en eau trop importants en été (irrigation, piscines, etc.) peuvent également entraîner une détérioration de la qualité de l'eau pour la même raison.

II.4.2. Influence du choix des matériaux

Les interactions entre l'eau et les matériaux du réseau de distribution, c'est-à-dire, le contenant, peuvent être à l'origine de dégradation de la qualité de l'eau distribuée.

➤ Comme on l'a présenté antérieurement, il faut éviter le contact direct au / métal (acier fonte) de façon à lutter contre tout phénomène de corrosion.

Dans les anciens réseaux constitués majoritairement de fonte grise non revêtue intérieurement, des campagnes de nettoyage ont montré (cas du Syndicat des Eaux d'Ile de France) que les dépôts recueillis par décantation sont essentiellement constitués de 40 % n en poids de fer. Pour tout matériau métallique, la migration de micropolluants dans l'eau liée fondamentalement à des réactions électrochimiques de corrosion, existe aussi bien pour le cuivre (eaux à pH bas, effet tampon faible), le plomb (eaux à pH inférieur à 7, teneur en O₂ dissous non négligeable, faible minéralisation), les canalisations en acier galvanisé (après corrosion, on observe la migration de zinc parfois contaminé par le plomb, l'arsenic et le cadmium), et des alliages métalliques qui peuvent reléguer certains éléments les constituant suivant la qualité de l'eau en contact.

➤ Pour les matériaux à base de ciment (béton notamment), avec une eau agressive (sous-entendu au carbonate de calcium), la chaux du liant se dissoudra progressivement en entraînant une élévation de la porosité du matériau et une élévation du pH de l'eau sans autre conséquence majeure sur la qualité.

➤ Les joints des réseaux qui constituent aussi le contenant, sont soupçonnés, dans certains cas, de reléguer des substances nutritives dans l'eau pouvant stimuler la croissance bactérienne : c'est l'exemple des joints de filasses et des presses étoupe utilisés encore jusqu'à une époque récente.

➤ Certains matériaux de revêtement interne de grosses conduites ou de réservoirs relégueront pour leur part des polymères ou des adjuvants, ou des solvants ce qui se traduira par l'apparition de saveurs désagréables.

L'EPA (1992) a observé ce phénomène pour le caoutchouc, la silicone, le PVC, certains polyéthylènes et les revêtements bitumineux.

Dans les années 1980 en Grande-Bretagne en plusieurs plaintes à ce sujet ont été enregistrées. Pour l'utilisation de ces matériaux dans les revêtements étanches, il est recommandé de porter une attention particulière aux critères suivants.

- Limites d'utilisation sur les chantiers,
- Réalisation des supports de chaussée,
- Compatibilité du produit avec les modalités de nettoyage des ouvrages, Certains matériaux sont aussi le support de prolifération bactérienne.
- Les tuyauteries ou matières plastiques qui ont l'avantage de supprimer les risques de corrosion, et de réduire dans certains cas le nombre de joints, donc de fuites, peuvent dans des situations d'emploi particulières entraîner une dégradation de la qualité de l'eau, par exemple dans des zones à risque de pollution par hydrocarbures ou solvants (stations-services, teinturerie, industrie à chimie organique,...). En effet, les matériaux plastiques sont, pour certains, perméables à ces produits organiques, qui migrent alors en phase gazeuse ou liquide à travers la paroi des tuyaux (permutation). Outre des risques de contamination chimique de la qualité de l'eau, ces contaminants constituent parfois, suivant leur biodégradabilité, des nutriments pour la flore bactérienne.
- Le plomb utilisé pour les branchements faits de plomb ou les brasures qui en contiennent (jusqu'à dans les années 1990) ainsi que pour les canalisations intérieures (antérieures aux années 1950) est également une source importante de dégradation de la qualité de l'eau potable. À long terme (plus de 6 heures), le plomb peut se dissoudre dans l'eau potable, qui s'accumule dans les canalisations qui en contiennent, selon les caractéristiques de l'eau transportée (pH, température, etc.). Le nouveau décret français sur l'eau potable fixe une valeur maximale autorisée de 25 µg/l à partir du 25/12/2003, au lieu de 50 µg/l sous le précédent décret 89-3, avant qu'elle ne soit ramenée à 10 µg/l à partir de ce décret. Cela signifie le remplacement éventuel des tuyaux et raccords en plomb existants. Par exemple, des recherches menées au niveau national ont montré que les lignes représentent un tiers des lignes existantes en France (soit 3 millions et les lignes doivent être remplacées).

II.4.3. Origine des altérations de la qualité de l'eau potable :

Le tableau II.6 résume les différentes causes des changements de la qualité de l'eau pendant la distribution.

L'eau potable produite en usine doit effectivement conserver sa qualité depuis sa sortie d'usine jusqu'au robinet de l'utilisateur

Par conséquent, une bonne distribution est obtenue à partir du passage sûr de l'eau à travers le réseau.

Cette liste ne comprend pas les cas de contamination des eaux brutes ou de dysfonctionnement de l'unité de production.

Les raisons des changements dans les établissements privés sont présentées à titre indicatif, car elles ne font pas partie de cette étude.

Tableau II.6 : Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et conséquences

Origines	Causes	Conséquences	Dangers
Réservoirs	Mauvaise étanchéité de l'ouvrage	Infiltration de l'eau de pluie	Contamination microbiologique
	Orifices de ventilation ou voies d'accès mal protégées	Pénétration d'insectes ou autres animalcules	Altération de l'eau sur le plan organique organoleptique ou microbiologique
	Mauvais entretien (nettoyage notamment)	Apports nutritifs du fait de l'encrassement, ou de sédiments organiques	Développement de germes (clostridium, ...)
	Surdimensionnement, points bas courts-circuits de l	Stagnation de l'eau	Altération des qualités initiales pour divers paramètres
	Réservoir exposé à la lumière du jour	Croissance d'algues	Apports de matières organiques
	Interventions effectuées en dehors des règles de l'art (désinfection, prélèvements, accès au plan d'eau, ...)	Eau potable souillée	Contamination microbiologique
Retours d'eau	Dépression (pompage intensif sur réseau, rupture de canalisation,...) ou contrepression (mise	Siphonage ou refoulement de substances indésirables ou polluantes	Pollutions toxiques, microbiologiques, ou organoleptique

	en pression dans une installation privée, ...)		
Environnement extérieur de la conduite	Fuites, usures au joint et dépression Permutation	Intrusion d'eaux terreuses Introduction de polluants	Pollution microbiologique essentiellement Pollution toxique ou organoleptique
Défauts du réseau	Matériau inadéquat pour l'alimentation en eau potable	Relargage de polluants Apports nutritifs Adhérence trop importante des germes Corrosion	Pollution toxique Favorise le biofilm Contamination microbiologique Altération des paramètres métaux (Fe, Zn, Pb Cu, Cd, ...)
Interventions sur le réseau	Désinfection insuffisante à la suite d'une réparation ou d'un renouvellement Manœuvre de réseau, coups de bélier Erreurs de branchement (ex : sur réseau d'eau non potable)	Développement de germes Mise en suspension de dépôts	Contamination microbiologique Pollution organoleptique voire microbiologique Contamination microbiologique entre autres
Intrusion de polluants au niveau d'une ventouse (rare)	Ventouse mal située	Eau potable souillée	Contamination microbiologique
Installation intérieure	Matériau inadéquat Juxtaposition de matériaux inadéquats Dysfonctionnement	Corrosion ou relargage Corrosion Stagnation de l'eau	Pollution toxique ou organoleptique Altération des paramètres métaux

	des dispositifs de traitement domestiques (surdosage, cartouches saturées ou colonisées par des bactéries, Colonisation des zones stagnantes par circuit d'eau chaude Surdimensionnement (faible consommation, longueur,)		Relargage de bactéries ou d'éléments minéraux Contamination microbiologique (Légionnelle) Pollution microbiologique, chimique (NH ₃), organoleptique
--	---	--	--

II.4.4. Facteur de fuites

Les fuites dans les anciennes canalisations sont connues pour contaminer l'eau potable lorsque les normes ne sont pas correctement respectées ou si la qualité du matériau de la canalisation est de mauvaise qualité, ce qui entraîne la rouille ou la corrosion dans votre système d'approvisionnement en eau.

II.5. Conclusion

Pour obtenir une eau potable pouvant être consommée sans risque pour la santé, elle doit subir plusieurs traitements afin de respecter des normes de spécification pour l'eau potable et éliminer complètement les micro-organismes en utilisant plusieurs techniques. Il existe également des facteurs physiques et chimiques qui influent sur la détérioration de la qualité de l'eau, y compris de degrés de température, pH, minéralisation dans le réseau, turbidité.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the rolled-up ends, framing the text.

CHAPITRE III

Matériels et Méthodes

III.1.Introduction

La station d'épuration d'eau potable d'AZZABA est située au nord-est de la wilaya de Skikda, entre la commune d'AZZABA et la commune de Jandal Saadi Mohamed, en bordure de route entre ces deux communes.

La station d'épuration a commencé ses travaux en août 2008 en testant une quantité de 87 litres/seconde. Molha Azzaba en a bénéficié, après quoi la quantité a varié de 2000 à 5000 mètres cubes. Quant aux communes d'Al-Sabt, Jandal Saadi Mohamed et Ain Charchar, le projet d'approvisionnement de ces communes à cette époque est en voie de réalisation en novembre 2008, les communes de Jandal Saadi Muhammad et Ain Sharchar ont bénéficié d'une quantité allant de 700 à 800 mètres cubes par jour. Par la suite, en février 2009, la municipalité d'Al-Sabt a été approvisionnée avec une quantité allant d'environ 200 mètres cubes. La station a été alimentée avec l'eau du barrage d'ANBA.

III.2.Définition du prélèvement

Le prélèvement consiste à prélever l'eau destinée à la consommation dans le laboratoire d'AZZABA de la Société Algérienne des Eaux, unité de Skikda, en tenant compte de toutes les conditions suivies dans le mode de prélèvement, afin de préserver les propriétés physico-chimiques et bactériologiques caractéristiques pour obtenir de bonnes analyses.

III.2.1.Les conditions d'échantillonnage :

Les conditions suivies pour l'échantillonnage sont les suivants :

III.2.1.1.Pour les analyses physico-chimiques

- Laissez le robinet ouvert pendant au moins 10 minutes.
- Laver la bière et le testeur gradue avec l'eau à calibrer trois fois.

III.2.1.2.Pour les analyses microbiologiques

Ces conditions sont :

- Se laver les mains avant de prélever l'échantillon
- Stériliser le robinet avec le feu pendant une minute ou plus.
- Ouvrir le robinet et laisser couler au moins 10 minutes avant de prélever l'échantillon.
- Gardez la flamme du feu près du robinet lors du prélèvement de l'échantillon.
- Il a ouvert le robinet et la remplit sous le robinet, puis la ferme directement, pour empêcher l'air d'entrer [17].



Figure III.1 : Échantillons prélevés au niveau de station AZZABA

III.3. Analyse physique-chimique

III.3.1. L'outil utilisé dans l'analyse

- Bécher
- Burette
- Flaçon en verre
- Pincettes
- Poêle
- Eprouvette cuisinière
- Pipette



Figure III.2 : L'outil d'analyse au niveau de station AZZABA

III.3.2. Matériels utilisé pour l'analyse

- Appareil de mesure du pH et de la température
- Appareil de mesure de la conductivité et salinité
- Appareil de mesure de la turbidité



Figure III.3 : Les matériels d'analyses physiques au niveau de station AZZABA.

III.3.3. La détermination de pH et de la Température

• Le principe

Ces deux paramètres sont déterminés par l'emploi d'un pH-mètre digital « HACH » pouvant déterminer à la fois pH et température. L'étalonnage est effectué avant chaque essai avec des solutions tampons: pH-7 et pH 9

• Mode opératoire

- ✓ Laver les électrodes avec l'eau distillée et sèche avec du papier filtre.
- ✓ Verser l'eau à analyse dans un bécher.
- ✓ Immerger les électrodes et puis lire les résultats affiché dans l'écran.



Figure III.4: détermination de pH et de la température

III.3.4. La détermination de la conductivité et de la salinité

- **Le principe**

Ce paramètre est déterminé par l'emploi d'un appareil multitâche conductivité digital « HACH » peuvent déterminer à la fois, la conductivité en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S, CM}$) et TDS (Total des solides Dissous) en mg/l et la salinité en % (mg/l) en plus de la température en degré Celsius.

- **Mode opératoire**

- ✓ Les électrodes avec l'eau distillée et sécher avec du papier filtre.
- ✓ Laver Vers l'eau à analyse dans un bécher.
- ✓ Immerger les électrodes.
- ✓ Puis appuyer (presser) sur (cond.) pour mesure la conductivité et sur TDS et «sal » pour salinité.
- ✓ La lecture se fait sur le petit écran.



Figure III.5 : Détermination de la conductivité et de la salinité.

III.3.5. La détermination de la turbidité

- **Principe**

Le degré de turbidité est mesuré par un turbidimètre et les résultats sont affichés directement sur l'écran.

- **Mode opératoire**

- ✓ Nous installons l'appareil au point ONTU
- ✓ Nous remplissons le tube de mesure avec l'eau à calibrer après l'avoir lavé avec de l'eau du robinet que nous avons laissée ouverte environ 10 minutes auparavant.
- ✓ Nous essuyons les côtés du tube afin de calculer l'adhésion des bactéries, puis nous le mettons dans l'appareil
- ✓ Les résultats sont lus directement sur l'écran de l'appareil.



Figure III.6 : détermination de la turbidité.

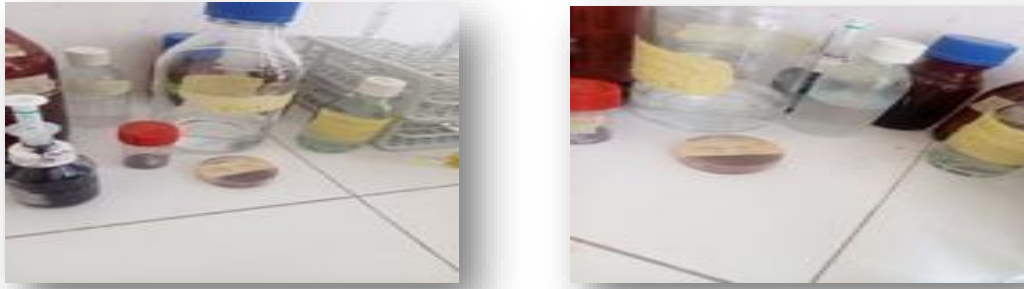


Figure III.7: Les produits utilisés pour l'analyse chimique - station AZZABA.

III.3.6. La détermination de TA, TAC

Ces deux valeurs permettent de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau, d'autre façon l'alcalinité D'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et hydroxydes. L'alcalinité se mesure par la neutralisation d'un certain volume d'eau par une solution diluée d'un acide minéral. Le point d'équivalence étant déterminé par des indicateurs colorés.

- **Principe**

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

- **Mode opératoire**

Dans un bécher de 250 ml verser 100 ml d'eau à analyser. Ajouter deux gouttes de phénophtaléine, une coloration rose se développe. Dans le cas contraire (pas de coloration) TA=0 ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8.3 verser ensuite doucement l'acide à l'aide d'une burette, en agitant constamment et ceci jusqu'à la décoloration complète de la solution.

Pour déterminer TAC, à la même solution précédente, Ajouter 2 à 3 gouttes d'indicateur méthylorange (couleur orange) et Titrer avec l'acide sulfurique H_2SO_4 . Jusqu'au changement de couleur puis noter le volume (V_B) ml.

- ✓ Si on n'a pas de coloration TA=0
- ✓ Si non VA 10 exprime le titre alcalimétrique avec V le volume en ml de la solution de H_2SO_4 utilisée pour le titrage

TA (ppm) VA X 10

TAC en ppm de $CaCO_3 = V \times 10$ avec $V=V_a+ V_b$.

III.3.7. La détermination de THT

- **Principe**

Il est basé sur l'interaction des ions calcium et magnésium "Cat" dissous dans l'eau avec le sel disodique de l'EDTA, où ce composé est formé avec les ions calcium et magnésium dissous dans le milieu complexes hydro cycliques.

- **Mode opératoire**

On prélève 50 ml de l'échantillon, puis on verse 4 ml de Solution Tompson avec un pH= 1 dans ma bouche Nous avons une couleur transparente - On met 3 gouttes d'eriochrome noir T, et une coloration violette apparaît. Titrer avec des gouttes de solution d'EDTA dans la burette jusqu'à disparition de la couleur violette L'apparition de la couleur bleue puis on calcule le THT.



Figure III.8 : Représentations des résultats d'étalonnage de la dureté total.

III.3.8. La détermination de TH_{Ca}

- **Principe**

Les ions calcium Ca dans l'eau sont mesurés par la réaction du carbonate de sodium NaOH avec du mir oxyde dissous dans l'eau avec du sel di sodique d'EDTA, où la couleur change rose à violet au point d'équivalence

- **Mode opératoire**

- ✓ On prend un récipient Arleen Meyer de 250 ml et on y met 50 ml d'eau échantillon et 2 ml de solution NaoH.
- ✓ Ensuite, nous y ajoutons une toute petite goutte de poudre de peroxyde

- ✓ Remplir la burette de solution EDTA, puis titrer jusqu'à ce que la couleur rose disparaisse et apparaisse Violette.
- ✓ $Ca^{+2} = v \times 10 \text{ THCa} < 200$

III.3.9. La détermination de chlorure

- **Matériel**

- ✓ Une burette de 60 ml.
- ✓ Un flacon Erlenmeyer
- ✓ Solution de nitrate d'argent 0.02 N.
- ✓ Solution de chromate de potassium indicateur K_2CrO_4 .

- **Mode opératoire**

Placer 5 ml d'échantillon dans le flacon Erlenmeyer, ensuite ajouter 2 gouttes de la solution indicatrice de K_2CrO_4 et titrer la solution avec nitrate d'argent 0.02 N jusqu'à ce que la solution vire au jaune rougeâtre qui est le point de fin de titrage.

$$[Cl^-] \text{ (mg/l)} = V \times 71$$



Figure III.9 : Représentations les résultats de l'étalonnage des ions de chlore.

III.3.10. La détermination de calcium

- **Principe**

Le principe de ce dosage est de doser le calcium avec une solution d'EDTA en présence d'un indicateur spécifique.

- **Mode opératoire**

- ✓ A 50 ml de l'eau à analyser, ajouter 0,2g de mir oxyde et 2ml de Na OH 0,2N.
- ✓ Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage violet

- ✓ La concentration de calcium est exprimée par la relation :

$$Ca_2 = V_1 * 8\,016 * F \text{ (mg/l)}$$
- ✓ La concentration de calcium est exprimée par la relation :

$$Ca^{2+} = V_1 * 8\,016 * F \text{ (mg/l)}$$
- ✓ VI: Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.
- ✓ F : facteur de dilution.



Figure III.10 : Représentations les résultats de l'étalonnage des ions calcium.

III.3.11. La détermination de chlore résiduel

- **Principe**

Le chlore résiduel dans l'eau est mesuré à l'aide du Comparateur du chlore à l'aide du détecteur (D_P D₁, distylephényle).

- **Mode opératoire**

- ✓ Vous fabriquez un tube comparateur de chlore avec l'eau à calibrer.
- ✓ nettoyer le disque D_PD₁.
- ✓ Après dissolution du comprimé dans l'eau, la couleur de l'eau devient rose.

- **En lisant**

La couleur obtenue correspondait à la couleur du comparateur, qui contient une échelle qui détermine le chlore résiduel.



Figure III.11 : Représentations matériaux réactifs pour la détection chlore résiduel.

III.4. Analyse bactériologique

Dans la figure suivante quelques étapes d'analyse microbiologique :



Figure III.12 : Représentation quelques étapes d'analyse microbiologique

III.4.1. Critères bactériologiques

▪ **Conditions à prendre en compte lors du prélèvement d'un échantillon d'eau pour analyse :**

- 1- L'échantillon doit représenter la source de l'eau à tester.
 - 2- Les précautions nécessaires doivent être prises pour ne pas contaminer l'échantillon lors de son prélèvement.
 - 3- Lorsque l'échantillon est prélevé dans l'eau du robinet, on constate que le robinet est stérilisé à l'aide d'une flamme, tout en laissant le robinet ouvert Pré-échantillonnez le soleil pendant 5 minutes
 - 4- Lorsque l'échantillon est prélevé dans un étang, une rivière ou une autre source d'eau, il doit être prélevé sous la surface de l'eau en ouvrant le couvercle de la bouteille stérilisée sous la surface de l'eau.
 - 5- Si elle provient des robinets, laissez couler le robinet pendant un temps suffisant pour évacuer l'eau emmagasinée dans les canalisations, avant de prélever l'échantillon.
 - 6- S'il s'agit d'eau chlorée, 0,02 ml de poudre de thiosulfate de sodium par litre doit être placée dans une bouteille d'échantillonnage, car cette substance se combine avec le chlore restant dans l'eau et arrête son effet.
 - 7- Les tests bactériologiques doivent être effectués immédiatement après le prélèvement de l'échantillon au réfrigérateur de 5 à 10 heures pour éviter tout changement dans l'échantillon.
- Le nombre total de bactéries dans l'eau comme preuve de sa potabilité. Les normes américaines considèrent que l'eau est potable si elle contient un nombre total de bactéries inférieur à 100 microbes totaux déterminé par la méthode de la plaque sur milieu gélosé, incubée à 37°C pendant 24 heures.
 - Le nombre obtenu varie, bien sûr, selon la méthode de l'un des prélèvements, la méthode d'estimation, le type de preuve, et la température d'incubation. Comme pour l'eau minérale, le nombre total de bactéries ne doit pas dépasser 20 ml. Selon les spécifications américaines, l'eau potable doit contenir au moins 2 bactéries E. coli par 100 ml d'eau, et si le nombre dépasse 100 E. coli par 100 ml, l'eau n'est pas considérée comme potable.

III.4.2. Outils et matériaux utilisés

- ✓ Flacon d'échantillon stérile.
- ✓ Gélose tryptone, glucose et extrait d'âne.
- ✓ Boîtes de Pétri et pipettes stériles.
- ✓ Tubes d'eau distillée stérile, chaque tube contenant 9 ml d'eau.



Figure III.13 : Quelques outils et matériaux d'analyse microbiologique - station AZZABA

• Mode Opérateur

- Bien agiter l'échantillon d'eau.
- Transférer 1 ml d'échantillon d'eau avec une pipette stérile dans un tube contenant 9 ml d'eau stérile Dilution 10 - 1 ml.
- Continuez à faire une série d'investigations en notant que les numéros de dilutions sont inscrits sur les tubes. Utilisez une pipette pour chaque dilution, à condition qu'elle soit stérile.

- Transvaser des tubes de dilution de 1 ml dans les boites de Pétri, en numérotant les boites au prorata de chaque dilution. Deux couches de chaque dilution sont réalisées en notant l'utilisation de pipettes stériles.
- Pour chaque dilution, une pipette stérile doit être utilisée, à condition que le transfert se fasse de la plus haute dilution à la plus haute dilution le moins.
- Ensuite, de la gélose tryptone, du glucose et de l'extrait de levure sont versés sur les plaques Retirer le plateau et le refroidir à 45 C, puis les boîtes sont incubées à l'envers à 37 C pendant 24 heures.



Figure III.14 : Représentations les résultats d'analyse microbiologie

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left side and rounded corners. The text is centered within this border.

CHAPITRE IV

Résultats et Discussions

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les résultats et la discussion des analyses effectuées sur les Caux superficielles du Barrage ANBA –AZZABA

IV.2. Résultats des analyses organoleptiques

Nous présentons dans le tableau suivant les résultats des analyses des paramètres organoleptiques de l'eau traitée issue de la station d'épuration algérienne – AZZABA :

Tableau 1V.1 : Représente les résultats des analyses des paramètres organoleptiques de l'eau traitée issue de la station d'épuration algérienne – AZZABA

La date	L'échantillon	Normes organoleptiques		
		La couleur	Gout	L'odeur
28/03/2023	Eau traitée	transparent	Sans gout	Sans odeur
29/03/2023		transparent	Sans gout	Sans odeur
2/04/2023		transparent	Sans gout	Sans odeur

A travers les résultats, on constate que l'eau traitée dans la station est inodore, transparente et sans gout donc le traitement est efficace

IV.3. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des sites d'eau échantillonnent :

IV.3.1. Variation de pH

Nous avons mesuré le pH par un appareil pH mètre. Les résultats des analyses du pH sont représentés sur le tableau et la figure ci-dessous

Tableau 1V.2: Résultats des analyses du pH

la date de prélèvement	pH de l'eau brute	pH de l'eau Traitée	les normes algériennes
28/03/2023	8,49	8,17	6,5 < pH < 8,5
29/03/2023	8,39	8,03	
30/03/2023	8,3	8,08	
02/04/2023	8,11	7,96	

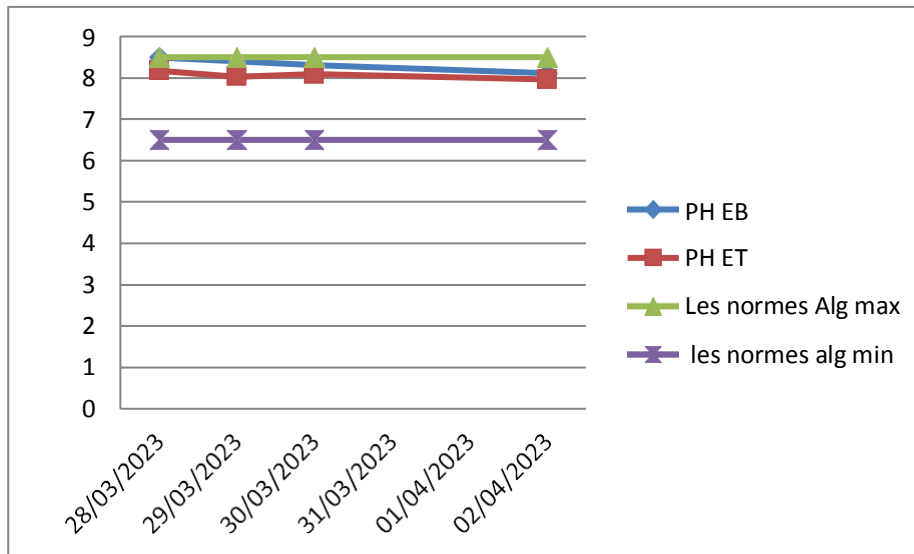


Figure IV.1: Variation de pH de l’eau du barrage ANBA -AZZABA

A travers les résultats obtenus précédemment, on constate que les valeurs de pH durant la période à partir de laquelle on a prélevé les échantillons quant aux eaux brutes et aux eaux traitées, elles sont confinées entre 8.5-6.5 selon le système global OMS, par conséquent, la qualité de l’eau dans la zone d’étude station AZZABA est efficace

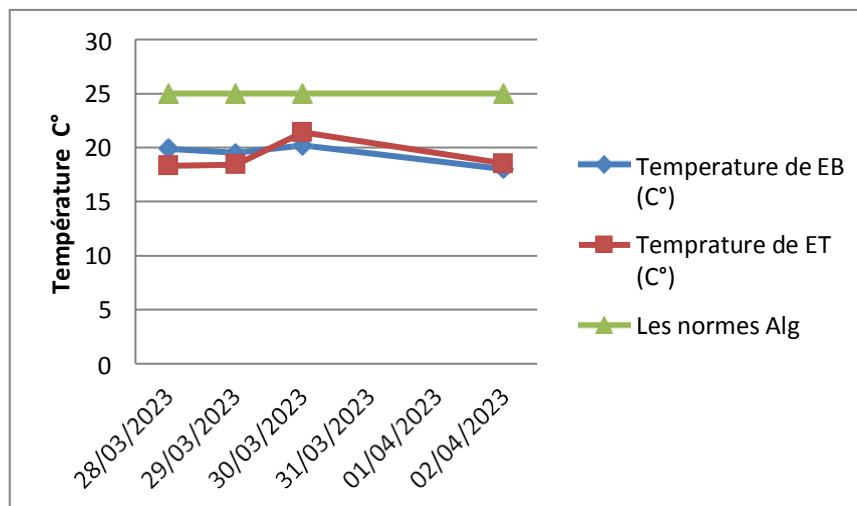
IV.3.2.Détermination de la température

La température de l'eau est un paramètre important pour la vie aquatique en fait, la majorité des paramètres physico-chimiques dépendant de la température

Les valeurs des températures de l'eau du barrage zaderas pendant la période qui s'étale entre 04/04/2021 et 14/04/2021 sont présentées sur la figure et le tableau ci-dessous :

Tableau IV.3: Résultats des analyses de la température.

La date de relèvement	T(c°) de l'eau brute	T(c°) de l'eau traitée	La norme algérienne
28/03/2023	19,9	18,3	T c°<25
29/03/2023	19,5	18,4	
30/03/2023	20,2	21,4	
02/04/2023	18	18,5	

**Figure IV.2:** Variation de la température de l'eau du barrage ANBA-AZZABA.

Les résultats des mesures de température ont montré que toutes les valeurs sont comprises entre 18° et 20°, toutes les valeurs sont inférieures à 25°, et donc l'eau est d'excellente qualité et de haute qualité, par rapport au système global OMS. Un changement des valeurs de température dû au changement de temps tout au long des jours de l'année.

IV.3.3. Détermination de la conductivité

Nous avons pu mesurer la conductivité électrique (CE) en micro siemens par centimètre (S/cm). Les résultats sont présentés sur la figure et le tableau ci-dessous :

Tableau IV.4: Résultat des analyses de conductivité

La date de relèvement	CE d'EB	CE d' ET	Les normes algériennes
28/03/2023	892	898	2800_2000(S/cm)
29/03/2023	890	897	
30/03/2023	888	907	
02/04/2023	886	892	

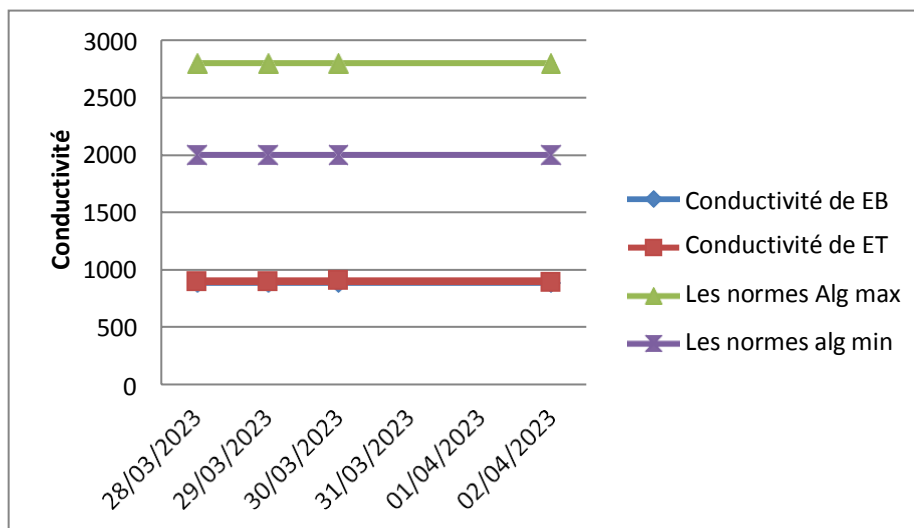


Figure IV.3: Variation de la conductivité de l'eau de barrage ANBA –AZZABA.

A travers les résultats, nous remarquons que la valeur de la conductivité prélevée sur les échantillons pendant différentes périodes est proche, comprise entre (800-900) (S/cm), ce qui signifie qu'elle est très faible par rapport au champ prélevé sur le système global OMS, qui est (2800 -2000) (S/cm). Cela est dû à la diminution des solides dissous (sels) dans l'eau, et c'est un indicateur très important de la pureté et de la qualité de l'eau.

IV.3.4.Détermination de salinité

Les résultats de variation du Salinité des eaux de barrage ANBA –AZZABA sont représentés sur le tableau et la figure ci-dessous :

Tableau IV.5 : résultats des analyses de salinité

La date de prélèvement	Salinité d'EB	Salinité d' ET	les normes algériennes
28/03/2023	0,4	0,4	0.3 -1 mg/l
29/03/2023	0,4	0,4	
30/03/2023	0,4	0,4	
02/04/2023	0,4	0,4	

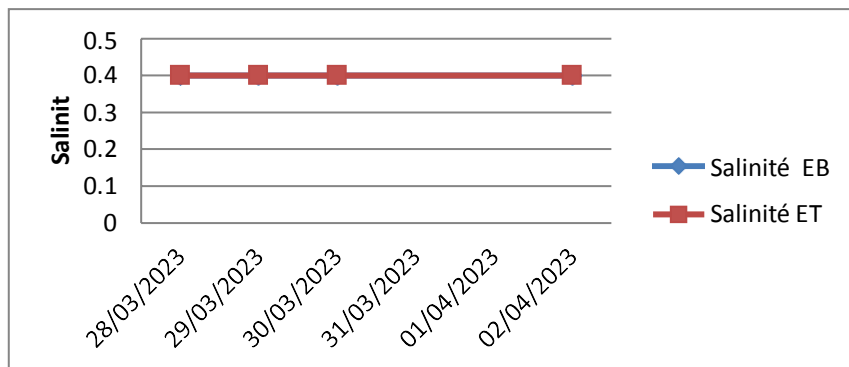


Figure IV.4 : Variation de la Salinité de l’eau de barrage ANBA –AZZABA.

À travers les résultats présentés dans le tableau, nous remarquons que les valeurs sont constantes, mais elles ne dépassent pas les valeurs appliquées au niveau international

IV.3.5. Détermination de Turbidité

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau. Les résultats des analyses obtenus à l'aide d'un turbidimètre.

Les résultats de variation de la turbidité sont représentés sur le tableau et la figure ci-dessous

Tableau IV.6 : Résultats des analyses de la turbidité

La date de prélèvement	Turbidité d'EB	Turbidité d'ET	les normes algériennes
28/03/2023	4,50	0,60	5NTU
29/03/2023	5,90	0,70	
30/03/2023	8,00	0,65	
02/04/2023	3,40	0,60	

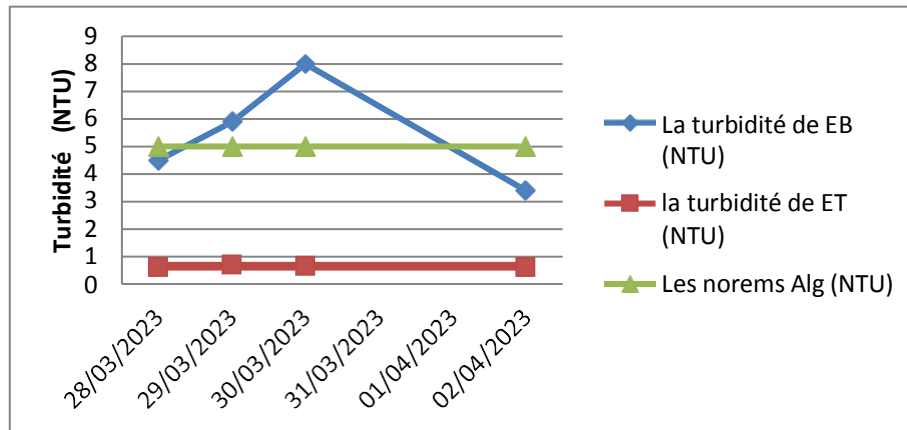


Figure IV.5 : Variation de la Turbidité de l’eau de barrage ANBA-AZZABA.

À travers les résultats présentés dans le tableau, il nous apparaît clairement que la valeur de la turbidité de l'eau est variable, car elle était confinée entre deux valeurs, mais elle ne dépasse pas les valeurs qui sont appliquées au niveau international selon le système global.

Nous remarquons que dans l'eau brute, les valeurs de turbidité sont élevées, atteignant 8 NTU, et après traitement, elles diminuent à 0,60, ce qui prouve que le traitement efficace

IV.3.6. Détermination du Titre al cal métrique TA-TAC

La méthode est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilue en présence d'un indicateur coloré. Cette méthode sente a déterminé les volumes successifs d'acide fort en solution dilué nécessaire par neutraliser au niveau du pile-8,3 et 4,5 le volume d'eau à analyser. Le TA permet de déterminer en bloc le dosage d'hydroxydes et seulement la moitié des carbonates, le TAC permet la détermination de la teneur en bicarbonates.

Les résultats de variation de l'alcalinité des eaux de barrage ANBA sont représentés sur le tableau et la figure ci-dessous :

Tableau IV. 7 : Résultat des analyses de TAC.

la date de prélèvement	TAC	TAC	les normes algériennes
28/03/2023	60	46	150-200mg/l
29/03/2023	70	65	
30/03/2023	80	75	
02/04/2023	122	100	

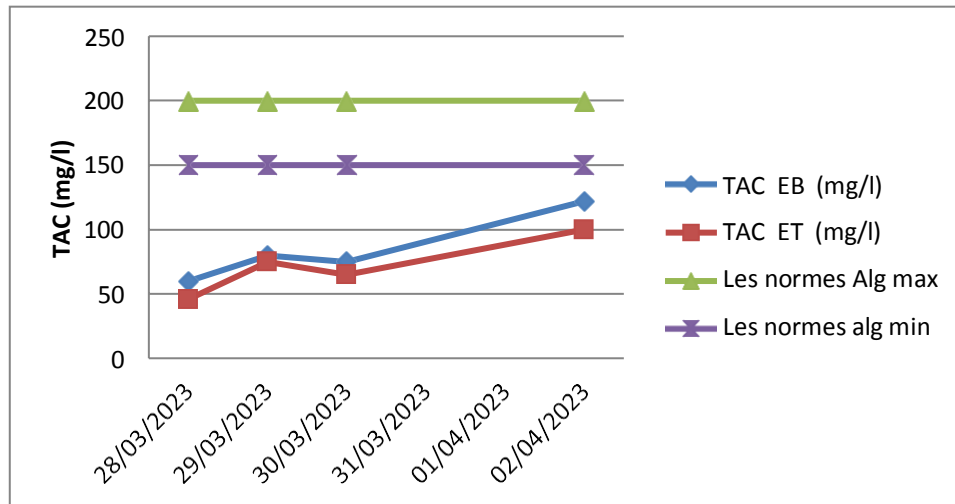


Figure IV.6: Variation de la TAC de l'eau de barrage ANBA-AZZABA.

Nous remarquons des résultats que le TAC que ça soit dans l'eau traitée et l'eau brute ne dépasse pas une norme tirée de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), et cela indique que l'eau du barrage d'Al-Anba est pauvre en carbonate d'hydrogène. Il est possible de réduire le pH de l'eau

IV.2.7. Détermination de Dureté THT

La dureté est principalement causée par la présence de calcium et de magnésium dans l'eau et elle est exprimée en mg/L de CaCO_3 .

Les résultats de variation de dureté des eaux de barrage ANBA sont représentés sur le tableau et la figure ci-dessous :

Tableau IV.7: Résultats des analyses de la dureté.

La date de prélèvement	Dureté de l'eau B	Dureté de l'eau T	les normes algériennes
28/03/2023	140	110	250_ 350 mg/l
29/03/2023	200	180	
30/03/2023	370	320	
02/04/2023	380	322	

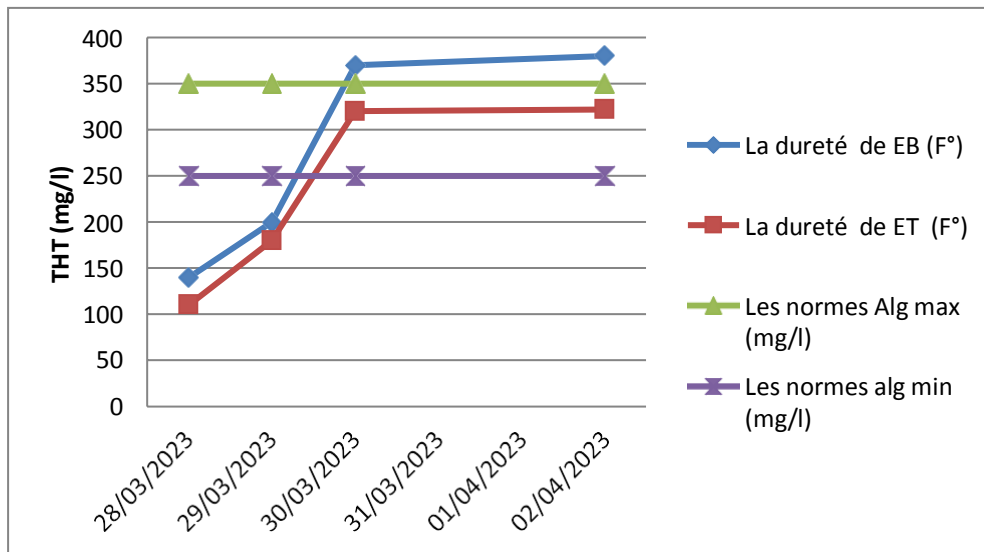


Figure IV.7: Variation de la THT de l'eau de barrage ANBA-AZZABA

A travers les résultats obtenus à partir d'un site d'étude, nous remarquons une fluctuation des valeurs de dureté THT, que ce soit dans les valeurs d'eau de barrage (dureté de l'eau brute) ou les valeurs d'eau traitée (dureté de l'eau traitée), car elles varient entre 110-380 (F°), mais ce qui nous importe ce sont les valeurs l'eau traitée comme ils ne dépassent pas les normes internationales de qualité de l'eau.

IV.3.8. Détermination de THCa

Les résultats de variation du **THCa** des eaux de barrage ANBA –AZZABA sont représentés sur le tableau et la figure ci-dessous :

Tableau IV.9: Résultats des analyses de THCa

La date de prélèvement	THCa d' ET	les normes algériennes
28/03/2023	45	200 F°
29/03/2023	70	
30/03/2023	90	

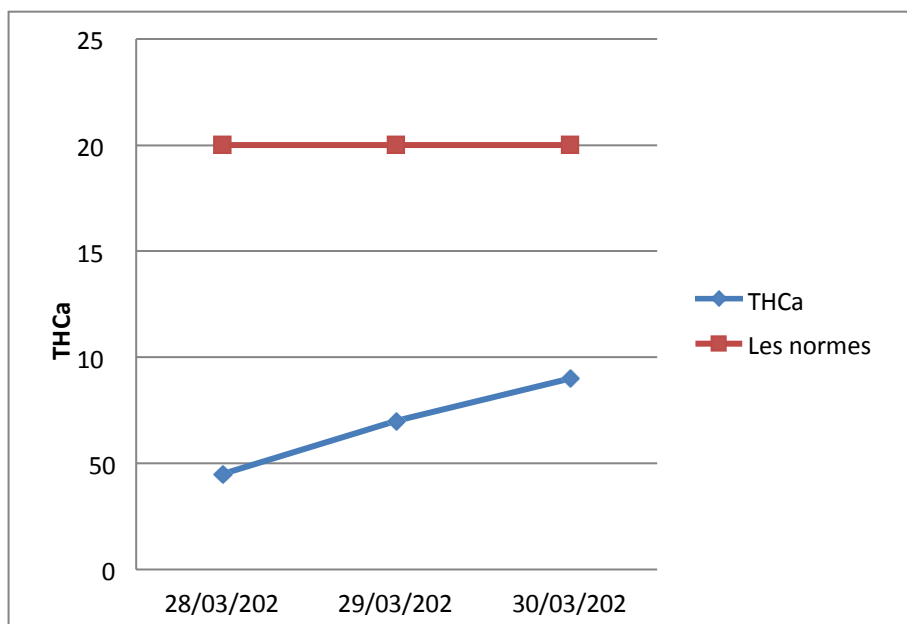


Figure. IV.8 : Variation de la THCa de l'eau de barrage ANBA-AZZABA

A travers les résultats obtenus à partir d'un site d'étude, nous remarquons une fluctuation des valeurs de THCa, car elles varient entre 200 (F°), mais ils ne dépassent pas les normes internationales de qualité de l'eau.

IV.3.9. Détermination des chlorures

Les résultats de variation du chlorure des eaux de barrage ANBA –AZZABA sont représentés sur le tableau et la figure ci-dessous :

Tableau IV.10 : Résultats d'analyses de chlorures

La date de prélèvement	Chlorier d'ET	les normes algériennes
28/03/2023	106,5	<200 Cl ⁻
29/03/2023	142	
31/03/2023	163,4	

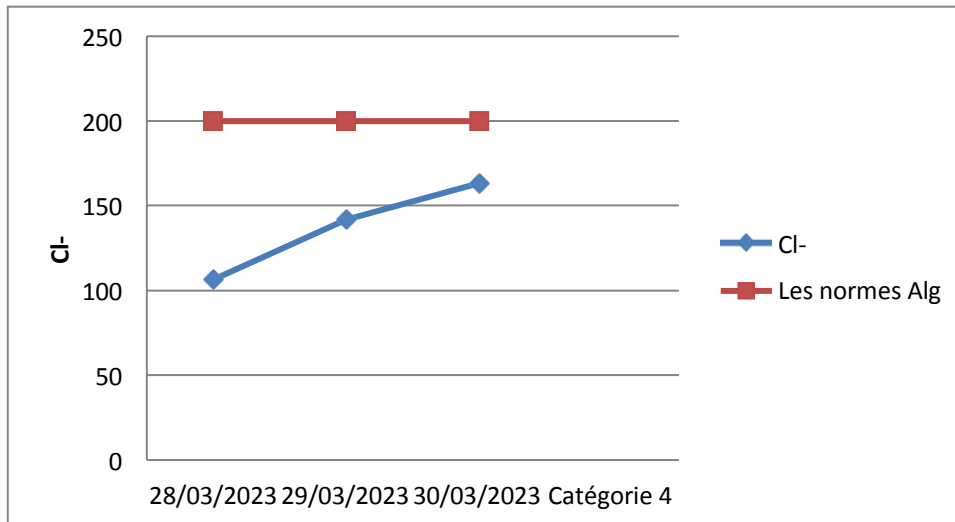


Figure IV.9: Variation de la Cl⁻ de l'eau de barrage ANBA –AZZABA.

A travers les résultats obtenus à partir d'un site d'étude, nous remarquons une fluctuation des valeurs du chlorure car elles varient mais ils ne dépassent pas les normes internationales de qualité de l'eau.

IV.3.10. Détermination de chlore résiduel

Les résultats de variation du chlore résiduel des eaux de barrage ANBA –AZZABA sont représentés sur le tableau et la figure ci-dessous :

Tableau IV.11: Résultats d'analyses de chlore résiduel

La date de prélèvement	Chlore résiduel d'ET	les normes algériennes
28/03/2023	0,5	0,3_0,6 mg/l
29/03/2023	0,2	
2/04/2023	0,4	

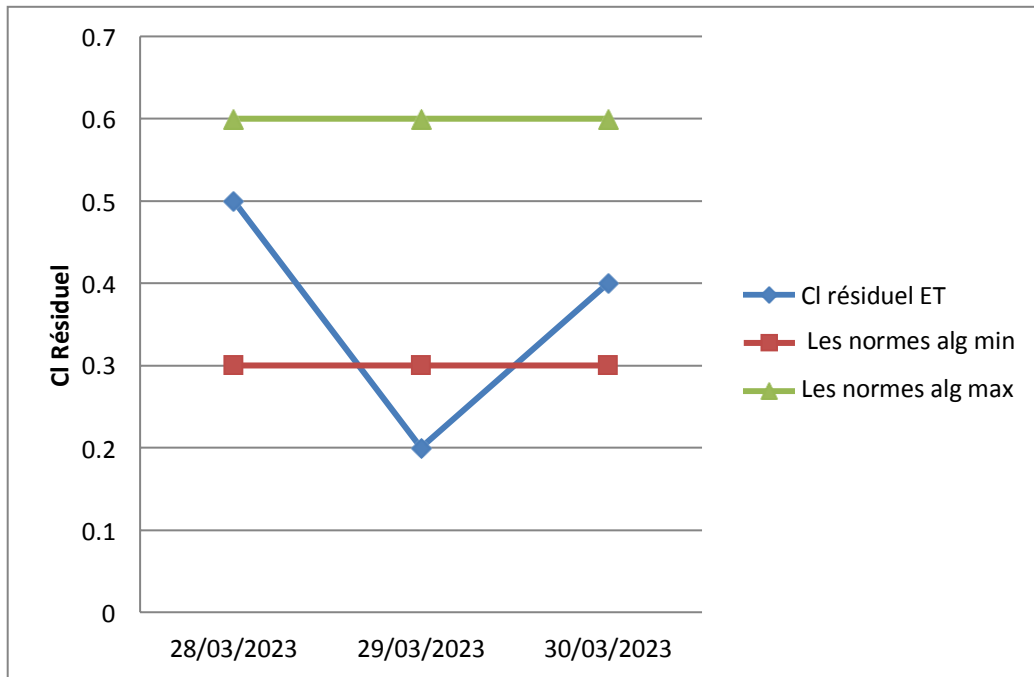


Figure IV.10: Variation de chlore résiduel de l'eau de barrage ANBA –AZZABA.

Nous remarquons a travers les résultats que les valeurs de chlore résiduel ont diminué, en raison de son manque d'interaction avec les sels minéraux et le bactéries, mais avec le temps, il revient dans les valeurs de l'OMS de l'organisation mondiale de la santé.


IV.4. Résultats des analyses bactériologiques

Les résultats des analyses des paramètres bactériologiques de l'eau traitée issue de la station d'épuration algérienne - AZZABA dans le tableau suivant :

Tableau IV.12 : Représente les résultats des analyses des paramètres bactériologiques de l'eau traitée issue de la station d'épuration algérienne - AZZABA

La date	L'échantillon	Normes bactériologiques			
		CT	C.F	STPTCOF	E.coli
28/03/2023	Eau traitée	ABS	ABS	ABS	ABS
29/03/2023		ABS	ABS	ABS	ABS
2/04/2023		ABS	ABS	ABS	ABS

L'absence de bactériologique dans les échantillons étudiés montre l'efficacité du traitement bactériologique effectué à la station d'Azzaba.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the rolled-up ends, framing the text.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'eau est une grande bénédiction de Dieu Tout-Puissant, comme il est dit dans la parole du Tout-Puissant: « Et nous avons fait de l'eau tout être vivant, ne croiront-ils pas » Sourate Al- Ambiya, verset 30.

L'eau est le secret de l'existence de la vie, l'homme doit donc la préserver et savoir l'utiliser correctement, et même lui répondre pour rationaliser sa consommation car elle est perméable, car sa mauvaise utilisation de l'eau a été la cause de sa pollution, en particulier de l'eau potable.

C'est pourquoi la base de l'étude que nous avons faite était le stage de 21 jours à la gare d'AZZABA et à la gare de ZARAMMNAH.

Analyses organoleptiques, physicochimiques et bactériologiques de l'eau de la station.

Nous avons constaté que l'eau distribuée au niveau de la station d'AZZABA est conforme aux normes d'eau potable en vigueur à l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), c'est-à-dire que cette eau est potable.

Enfin, nous espérons que nous avons réussi dans nos recherches ceci, si nous sommes blessés, c'est Dieu Tout-Puissant de se réconcilier et si nous avons fait une erreur ou l'avons raccourcie, c'est involontaire de notre part et tous les fils d'Adam ont tort, et nous espérons que nous ne serons pas en vain avec vous dans notre recherche s'il le veut, et nous demandons à Dieu de réussir

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the top and bottom edges, framing the text.

Références bibliographiques

- [1] : ZARZAR Lobna, Calcul énergétique de l'installation hybride thermique pour la production d'électricité, Mémoire, Université de Skikda, gestion et économie de l'eau, 2018, 4-5.
- [2] : ALLOUA Fatiha, traitement des eaux potable au niveau de la station de Hamad krouma, Mémoire, Université de Skikda, Génie Mécanique, 2011,4 -10.
- [3] : <http://www.eau-artois-picardie.fr/education-leau-dossiers-thematiques/le-grand-cycle-de-leau.consulter> le 27/05/2019
- [4] : www.wheelabratorgroup.com/fr
- [5] : Paul Arnould et micheline hottât eau et environnement-le borda s avril 2003
- [6] : MERZOUK Hanane, Etude comparative des analyses physico-chimiques des eaux de barrage et de mer traitées et rendues potables (ville de Skikda), Mémoire, Université de Skikda, traitement des eaux, 2013,17 -20.
- [7] : <http://www.septiemecontinent.com/pedagogie/lesson/eau-liquide-solide-gazeuse/> consulter le 27/05/2019
- [8] : <https://www.econologie.com/proprietes-eau-physique/>.consulter 27/05/2019
- [9] : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/eau-proprietes-qualite-valeurs-d-usage-42506210/caracteristiques-et-proprietes-des-eaux-w110/proprietes-biologiques-de-l-eau-w110niv10005.html>
- (10):Anonyme : ADE Ouargla, Laboratoire centrale d'Algérie des eaux.
- [11] :RODIER, R., C-M., MESCLE, j-F., et ZUCCA, J., (1991).Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité des aliments. Edition : Lavoisier. Tes et Doc. p:260- 261
- [12] : RODIER, j. (2005). L'analyse de l'eau (Eau naturelles, Eau de mer) 9ème édition : Dunod, paris. P 66.
- [13] : Debabza, 2005 mémoire de magister en microbiologie appliquée : analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba (Algérie). 2005.
- [14] : <http://www.st-neree.qc.ca/doc/colitotaux.pdf>

[15] : Maigat, 2005 Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par L'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Thèse de Doctorat en pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mail p77

[16] : <http://www.docteurclic.com/maladie/rhumatisme-articulaire-aigu.aspx>

[17] : Melle BOULACHEB Meriem Melle NOUAR Loubna la dégradation de la qualité de Léau potable dans les réseaux DOCUMENT TECHNIQUE HORS SERIE N°01