

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Intitulé du thème :

ANALYSE DE LA GESTION DES STOCKS DE
L'EAU POTABLE DANS LA REGION DE BEN
BADIS (WILAYA DE SIDI BEL ABBES)

Présenté par :

Melle MERZOUG Souad

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : BOUZIDI Mohamed Ali (Pr/UDL/SBA)

Examinateur : BENNABI Faiza (Dr/UDL/SBA)

Promoteur : MELIANI Habib (Dr/UDL/SBA)

Année universitaire 2020 - 2021

Session : « Juin 2021 »



REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie Allah tout puissant qu'il m'a guidé tout au long de notre vie, qu'il m'a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qu'il m'a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Ce mémoire est aujourd'hui l'occasion de remercier toutes les personnes qui ont collaboré à ce travail.

Tout d'abord, je tiens à remercier l'encadreur D^r MELIANI Habib et le jury composé de Pr BOUZIDI Mohamed Ali (Président) et Dr BENNABI Faiza (Examinatrice),

Je remercie aussi Mr MOSTEFAOUI Benyoub Qui ont mis à ma disposition tous les moyens et les ressources nécessaires à la réalisation de ce mémoire.

Je remercie par ailleurs vivement les membres du jury de m'avoir fait l'honneur de juger mon travail et d'assister à la soutenance, et tous nos enseignants du département de l'environnement de Sidi Bel Abbes.

J'adresse mes sincères remerciements à Mme BELAGOUN de m'avoir accueilli dans le laboratoire de l'ADE de Sidi Bel Abbes, ainsi que toute l'équipe du laboratoire et celui du SEMEP de l'EPSP Lamtar. Je n'aurais pas pu réaliser les expérimentations sans leurs aides. Merci pour votre disponibilité et vos encouragements.

Finalement, je remercie toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire et surtout Mr BESAAD Mohamed.



DEDICACE

Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille au sens large et à tout mon entourage mais tout particulièrement

Ma mère et mon père, pour leur patience, conseils, aident et aussi de m'encourager à la réalisation de ce modeste travail. « **Je vous remercie, mes parents** »

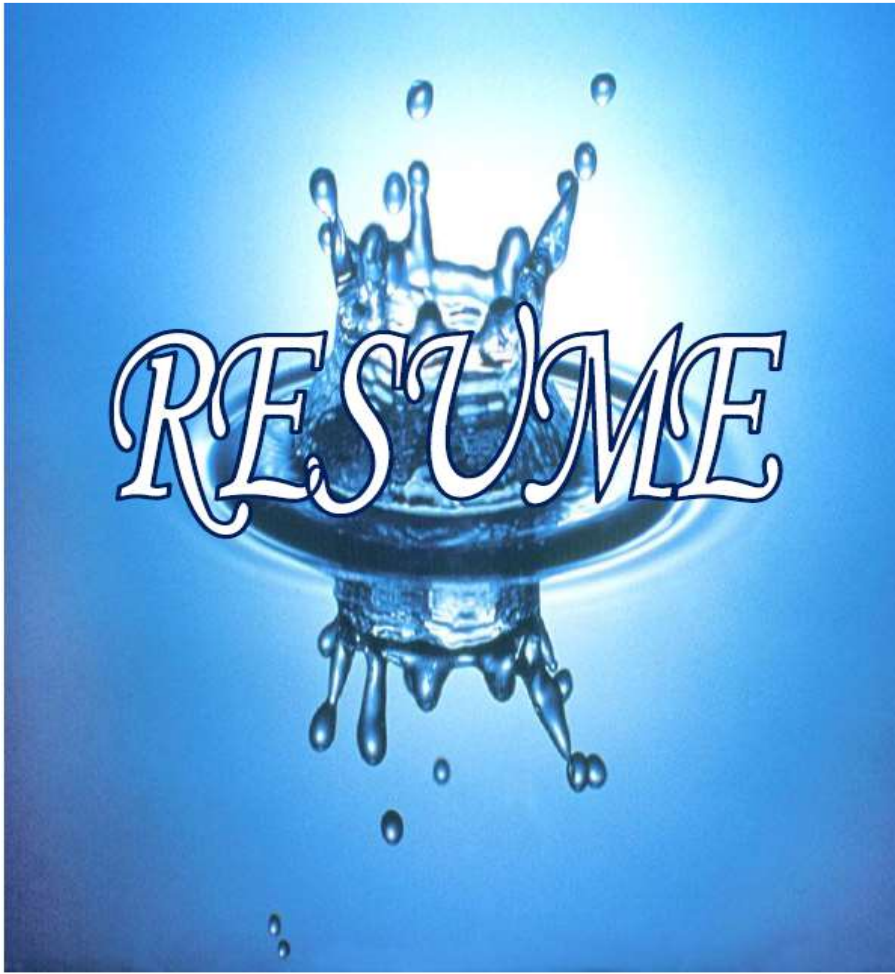
Mes frères et sœurs dont je suis si fière.

Toutes mes amies. Merci pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables. Bonne chance à tous.

Tous mes enseignants du département.

SOUAD





Résumé

L'accès à l'eau potable est un droit en Algérie. Pour assurer ce droit, les autorités concernés doivent fournir à leurs abonnés une eau traitée et conforme notamment du point de vue physicochimique et bactériologique, pour éviter tout problème sanitaire vis-à-vis des consommateurs.

L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité de l'eau de boisson au niveau réservoirs de stockage, dans la région de Benbadis, particulièrement dans les villages de Benbadis, Hassi Zahana et Bedrabine en vue de proposer des solutions pour l'amélioration de sa qualité. La visite des lieux et les observations ont été complétées par les analyses bactériologiques et physicochimiques.

Dans cette étude, les analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées au niveau de laboratoire de l'algérienne des eaux Wilaya de Sidi Bel Abbes et le laboratoire de l'EPSP de la commune de Lamtar.

Les différentes analyses des eaux ont été effectuées en se basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation et la réglementation en vigueur comparée aux normes internationales (OMS), ceci pour assurer la santé et le bien-être du consommateur.

Les résultats ont montré que la majorité des paramètres physico-chimiques et bactériologiques répondent aux normes en vigueur.

Mots clés : eau potable - qualité - réservoirs - stockage – bactériologiques - analyses physico-chimiques – normes.

Abstract

Access to drinking water is a right in Algeria. To ensure this right, the authorities concerned must provide their subscribers with treated and compliant water, in particular from a physicochemical and bacteriological point of view, to avoid any health problem for consumers.

The objective of this work is to assess the quality of drinking water at the level of storage tanks, in the region of Ben Badis, particularly in the villages of Ben Badis, Hassi Zahana and Bedrabine in order to propose solutions for the improvement of its quality. The site visit and observations were supplemented by bacteriological and physicochemical analyzes.

In this study, the physico-chemical and microbiological analyzes carried out at the laboratory level of the Algerian water company Wilaya of Sidi Bel Abbes and the EPSP laboratory of the municipality of Lamtar.

The various water analyzes were carried out based on Algerian standards for the potability of drinking water and the regulations in force compared to international standards (WHO), to ensure the health and well-being of the consumer.

The results showed that the majority of the physicochemical and bacteriological parameters meet the standards in force.

Keywords: drinking water - quality - reservoirs - storage - bacteriological - physico-chemical analyzes - standards.

الملخص

الحصول على مياه الشرب حق في الجزائر. لضمان هذا الحق ، يجب على السلطات

المعنية تزويد مشتركها بالمياه المعالجة والمتوافقة ، ولا سيما من وجهة نظر فيزيائية وكيميائية وبكتريولوجية ، لتجنب أي مشكلة صحية للمستهلكين.

الهدف من هذا العمل هو تقييم جودة مياه الشرب على مستوى صهاريج التخزين في منطقة

بن باديس ، ولا سيما في قرى بن باديس وحاسي زهانة وبدرين من أجل اقتراح حلول لتحسين جودتها. تم استكمال زيارة الموقع والملاحظات بالتحليلات البكتريولوجية والفيزيائية الكيميائية.

في هذه الدراسة ، تم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية على مستوى

المختبر لشركة المياه الجزائرية بولاية سيدي بلعباس ومختبر EPSP التابع لبلدية لمتري .

تم إجراء تحليلات المياه المختلفة بناءً على المعايير الجزائرية لصلاحية مياه الشرب واللوائح

المعمول بها مقارنة بالمعايير الدولية (منظمة الصحة العالمية) ، لضمان صحة ورفاهية المستهلك.

أظهرت النتائج أن غالبية المتغيرات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية تطابق المعايير

المعمول بها.

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب - الجودة - الخزانات - التخزين - البكتريولوجية - التحليلات الفيزيائية -

الكيميائية - المواصفات

Liste des figures

Figure I.1. Structure de la molécule de l'eau	6
Figure I.2. Cycle général de l'eau	8
Figure II.1. Origines des différentes pollutions rencontrées dans l'eau	21
Figure II.2. Le réseau réacteur	22
Figure II.3. Etapes de traitement des eaux brutes	31
Figure III.1. Localisation de la commune de Benbadis sur la carte d'Algérie	36
Figure III.2 : Communes limitrophes de Ben badis	38
Figure IV.1. Recherche et dénombrement des germes totaux	54
Figure IV.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	56
Figure IV.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	57
Figure IV.4. Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfuto-réducteurs	58
Figure V.1. Variations mensuelle de la température des échantillons prélevés	61
Figure V.2. Variations mensuelle du PH des échantillons prélevés	62
Figure V.3. Variations mensuelle de la conductivité des échantillons prélevés	63
Figure V.4. Variations mensuelle de la turbidité des échantillons prélevés	64
Figure VI.5. Variations mensuelle des matières en suspension des échantillons prélevés	65
Figure V.6. Variations mensuelle des chlorures des échantillons prélevés	66
Figure V.7. Variations mensuelle des sulfates des échantillons prélevés	67
Figure V.8. Variations mensuelle des nitrates des échantillons prélevés	68
Figure V.9. Variations mensuelle des nitrites des échantillons prélevés	69
Figure V.10. Variations mensuelle de l'ammonium des échantillons prélevés	70
Figure V.11. Variations mensuelle du calcium des échantillons prélevés	71
Figure V.11. Variations mensuelle du magnésium du quatre échantillons prélevés	71
Figure V.12. Variations mensuelle du chlore résiduel libre	73
Figure V.13. Variation mensuelle de la qualité bactériologique des réservoirs de stockage de la commune de Benbadis	74
Figure V.14. Variation mensuelle de la qualité bactériologique des réservoirs de stockage de la commune de Hassi Zahana	75
Figure V.15. Variation mensuelle de la qualité bactériologique des réservoirs de stockage de la commune de Bedrabine.....	76

Liste des tableaux

Tableau I.1. Comparaison entre les eaux de surface et souterraines	10
Tableau I.2. Classification des paramètres de contrôle de la qualité de l'eau	13
Tableau I.3. Normes des paramètres organoleptiques	14
Tableau I.4. Normes des paramètres physico-chimiques	14
Tableau I.5. Normes des substances indésirables	15
Tableau I.6. Normes des substances toxiques	16
Tableau I.7. Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable ...	16
Tableau II.1. Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans le réseau et conséquences.....	23
Tableau III.1. Ouvrages de stockage	39
Tableau III.2. Mode et moyen de traitement de l'eau	40
Tableau IV.1. Prélèvements pour analyses physico-chimiques	46
Tableau IV.2. Prélèvements pour analyses bactériologiques	47
Tableau V.1. Différentes valeurs de la température	61
Tableau V.2. Différentes valeurs du PH	62
Tableau V.3. Différentes valeurs de la conductivité	63
Tableau V.4. Différentes valeurs de la turbidité	64
Tableau V.5. Différentes valeurs des matières en suspension	65
Tableau V.6. Différentes valeurs des chlorures	66
Tableau V.7. Différentes valeurs des sulfates	67
Tableau V. 8. Différentes valeurs des nitrates	68
Tableau V.9. Différentes valeurs des nitrites	69
Tableau V.10. Différentes valeurs de l'ammonium	70
Tableau V.11. Différentes valeurs de la dureté	71
Tableau V.12. Etats mensuels du chlore résiduel libre	72
Tableau V.13. Résultats d'analyses bactériologiques des réservoirs de stockage de la commune de Benbadis	74
Tableau V.14. Résultats d'analyses bactériologiques des réservoirs de stockage de la commune de Hassi Zahana	75
Tableau V.15. Résultats d'analyses bactériologiques des réservoirs de stockage de la commune de Bedrabine	76

Liste des photos

Photo III.1. Barrage El Izdihar	38
Photo III.2. SEMEP de l'EPSP Lamtar	41
Photo III.3. Siège de l'ADE de Sidi Bel Abbas.....	43
Photo IV.1. PH mètre.....	48
Photo IV.2. Conductimètre.....	49
Photo IV.3. Turbidimètre	49

Liste des abréviations

OMS : Organisation mondiale de la santé
ADE : Algérienne des eaux
SEMEP : Service d'épidémiologie et de médecine préventive
EPSP : Etablissement public de santé de proximité
°C : Degré Celsius
Mg/l : Milligramme par litre
Ug/l : microgramme par litre
AEP : Approvisionnement en eau potable
Fe : Fer
Zn : Zinc
Pb : Plomb
Cu : Cuivre
Cd : Cadmium
NTU : Nephelometric Turbidity Unit
THM : Trihalométhanes
MTH : Maladies à transmission hydrique
 μm : *Micromètre*
RGPH : Recensement général de la population et de l'habitat
APC : Assemblée populaire communale
L/J : Litre par jour
 M^3 : Mètre cube
N° : Numéro
DSP : Direction de la Santé et de la Population de la wilaya
MDO : Maladies à Déclaration Obligatoires
MS/cm : Millisiemens par centimètre
Ml : Millilitre
Mn : Minute
Nm : Nanomètre
Cm : Centimètre
BCPL (D/C) BromoCrésol Pourpre double concentré
BCPL (S/C) BromoCrésol Pourpre simple concentré

TABLE DES MATIERES

Remerciements

Dédicaces

Résumé (français, arabe, anglais)

Liste des abréviations *i*

Liste des figures *ii*

Liste des tableaux *iii*

INTRODUCTION GENERALE **1**

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I. Généralités sur les eaux

I.1. Importance et rôle de l'eau	3
I.2. Structure de l'eau	3
I.3. Composition d'une eau naturelle	4
I.4. Propriétés de l'eau	5
I.5. Cycle de l'eau	5
I.5.1. L'évaporation	5
I.5.2. La condensation	5
I.5.3. Les précipitations	5
I.5.4. L'infiltration	5
I.6. Origines de l'eau	6
I.6.1. Eaux de surface	6
I.6.2. Eaux souterraines	6
I.6.2.1. L'eau de source	10
I.6.2.2. L'eau de puits	10
I.6.3. Comparaison entre les eaux de surface et souterraines	11
I.7. Qualité de l'eau	12
I.7.1. Définition de l'eau potable	12
I.7.2. Paramètres et normes de potabilité de l'eau	12
I.7.2.1. Paramètres de potabilité de l'eau	12
I.7.2.2. Normes de la qualité de l'eau potable	13
I.7.2.2.1. Normes des paramètres organoleptiques	13
I.7.2.2.2. Normes des paramètres physico-chimiques	14

I.7.2.2.3. Normes des substances indésirables	15
I.7.2.2.4. Normes des substances toxiques	16
I.7.2.2.5. Normes des paramètres microbiologiques	16

Chapitre II. Dégradation de la qualité de l'eau et leurs traitements

II.1. La pollution des eaux	18
II.2. Pollution des eaux souterraines	18
II.3. Classification de la pollution	10
II.3.1. Classification selon le type de polluant	10
II.3.1.1. Pollution physique	10
II.3.1.2. Pollution chimique	12
II.3.2. Classification selon l'origine de la pollution	12
II.3.2.1. La pollution domestique	12
II.3.2.2. La pollution industrielle	12
II.3.2.3. La pollution agricole	12
II.3.2.4. Les précipitations	12
II.4. Facteurs à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux	12
II.4.1. Les phénomènes biologiques	18
II.4.1.1. D'où viennent les microorganismes ?	18
II.4.1.2. Formation du biofilm et caractéristiques	18
II.4.2. Facteurs physicochimiques influençant la dégradation de la qualité de l'eau	18
II.4.2.1. pH et minéralisation	18
II.4.2.2. Température	19
II.4.2.3. Oxygène dissous	19
II.4.2.4. Turbidité	20
II.4.2.5. Ammonium	21
II.4.2.6. Matières organiques	21
II.4.2.7. Désinfectant résiduel	21
II.4.2.8. Les facteurs organoleptiques : indicateurs de qualité	21
II.5. Procédés de traitement des eaux de boisson	22
II.5.1. Etapes de traitement des eaux brutes	22
II.5.1.1. Prétraitement	22
II.5.1.2. Traitement physico-chimique	22
II.5.1.3. Traitements adaptés pour corriger les paramètres organoleptiques	31
II.5.2. Traitement de l'eau par chloration	23

II.6. Impact de la pollution sur la santé	23
II.6.1. Les maladies à transmission hydrique	23
II.6.1.1. Maladies d'origine bactérienne	24
II.6.1.2. Maladies d'origine virale	24
II.6.1.3. Maladies d'origine parasitaire	25
II.6.2. Les risques liés à la présence des substances chimiques dans l'eau	25

Chapitre III. Présentation de la zone d'étude

III.1. Présentation de la commune de Ben badis	27
III.1.1. Situation géographique	27
III.1.2. Situation climatologique	28
III.1.3. Situation hydrologique	29
III.1.3.1. Système d'approvisionnement en eau potable	29
III.1.3.2. Traitement de l'eau	31
III.1.3.2. Besoins en eau potable et niveau de satisfaction	31
III.2. L'établissement public de santé de proximité de Lamtar	31
III.2.1. Le service d'épidémiologie et de médecine préventive	32
III.2.2. Le laboratoire d'hygiène	33
III.3. Présentation de l'algérienne des eaux	34
III.3.1. Aperçu descriptif du laboratoire de l'ADE de Sidi Bel Abbes	35

Partie II : Etude expérimentale

Chapitre IV. Matériel et méthodes

IV.1. Choix du site	36
IV.2. La période d'étude	36
IV.3. Démarche de l'étude	36
IV.3.1. Collecte des données	36
IV.3.2. Échantillonnage	36
IV.3.3. Prélèvements	37
IV.3.4. Transport et conservation du prélèvement	38
IV.4. Méthode d'analyse de l'eau	38
IV.4.1. Méthode d'analyse des paramètres physico- chimiques	39
IV.4.1.1. La température	39
IV.4.1.2. Le Ph	39
IV.4.1.3. Conductivité	39

IV.4.1.4. Turbidité	40
IV.4.1.5. Détermination des matières en suspension	40
IV.4.1.6. Chlorures (Cl-)	41
IV.4.1.7. Sulfates	41
IV.4.1.8. Dosage des Nitrates NO ₃	42
IV.4.1.9. Dosage des Nitrites.....	42
IV.4.1.10. Dosage de l'Ammonium.....	43
IV.4.2. Méthode d'analyse des paramètres bactériologiques	44
IV.4.2.1. Recherche des germes totaux	44
IV.4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides	45
IV.4.2.3. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide	46
IV.4.2.4. Recherche et dénombrement des <i>Clostridium Sulfito-Réducteurs</i>	49

Chapitre V. Résultats et discussion

V.1. Contrôle des paramètres organoleptiques	50
V.1.1. Contrôle de la couleur	50
V. 1.2. Contrôle de l'odeur	51
V. 1.3. Contrôle de la Saveur	51
V.2. Paramètres physico-chimiques	51
V.2.1. Température	51
V.2.2. pH	52
V. 2.3. Conductivité électrique	53
V. 2.4. Turbidité	54
V. 2.5. Matières en suspension	55
V. 2.6. Chlorures	56
V. 2.7. Sulfates	58
V.2.8. Les dérivés azotés	59
V. 2.8.1. Nitrates et nitrites	59
V. 2.8.2. Ammonium	61
V. 2.9. Dureté	62
V.3. Contrôle du chlore résiduel libre	64
V.4. Contrôle des paramètres bactériologiques	64
V.5. Discussion et recommandations	68
CONCLUSION GENERALE.....	71
Références bibliographiques	



L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques.

L'usage de l'eau à des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique. L'eau distribuée par réseau constitue un des produits alimentaires les plus contrôlés. Ses analyses sont réalisées depuis son origine jusqu'au robinet.

L'eau de distribution doit répondre aux exigences de qualité. Or, la qualité de l'eau est un déterminant de santé humaine particulièrement préoccupant en zone aride (**OMS, 2011**) où l'eau est une denrée difficilement accessible. Ainsi, elle ne doit contenir aucun micro-organisme, aucun parasite ni aucune substance constituant un danger potentiel pour la santé des personnes.

En Algérie, les eaux de surface sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour les besoins de l'agriculture, de l'alimentation des populations et de l'industrie. Des investissements considérables ont été consacrés à la construction des barrages. Cependant, ces eaux de surface sont vulnérables face aux diverses pollutions et sont souvent de qualité médiocre. Elles peuvent contenir des quantités non négligeables en matières organiques naturelles telles que les substances humiques mais aussi des composés organiques issus de divers rejets polluants ou de pratiques agricoles intensives (**Achour, 2001**).

De ce fait l'eau potable doit être nécessairement analysée, surveillée et l'évaluation de sa qualité repose sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

Pour la gestion de l'eau, les aspects de gestion quantitative et qualitative sont d'importance égale et il paraît évident que les problèmes de quantité et de qualité ne peuvent pas être dissociés. Dans certains cas, la qualité de l'eau peut être tellement détériorée que l'on ne peut plus retrouver une qualité acceptable. On peut donc dépasser des seuils entraînant des irréversibilités : l'eau est par la suite une ressource épuisable.

La problématique de cette recherche s'articule autour d'un certain nombre de questions, parmi les questions, quelles sont les démarches pour évaluer la qualité de l'eau dans la région de Ben Badis ?, et son but d'essayer de donner des éléments de réponses, et elle sera abordée par des hypothèses et des objectifs.

Les motivations de cette étude proviennent du besoin de réaliser plus de recherches sur la qualité de l'eau dans les systèmes d'approvisionnement en milieu rural ainsi que les causes éventuelles de la contamination de l'eau de la source au point de consommation.

Notre préoccupation a pour objectif d'étudier et d'évaluer la qualité de l'eau traitée au niveau des réservoirs de stockage, dans trois communes de la région de Benbadis

Ce travail, qui s'inscrit dans le cadre de mémoire de fin d'étude, cherche des éléments de réponse aux questions à laquelle est confrontée la qualité de l'eau distribuée, en déterminant les principaux résultats et leurs conséquences sur les efforts à fournir sur le plan de surveillance de la qualité de l'eau.

Les différents aspects de la démarche du travail expérimental, pour atteindre ces objectifs, ont été organisés en deux parties et cinq chapitres précédés par une introduction générale qui décrit la problématique du sujet et les objectifs visés, et achevés par une conclusion générale. Dans un premier temps, nous avons procédé à la présentation d'une synthèse bibliographique qui constitue le premier, le deuxième et le troisième chapitre. Cette synthèse résume des généralités sur l'eau, la pollution de l'eau et leur traitement et la présentation de la zone d'étude. Nous avons ensuite présenté une deuxième partie qui consiste le quatrième et le cinquième chapitre dans lesquels les démarches de l'étude sont décrites, à savoir : méthodes et matériels. Le dernier chapitre est consacré aux résultats et interprétations.

PREMIÈRE PARTIE:
SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE



CHAPITRE I :
GÉNÉRALITÉS SUR
LES EAUX

L'eau est le plus grand constituant du corps humain et donc indispensable à la vie. Un homme peut survivre plus d'un mois sans manger mais ne peut survivre plus de 3 jours sans boire d'eau ; 2/3 de l'eau qui le compose se répartit au sein des cellules donc ce dernier maintien l'activité cellulaire. L'eau douce est un élément plutôt rare à la surface terrestre puisqu'elle ne représente que 3 % du volume totale de l'hydrosphère, les plus importantes réserves d'eau douce se trouvent gelées et inaccessibles (environ 80 %) et sont techniquement inexploitable. L'eau douce exploitable représente seulement 20% des réserves et 0.6 % du volume total de l'hydrosphère (REJSEK, 2002).

I.1. Importance et rôle de l'eau

L'eau joue un rôle déterminant dans la vie des hommes, des animaux et des plantes, elle est essentielle pour tous les organismes vivants. L'eau est un bien commun, elle est une ressource indispensable à la vie. La consommation en eau par l'habitant est désormais considérée comme un indicateur du développement économique d'un pays. Selon une étude des Nations Unies, l'eau pourrait même devenir, d'ici à 50 ans, un bien plus précieux que le pétrole. C'est dire toute l'importance de cette ressource que d'aucuns appellent déjà <l'or bleu>[Agence canadienne de développement internationale, 2012]. Donc suivant cette importance de l'eau, il est nécessaire de trouver des solutions pour la contrôler et la surveiller pour avoir une eau de plus grande qualité et avec un coût de production plus faible. Ces considérations motivent les efforts importants dans le développement de nouvelles méthodes et techniques de contrôle et de surveillance.

I.2. Structure de l'eau

La molécule de l'eau est composée de deux atomes (de symbole chimique H) et d'un atome d'oxygène (de symbole chimique O), sa formule chimique est H₂O. Comme toute molécule, celle de l'eau est électriquement neutre.

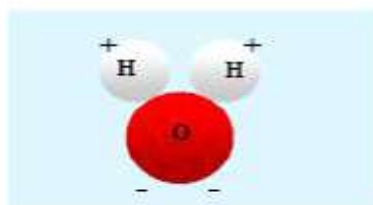


Figure 1 : Structure de la molécule de l'eau

I.3. Composition d'une eau naturelle

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon leurs nature chimique (organique ou minérale) ou selon leurs états physique (matières dissoutes, colloïdales ou en suspension) (REJSEK, 2002).

- **Matière minérale:** Ce sont essentiellement des composés ioniques, anions comme HCO_3 , Cl , SO_4^{2-} , et cations comme Ca^{+2} , Na^+ , Mg^{+2} , K^+ . qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact. L'eau contient également des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimique comme par exemple la corrosion. □ **Matière organique :** Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se retrouvent dans l'eau Elles se décomposent du fait de leur instabilité chimique et par l'action des microorganismes de l'eau en formant des composés de plus en plus simples.
- **Matière dissoutes :** Ce sont des matières dispersées de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées. Du fait de leur état dissous, ces molécules sont difficiles à éliminer de l'eau traitée par les procédés physiques classiques.
- **Matière colloïdales :** L'état colloïdal est un état intermédiaire entre l'état dissous et la suspension. Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petite taille chargés négativement, difficile à éliminer.
- **Matière en suspension :** Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à $10\mu m$, dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle. De ce fait, leur élimination est assez simple. **(REJSEK, 2002).**

I.4. Propriétés de l'eau

C'est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre **(PERRY, 1984).**

C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes des métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes. **(BERNARD C., 2007).**

Dans la nature, sous l'action du soleil, de la pression atmosphérique et de la température, l'eau change d'état. On peut la trouver sous trois formes :

- **État solide :** à basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières.
- **État gazeux :** caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas de liaisons entre les molécules, et sont indépendantes les unes des autres.
- **État liquide :** caractérisé par une forme non définie. Les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires **(MARSILY, 1995).**

I.5. Cycle de l'eau

L'eau est partout présente autour de nous et constitue un des éléments fondamentaux de notre planète. Toute cette eau se transforme et circule en permanence dans l'atmosphère, la surface et dans le sous-sol de notre terre : c'est le cycle de l'eau (**Web master 1**).

L'hydrosphère chauffée par l'énergie solaire, s'évapore et conduit à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, à la suite d'un refroidissement de l'air, se condense en goutte ou cristaux de glace et se trouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle sur lithosphère à la surface de laquelle approximativement $\frac{1}{4}$ pénètre, $\frac{1}{4}$ ruisselle, quant au $\frac{1}{4}$ restants, il s'évapore à son tour (**VILAGINES, 2003**).

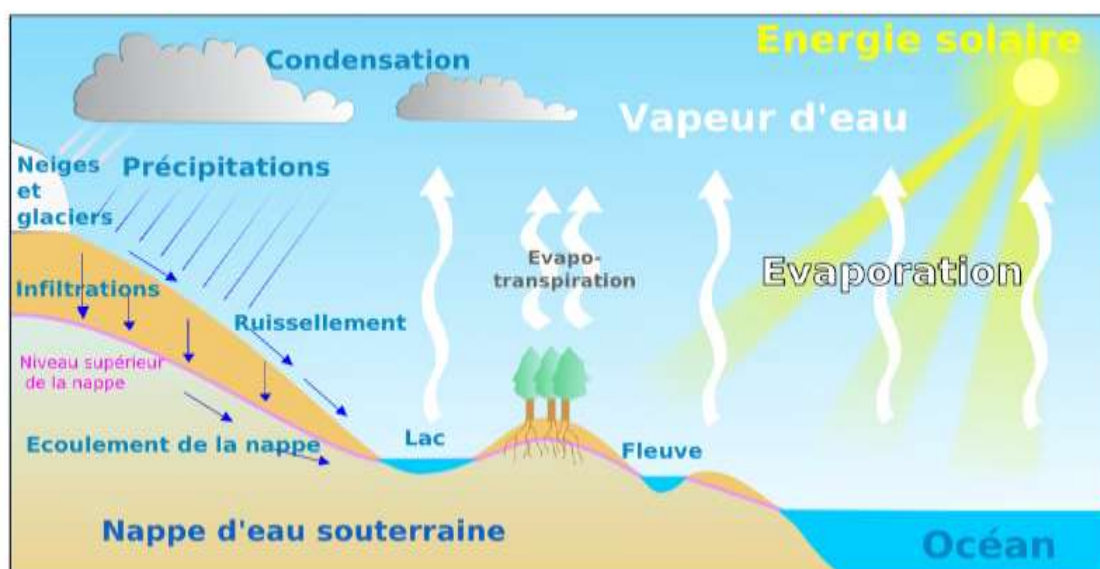


Figure 2 : Cycle général de l'eau (**Web master 1**)

5.1. L'évaporation

L'évaporation est le processus par lequel l'eau liquide se transforme en gaz ou vapeur, la chaleur fournie par le soleil, est nécessaire pour ce processus. L'évaporation des océans est la façon première pour l'eau d'entrer dans l'atmosphère.

5.2. La condensation

La condensation est un processus de transformation de la vapeur en eau liquide. Elle est importante puisqu'elle participe à la formation des nuages.

5.3. Les précipitations

La précipitation est la libération de l'eau des nuages sous forme de pluie, neige ou grêle. C'est le principal chemin qu'utilise l'eau de l'atmosphère pour retourner à la Terre.

5.4. L'infiltration

L'eau sous forme de pluie ou de neige s'infiltré dans le sous-sol et les roches, une partie des eaux d'infiltration est reprise par la végétation qu'elle alimente avant d'être rejetée dans l'atmosphère. L'autre partie s'accumule dans le sous-sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour peuvent former des sources émergentes à la surface du sol.

I.6. Origines de l'eau

Les réserves disponibles des eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières) **(DEGREMONT, 2005)**.

6.1. Eaux de surface

Les eaux de surface sont constituées par les fleuves, les lacs, les rivières, barrages, réservoirs de stockage (citerne de récolte d'eau de pluie), elles sont fréquemment contaminées elles se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique surtout chimique cette pollution est surtout dû aux rejets d'eaux usées dans la nature qui détient des polluants toxiques. Elles doivent être épurés avant tous usages domestiques **(BOUZIANE, 2000)**.

6.2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent 22% des réserves d'eau douce. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles se réunissent en nappes. **(CLAUDE, 1999)**

Ces eaux sont détectées dans les profondeurs des nappes phréatiques reflétant leurs propres caractères dont les plus importants sont :

La faible turbidité, une contamination bactérienne moins importante, une température constante avec un indice de couleur faible par contre leur concentration en fer et manganèse est très élevée. **(GOMMELLA, 1978)**.

Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique **(CARDOT, 1999)**. Elles restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable **(MARGAT, 1992)**.

6.2.1. L'eau de source

Les eaux des sources sont des eaux adaptées à la consommation humaine, microbiologiquement saines et protégées contre les risques de pollution.

Les eaux des sources comme les eaux minérales proviennent d’une nappe ou d’un gisement souterrain, exploité à partir d’une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, à proximité des quelles l’eau est conditionnée.

Elles ne peuvent faire des l’objet d’un traitement ou adjonction autre que :

- La séparation des éléments instable et la sédimentation des matières en suspension par la décantation ou filtration.
- L’incorporation de gaz carbonique ou la dénazification. (OUALI, 2001)

6.2.2. L’eau de puits

Une eau de puits a comme origine un procédé de captation des eaux d’une nappe phréatique de moyenne profondeur ; un puits peut être creusé de différentes manière, on distingue plusieurs types de puits : les puits ordinaires les puits foncés, les puits forés et les puits artésiens (BOUZIANI, 2000).

6.3. Comparaison entre les eaux de surface et souterraines

Tableau 01 : Comparaison entre les eaux de surface et souterraines (Web master 3)

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraines
Température	Varie en fonction des saisons	Relativement constante
Turbidité	Niveau variable parfois élevé	Faible ou nulle
Couleur	Principalement dû aux sols en suspension (argile, algue...) excepté pour les eaux acides et très douces.	Principalement dû aux solides dissous
Contenu minéral	Varie avec le sol, les effluents, les pluies...	Généralement plus important que pour l’eau de surface pour un même endroit.
Fer et Mn en solution	Généralement pas sauf pour au fond des lacs et des dans le processus d’eutrophisation.	Présent
CO₂ agressif	Pas présent	Souvent présent en grande quantité
O₂ dissout	Souvent proche du niveau de saturation. Absent dans les eaux très polluées	Généralement peu présent
H₂S	Pas présent	Souvent présent

NH₄⁺	Seulement dans des eaux polluées	Souvent présent sans forcément une pollution bactériologique
Nitrates	Niveau généralement faible	Niveau parfois important
Silice	Généralement en proposition modérée	Niveau souvent important
Micropolluants d'origine organique et minérale	Présent dans l'eau des pays développés mais est susceptible de disparaître rapidement une fois la source éliminée	Normalement pas mais une pollution accidentelle à des effets à très long terme
Organismes vivants	Bactéries, virus, plancton (animal et végétal)	Des bactéries du fer sont fréquemment trouvées
Solvants chlorés	Rarement présent	Souvent présent

I.7. Qualité de l'eau :

La question de la qualité de l'eau se pose essentiellement en termes de consommation humaine et d'irrigation et la mauvaise qualité de l'eau peut être induite par des activités anthropiques ou par des phénomènes naturels.

La qualité des eaux est extrêmement variable dans le temps et elle est fonction de différents facteurs. Dans le but d'avoir une eau de qualité, les contrôles sont de plus en plus rigoureux. On note que 5 millions de personnes meurent chaque année dans le monde du fait de la mauvaise qualité de l'eau. L'assurance de la qualité et l'hygiène de l'eau est l'une des exigences prioritaires de la santé publique.

L'eau, au contact des terrains qu'elle rencontre, se charge en divers éléments qui vont influencer sur sa qualité. Certains de ces éléments sont présents naturellement dans le sol, et vont définir la qualité « naturelle » de l'eau brute. Ainsi l'eau à l'état naturel peut contenir :

- Des matières organiques,
- Des matières dissoutes provenant des terrains traversés (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, sulfates, chlorures, métaux lourds, ...),
- Des particules en suspension.

7.1. Définition de l'eau potable

Qu'est-ce qu'une eau potable ? Selon l'organisation mondiale de la santé (**O.M.S., 1972**), l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques, ni germes nocifs pour la santé. En outre, elle doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. Cette définition doit être traduite en termes permettant de

déterminer si une eau est potable ou non. C’est la l’objet des normes de potabilité, approche quantitative de la notion qualitative de potabilité. Ces normes s’appliqueront à un certain nombre de grandeurs jugées pertinentes en la matière. (SAINTE, 1995).

7.2. Paramètres et normes de potabilité de l’eau

7.2.1. Paramètres de potabilité de l’eau

D’après l’organisation mondiale de la santé (OMS) la qualité d'une eau est définie par des paramètres physiques, chimiques et biologiques, mais aussi l’usage de cette eau.

Le tableau suivant montre la classification des paramètres de contrôle de la qualité de l’eau.

Tableau 2 : Classification des paramètres de contrôle de la qualité de l’eau. (O.M.S., 1972)

Paramètres	Exemples
Organoleptiques	Couleur, turbidité, odeur, saveur.
Physico-chimiques liés à la structure naturelle des eaux	Température, PH, chlorures, sulfates, magnésium, sodium, potassium, etc..
Substances indésirables	Nitrates, nitrites, hydrocarbures, détergents, phénols, fer, manganèse, fluor, argent, ...
Substances toxiques	Arsenic, cadmium, mercure, chrome, plomb, nickel, béryllium,...
Pesticides	Aldrine, dieldrine, hexachlorobenzène,...
Microbiologiques	Coliformes, streptocoques, salmonelles, entérovirus, vibrions cholériques,...

7.2.2. Normes de la qualité de l'eau potable

L’eau est un élément indispensable à la vie et l’état de santé de la population. Elle est liée à la qualité physicochimique et bactériologique qu’elles consomment. L’élaboration des normes de potabilité est basée sur les études scientifiques montrant les effets nocifs sur la santé, des éléments physico-chimiques à partir d’une certaine concentration maximale à ne pas dépasser. Par sécurité la valeur de la norme sera largement inférieure à cette dose, afin d’éviter le développement de pathologie, malgré le dépassement du seuil.

L’organisation mondiale de la santé propose des valeurs guides, qui servent de base à l’élaboration des normes. Ces valeurs guides sont spécifiques pour chaque élément. Les normes sont réparties en cinq groupes :

- Normes des paramètres organoleptiques.
- Normes des paramètres physico-chimiques.
- Normes des substances indésirables.
- Normes des substances toxiques.
- Normes des paramètres microbiologiques. (GILBERT, 1998).

7.2.2.1. Normes des paramètres organoleptiques :

Ces paramètres concernent la couleur, la transparence, la saveur et l'odeur de l'eau. Cependant ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe. Une eau peut être trouble, colorée ou avoir une odeur particulière et néanmoins être consommable. L'eau potable doit répondre à certaines caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques comme l'indique les tableaux :

Tableau 3 : Normes des paramètres organoleptiques (O.M.S, 1985).

Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Couleur	Mg/l platine	15
Turbidité	NTU	5
Odeur à 25°C	Taux dilution	4
Saveur à 25°C	Taux dilution	4

7.2.2.2. Normes des paramètres physico-chimiques :

Les paramètres physico-chimiques permettant de définir les normes de potabilité des eaux qui sont : le pH, la conductivité électrique, turbidité, concentration en sulfates, chlorures, etc. C'est différentes normes sont consignées dans le tableau4.

Tableau 4. : Normes des paramètres physico-chimiques (O.M.S, 1985).

Paramètres	Unités	Normes OMS
Température	C°	25
PH		6,5-8,5
Turbidité	NTU	5
Conductivité électrique	uS/cm	2800
Chlorure	mg/l	500
Sulfates	mg/l	400
Magnésium	mg/l	50
Calcium	mg/l	120
Sodium	mg/l	150
Aluminium	mg/l	12
Potassium	mg/l	12
Résidus sec	mg/l	1500

7.2.2.3. Normes des substances indésirables :

Les substances indésirables sont des substances dont sa présence est tolérée en faible concentration exigée par une réglementation. Parmi ces substances, on peut trouver des éléments qui ne causent que des désagréments pour l'utilisateur ; mais d'autres peuvent avoir une incidence sur la santé. (O.M.S, 1980).

Tableau 5. : Normes des substances indésirables (O.M.S, 1980).

Paramètres	Unités	Normes OMS
Ammonium	mg/l	0,5
Argent	ug/l	10
Cuivre soluble	mg/l	1
Fer soluble	mg/l	0,2
Fluorures	mg/l	-
Manganèse	mg/l	0,05
Nitrates	mg/l	50
Nitrites	mg/l	0, 1
Zinc	mg/l	5

7.2.2.4. Normes des substances toxiques :

Les normes fixées sont sensiblement inférieures aux seuils considérés comme acceptables en toxicologie, c'est pourquoi les teneurs tolérées sont extrêmement faibles. Ces paramètres concernent le plomb et le chrome entre autres.

Tableau 6. : Normes des substances toxiques (O.M.S, 1985).

Paramètres	Unités	Normes OMS
Arsenic	ug/l	50
Cadmium	ug/l	5
Chrome soluble	ug/l	50
Cyanures	ug/l	50
Mercure	ug/l	1
Nickel	ug/l	50
Phosphore	Mg/l	5
Plomb	ug/l	50

7.2.2.5. Normes des paramètres microbiologiques :

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie.

Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les germes totaux et les coliformes fécaux. L'objectif visé est l'absence de coliformes dans 100 ml d'eau, mais si cet objectif n'est pas atteint le règlement sur l'eau potable a proposé les limites maximales suivantes :

Tableau 7. : Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable (BERNE, 1972)

Paramètres bactériologiques	Unités	Recommandation (OMS)
Germes totaux	Germes/ml	100
Coliformes fécaux	Germes/100ml	0
Streptocoques fécaux	Germes/100ml	0
Clostridium sulfito-réducteurs	Germes/20ml	0

La présence de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination de l'eau par des matières fécales. La présence d'autres coliformes et de Clostridium laisse supposer une contamination de ce type. Dans les deux cas, des mesures doivent être prises pour interdire la consommation de l'eau ou en assurer le traitement.

CHAPITRE II :
DÉGRADATION DE
LA QUALITÉ DE L'EAU
ET LEURS TRAITEMENTS

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol.

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines.

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricoles, produit une quantité de substance polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies (**RODIER, 2005**).

La pollution participe de ce fait à diminuer les volumes d'eau utilisable par les populations. Elle engendre aussi des maladies et les phénomènes d'eutrophisation dans les réserves d'eau et déséquilibre dans l'environnement naturel (**ZELLA, 2007**).

II.1. La pollution des eaux

La pollution des eaux est définie comme toute modification physique, chimique ou biologique de la qualité des eaux, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités. Donc on dit que l'eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement modifié par l'action de l'homme. Les principales manifestations de la pollution des eaux de surface sont de nature chimique ou biologique et peuvent être pathogènes pour l'homme (**HADDOU, 2010**).

II.2. Pollution des eaux souterraines

La pollution des eaux souterraines est le risque permanent de l'élimination de la ressource en eau dans un proche avenir (**CASTANY, 1982**). C'est une pollution très discrète mais très persistante et ses conséquences doivent être envisagées sur le très long terme (**GAUJOUS, 1985**).

La pollution est une dégradation de la qualité de l'eau. L'analyse chimique d'une eau révèle la présence de certains éléments en solution ou en suspension. Ce sont la qualité et la quantité de ces éléments qui, d'une part définissent une eau, et d'autre part précisent et limitent son emploi aux divers usages : alimentation, besoins ménagés, besoins industriels, irrigation...etc. Dans ces conditions il faut toujours envisager un traitement.

Avec la pluie les eaux sont entraînées en partie par ruissellements et en partie s'infiltrant contribuant à la recharge de la nappe, mais aussi sa pollution par l'entraînement des matières organiques et minérales de la surface.

Les puits sont généralement pollués par :

- La pénétration d'impuretés par les ouvertures
- La contamination par la présence de fosses septiques
- Les fuites des conduits d'égouts
- L'infiltration des dépotoirs ou les terrains d'enfouissement
- Les activités menées au tour du puits

II.3. Classification de la pollution

Il existe plusieurs manières de classer la pollution. Selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories : pollution physique, pollution chimique et pollution biologique.

3.1. Classification selon le type de polluant:

3.1.1. Pollution physique :

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution nucléaire (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) (MEROUANI, 2013).

3.1.2. Pollution chimique :

Elle est due au déversement des rejets industriels apportant de grandes quantités de substances chimiques dont certaines sont non dégradables (MELGHIT, 2012).

3.1.3. Pollution microbiologique :

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons, etc..) (OUBAGHA, 2011).

3.2. Classification selon l'origine de la pollution :

La pollution des eaux provient essentiellement par des activités domestiques, agricoles et industrielles ainsi, par les précipitations.

3.2.1. La pollution domestique :

La pollution domestique se caractérise par la présence des germe fécaux, de fortes teneurs en matières organiques, des sels minéraux et des détergent, elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières (AISSAOUI, 2013).

Elle est due principalement aux rejets domestiques (eaux de lavage, huiles de vidange, matières fécales, etc.) (OUBAGHA, 2011).

3.2.2. La pollution industrielle :

Elle constitue la deuxième source de pollution des eaux de surface et souterraines et peut avoir des causes variées.

Le développement accéléré des techniques industrielles modernes a engendré une pollution très importante. En effet, celle-ci est devenue plus massive, plus variée et plus insidieuse. Devant l'extrême diversité de ces rejets, une investigation propre à chaque type d'industrie est nécessaire : il est donc primordial d'être parfaitement informé sur les procédés de fabrication et le circuit des réactifs et des produits (OUBAGHA, 2011).

Cette pollution est caractérisée par :

- Des matières organiques et graisses (industries agro-alimentaires) ;
- Des hydrocarbures (raffineries) ;
- Des métaux (traitement de surface métallurgique) ;
- Des acides, bases et produits chimiques divers (industries chimiques) ;
- De l'eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Des matières radioactives (centrales nucléaires).

3.2.3. La pollution agricole :

L'agriculture, l'élevage, l'aquaculture et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates. La modernisation de l'agriculture et son intensification ont été généralement accompagnées d'une utilisation abusive et non rationnelle des engrais azotés, notamment utilisation des pesticides en agriculture pour protéger les cultures et les récoltes contre les insectes prédateurs afin d'augmenter les rendements (MELGHIT, 2012)

3.2.4. Les précipitations :

Elles peuvent constituer la cause de pollution importante des cours d'eau et des barrages notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumée industrielles), puis en ruissellent, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles des vidanges, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) (GREGORIO, 2007).

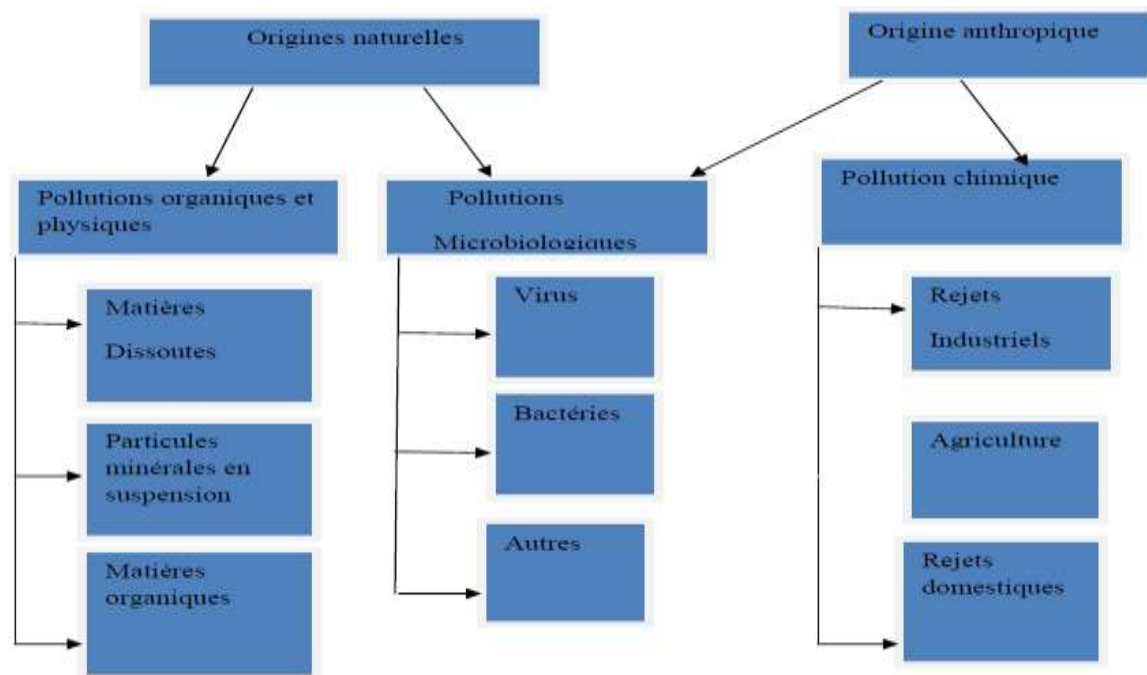


Figure 3: Origines des différentes pollutions rencontrées dans l'eau (OUBAGHA, 2011).

II.4. Facteurs à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux

Le réseau de distribution de l'eau potable est souvent décrit comme un véritable réacteur (Figure 4), où l'eau et son contenant (conduite, ...) sont le siège d'interactions physicochimiques 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.

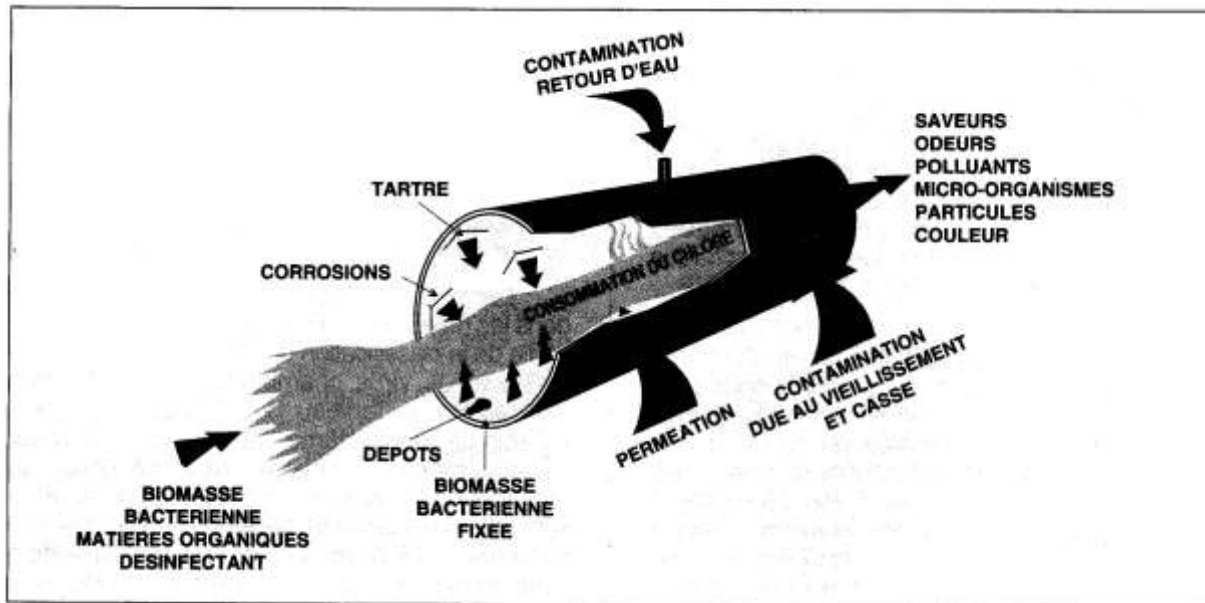


Figure 4 : le réseau réacteur (d'après LEVI – 1995)

Le Tableau 8 ci-après décrit de façon récapitulative les différentes origines des altérations de la qualité de l'eau en cours de distribution.

L'eau potable produite dans l'usine doit en effet conserver sa qualité depuis la sortie de l'usine jusqu'au robinet de l'utilisateur. Une bonne distribution résulte donc d'un transit de l'eau sans aléas tous le long du réseau.

Tableau 8 : Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans le réseau 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'eau entrée-sortie,	Stagnation de l'eau	Altération des qualités initiales pour divers paramètres
	Réservoirs exposés 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 en pression dans une installation privée,...)	Siphonage ou refoulement de substances indésirables ou polluantes	Pollutions toxiques, microbiologiques, ou organoleptique
Environnement extérieur de la conduite	Fuites, usures au joint et dépression perméation	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,	Développement de germes mise en suspension de dépôts	Contamination microbiologique pollution organoleptique voire microbiologique

	coups de bélier erreurs de branchement (ex : sur réseau d'eau non potable)		contamination microbiologique entre autres
Intrusion de polluants au niveau d'une ventouse (rare)	Ventouse mal située	Eau potable souillée	Contamination microbiologique
Installation intérieure	Matériau juxtaposition de matériaux inadéquate dysfonctionnement 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,...))	Corrosion ou relargage corrosion stagnation de l'eau	Pollution toxique ou organoleptique altération des paramètres métaux relargage de bactéries d'éléments minéraux contamination microbiologique (Legionella) pollution microbiologique chimique (NH ₃) organoleptique

Cette énumération ne traite pas de cas liés à la contamination de l'eau brute ou de défauts de fonctionnement dans l'unité de production.

Les causes d'altération situées dans les installations privées sont citées à titre d'information puisque ne faisant pas partie intégrante de cette étude.

II.4.1. Les phénomènes biologiques

4.1.1. D'où viennent les microorganismes ?

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.

4.1.2. Formation du biofilm et caractéristiques

Les microorganismes ne peuvent se développer et survivre dans un milieu qui leur est « Inhabituel », comme c'est le cas d'un réseau d'eau potable, que si celui-ci présente des caractéristiques nutritives et physico-chimiques proches d'un optimum caractéristique de chaque famille de microorganismes présentes.

La biomasse libre dans le réseau se fixe sur les parois des canalisations, qu'elle soit morte ou vivante et constituera un premier support pour le développement de couches supérieures plus actives. Si ces organismes rencontrent des conditions ambiantes satisfaisantes, le développement du biofilm peut avoir lieu. Étant donné la grande capacité d'adaptation de certains microorganismes, les limites de ces conditions ne sont pas faciles à déterminer et par conséquent aucune norme stricte ne peut être énoncée pour pouvoir limiter totalement leur prolifération.

4.2. Facteurs physicochimiques influençant la dégradation de la qualité de l'eau

4.2.1. pH et minéralisation

Dans le réseau, le pH et la minéralisation sont importants pour le contrôle de la corrosion, l'agressivité de l'eau, l'action du désinfectant et la précipitation des éléments dissous. Mais le pH peut varier le long de la distribution du fait d'une évolution de la concentration de CO_2 dissous, ou bien parce que l'eau traitée n'était pas forcément à l'équilibre calcocarbonique en sortie de station.

Une aération dans un réservoir peut rendre une eau dure et incrustante par une perte de CO_2 , ce qui risque alors d'obturer les conduites par dépôt de tartre. La solution est l'addition de CO_2 et/ou l'extraction de CaCO_3 , qui servent à restaurer l'équilibre.

Inversement, une eau chargée CO_2 agressive (avec un pH bas) a tendance à attaquer les matériaux qu'elle rencontre avec des conséquences importantes: dissolution de ciments, attaque des métaux ferreux (corrosion) ou attaque de métaux toxiques tels que le plomb. Des solutions envisageables sont l'élimination de CO_2 agressive, l'addition de chaux pour la mise à l'équilibre calcocarbonique ou un traitement de reminéralisation.

Avec une composition judicieuse, l'eau permet de développer à la surface des matériaux une couche protectrice composée en partie de carbonate de calcium. Il convient de distribuer une eau légèrement sursaturée en carbonate de calcium pour favoriser la formation de ce dépôt protecteur.

4.2.2. Température

La température des eaux peut varier de plusieurs degrés pendant le transit en réseau. À 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 entartrante 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.

4.2.3. Oxygène dissous

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.

4.2.4. 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 0.4 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 CaCO₃ (ou parfois hydroxydes de magnésium), due à un mauvais ajustement du pH à l'usine de traitement,

- ✓ une corrosion importante,
- ✓ l'agglomération naturelle des colloïdes qui peuvent provenir d'arrachements de biofilm, ou de bactéries agglomérées par leur glycocalyx (polysaccharides présents sur les parois extérieures des bactéries),
- ✓ une fuite de matières dans la filière de filtration de l'usine de traitement (on dit que les filtres sont « percés »),
- ✓ des précipités formés par l'effet de post-floculation dans le réseau (effort persistant du floculant et polymérisation non achevée) dégradent la qualité organoleptique de l'eau et conditionnent la prolifération de 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 Clostridiums après traitements et la diminution de la turbidité le prouvent (MONTIEL, 1996).

4.2.5. 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.

4.2.6. 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 biofilm, tout comme dans l'eau circulant. 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.

4.2.7. Désinfectant résiduel

Si une baisse 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 (EPA, 1992).

4.2.8. Les facteurs organoleptiques : indicateurs de qualité

Le consommateur est très sensible à toute dégradation organoleptique de l'eau dans le réseau. Malheureusement, le goût et l'odeur sont les caractéristiques les plus difficiles à maîtriser en raison des multiples causes et interactions, telles que :

- ✓ **La nature de la ressource** : les composés présents dans la ressource prélevée et la variation temporelle de qualité (surtout dans les eaux superficielles).
- ✓ **Le traitement** : le type et dosage de désinfectant et le passage du désinfectant résiduel dans le réseau.
- ✓ **Le réseau** : les matériaux rencontrés dans le réseau et les conditions chimiques présentes (corrosion, perméation à travers le revêtement, relargage, etc.).
- ✓ **La microbiologie** : la bioproduction et la bioconversion des composés par des microorganismes.

II.5. Procédés de traitement des eaux de boisson

5.1. Etapes de traitement des eaux brutes

Les ressources en eau douce de surface comme les cours d'eau fournissent une eau brute qui contient énormément de pollutions qui la rendent non potable ; l'élimination de ces polluants est indispensable. Dans ce but l'eau brute va subir un certain nombre de traitements nécessaires pour la rendre potable (RAYMOND, 1997).

5.1.1. Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient un gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface (Agence canadienne de développement international 2012). Dans le cas d'une eau potable, les prétraitements sont principalement de deux types :

- Le dégrillage,
- Le tamisage.

A. Dégrillage

Le dégrillage est la première étape d'une filière de traitement, qui consiste à retenir tous les gros déchets. Pour ce faire, un système de grille est mis en place, dont l'espacement

dépend de la nature des déchets. Le dégrillage a pour objectif de protection de la station de traitement (**RAYMOND, 1997**).

B. Tamisage

Après une éventuelle étape de dégrillage, l'eau traverse un tamis constitué de mailles fines, qui permettent d'arrêter les petits déchets. Lorsque celui-ci est bouché, il est nettoyé à l'eau sous-pression (manuellement ou automatiquement). Puis les déchets (refus) sont envoyés en décharge.

5.1.2. Traitement physico-chimique

A. Coagulation et Flocculation

La coagulation et la flocculation sont au cœur du traitement de l'eau potable. Il s'agit ici du traitement secondaire que nous effectuons sur une eau brute suivant le traitement préliminaire. Premièrement, nous ajoutons un coagulant, un produit qui aura pour effet de neutraliser la charge des particules colloïdales (responsables entre autres de la couleur et turbidité) de façon à ce qu'elles ne se repoussent plus les unes des autres. Le coagulant est ajouté juste avant ou dans un bassin à mélange rapide pour aider à faire effet plus rapidement. Une fois cette étape accomplie, nous injectons un flocculant ou aide coagulant qui aura pour effet d'agglutiner toutes les particules devenues neutres c'est-à-dire les rassembler ensemble pour qu'elles forment des flocons assez gros pour sédimenter (couler au fond) par eux-mêmes. Cette étape a lieu dans un bassin à mélange plus lent de manière à ne pas briser les flocons une fois formés mais pour tout de même avoir un effet de diffusion (**XAVIER, 2011**).

B. Décantation

Après avoir les différentes petites particules en de beaucoup plus grosse, il va maintenant falloir faire décanter tout ceci. Dans un corps d'eau immobile les particules en suspension plus lourdes que l'eau sont soumises à leurs poids apparent, elles chutent lentement pour s'accumuler sur le fond : c'est la décantation (**BECHAC, 1988**).

C. Filtration

La filtration est un procédé physique destinée à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le passer à travers un milieu poreux.

L'eau est passée à travers un filtre qui intercepte les petites particules. Plus petites sont les mailles du filtre, plus petite doit être une particule pour passer. La filtration peut être accomplie comme traitement tertiaire d'une eau brute, comme traitement secondaire d'une eau usée ou comme unique traitement si on parle d'une filtration transmembranaire.

Les filtres les plus communs dans les stations traitement d'eau sont les filtres au sable et à l'antracite. Les filtres s'assurent que l'eau qui en sort respecte les normes en vigueur (ou mieux) en ce qui concerne la turbidité (la couleur ayant été enlevée par l'étape précédente).

Les virus et bactéries peuvent toutefois passer au travers des filtres c'est pourquoi l'étape finale de désinfection est obligatoire (PAUL, 1998).

D. Désinfection

Afin d'éliminer les bactéries et les virus, certaines usines de production d'eau potable utilisent la production d'ozone. En effet, l'ozone est un gaz très instable car il est constitué de 3 atomes d'oxygène. C'est cette instabilité qui lui confère une capacité oxydante très importante. En oxydant toutes les substances organiques, l'ozone inactive les pesticides et les organismes pathogènes (virus et bactéries) (PAUL, 1998).

La désinfection est le plus souvent effectuée au moyen de chlore. Selon l'OMS, 2 à 3 mg/L de chlore devraient être ajoutés à l'eau, le maximum étant de 5 mg/L.

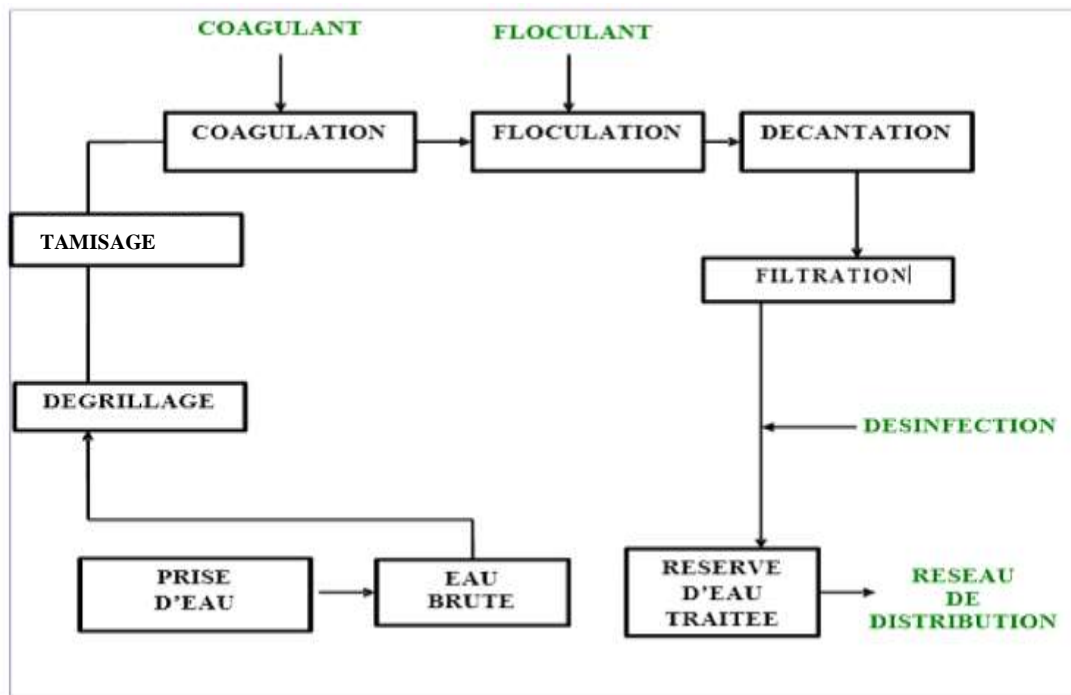


Figure 5 : Etapes de traitement des eaux brutes (GLAUDE, 2001).

5.1.3. Traitements adaptés pour corriger les paramètres organoleptiques :

Les procédés utilisés pour rendre l'eau potable ont aussi pour but de corriger les paramètres organoleptiques. (CELLERIC,2002).

Les principales techniques utilisées sont :

A. Charbon actif

Le charbon actif a tout d'abord été utilisé pour améliorer les qualités organoleptiques d'une eau par élimination de matières organiques responsables de goûts, d'odeurs et de couleur.

Mais avec l'accroissement de la pollution ; son emploi s'est étendu à l'élimination de nombreux polluants et micro polluants tels que les phénols, les hydrocarbures, les pesticides, les détergents et même certains métaux lourds qui ne sont pas totalement éliminés par les procédés de coagulation –floculation -décantation et filtration sur sable. Il participe également à l'élimination des précurseurs de trihalo-méthanés (THM) et autres sous produits de chloration.

B. Aération

Une aération de l'eau peut être nécessaire si l'eau contient des gaz en excès tel que le sulfure d'hydrogène (H_2S), qui donne un goût très désagréable et s'élimine aisément par une simple aération atmosphérique.

5.2. Traitement de l'eau par chloration

La chloration est un **moyen simple et efficace pour désinfecter l'eau** en vue de la rendre potable. Elle consiste à introduire des produits chlorés (pastilles de chlore, eau de javel,...) dans de l'eau pour tuer les micro-organismes qu'elle contient. Après un temps d'action d'environ 30 minutes, l'eau est normalement potable. Elle le reste pendant quelques heures ou jours (en fonction des conditions de stockage) grâce à l'effet rémanent du chlore.

Le chlore, ou ses dérivés chlorés, est un **oxydant puissant** qui, mélangé à l'eau, brûle les matières organiques qu'elle contient, et en particulier les virus et les bactéries en une demie heure.

Une partie importante du chlore étant nécessaire pour neutraliser ces matières organiques, il n'en reste cependant qu'une partie, appelée **chlore résiduel libre**, pour traiter la contamination éventuelle ultérieure de l'eau dans le réseau ou les habitations. **La concentration en chlore libre de l'eau traitée doit être selon l'OMS de 0,2 à 0,5 mg/l.**

II.6. Impact de la pollution sur la santé

Les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme. Parmi ces problèmes, la contamination de l'eau se pose avec acuité. En effet, l'eau est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques et même des microorganismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé. La mauvaise qualité de ces eaux est liée à la pollution anthropique ou naturelle, qui limite les options de

développement socio-économique. L'eau est essentielle pour la vie, mais elle peut transmettre des maladies par des virus, bactéries, parasites et des contaminants chimiques, qui menacent la santé humaine par ingestion. Les enfants de moins de cinq ans en sont les principales victimes à cause des maladies diarrhéiques (OMS, 2001).

En Algérie comme partout dans le monde, de nombreuses maladies microbiennes transmises par l'eau polluée peuvent exister. Ces maladies se transmettent de la même façon, par les aliments contaminés par les excréments des personnes qui hébergent ces microbes. Ce phénomène s'appelle la contamination fécale.

6.1. Les maladies à transmission hydrique

Les maladies hydriques sont toutes les maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des fèces animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes.

Les maladies à transmission hydrique (MTH), ont toujours sévi à l'état endémique en Algérie. Des données sont disponibles en Algérie dans quelques wilayas pour certaines maladies relatives à l'eau et l'hygiène (qui incluent le choléra, la fièvre typhoïde, Dysenterie et l'Hépatite de type A

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies. Parmi ces maladies, on peut citer les maladies d'origine bactérienne, virale et parasitaire.

6.1.1. Maladies d'origine bactérienne

A. Le choléra

Le choléra est une maladie infectieuse épidémique à incubation courte (quelques heures à 5 jours) produite par une bactérie, le vibrion cholérique, dont le principal vecteur est l'homme.

La maladie résulte de l'absorption d'eau ou aliments contaminés. Une fois dans l'intestin, les vibrions sécrètent notamment la toxine cholérique, principal responsable d'une importante déshydratation avec une évolution mortelle sans réhydratation et antibiothérapie.

B. La fièvre typhoïde et paratyphoïde

La contamination se fait par voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés (coquillage, lait etc....) ou encore par des mains sales qui contiennent des bactéries salmonella typhi et salmonella para typhi.

C. Les Gastro-entérites (*Escherichia Coli*)

Les gastro-entérites sont des infections inflammatoires du système digestif causées par les bactéries *Escherichia Coli*.

D. La dysentérie

Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, de nausées et de vomissements. Il existe la dysentérie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), la dysentérie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort.

6.1.2. Maladies d'origine virale

A. La poliomyélite

C'est une maladie très contagieuse provoquée par un virus qui envahit le système nerveux et peut entraîner une paralysie totale en quelques heures. Le virus se propage d'une personne à une autre principalement par la voie féco-orale ou moins fréquemment par le biais d'un véhicule commun (eau ou aliments contaminés).

B. L'hépatite virale A

L'hépatite virale A est une maladie la plus répandue au monde avec des zones de haute endémicité en Afrique et en Asie du Sud-est. Elle est bénigne dans près de 99 % des cas. L'agent causal de cette maladie est le virus de l'hépatite de type A qui se transmet en général par voie féco-orale, soit par contact direct d'une personne à l'autre, soit par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. La contamination peut être par l'eau de boisson ou de piscine contaminée.

6.1.3. Maladies d'origine parasitaire

On trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites. Exemples :

A. Les protozoaires

Ce sont des micro-organismes unicellulaires eucaryotes appartenant au règne des protistes. Ils se multiplient par mitose ou par reproduction sexuée. Les formes infectantes des protozoaires passent souvent sous forme de kystes dans les matières fécales. L'espèce pathogène la plus fréquente en Afrique subtropicale est, *Entamoeba histolytica*. C'est la forme la plus virulente. La contamination se fait par l'ingestion des kystes dans l'eau ou aliments souillés. Le kyste survit au minimum 15 jours dans l'eau à 18°C, 10 jours dans les selles, 24h à sec. Il résiste bien aux agents chimiques. La forme végétative est trop fragile pour survivre dans la nature et jouer un rôle épidémiologique. Sa taille est relativement grande (25-120µm) et ses kystes sont de la forme sphérique de 45 à 65 µm de diamètre (OMS, 1998).

B. Giardia (*Giardia lamblia*)

C'est le protozoaire flagellé qu'on trouve dans les fèces des hommes et des animaux, qui provoque la diarrhée. L'infection se fait par voie oro-fécale par ingestion de kystes. Après

enkystement les trophozoites infectent la partie supérieure de l'intestin grêle. La prévalence est de 2 à 5 % dans les pays industrialisés et de 20 % dans les pays en voie de développement.

- Forme végétative est la forme infectante.

- La forme kystique : C'est la forme de dissémination dans l'environnement. Elle est rejetée en grand nombre dans les matières fécales. La contamination de l'eau par les fèces d'une personne infectée peut donc entraîner directement la transmission de la giardiase par voie hydrique. Les formes kystiques des parasites résistent à la chloration (**BERNADETTE, 2009**).

6.2. Les risques liés à la présence des substances chimiques dans l'eau

Les maladies associées à l'eau ne sont pas liées uniquement à la présence de germes pathogènes dans l'eau, mais aussi à plusieurs substances d'origine organique ou minérale présentés par défaut (maladies de carence) ou en un excès dans l'eau de boisson, parmi les maladies de carence, on distingue surtout les caries dentaires en carence en fluor et le goitre en carence en iode.

A long terme, certains micro-constituants des eaux sont réellement impliqués dans un risque hydrique, tels que les métaux lourds (Plomb, Cadmium) ; Le Plomb par exemple passe dans le sang et va perturber de nombreux mécanismes biochimiques, touchant principalement le système nerveux mais aussi d'autres fonctions, comme la reproduction. Les enfants exposés de manière prolongée à de faibles doses de plomb peuvent aussi développer un saturnisme.

Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les nitrites résultent de la réaction de nitrification des nitrates. Une fois dans l'organisme, les nitrites peuvent réagir avec le fer de l'hémoglobine des globules rouges et entraîner la formation subséquente de méthémoglobiline. Les nitrites sont également soupçonnés de réagir dans l'organisme avec certains composés aminés. C'est le cas par exemple des amides, des amines pour former des composés N-nitrosés dont certains pourraient être cancérigènes.

Donc d'une façon générale, le risque chimique peut être lié, soit à la contamination de l'eau brute, soit durant le traitement de l'eau (dérivés de coagulants, sous produits de désinfection), soit au transport de l'eau par des contaminants présent dans les tuyaux tels que le Plomb, l'amiante et les hydrocarbures.

CHAPITRE III :
PRÉSENTATION DE
LA ZONE D'ÉTUDE

III.1. Présentation de la commune de Ben Badis

1.1. Situation géographique

La commune de Ben Badis est située à l'extrême Ouest de la wilaya de Sidi Bel Abbas, à 38 Km au Sud Ouest du chef lieu de la wilaya à 20 Km de la commune de Lamtar.

Elle comprend en plus du chef lieu de la daïra Ben Badis, l'agglomération de Saf Saf, ainsi une zone éparsée formée par un ensemble de fermes concentré dans la partie Est et Sud du territoire communal.

La figure suivante montre la position de la commune de Ben Badis par rapport à la carte nationale d'Algérie.



Figure 1. Localisation de la commune de Benbadis sur la carte d'Algérie

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Benbadis>

Elle s'étend sur une superficie de 88,88 Km², soit 0,98% de la superficie totale de la wilaya, et 28,03% de la superficie totale de la daïra.

La commune de Ben Badis est limitée :

- Au nord, la commune de Hassi Zahana,
- Au sud, la commune de Mouley Slissen,
- A l'Est, la commune de Bedrabine El Mokrani et Chetouane Belaila,
- A l'Ouest, la commune d'Ain Tellout et Ain Nehala (wilaya de Tlemcen).

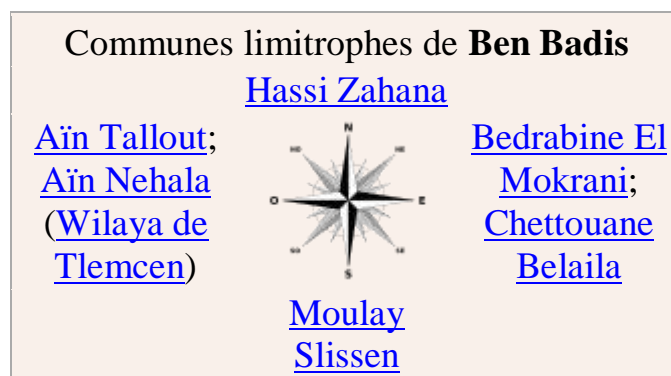


Figure 2 : Communes limitrophes de Ben Badis

La commune de Ben badis comprend en plus du chef lieu de la daïra Ben badis, l'agglomération de Saf Saf, ainsi une zone éparse formée par un ensemble de fermes concentré dans la partie Est et Sud du territoire communal.

Elle s'étend sur une superficie de 88,88 Km², soit 0,98% de la superficie totale de la wilaya, et 28,03% de la superficie totale de la daïra.

Selon le recensement général de la population et de l'habitat (RGPH, 2008), la commune englobe une population de 20346 habitants, soit 3% de la population totale de la wilaya, et 52% de la population totale de la daïra.

- Le milieu physique :

Deux grands ensembles physiques peuvent être distingués :

- Une zone de plaine :

Elle est située au Nord de la commune, les pentes moyennes sont de 3%, elle représente 95% de la superficie totale de territoire communal.

- Une zone de piémont :

Elle est située au Sud et au Sud Ouest de la commune, limite la zone des hautes plaines.

Selon le recensement général de la population et de l'habitat (APC Benbadis), la commune englobe une population d'environ 24000 habitants, soit 3% de la population totale de la wilaya, et 52% de la population totale de la daïra.

1.2. Situation climatologique

Le climat de la commune de Ben Badis est très chaud en été. La douce fraîcheur des nuits repose les habitants des ardeurs du jour ensoleillé. Le mois d'Aout est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 25,8°C à cette période. En hiver, la neige tombe parfois en abondance. Des températures au lever du jour peuvent être basses, atteignant facilement l'extremum de -7 °C si le ciel hivernal est limpide. Au printemps, les gelées blanches sont à redouter. Sur l'année, la température moyenne à Ben Badis est de 18.9°C et les précipitations sont en moyenne de 337.4 mm. (APC de Ben Badis)

1.3. Situation hydrologique

1.3.1. Système d'approvisionnement en eau potable

A. Ressource

En plus de la commune de Ben Badis, la commune de Hassi Zahana et Bedrabine, sont alimentées en eau potable à partir du barrage "El Izdihar" de la commune de Sidi Abdli

(wilaya de Tlemcen) depuis l'année 1997, totalisant un débit de 40 L/S. Auparavant, elles étaient alimentées par le forage de Teghzout (wilaya de Tlemcen) à 15 Km en aval de la commune de Ben Badis et par les puits communaux de la région.

Le barrage représente l'un des plus importants barrages de l'ouest Algérien. Celui ci est destiné principalement à l'alimentation en eau potable de la ville d'Oran, de Sidi Bel Abbes et plusieurs communes du couloir Sidi Abdli – Oran. Ce barrage sert aussi à l'irrigation de différents périmètres agricoles situés à l'aval (**A.N.B.T., 2000**).

Les travaux de construction du barrage ont été commencés en 1978 et se sont achevés à la fin de l'année 1988. Il est mis en service une année plus tard, soit en 1989.

La station de traitement des eaux potables de Sidi Abdli est prévue pour traiter un débit moyen d'eau brute de 4340 m³/h.



Figure 3. Barrage El Izdihar (Webmaster)

B. Les adductions

Pour son approvisionnement en eau potable, la commune de Ben Badis dispose d'une conduite d'adduction de 200 mm de diamètre en fonte venant du barrage de Sidi Abdli, et une adduction à partir du Chott Chergui (wilaya de Naama) qui est en service depuis l'année précédente. Un grand réservoir de stockage de 5000 m³ est réservé à cet effet.

C. Moyens de stockage

La capacité globale de stockage des trois communes s'élève à 8450 m³, répartie comme suit:

Tableau III.2 : Ouvrages de stockage

Commune	Localité	Types d'ouvrages	Capacités	AEP
Ben badis	Chef lieu Ben badis	Réservoir semi enterré	5000 m ³	Chott Chergui
		Réservoir semi enterré	500 m ³	Barrage Sidi Abdli
		Réservoir semi enterré	500 m ³	Barrage Sidi Abdli
		Château d'eau	250 m ³	Barrage Sidi Abdli
		Château d'eau	100 m ³	Forage Teghzout
	Saf saf	Château d'eau	250 m ³	Source, forage
		Réservoir semi enterré	100 m ³	Source, forage
Hassi Zahana	Hassi Zahana	2 Réservoirs semi enterré	2 X 500 m ³	Barrage Sidi Abdli
Bédrabine	Bédrabine	2 Châteaux d'eau	2 x 250 m ³	Barrage Sidi Abdli
	Kedadra	Château d'eau	250 m ³	Puits communal

D. Réseau de distribution

Le raccordement au réseau d'AEP pour l'ensemble des communes avoisine un taux de 100 %. La distribution de l'eau potable est constituée par un réseau ramifié pour les trois communes de la région de Ben Badis.

1.3.2. Besoins en eau potable et niveau de satisfaction

Selon une dotation moyenne affectée pour l'AEP de 150L/J/habitant, les besoins en eau sont évalués à débit fictif de 35,92 l/s par rapport à la ressource mobilisée de ces trois communes. Un débit de 40 l/s, pompée à partir du barrage Sidi Abdli, est légèrement supérieur aux besoins théoriques, donc aucun déficit remarqué.

III.2. L'établissement public de santé de proximité de Lamtar

La commune de Lamtar est située sur la route nationale N° 7 reliant la ville de Sidi Bel Abbes à la wilaya de Tlemcen, à une distance de 20 km, sud-ouest, du centre wilaya de Sidi Bel Abbes.

L'établissement public de santé de proximité de Lamtar (EPSP) a été créé en 01-01-2008, par le décret exécutif N°140/07 du 19 mai 2007 portant création, organisation et fonctionnement des établissements public hospitaliers et des établissements publics de santé de proximité.

L'EPSP de Lamtar est constitué d'une structure de diagnostic, de soins, couvrant la population de quatre (04) dairas de : Benbadis - Sidi Ali Boussidi - Sidi Lahcen et Sidi Ali Benyoub. Celui-ci couvre 14 Communes, sont à savoir :

- ✓ Daira de Benbadis : Benbadis - Hassi Zahana – Bedrabine - Chétouane
- ✓ Daira de Sidi Ali Boussidi : Sidi Ali Boussidi - Lamtar - Sidi Daho - Ain Kada
- ✓ Daira de Sidi Lahcen : Sidi Lahcen - Sidi Khaled - Sidi Yagoub
- ✓ Daira de Sidi Ali Benyoub : Sidi Ali Benyoub - Tabia - Boukhanéfis

2.1. Le service d'épidémiologie et de médecine préventive (S.E.M.E.P.)

Il a été créé un service d'épidémiologie et de la médecine préventive S.E.M.E.P. Au sein de chaque secteur sanitaire par arrêté N° 00115 du 04 Novembre 1985.



Photo III.1. SEMEP de l'EPSP Lamtar

A. Missions

Le service d'épidémiologie et de médecine préventive (SEMEP) a pour missions de planifier, coordonner, superviser et évaluer les activités sanitaires et la prévention. Ses prérogatives sont fondées sur le recueil, l'analyse et la diffusion de l'information sanitaire relative aux programmes nationaux.

Il est en relation étroite avec la Direction de la Santé et de la Population (DSP) de la wilaya. Il recueille les déclarations des MDO (Maladies à Déclaration Obligatoires) provenant de toutes les structures sanitaires et les dirige vers la DSP. Il assure la coordination des Programmes suivants :

- ✓ Programme national de lutte contre les MTH (Maladies à Transmission Hydrique) ;
- ✓ Programme élargi de vaccination ;

- ✓ Programme d'éradication de la Poliomyélite ;
- ✓ Programme national de lutte contre la mortalité infantile ;
- ✓ Programme national de lutte contre le Rhumatisme articulaire aigu ;
- ✓ Programme national de lutte contre les IST et SIDA ;
- ✓ Programme national de santé reproductive et de planification familiale ;
- ✓ Hygiène hospitalière (CLIN) ;
- ✓ Santé en milieu scolaire ;

Le SEMEP est composé de trois unités :

1. Unité de la santé de la mère et de l'enfant et de leur vaccination
2. Unité de la santé scolaire
3. Unité de programmation, d'application, d'organisation et d'évaluation des activités de prévention et celles des soins de base.

B. Activités

Le SEMEP gère cinq (05) sections :

- Section de vaccination
- Section d'épidémiologie
- Section d'espacement des naissances
- Section d'assainissement et l'hygiène de milieu
- Santé scolaire

2.2. Le laboratoire d'hygiène

Le laboratoire d'hygiène se trouve au siège du SEMEP. Il comprend 2 laborantines qui font les analyses de :

- Eau de boisson
 - Colimétrie
- Eaux usées
 - Recherche de salmonelles
 - Recherche de vibrions cholériques
- Coproparasitologie des selles.

III.3. Présentation de l'algérienne des eaux

L'algérienne des eaux (ADE) est un établissement public national à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Il a été créé par le

décret exécutif N° 01 -101 du 27 Moharrem 1422 correspondant au 21 Avril 2001. L'établissement est placé sous la tutelle du ministère chargée des ressources en eau, et son siège social est fixé à Alger.

L'ADE a donc une mission essentielle : mettre à la disposition du consommateur de l'eau potable. Cette mission est entendu dans un sens extrêmement large, elle est aussi bien chargée de la maitrise d'ouvrage et de la maitrise d'œuvre pour son propre compte et/ou par délégation pour le compte de l'état ou des collectivités locales, la gestion de la concession du service public de l'eau accordée à des personnes morales publiques ou privées.

Sa mission consiste principalement dans la production, le transfert, le traitement, le stockage, l'adduction, la distribution et l'approvisionnement en eau potable et industrielle ainsi que le renouvellement des infrastructures s'y rapportant. L'objectif majeur, central, et qui constitue le cadre premier de son action est bien celui de la réhabilitation du service public et, partant du souci de la performance et de la définition des moyens à mettre en œuvre afin d'inscrire celle-ci dans les faits. Cette réhabilitation s'est fait par la déconcentration du système de décision en donnant aux zones de larges pouvoirs et prérogatives en matière de décision et d'intervention.

L'ADE compte 15 zones et 42 unités, chaque zone gère deux à quatre unités. Parmi ces unités, il existe une à Sidi Bel Abbes dont le siège se trouve à Sidi Djilali.



Photo III.2. Siège de l'ADE de Sidi Bel Abbes

3.1. Aperçu descriptif du laboratoire de l'ADE de Sidi Bel Abbes

Soucieuse de la qualité de l'eau de ses consommateurs, l'ADE s'est dotée des moyens techniques et d'un laboratoire d'analyse dans lequel se fait d'une façon quotidienne des analyses d'eau de différents sites de production, de stockage et de distribution.

A l'instar des autres unités, l'unité de Sidi Bel Abbes possède un laboratoire d'analyse dont ses missions principales sont :

- ✓ Traitement des eaux de surface (barrage Cheurfa, barrage Sidi Abdli) ;
- ✓ Suivi permanent de la qualité de l'eau brute (forages, puits, sources, barrage), et de l'eau distribuée à partir de :
 - Station du pompage du barrage Cheurfa ;
 - Stations du pompage ;
 - Réservoirs ;
 - Robinets chez les consommateurs.

DEUXIÈME PARTIE:
SYNTHÈSE
EXPÉRIMENTALE



A dynamic splash of water droplets against a blue gradient background. The splash is centered and features a crown-like shape at its peak. The text is overlaid on the splash.

*MATERIELS
ET METHODES*

CHAPITRE IV :
MATÉRIEL ET
MÉTHODES

L'étude expérimentale est scindée sur deux chapitres. Le premier consiste au matériel et méthodes et le deuxième chapitre consiste à actualiser tous les résultats d'analyses et interprétations des paramètres de la qualité de l'eau.

IV.1. Choix du site

Ce choix s'est porté sur les réservoirs de stockage d'eau des trois communes de la région de Ben Badis (Ben Badis –chef lieu-, Hassi Zahana et Bedrabine). Vu l'importance de la gestion des stocks, notre étude a pour but principal d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux.

IV.2. La période d'étude

Notre étude s'est déroulée pendant 3 mois du Janvier 2021 au Mars 2021 au niveau du SEMEP de l'EPSP Lamtar et le l'ADE de l'unité de Sidi Bel Abbes d'une façon quotidienne de 7 h à 16h.

IV.3. Démarche de l'étude

J'ai suivi la qualité de l'eau à travers des analyses qui ont été effectués au niveau de laboratoire de l'unité ADE (physico-chimique) et le laboratoire du SEMEP (bactériologique), et cela pour une durée estimée de trois mois.

On a opté pour une démarche sur plusieurs étapes qui sont les suivantes:

- Collecte des données ;
- Echantillonnage ;
- Prélèvement ;
- Analyses ;
- Interprétations ;
- Recommandations.

IV.3.1. Collecte des données

Dans la collecte des données, j'ai ciblé les variables suivantes:

- Le système d'AEP ;
- Le nombre et le type des réservoirs de stockage (semi-enterré, château d'eau) ;
- Le traitement de l'eau ;
- Les résultats d'analyse de l'eau.

IV.3.2. Échantillonnage

Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivants :

- ✓ la sélection convenable du point d'échantillonnage ;
- ✓ le strict respect des procédures d'échantillonnage ;
- ✓ la conservation adéquate de l'échantillon.

IV.3.3. Prélèvements

Durant la période de notre étude, j'ai effectué 7 prélèvements d'eaux pour analyses physico-chimiques dans des flacons en verre de capacité d'un litre, et 14 prélèvements pour analyses bactériologiques dans des flacons stériles et de capacité de 500 ml. Le flambage du robinet des réservoirs de stockage est assuré pour chaque prélèvement destiné à des analyses bactériologiques afin de prévenir l'introduction des germes dans les flacons.

Les analyses physico-chimiques ont concerné la température, le pH, la conductivité électrique, la turbidité, les matières en suspension, les chlorures, les sulfates, les nitrates et les nitrites et l'ammonium.

Tableau IV.1. Prélèvements pour analyses physico-chimiques

Lieux de prélèvement	Nombre du prélèvement	Paramètres analysés
Réservoirs de stockage Ben Badis	03	Température, PH, Turbidité, Conductivité, MES, Chlorures, Sulfates, Nitrates, Nitrites, Ammonium, Dureté.
Réservoirs de stockage Hassi Zahana	02	
Réservoirs de stockage Bedrabine	02	
Total	07	

La recherche du chlore résiduel libre dans les échantillons d'eaux prélevées est précédée par les analyses bactériologiques. Les germes recherchés sont : les Germes totaux, les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux, les *Clostridium* sulfito-réducteurs et les germes spécifiques : les vibrions cholériques et les salmonelles.

Tableau IV.2. Prélèvements pour analyses bactériologiques

Lieux de prélèvement	Nombre du prélèvement	Paramètres analysés
Réservoirs de stockage Benbadis	06	Coliformes, Colibacilles, Streptocoque D, Clostridium sulfito-réducteur, Salmonelles, Vibron cholériques
Réservoirs de stockage Hassi Zahana	02	
Réservoirs de stockage Bedrabine	04	
Total	12	

Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- Date et heure de prélèvement ;
- point de prélèvement d'eau ;

- Motif de la demande d'analyse ;
- Identité des préleveurs ;

IV.3.4. Transport et conservation du prélèvement

Tous les prélèvements d'eau qu'on a effectués sont clairement identifiés et accompagnés d'une fiche standard.

Le transport du prélèvement d'eau destiné aux analyses bactériologiques se fait obligatoirement en glacière à une température de 4°C à 6°C pour limiter ou prévenir la prolifération des germes et dans un délai très court entre le prélèvement et l'analyse. Une fois arrivée, les prélèvements sont placés au froid au laboratoire avant de commencer les analyses.

IV.4. Méthode d'analyse de l'eau

L'objectif des analyses de l'eau, dans mon étude, est d'étudier les paramètres de qualité des eaux traitées pour identifier les causes de détérioration des aspects gout et odeur et de proposer des solutions au problème. Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'ADE de Sidi Bel Abbes et les analyses bactériologiques au niveau du SEMEP de Lamtar.

IV.4.1. Méthode d'analyse des paramètres physico- chimiques

IV.4.1.1. La température

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. La température est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation, elle est mesurée par un thermomètre.

Toute augmentation de température des eaux peut engendrer une croissance bactérienne plus rapide dans les réservoirs de stockage.

IV.4.1.2. Le pH

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline et il est en fonction de l'activité des ions hydrogène H⁺ présents dans cette eau.

Mode opératoire

Le pH est pris avec un pH mètre électro-métrique. Etalonner l'appareil avant la mesure, avec des solutions tampons à pH=7, pH=4 et pH=9. Après avoir rincé l'électrode en verre avec de l'eau distillée. Prendre environ 100 ml d'eau à analyser dans un bûcher, mettre une agitation doucement puis tremper l'électrode dans le bûcher. Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation et noter pH. Les résultats sont exprimés en unités pH.

**Photo IV.1.** PH mètre

IV.4.1.3. Conductivité

La conductivité électrique détermine le taux des ions conducteurs dans l'eau. La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration de l'eau en sels dissouts.

Mode opératoire

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre de laboratoire de type (HI9033 multirange conductimeter). L'appareil est préalablement étalonné avec des solutions de chlorure de potassium (KCl) (NF t 90-031). D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée. Tout d'abord, rincée plusieurs fois l'électrode avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans l'échantillon à examiner. Les résultats sont donnés en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

**Photo IV.2.** Conductimètre

IV.4.1.4. Turbidité:

La turbidité traduit la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau et éveille la méfiance et la répugnance du consommateur. En outre, elle nuit au taux de filtration et risque de diminuer l'efficacité de la désinfection. L'un des buts primordiaux du traitement est de réduire la turbidité.

Mode opératoire

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre. On fait étalonner le turbidimètre en introduisant dans la première cuvette de l'eau distillée prise comme référence, puis remplir

une cuvette de mesure propre et bien essuyer à l'aide du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. Elle est exprimée en NTU (Néphélobimétrie Turbidity Unit).



Photo IV.3. Turbidimètre

IV.4.1.5. Détermination des matières en suspension:

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules organiques contenues dans les eaux. Les matières organiques sont composées de carbone, de matières protéiques, acides aminés. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût et facilite le développement des germes. Une teneur élevée en matières organiques est souvent l'indice d'une contamination microbienne et peut avoir une incidence sur le développement de la vie aquatique.

Mode opératoire :

Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105°C) jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1mg près après passage au dessiccateur. Le mettre en place sur l'équipement de filtration. Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser l'échantillon (V) sur le filtre. Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10 ml d'eau distillée. Faire passer sur le filtre cette eau de lavage.

Laisser essorer le filtre, sécher à 105°C. Laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1 mg près, jusqu'à poids constant.

Expression des résultats :

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/l) est donnée par l'expression

$$\frac{M_1 - M_0}{V} \times 1000.$$

M₀ = masse su disque filtrant avant utilisation (mg).

M₁ = masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V = volume d'eau utilisé (ml).

IV.4.1.6. Chlorures (Cl⁻)

La présence de chlorures dans l'eau de boisson peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux d'égouts et aux effluents industriels, à la pollution provenant du salage des routes et à des intrusions salines.

Une concentration élevée de chlorures affecte le goût de l'eau et, accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau.

Mode opératoire

Le dosage des chlorures se fait selon la méthode colorimétrique. Les résultats sont exprimés en mg/l de chlorures.

IV.4.1.7. Sulfates

Principalement, la présence des sulfates dans l'eau peut provenir des effluents industriels et de dépôts d'origine atmosphériques. Mais les concentrations plus élevées se rencontrent généralement dans les eaux souterraines et sont d'origine des couches de terre traversée.

Mode opératoire

- Préparation des échantillons : Les échantillons troubles ou colorés doivent passer par un filtre de 0.45 µm.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn
- Enregistrer la gamme dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde $\lambda = 420$ nm
- Veiller à agiter avant chaque mesure.

Essai

Procéder comme décrit au calibrage en effectuant un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

IV.4.1.8. Dosage des Nitrates NO₃⁻

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou, des engrais de synthèse ou naturels.

Les nitrates proviennent aussi de l'oxydation de l'azote organique et de l'oxydation de l'azote inorganique (ammonium). Des teneurs élevés favorisent la croissance des algues et favorisant l'eutrophisation.

Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.
(Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml. H₂SO₄ laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 415 nm.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

IV.4.1.9. Dosage des Nitrites

Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux.

Les nitrites résultent de la réaction de nitrification des nitrates. Une fois dans l'organisme, les nitrites peuvent réagir avec le fer de l'hémoglobine des globules rouges et entraîner la formation subséquente de méthémoglobiline. Les nitrites sont également soupçonnés de réagir dans l'organisme avec certains composés aminés. C'est le cas par exemple des amides, des amines pour former des composés N-nitrosés dont certains pourraient être cancérigènes.

Mode opératoire

- Dans le cas d'échantillons troubles, il faut filtrer ceux –ci sur un filtre à membrane de 0,45 µm. Introduire 40ml de l'échantillon (filtré) dans une fiole jaugée de 50ml.
- Ajouter 1ml de la solution du réactif, bien mélangé, ajuster à 50 ml
- Vérifier que le PH soit < 1,9 (à un PH ajouter de l'acide phosphorique).
- Compléter avec de l'eau distillée à 50ml et bien mélanger.
- Mesurer l'extinction après 20 à 30 mn à une longueur d'onde = 540 nm dans une cuvette de 1 cm. Le blanc étant composé d'eau distillée, traité de la même manière que les échantillons.

La valeur donnée par le Spectrophotomètre correspond à la concentration en N-NO₂ donc pour avoir la concentration en NO₂ on doit multiplier la valeur par 3,29

Dans le cas d'échantillon, coloré, il faut également mesurer l'extinction propre de l'échantillon d'eau (sans réactif) mais dilué de la même manière que l'échantillon réel).

IV.4.1.10. Dosage de l'Ammonium

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution.

Mode opératoire

Préparation de l'échantillon : Filtrer, selon la teneur en ammonium attendue, jusqu'à 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50 ml, ajouter 4 ml de la solution de salicylate et mélanger. Le PH de la solution doit être de 12,6 ; ce qui est le cas pour les eaux neutres puis ajouter, comme pour les solutions - standards ,4 ml de la solution de réactif et compléter la fiole jusqu'à la jauge.

Garder la fiole dans un bain-marie à 25°C pendant 1 heure et mesurer ensuite à une longueur d'onde de 655 nm avec le spectrophotomètre.

IV.4.2. Méthode d'analyse des paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative (GUILLET. F 2002).

Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

- Recherche et dénombrement des germes totaux ;
- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux ;
- Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux ;
- Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*.

IV.4.2.1. Recherche des germes totaux

Selon les normes internationales, les micro-organismes reviviscibles se définie comme étant la totalité des bactéries, levures et moisissures capables de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifié dans les conditions d’essai décrites (RODIER, 1996).

Mode opératoire

A partir de l’eau à analyser, porter 2 fois 1 ml dans deux boites de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées (Figure IV.1.).

Compléter ensuite chacune des boites avec environ 15ml de gélose TGEA (voir L’annexe N°3) et mélanger avec précaution en mouvement rotatoire puis laisser solidifier.

Incubation et lecture

Retourner les boites et incuber, une à 37 °C pendant 24 h à 48 h, l’autre à 22 °C pendant 72 h. la lecture se fait après chaque 24h.

On calcule le nombre de colonies formées présentes dans un millilitre d’échantillon.

Expression des résultats:

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml (Germe/1ml).

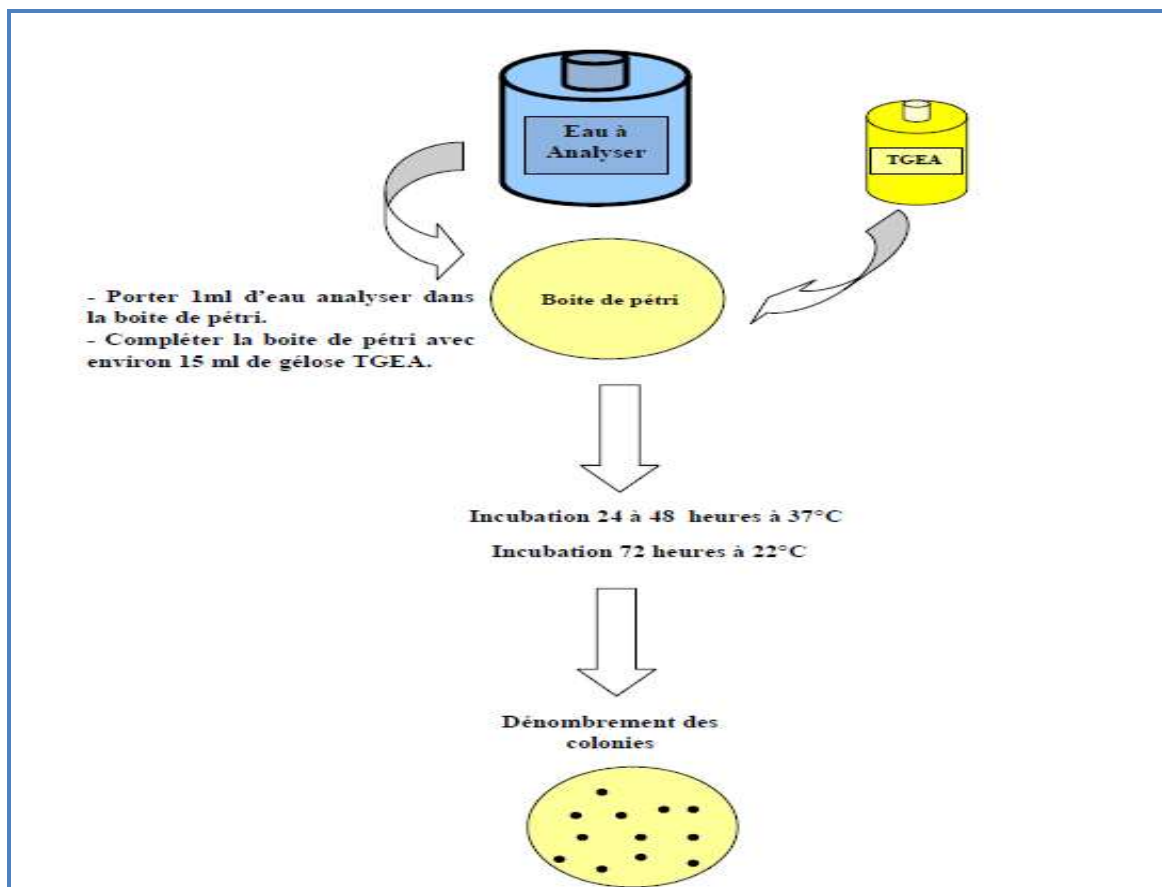


Figure IV.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

IV.4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides

(Méthode de NPP) : (RODIER. J, 1997).

Test de présomption :

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C (voir l'annexe N°3) muni d'une cloche de Durham.
- 1ml dans un tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C (voir l'annexe N°3) muni d'une cloche de Durham.
- 0,1ml dans un tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham (figure N°8).

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu, l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Lecture :

Seront considérés comme positif + : les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP (voir l'annexe N°4).

Test de confirmation :

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzie est basé sur la recherche de coliformes fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia Coli*.

Les tubes de BCPL (voir l'annexe N°3) positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche (Figure IV.2.).

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu. L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures.

Lecture :

Seront considérés comme positif + ; les tubes présentant à la fois :

- ❖ Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- ❖ Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs

- ❖ La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.
- ❖ en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44 °C.
- ❖ Utilisation d'un seul tube confirmatif (Dénombrement d'*E. Coli*).

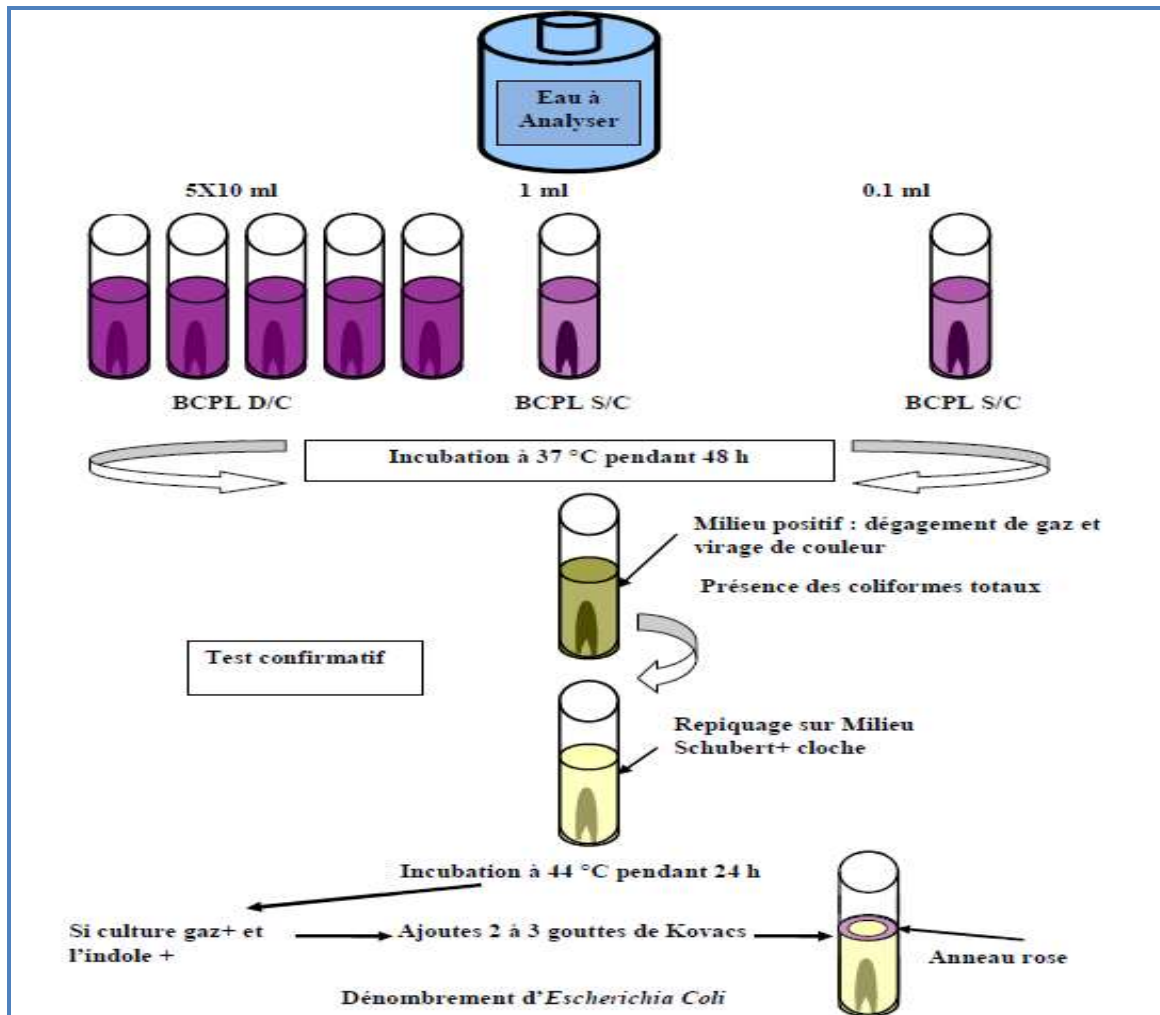


Figure IV.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

IV.4.2.3. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide: [RODIER. J, 1997].

Test de présomption :

A partir de l'eau analysée, porter aseptiquement :

- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C (voir l'annexe N°3).
- 1 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C (voir l'annexe N°3).
- 0.1ml dans un tube contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C (figure N°9) :
- ✓ Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

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

Lecture :

Seront considérés comme positif, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

Test de confirmation :

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoque fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu LITSKY EVA (voir l'annexe N°3) (Figure IV.3.) :

Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

Lecture :

Seront considérés comme positif, les tubes présentant à la fois :

- ❖ Un trouble microbien.
- ❖ Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.
- ❖ La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP (voir l'annexe N°4), le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé.

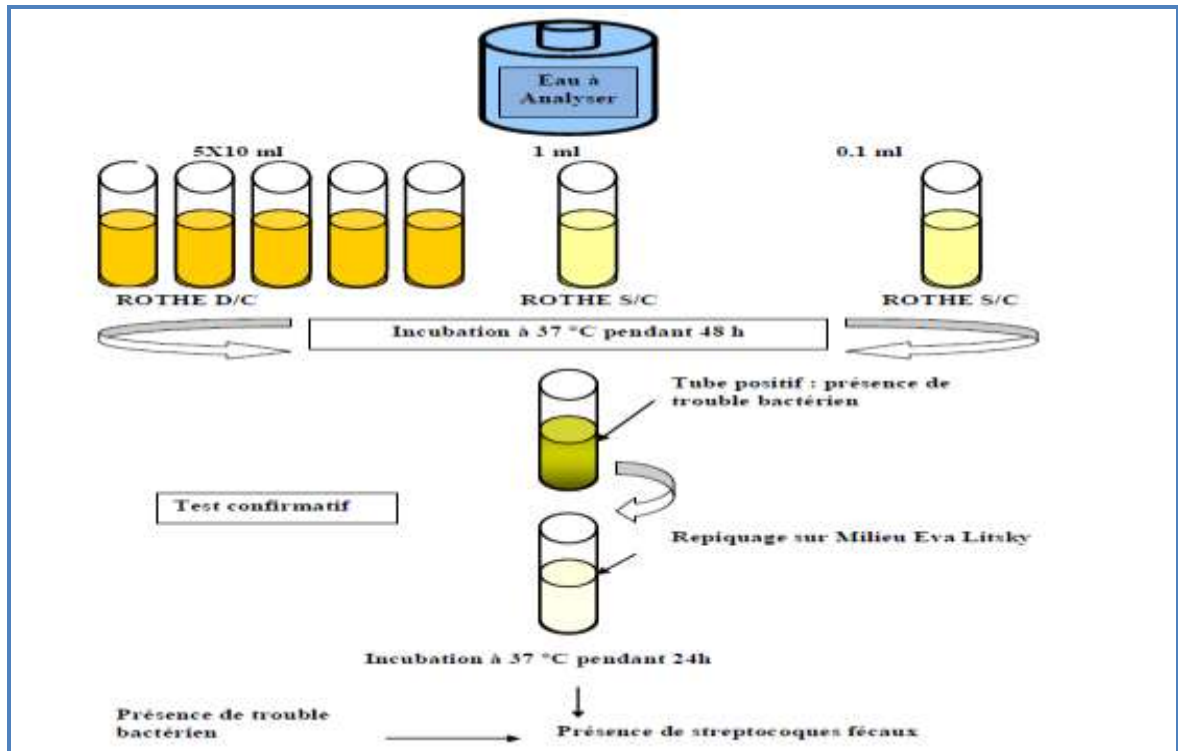


Figure IV.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

IV.4.2.4. Recherche et dénombrement des *Clostridium Sulfito-Réducteurs* : (RODIER. J, 1997).

Test de présomption :

Porter dans deux tubes 10 ml de l'échantillon à analyser (Figure IV.4.), Elaborer pour les deux tubes un chauffage à 80°C, pendant 10 minutes ; puis un refroidissement brutal sous l'eau de robinet (choc thermique qui a pour but d'éliminer la forme végétative et reste seulement la forme sporulée des bactéries Sulfito-Réducteurs).

Compléter ensuite chacune des tubes avec environ 15 ml de gélose viande foie (VF+ alun de fer et sulfite de sodium) (voir l'annexe N°3) et mélanger avec précaution. Laisser solidifier, puis incuber à 37°C pendant 48 heures avec une première lecture après 16 heures d'incubation.

Lecture :

Après la période d'incubation sera considérée comme positif, les tubes contenant de grosses colonies noires, qui correspondent au *Clostridium sulfito-réducteur*. Le résultat est exprimé par le nombre des *Clostridium sulfito-réducteurs* par 20 ml de l'échantillon à analysé.

Remarque :

Le dénombrement après 24 heures d'incubation est effectué parfois après 48 heures, le tube devient complètement noir et devient donc indénombrable.

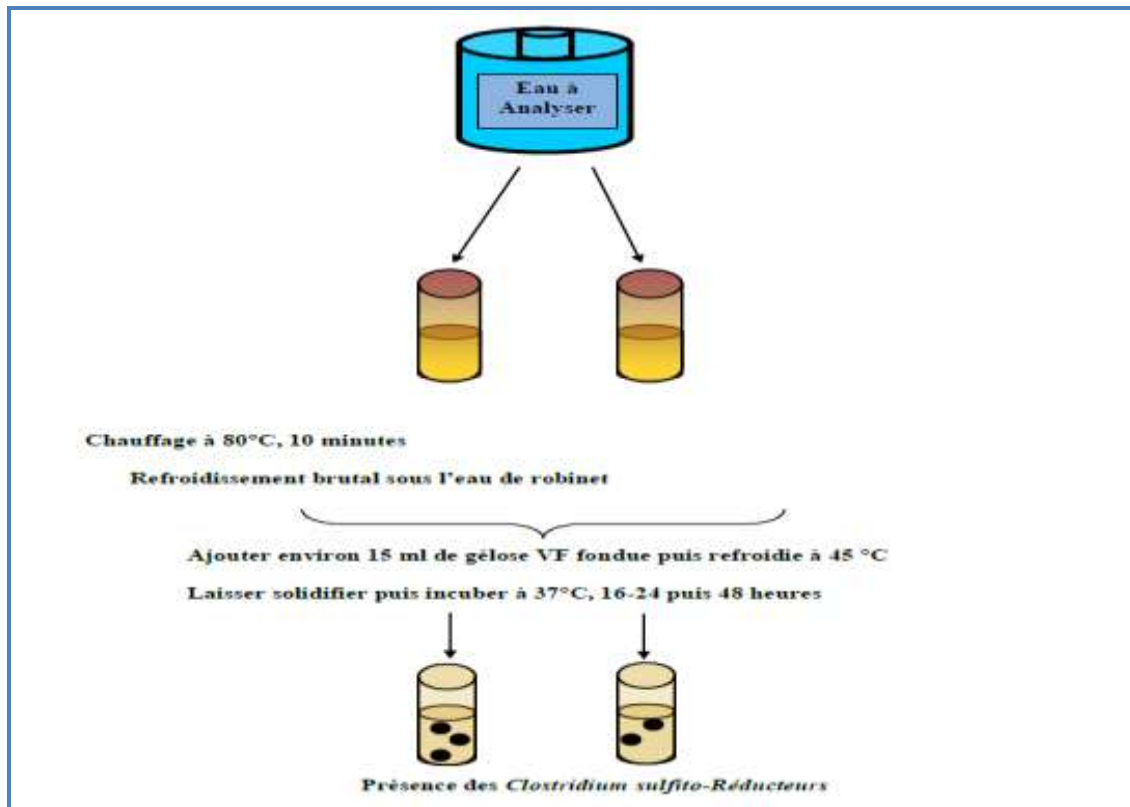


Figure IV.4. Recherche et dénombrement des *Clostridium Sulfuto-réducteurs*

A high-speed photograph of a water splash against a blue background. The splash is centered, with water droplets rising and falling, creating a crown-like shape. The text is overlaid on the splash.

*RESULTATS
ET DISCUSSION*

CHAPITRE V :
RÉSULTATS ET
DISCUSSION

La connaissance des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux fait partie de l'ensemble des informations dont doivent disposer tout ceux qui sont amenés à évaluer la qualité de l'eau afin de prendre des décisions d'actions dans le domaine de la surveillance de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Au cours de ce chapitre, je présenterai les résultats ainsi que leurs interprétations concernant la corrélation entre la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux étudiées et la détérioration des aspects organoleptiques, en particulier le gout et l'odeur.

Le déroulement de cette présentation des résultats s'articulera en fonction de la question de recherche formulée et des hypothèses identifiées. Plusieurs tableaux aideront à visualiser les résultats obtenus.

V.1. Contrôle des paramètres organoleptiques :

L'eau doit être incolore, limpide, inodore, sans gout avec une saveur fraîche ce qui caractérise une eau normale et consommable.

V.1.1. Contrôle de la couleur

A) Principe :

Les échantillons ont été prélevés, au niveau des réservoirs de stockage, dans des flacons transparents et en verre et examinés à l'œil nu pour observer :

- S'il y a un dépôt.
- S'il y a des corps solides flottants.
- S'il y a une couleur.

La couleur d'une eau est due à la présence des matières organiques, colloïdes en solution ou en suspension.

Une eau potable de bonne qualité ne doit présenter aucune de ces caractéristiques.

B) Interprétation :

Les échantillons des eaux étudiées ont été toujours limpides et on a constaté l'absence de caractéristiques citées au dessus. Ceci indique probablement l'absence des facteurs principaux du changement de la couleur d'eau.

V. 1.2. Contrôle de l'odeur

A) Principe :

Toute odeur est un signe de pollution ou la présence de matière organique en décomposition ce test met en œuvre le sens olfactif. Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore.

B) Interprétation :

Les prélèvements d'eau effectués au niveau des réservoirs de stockage de la zone étudiée ont révélé la présence des odeurs spécifiques, ce qui indique probablement la présence des substances chimiques ou des matières organiques en décomposition.

V. 1.3. Contrôle de la Saveur**A) Principe :**

Une eau potable de bonne qualité est sans gout et ne présente pas l'odeur, la saveur dépend essentiellement de la qualité et la nature des corps dissous.

Les mauvais goûts ne sont pas considérés comme importants du point de vue d'hygiène, mais ils sont désagréables pour l'emploi de l'eau comme boisson.

Les Saveurs ne sont décelables qu'à la dégustation. A l'état naturel une concentration de la minéralisation, du chlore actif de la boue du barrage et les algues peuvent introduire un gout plus au moins accentué dans l'eau. La saveur se développe avec l'augmentation de la température.

B) Interprétation :

D'après les tests de dégustation des eaux alimentées par le barrage Sidi Abdli et prélevées au niveau des réservoirs de stockage de la région de Ben Badis, il s'est avéré la présence d'un mauvais gout.

V.2. Paramètres physico-chimiques

Une eau potable du point de vue chimique doit contenir sans excès un certain nombre d'élément minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute autre substance toxique.

V.2.1. Température

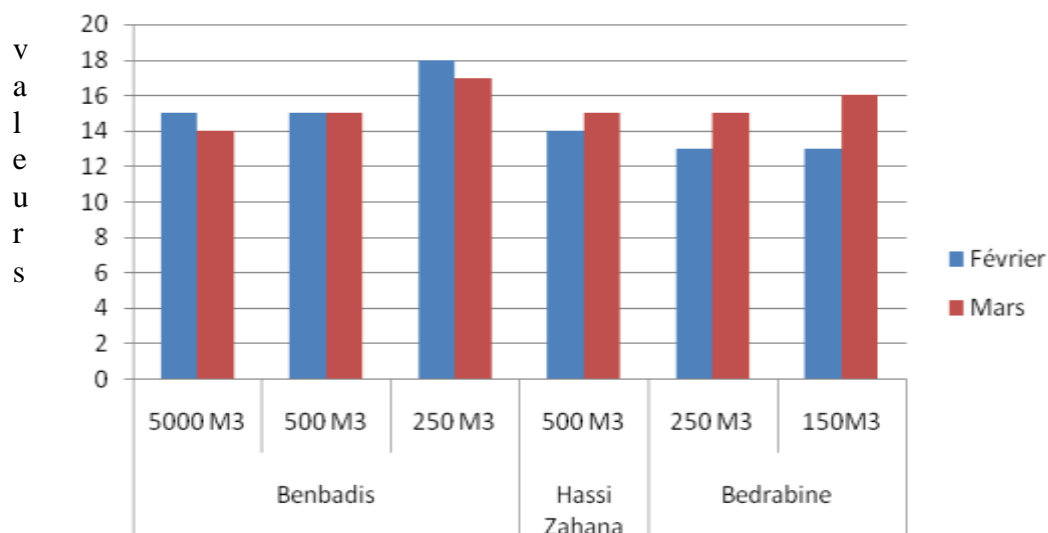
Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 25°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au dessus de 25°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables.

Les valeurs de ce paramètre sont présentées dans le tableau N° V.1. et la figure V.1.

Tableau V.1. Différentes valeurs de la température

Commune	Réservoir de stockage	Résultats		Normes OMS	Unité
		Février	Mars		
Ben Badis	5000 m ³	15,2	14	25	°C
	500 m ³	15,1	15,1		
	250 m ³	18	16,9		
Hassi Zahana	500 m ³	14	15		
Bedrabine	250 m ³	13	15		
	150 m ³	13,1	16		

Figure V.1. Variations mensuelle de la température des échantillons prélevés



Interprétation :

D’après les résultats, j’ai constaté que la température maximale enregistrée était de l’ordre de 18°C durant le prélèvement du mois de Février au niveau du réservoir de stockage de 250 m³ de la commune de Ben Badis. Alors que la température minimale était de l’ordre de 13°C, au niveau du réservoir de stockage de 250 m³ de la commune de Bedrabine. La température de tous les échantillons prélevés est inférieure à 25°C.

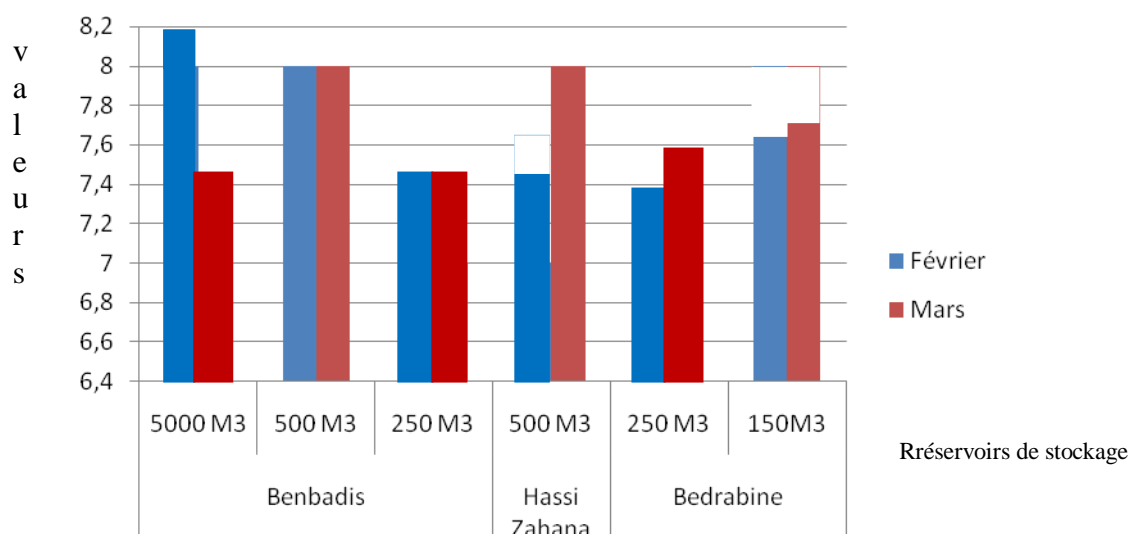
V.2.2. pH

L’intervalle acceptable du pH pour l’eau potable va de 6.5 à 8.5 (normes de l’OMS). Les valeurs du PH sont regroupées dans le tableau N° V.2. et la figure V.2.

Tableau V.2. Différentes valeurs du PH

Commune	Réservoir de stockage	Résultats		Normes OMS	Unité
		Février	Mars		
Ben Badis	5000 m ³	8,26	7,5	6.5 à 8.5	
	500 m ³	8	8		
	250 m ³	7,5	7,5		
Hassi Zahana	500 m ³	7,5	8		
Bedrabine	250 m ³	7,4	7,6		
	150 m ³	7,62	7,71		

Figure V.2. Variations mensuelle du pH des échantillons prélevés



Interprétation :

En ce qui concerne mes échantillons, les résultats obtenus montrent que les valeurs sont comprises entre 7,4 à 8,26, donc un pH voisin de la neutralité.

V. 2.3. Conductivité électrique

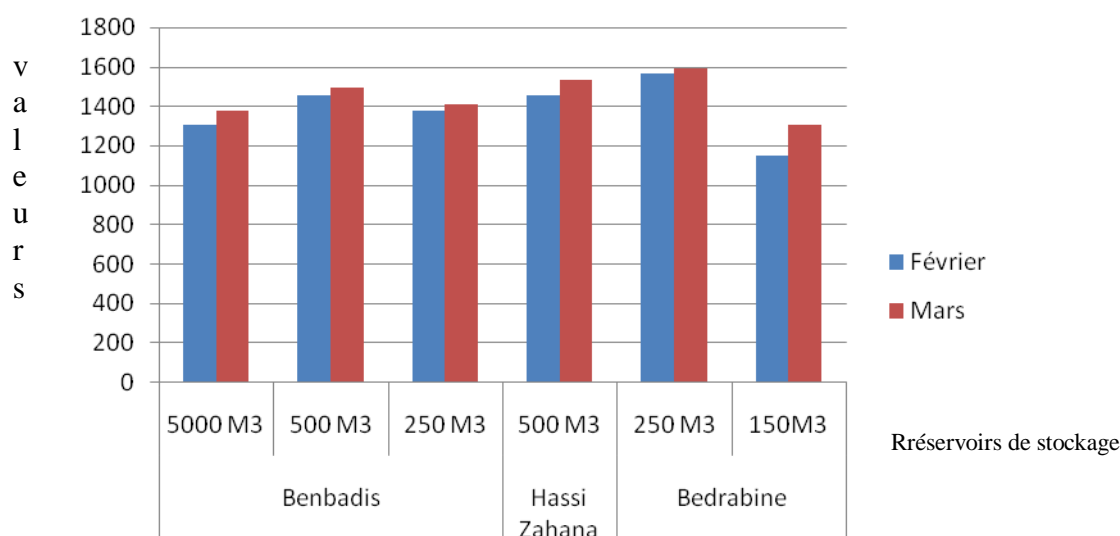
Une conductivité élevée traduit soit des PH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée, comme elle peut conduire à un entartrage des conduites si l'excès est dû aux ions de calcium.

Les valeurs de la conductivité électrique des points d'eau de la région d'étude sont regroupées dans le tableau V.3. et la figure V.3.

Tableau V.3. Différentes valeurs de la conductivité

Commune	Réservoir de stockage	Résultats		Normes OMS	Unité
		Février	Mars		
Ben Badis	5000 m ³	1308	1378	2800	uS/cm
	500 m ³	1456	1496		
	250 m ³	1376	1412		
Hassi Zahana	500 m ³	1456	1532		
Bedrabine	250 m ³	1564	1594		
	150 m ³	1149	1308		

Figure V.3. Variations mensuelle de la conductivité des échantillons prélevés



Interprétation :

D’après les résultats obtenus, une valeur moyenne avec un minimum de 1149 µs/cm (réservoir 150 M³ de la commune de Bedrabine) et un maximum de l’ordre de 1594 µs/cm (réservoir 250 M³ de la commune de Bedrabine). Toutes les valeurs de la conductivité enregistrées sont inférieures à celle donnée par la norme de l’OMS (2800 µs/cm).

V. 2.4. Turbidité

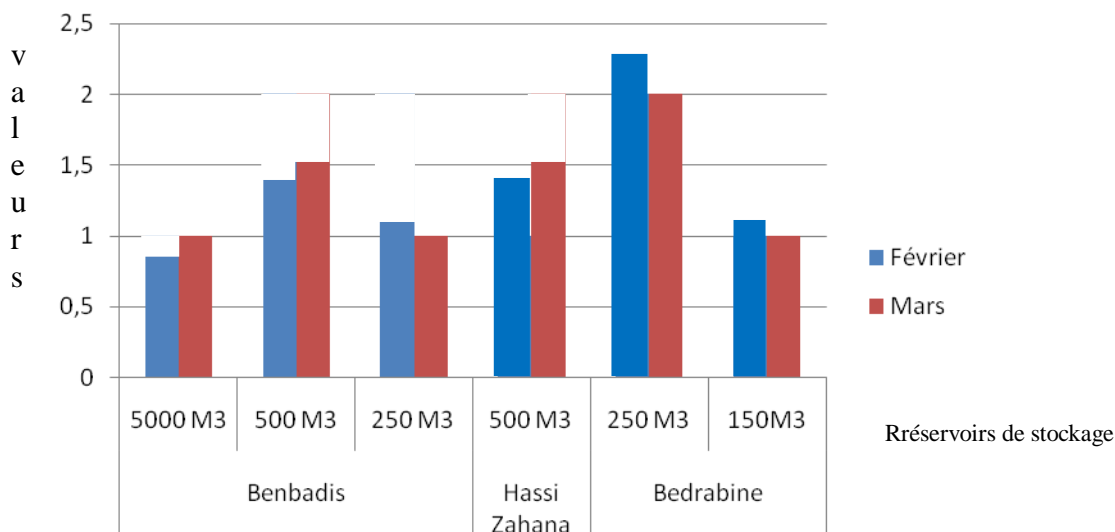
La turbidité de l'eau caractérise sa teneur en matières en suspension; elle est aussi influencée par l'abondance des précipitations. Ce paramètre est important pour des raisons de qualité et d’aspects organoleptiques. La valeur maximale tolérée par l’OMS est de 5 NTU.

Les valeurs de la turbidité sont citées dans le tableau N° V.4. et la figure V.4.

Tableau V.4. Différentes valeurs de la turbidité

Commune	Réservoir de stockage	Résultats		Normes OMS	Unité
		Février	Mars		
Ben Badis	5000 m ³	0,80	1	5	NTU
	500 m ³	1,43	1,50		
	250 m ³	1,14	1		
Hassi Zahana	500 m ³	1,43	1,50		
Bedrabine	250 m ³	2,33	2		
	150 m ³	1,13	1		

Figure V.4. Variations mensuelle de la turbidité des échantillons prélevés



Interprétation :

En comparant les valeurs de la turbidité des échantillons prélevés, on remarque que toutes les valeurs sont dans la norme demandée.

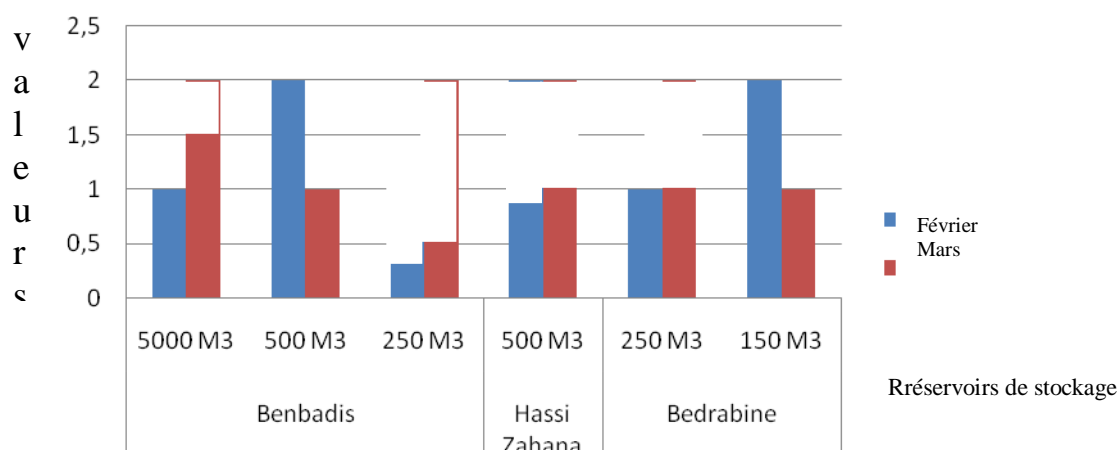
V. 2.5. Matières en suspension

Les observations visuelles sur le terrain, au niveau des réservoirs de stockage m’ont permis de prendre connaissance sur l’absence ou la présence des matières en suspension dans l’eau. Les prélèvements d’eau ont révélé des valeurs différentes des matières en suspension. Le tableau V.5. et la figure V.5. Cités ci-dessous montrent les variations de ces particules.

Tableau V.5. Différentes valeurs des matières en suspension

Commune	Réservoir de stockage	Résultats		Normes OMS	Unité
		Février	Mars		
Ben Badis	5000 m ³	1	1,5	30	mg/l
	500 m ³	2	1		
	250 m ³	0,2	0,5		
Hassi Zahana	500 m ³	0,8	1		
Bedrabine	250 m ³	1	2		
	150 m ³	2	1		

Figure V.5. Variations mensuelle des matières en suspension des échantillons prélevés



Interprétation :

Dans l’eau, les matières organiques peuvent avoir plusieurs origines :

- Une origine naturelle impliquant la décomposition des matières végétales et animales s’infiltrant ainsi dans les eaux souterraines et de surface.
- Une origine humaine à savoir la pollution par les rejets industriels et les déjections humaines, elles sont présentes sous formes dissoutes ou en suspension.

D’après les résultats obtenus, la teneur maximale en matières en suspension dans les eaux stockées est à l’ordre de 2 mg/l. Cependant, leurs teneurs dans les autres prélèvements sont inférieure aux normes (< 30 mg/l).

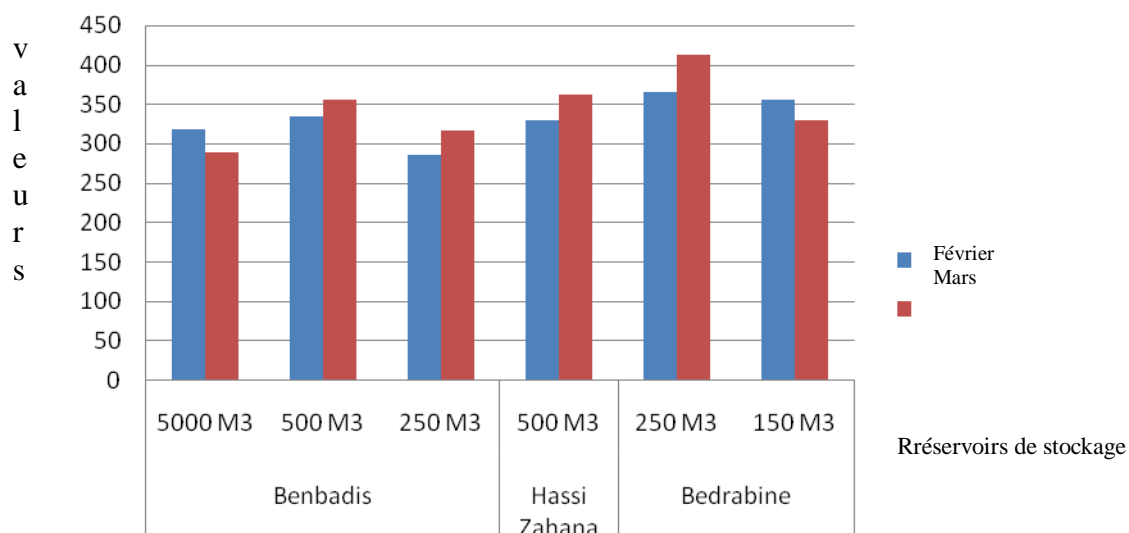
VI. 2.6. Chlorures

Les valeurs des chlorures des prélèvements d’eau effectués au niveau des réservoirs de stockage sont regroupées au tableau V.6. et la figure V.6.

Tableau V.6. Différentes valeurs des chlorures

Commune	Réservoir de stockage	Résultats		Normes OMS	Unité
		Février	Mars		
Ben Badis	5000 m ³	319	289	500	mg/l
	500 m ³	335	355		
	250 m ³	286	317		
Hassi Zahana	500 m ³	329	362		
Bedrabine	250 m ³	365	412		
	150 m ³	356	329		

Figure V.6. Variations mensuelle des chlorures des échantillons prélevés



Interprétation :

La présence des chlorures (chlorure de sodium ou de chlorure de potassium) dans une eau est essentiellement liée des terrains traversés. Une forte concentration en chlorure provoque un gout désagréable dans les eaux de consommation et les rendent corrosives vis-à-vis des conduites et les réservoirs.

Sur la base des résultats des analyses effectuées pour les échantillons des eaux, les teneurs en chlorures est de l'ordre de 289 mg/l à 412 mg/l au niveau de la région d'étude, les teneurs en chlorures sont inférieures aux normes établies par l'OMS (500 mg/l), donc la qualité de l'eau est acceptable en matière de ce paramètre.

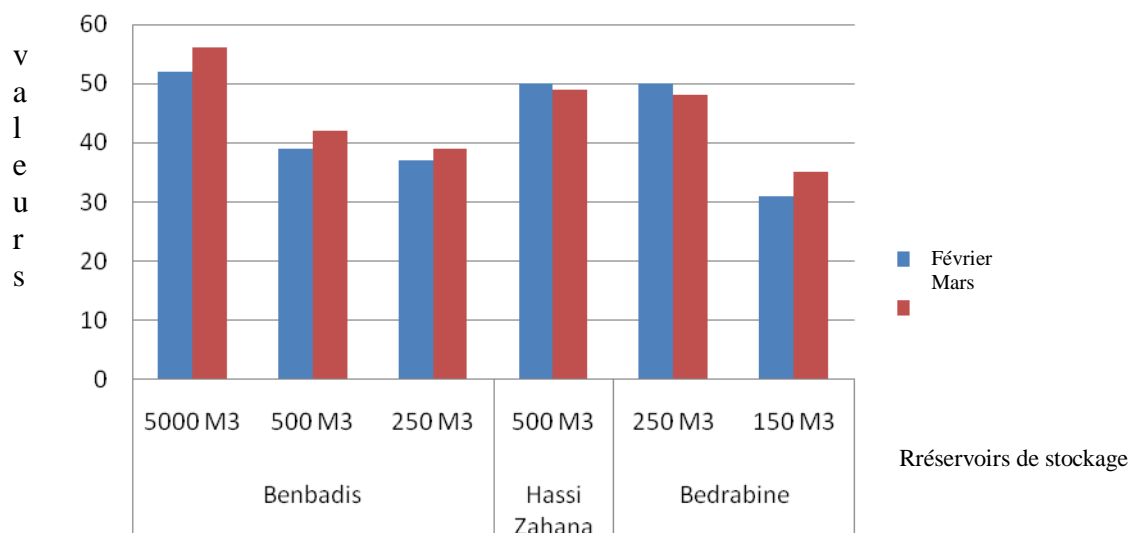
VI. 2.7. Sulfates

Les valeurs des chlorures des prélèvements des eaux étudiées sont regroupées au tableau V.7. et la figure V.7.

Tableau V.7. Différentes valeurs des sulfates

Commune	Réservoir de stockage	Résultats		Normes OMS	Unité
		Février	Mars		
Ben Badis	5000 m ³	52,58	56,21	400	mg/l
	500 m ³	39,14	42,11		
	250 m ³	37,25	39,12		
Hassi Zahana	500 m ³	50,74	49,56		
Bedrabine	250 m ³	50,74	48,86		
	150 m ³	31,86	35,12		

Figure V.7. Variations mensuelle des sulfates des échantillons prélevés



Interprétation :

D’après les résultats des analyses effectuées durant les deux mois, on observe que les teneurs de sulfates sont très faibles et inférieures à la norme. Elles sont à l’ordre de 31,86 mg/l à 56,21 mg/l. Donc, la qualité de ce paramètre est acceptable.

V.2.8. Les dérivés azotés

V. 2.8.1. Nitrates et nitrites

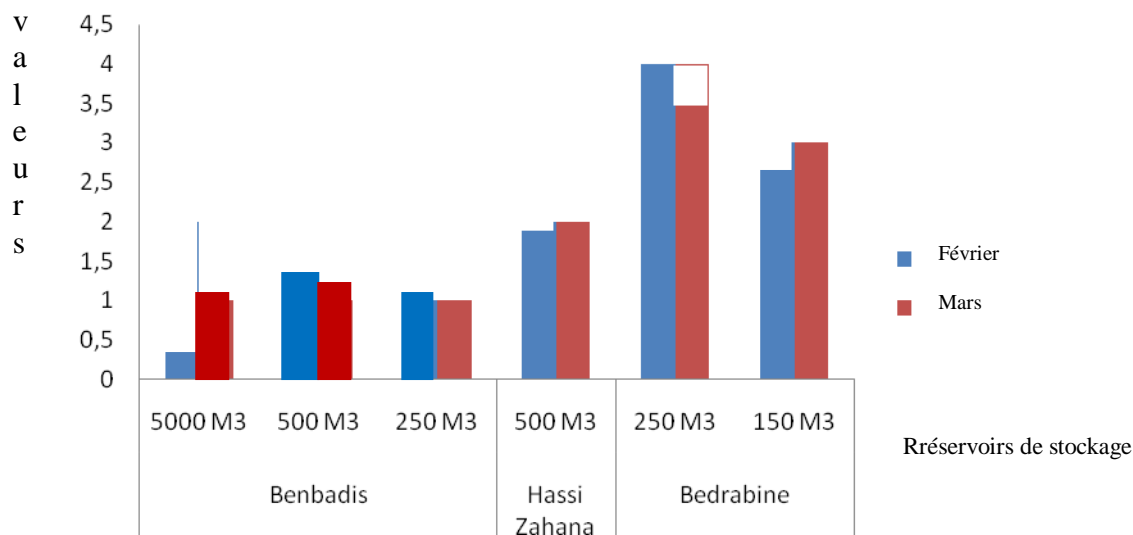
Les valeurs des nitrates et des nitrites sont successivement présentées dans les tableaux V.8 et V.9. et les figures V.8. , V.9.

A. Les nitrates :

Tableau V. 8. Différentes valeurs des nitrates

Commune	Réservoir de stockage	Résultats		Normes OMS	Unité
		Février	Mars		
Ben Badis	5000 m ³	0,450	1,213	50	mg/l
	500 m ³	1,398	1,312		
	250 m ³	1,213	1,127		
Hassi Zahana	500 m ³	1, 78	2		
Bedrabine	250 m ³	4,09	3,51		
	150 m ³	2,86	2,57		

Figure V.8. Variations mensuelle des nitrates des échantillons prélevés

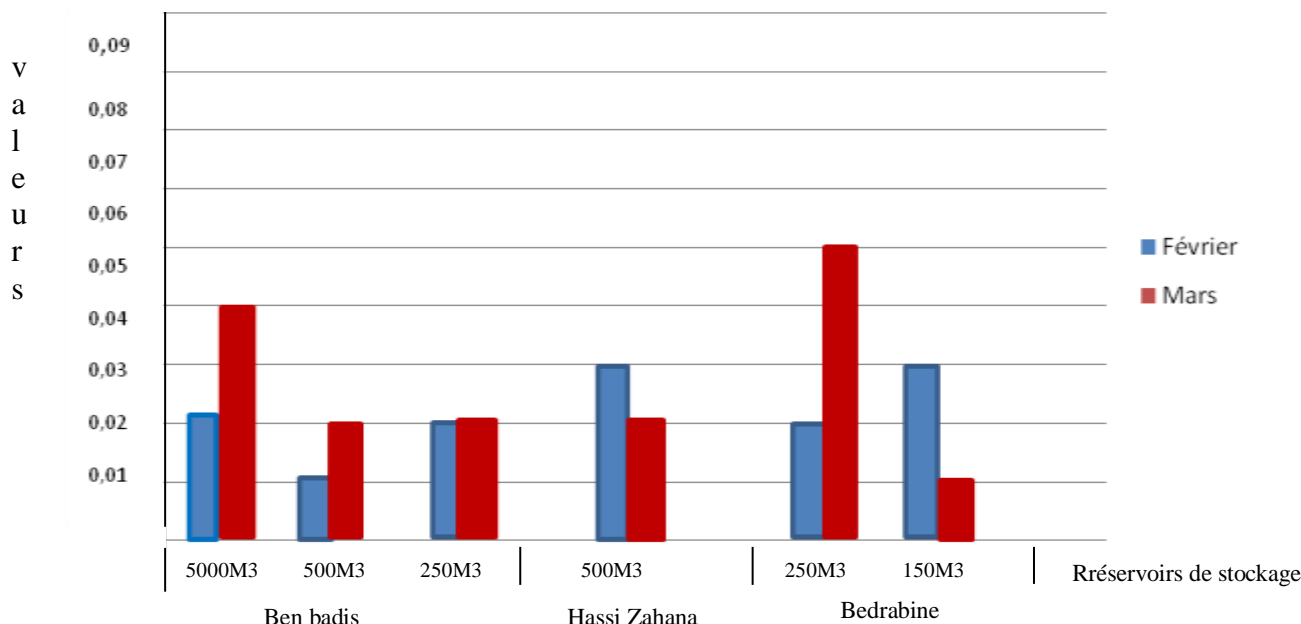


B. Les nitrites

Tableau V.9. Différentes valeurs des nitrites

Commune	Réservoir de stockage	Résultats		Normes OMS	Unité
		Février	Mars		
Ben Badis	5000 m ³	0,02	0,04	0, 1	mg/l
	500 m ³	0,01	0,02		
	250 m ³	0,02	0,02		
Hassi Zahana	500 m ³	0,03	0,02		
Bedrabine	250 m ³	0,02	0,05		
	150 m ³	0,03	0,01		

Figure V.9. Variations mensuelle des nitrites des échantillons prélevés



Interprétation :

La présence des nitrates dans l'eau est liée au lessivage des matières organiques en décomposition dans le sol. La norme fixée par l'OMS s'accorde sur la valeur limite de 50 mg/l de nitrate dans l'eau potable. Toute élévation de la teneur en nitrates dans les eaux est souvent liée au développement des élevages, à une fertilisation excessive des zones agricoles par des engrais, du fumier et les boues des stations d'épuration.

D'après les résultats obtenus, on constate que les teneurs des nitrates et des nitrites de tous les prélèvements effectués restent inférieurs à la valeur fixée par les normes de l'OMS.

Donc les eaux des réservoirs de stockage de la région de Ben Badis sont de bonne qualité vis-à-vis les nitrates et les nitrites.

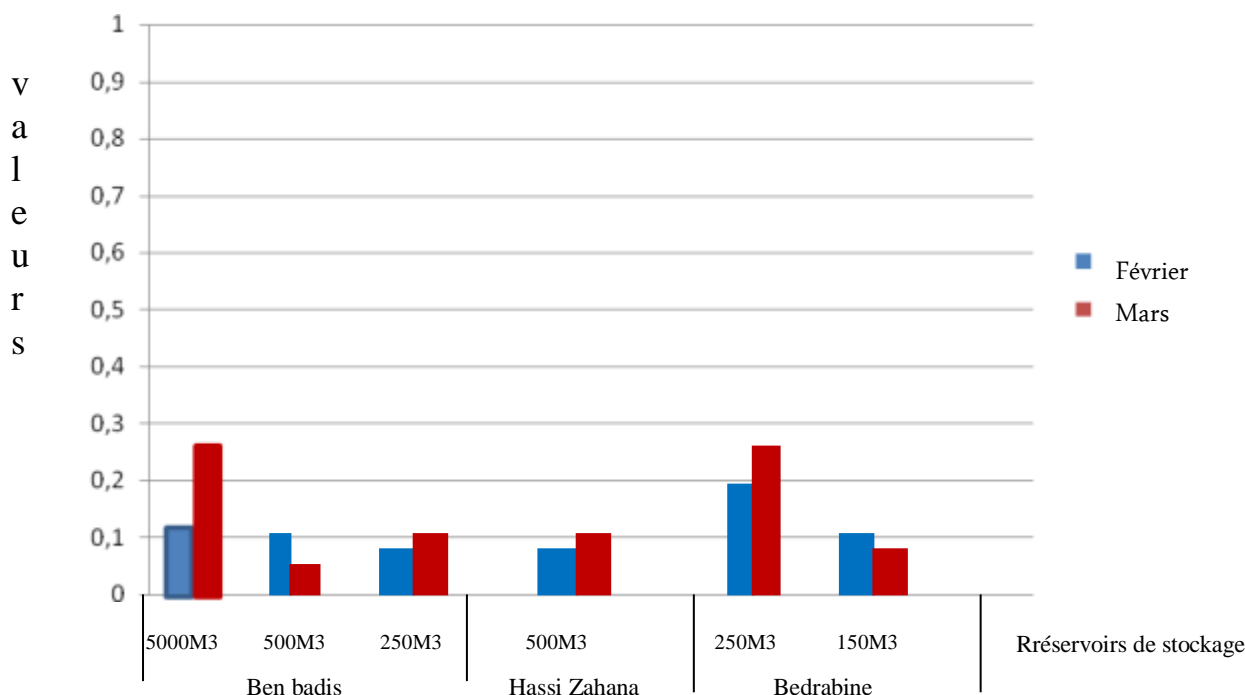
V. 2.8.2. Ammonium

Les teneurs en azote ammoniacal dans les eaux prélevées sont regroupées dans le tableau V.10. et la figure V.10. Elles sont faibles par rapport à la norme établie par l’OMS. Elles sont de l’ordre de 0,05 mg/l à 0,28 mg/l.

Tableau V.10. Différentes valeurs de l’ammonium

Commune	Réservoir de stockage	Résultats		Normes OMS	Unité
		Février	Mars		
Ben Badis	5000 M ³	0,11	0,27	0,5	mg/l
	500 m ³	0,10	0,05		
	250 m ³	0,09	0,10		
Hassi Zahana	500 m ³	0,09	0,12		
Bedrabine	250 m ³	0,19	0,28		
	150 m ³	0,11	0,08		

Figure V.10. Variations mensuelle de l’ammonium des échantillons prélevés



V. 2.9. Dureté

D’après les résultats d’analyse, les eaux stockées dans la région de Ben Badis sont caractérisés par des concentrations moyennes en calcium et en magnésium inférieures aux normes. Les valeurs de la dureté des eaux étudiées sont présentées dans le tableau V.11. et la figure V.11.

Tableau V.11. Différentes valeurs de la dureté

Commune	Réservoir de stockage	Calcium			Magnésium			Unité
		Résultats		Normes OMS	Résultats		Normes OMS	
		Février	Mars		Février	Mars		
Ben Badis	5000 m ³	68	70	120	43,1	42	50	mg/l
	500 m ³	72	68		41	43		
	250 m ³	69	65		41,1	43,1		
Hassi Zahana	500 m ³	72,14	69		45	42		
Bedrabine	250 m ³	69	56,2		42	41		
	150 m ³	68	63		42	43		

Figure V.11. Variations mensuelle du calcium des échantillons prélevés

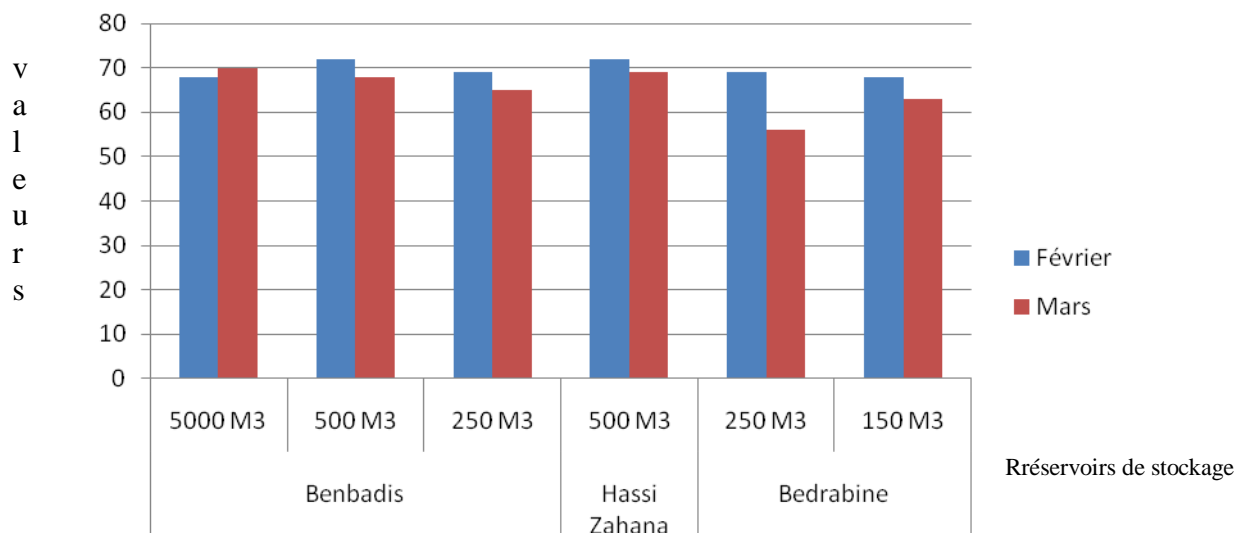
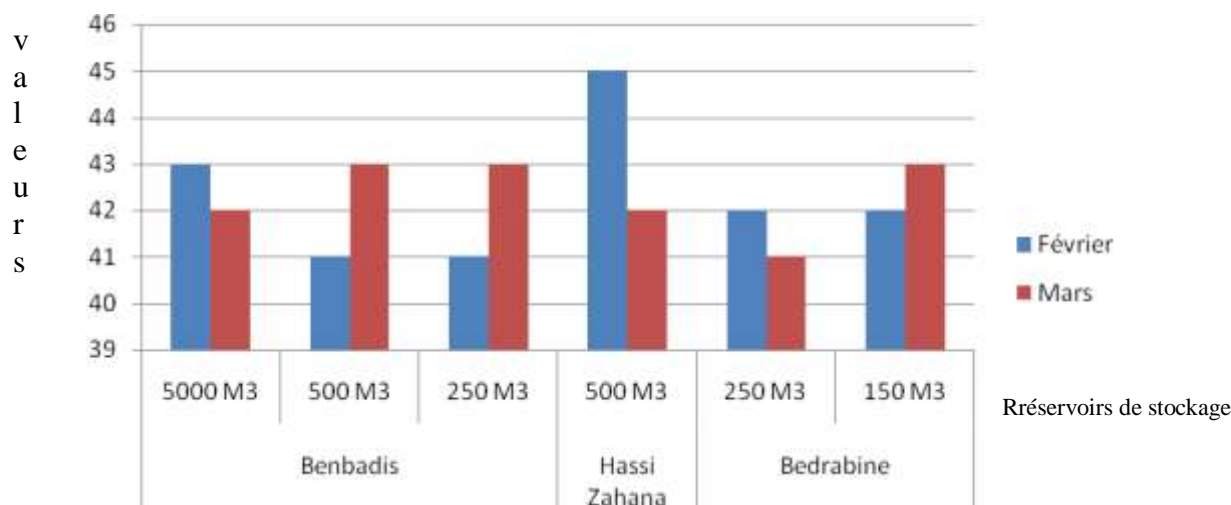


Figure V.11. Variations mensuelle du Magnésium du quatre échantillons prélevés



V.3. Contrôle du chlore résiduel libre

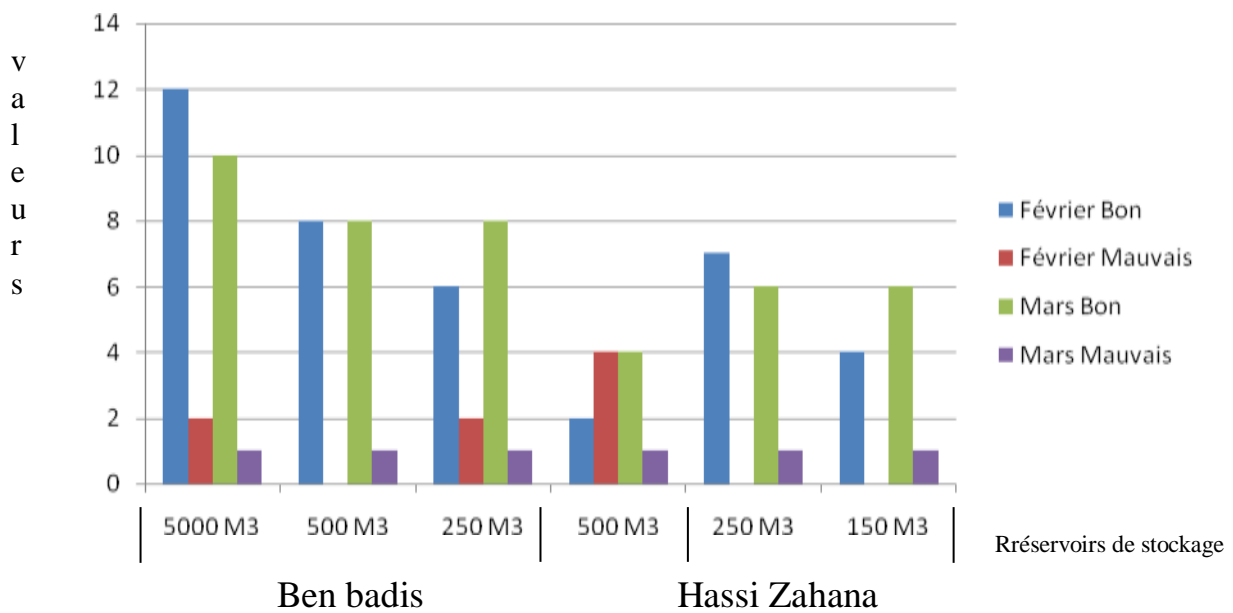
Pour s’assurer de la qualité de l’eau, la réglementation sanitaire admise en la matière stipule que les eaux de consommation doivent laisser apparaître des traces du chlore libre 30 mn après ajout du produit chloré qui varient entre 0,2 à 0,5 mg/l au niveau du consommateur. Pour atteindre ces résultats, la réglementation exige avoir un taux de chlore résiduel libre de 1 mg/l au niveau des réservoirs de stockage alimentant les habitants.

Les valeurs du chlore résiduel libre sont regroupées dans le tableau et la figure V.12.

Tableau V.12. Etats mensuels du chlore résiduel libre

Commune	Réservoir de stockage	Période de prélèvement				Normes OMS	Unité
		Février 2021		Mars 2021			
		Bon	Mauvais	Bon	Mauvais		
Ben Badis	5000 m ³	12	2	10	1	1	mg/l
	500 m ³	8	0	8	1		
	250 m ³	6	2	8	1		
Hassi Zahana	500 m ³	2	4	4	1		
Bedrabine	250 m ³	7	0	6	1		
	150 m ³	4	0	6	1		

Figure VI.12. Variations mensuelle du chlore résiduel libre



Interprétation :

Sur un total de 95 prélèvements d’eau destinés à la recherche du chlore résiduel libre durant les deux mois, 81 ont révélé de bons résultats, soit un taux de 85,26 % de satisfaction.

Au niveau des réservoirs de stockage d’eau de la zone étudiée, le traitement de l’eau est assuré par javellisation automatique.

Toute insuffisance en matière du traitement de l’eau peut induire à la dégradation de la qualité bactériologique au niveau du réseau d’AEP, donc des analyses bactériologiques s’avèrent nécessaires dans le cadre de la surveillance qualitative des eaux de boisson.

VI.4. Contrôle des paramètres bactériologiques

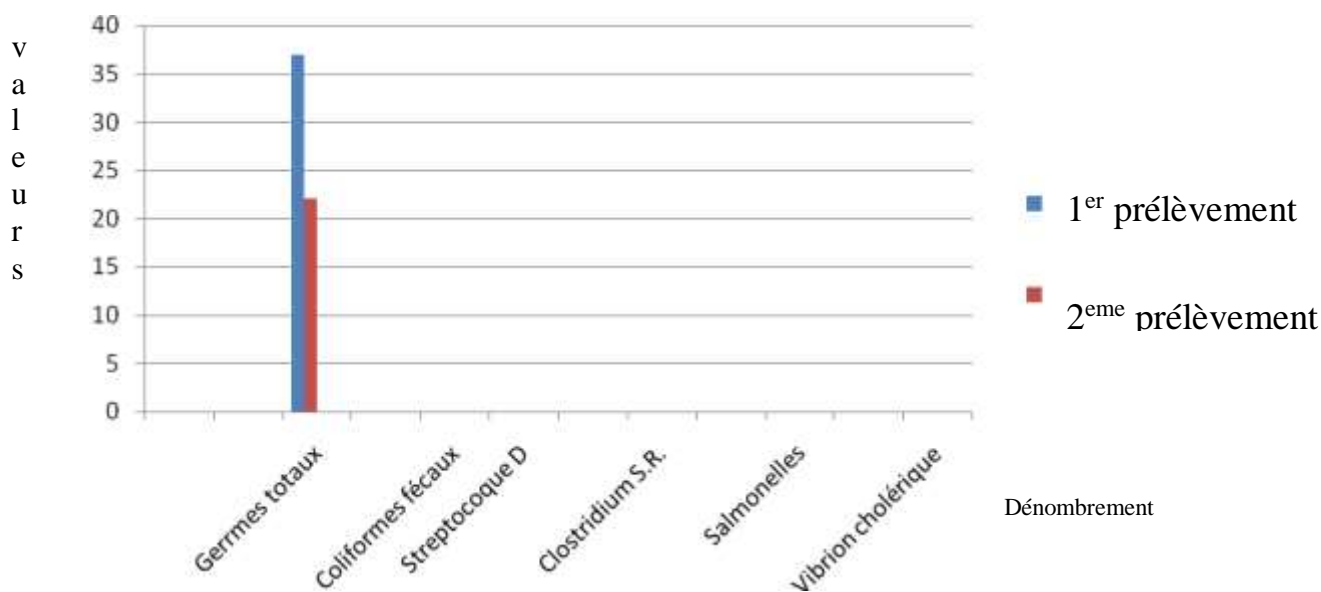
Durant la période de mon étude, la surveillance de la qualité bactériologique des eaux a fait l’objet des analyses sur 12 prélèvements d’eaux. Les analyses bactériologiques consistent à la recherche des germes totaux, des coliformes fécaux, des Streptocoques fécaux, des Clostridium sulfito-réducteurs, des salmonelles et les vibrions cholériques dans les eaux stockées de la région de Ben Badis.

Les résultats d’analyses bactériologiques des eaux, au niveau des réservoirs de stockage de la région de Ben Badis, sont regroupés dans le tableau V.13.

Tableau V.13. Résultats d’analyses bactériologiques des réservoirs de stockage de la commune de Ben Badis

Lieux Paramètres	Réservoir de stockage 5000 m ³		Réservoir de stockage 500 m ³		Réservoir de stockage 250 m ³		Normes OMS
	1 ^{er} prélèv Février	2 ^{ème} prélèv Mars	3 ^{ème} prélèv Février	4 ^{ème} prélèv Mars	5 ^{ème} prélèv Février	6 ^{ème} prélèv Mars	
Germes totaux	37	22	00	00	00	00	10/100 ml
Coliformes fécaux	00	00	00	00	00	00	00
Streptocoque D	00	00	00	00	00	00	00
Clostridium S.R.	00	00	00	00	00	00	00
Salmonelles	00	00	00	00	00	00	00
Vibriion cholérique	00	00	00	00	00	00	00

Figure V.13. Variation mensuelle de la qualité bactériologique des réservoirs de stockage de la commune de Ben Badis



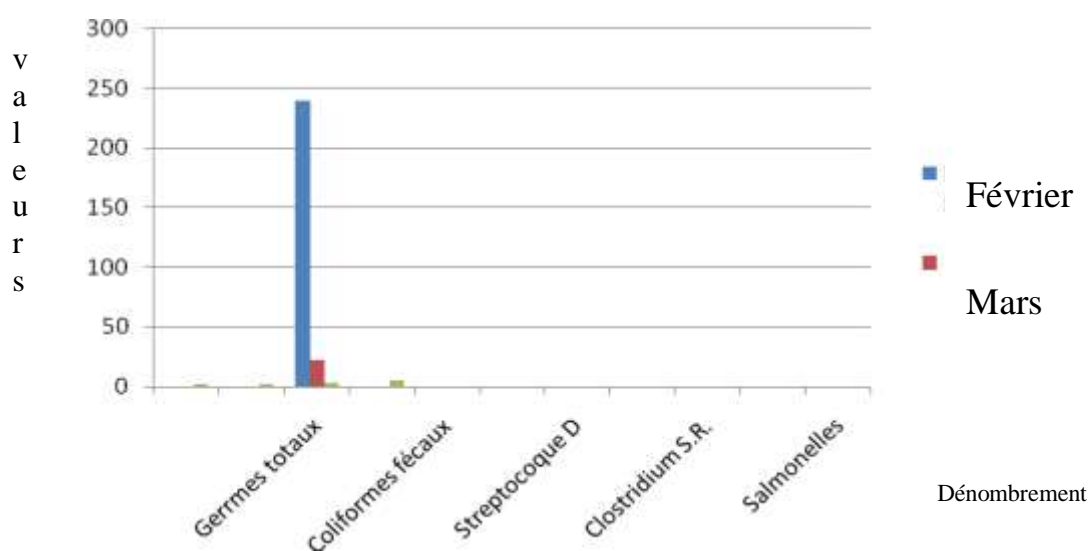
Interprétation :

D’après les résultats des prélèvements d’eau qui ont été effectués, on a remarqué que la présence des germes totaux au niveau du réservoir de stockage de 5000 m³ de la commune de Ben Badis.

Tableau V.14. Résultats d’analyses bactériologiques des réservoirs de stockage de la commune de Hassi Zahana

Paramètres	Lieux	Réservoir de stockage 500 m ³		Normes OMS
		1 ^{er} prélèv Février	2 ^{ème} prélèv Mars	
Germes totaux		240	22	10/100ml
Coliformes fécaux		00	00	00
Streptocoque D		00	00	00
Clostridium S.R.		00	00	00
Salmonelles		00	00	00
Vibrion cholérique		00	00	00

Figure V.14. Variation mensuelle de la qualité bactériologique des réservoirs de stockage de la commune de Hassi Zahana



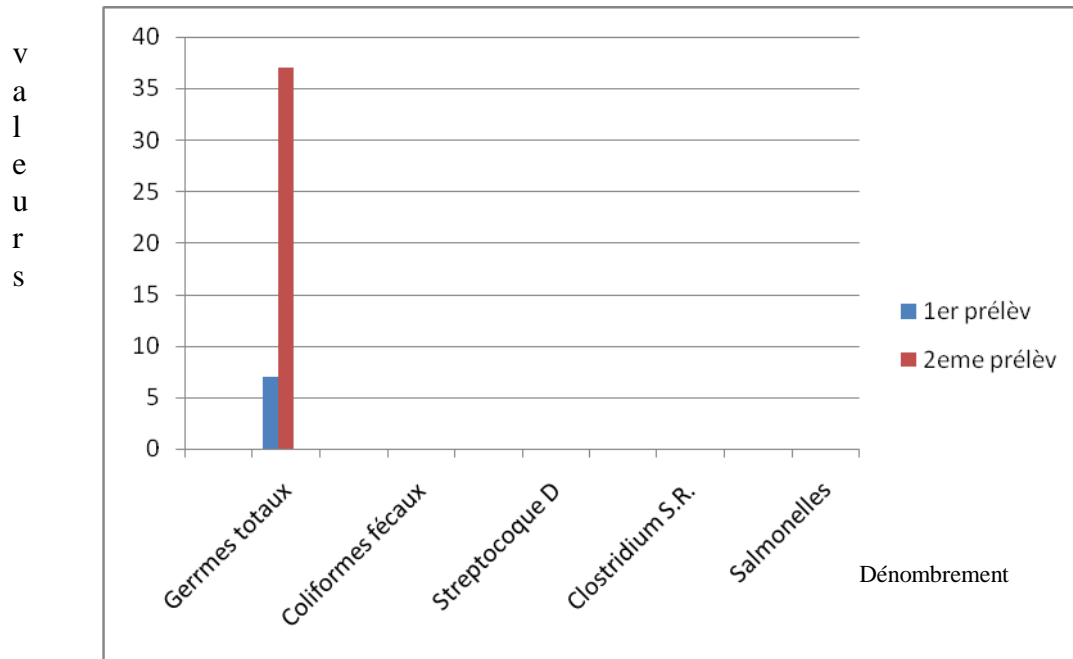
Interprétation :

La présence des germes totaux dans les deux prélèvements d’eau effectués au niveau du réservoir de stockage de 500 m³ de la commune de Hassi Zahana se traduit par l’absence totale de chloration de l’eau.

Tableau V.15. Résultats d’analyses bactériologiques des réservoirs de stockage de la commune de Bedrabine

Paramètres	Lieux	Réservoir de stockage 250 m ³		Réservoir de stockage 150 m ³		Normes OMS
		1 ^{er} prélèv Février	2 ^{ème} prélèv Mars	3 ^{ème} prélèv Février	4 ^{ème} prélèv Mars	
Germes totaux		7	37	00	00	10/100ml
Coliformes fécaux		00	00	00	00	00
Streptocoque D		00	00	00	00	00
Clostridium S.R.		00	00	00	00	00
Salmonelles		00	00	00	00	00
Vibrion cholérique		00	00	00	00	00

Figure V.15. Variation mensuelle de la qualité bactériologique des réservoirs de stockage de la commune de Bedrabine



Interprétation :

Le 1^{er} et le 2^{ème} prélèvement d’eau ont révélé la présence des germes totaux, et à des taux comprises entre 7 % et 37 %, dans le réservoir de stockage de 250 m³ de la commune de Bedrabine.

La recherche et le dénombrement des germes totaux dans les eaux des réservoirs de stockage de la zone d’étude montre la présence de ces germes à des taux variés pour les prélèvements qui ont été effectués au niveau des réservoirs de : 5000 m³ de la commune de Ben Badis, 500 m³ de la commune de Hassi Zahana et 250 M³ de la commune de Bedrabine. L’enquête sur le terrain nous a permis de constater l’absence de traitement de l’eau au niveau de la commune de Hassi Zahana (dysfonctionnement du Javellisateur automatique) et insuffisance de traitement de l’eau constatée au niveau de la commune de Ben Badis et Bedrabine.

Par ailleurs, la recherche et le dénombrement des coliformes fécaux, du Streptocoque D, du Clostridium sulfito-réducteur, des salmonelles et vibrions cholériques a montré l’absence totale de ces germes dans tous les prélèvements d’eaux, donc absence d’une contamination fécale.

A dynamic water splash graphic centered on a blue gradient background. The splash is captured mid-air, with several droplets suspended above and below the main impact point. The water is clear and glistening, with highlights and shadows that give it a three-dimensional appearance. The overall color palette is various shades of blue, from light to dark.

*CONCLUSION
GENERALE*

L'eau constitue un élément essentiel pour l'être humain, et sa consommation journalière, ce qui implique une haute surveillance et contrôle de cette ressource. Ainsi, le présent travail avait pour objectif d'effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux destinées à la consommation humaine de l'eau des réservoirs de stockage.

La gestion du stock d'eau a pour principal objectif de livrer aux consommateurs une eau répondant aux normes de qualité, et avec une continuité du service sans défaut. Une bonne gestion du stock passe toujours par une bonne connaissance de ces infrastructures, de son fonctionnement hydraulique et de l'entretien. Différents facteurs, nommés aussi « les facteurs de désordre », sont à l'origine de dégradation de qualité. Ils sont d'origines internes (matériau, diamètre, la résistance à la corrosion du matériau, ...), externes (le sol, les fuites, le mouvement des sols...) et liés à l'exploitation du réseau (débit, pression, vitesse, nature de l'eau.).

Sur le réseau « de la région de Ben Badis », le développement de la population de la commune de Ben Badis a entraîné une surconsommation nécessitant l'implantation d'un nouveau réservoir surélevé afin d'augmenter le volume de stockage et d'augmenter la hauteur de charge surtout au niveau des nouvelles habitations. Toutefois il existe au niveau de certains tronçons des vitesses très faibles, ce qui explique l'existence d'un surdimensionnement du réseau. L'idéale aurait été avant de projeter le nouveau château est de faire une analyse du fonctionnement et une étude de sectorisation.

Le contrôle de la qualité de l'eau de boisson fournit une indication des performances globales du réseau et de la qualité finale de l'eau délivrée aux consommateurs. Cette opération intègre la surveillance de la qualité de l'eau de boisson et l'évaluation de la satisfaction des consommateurs.

A dynamic splash of water against a blue gradient background. The splash is centered, with several droplets captured in mid-air above and below the main impact point. The water droplets are clear and glistening, reflecting light. The overall composition is symmetrical and visually appealing.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES



Références bibliographiques



- **ANAT (2002).** Agence national d'aménagement du territoire, étude du directeur de collecte et de gestion des déchets solides à travers la wilaya d'El Bayadh.
- **AISSAOUI A. (2013).** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam gouzi de la région d'oued ATLHMANIA (wilaya de MILA) par les activités agricoles. Mémoire magister. Université MOULOUDE MAMMARI DE TIZI-OUZOU.
- **BECHAC J. et BOUTIN. P. (1988).** Traitement des eaux usées, Paris, 1988. P 130
- **BELKADI K. (2012).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines utilisées en irrigation cas d'étude la plaine de Sidi Bel Abbes, mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en écologie végétale et environnement, option : pathologie des écosystèmes, Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès, Faculté des Sciences, Département des Sciences de l'Environnement.
- **BERNARD C. (2007).** Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar . Ilc.
- **BORDET J. (2007).** L'eau dans son environnement rurale, Paris.
- **BOUNOUA M. (2013).** Contribution a l'étude de la problématique de la qualité de l'eau potable dans la ville de Sidi Bel Abbes gestion et distribution. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état En Ecologie Végétale et Environnement.
- **BOUZAINI M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Ed., Ibn khaldoun, pp (11), Alger.
- **CASTANY (1982).** Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edition : Dunod.
- **[CLAUDE H.](#) & [HENRI L.](#) (2003).** Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Lavoisier.
- **COSENDY C. (2004).** Les eaux courantes, Berlin.
- **DAVIGO J. (1999).** L'eau usages et polluants, INRA Paris. Defranceschi M.1996.l'eau dans tous ses états. Ed, ellipses, Paris.
- **DJEBBAR M. & BELKHIR S. (2004).** Mémoire de fin d'étude, contribution a l'étude des espaces vert, cas de la wilaya d'el Bayadh.

- **DEGREMONT G. (2005).** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10eme édition : Tec et doc. P: 3- 38.
- **EPA (1992).** Control of biofilm growth in drinking water distribution Systems EPA, Washnigton, 1992
- **FAURIE C. et al, (2005).** Ecologie approche scientifique et pratique, Paris.
- **GUILLET F. (2002).** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 2002, 245p.
- **GREGORIO P.M. (2007).** Traitement et épuration des eaux industrielles polluées. France, 2007. P 356.
- **GOMELLA C. (1978).** Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Ed Eyrolles.
- **HALFAOUI (2001).** Conservation et gestion des espaces naturelles en Algérie
- **HCDS (Haut Commissariat au Développement de la steppe).** Etudes, résultats et réalisations 2003, 2006, 2007,2010 EL Bayadh.
- **MONJOUR L. (1997).** « *Les pathogènes d'origine hydrique et problématique de l'eau, paris,* » 1997, p56.
- **LAGREB H. (2007).** Etude de la qualité des eaux potables de la ville de Djelfa par régionalisation stochastique des paramètres hydro chimiques. 88p, Thèse d'ingénieur, Ed. CU. Djelfa. P 39-42
- **MARSILY G. (1995).** L'eau. Edition : Flammarion 128.
- **MAHBOUBI K. (2003).** Mémoire de fin d'étude, la désertification et les phénomènes d'ensablement dans les hautes plaines oranaises.
- **MELIANI H, (2010).** Aspect quantitative et qualitative de l'eau potable dans la ville de Sidi Bel Abbès. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en ressources hydriques, Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès, Faculté des Sciences, Département des Sciences de l'Environnement
- **O.M.S. (2001).** Organisation mondiale de la sante (2001).
- **O.M.S. (1985).** Directives de la qualité pour l'eau de boisson, Genève, Vol 1.
- **OUALI M. (2001).** Traitement des eaux, Ed office des publications universitaires, Alger.
- **OUBAGHA N. (2011).** Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique. Mémoire magister. Université MOULOUD MAMMERI.TIZI OUZOU. P151.

- **PERRY J. (1984).** Microbiologie : cours et question de révision. Edition Dunod. Paris.
- **RAYMOND D. (1997).** Le traitement des eaux, 2^{ème} édition, 1997. P 304
- **REJSEK F. (2002).** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et technique. Édition. Scérén, pp (45-54), France.
- **REMINI B. (2005),** Problématique de l'eau en Algérie, office de publications universitaires.
- **RODIER J. (1996).** L'analyse de l'Eau, édition DUNOD, Paris.
- **RODIER J. (1997).** L'analyse de l'eau (Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux d mer). 8eme édition, Paris. 1996, p 1260. 1997, p 66.
- **SAOUT C. (1995).** Modalités pratiques de réalisation du contrôle sanitaire de l'eau destinée a la consommation humaine : échantillonnage des analyses sur des réseaux de distribution d'eau TSM, 1995, N° 3,188-195
- **VILAGINES R. (2003).** Eau, Environnement, et Santé public, Paris.
- **ZELLA L. (2007).** L'eau pénurie ou incurie. Edition : OPU. Office des Publications Universitaires.
- **XAVIER (2011).** Guide pratique des stations de traitement des eaux. Edition Eyrolles, 2011. P 266.



BIBLIONET



Web master 01 : http://www.biowater.fr/eau_potable.htm. Le 12/03/2014 à 10:30.

Web master 02: http://www.biowater.fr/eau_potable.htm. Le 04/04/2014 à 11:05.

Web master 03 :http://www.lennetech.fr/application/eau_potable/normes-oms-eau-potable.htm.Le 27/03/2014 à 18:10.

Web master 04: <http://www.wikipedia.org/wiki/eau-douce>. le 29/04/2014 à 20:19

Web master 05: <http://www.consoglobe.com/santé-eau-naturelle-essentielle-2031-cg>.le 20/04/2014 à 20:19