

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



UNIVERSITE SADD BABLED DE BLIDAT



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

MEMOIRE DE MASTER

**FILIERE : HYDRAULIQUE
SPECIALITE : RESSOURCES HYDRAULIQUE**

THEME:

**Évaluation de la qualité des physico-chimiques
Et bactériologiques des eaux
De la région d'Oued Alleug (BLIDA).**

Présenté par :

- **Mechoureb Selma**
- **Mokri Hayat**

Promotrice :

Mme. Dridi Chafika

Co-promotrice :

Mme. Baazize Nawel

Promotion 2022 / 2023

Remerciements

*Après avoir rendu grâce à dieu le tout puissant et le
miséricordieux. Nous tenons à remercier et à exprimer
notre reconnaissance et nos remerciements les plus*

sincères à : Notre encadreur,

Mme DRIDI CH

*Pour son entière disposition, sa patience et sa
gentillesse, de nous avoir orienté, aidé et conseillé.*

*Nos sentiments de profonde gratitude vont à nos
professeurs*

*Qui nous ont transmis leur savoir sans réserve tout au
long de nos années d'études.*

Nos vifs remerciements vont également aux

Membres du jury

*Pour l'honneur qu'ils nous font pour avoir accepté
d'évaluer notre travail et de l'enrichir par leurs
propositions.*

*Nos remerciements vont aussi à tous ceux et celles qui
ont participé de près ou de loin à l'élaboration du
présent mémoire.*

*Enfin, nous désirons remercier nos familles et nos amis
et camarades qui nous ont apporté leur soutien incessant
pendant toute la durée de*

Travail.

Dédicace

*Je dédie ce mémoire à
Toutes les personnes chères à mon cœur.
Qu'elles trouvent en ce travail l'expression de
Toute ma gratitude*

A

*Mes chers parents,
Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de
me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes
objectifs.*

A ma chère sœur Sanaa

A

Mes chers frères Hakim et Adel et M'hamed

A

*Ma nièce adorée Amina
Pour leurs soutiens et leurs conseils précieux tout au long de
mes études.*

A

*A ma chère binôme Hayat
Pour les moments qu'on a partagés ensemble durant notre
Parcours*

A

Tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment

Selma

Dédicace

*Je dédie ce mémoire à
Toutes les personnes chères à mon cœur.
Qu'elles trouvent en ce travail l'expression de
Toute ma gratitude*

A

*Mes chers parents,
Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de
me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes
objectifs.*

A mes chères sœurs Fatima Zahra et Marwa

A

Mes chers frères Mohamed et Youcef

A

Ma nièce adorée Rania

*Pour leurs soutiens et leurs conseils précieux tout au long de
mes études.*

A

A ma chère binôme Selma

*Pour les moments qu'on a partagés ensemble durant notre
Parcours*

A

Tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment

Hayat

أصبح توفر المياه من الآبار ذات الجودة المقبولة مهمة صعبة في العديد من مناطق العالم، بما في ذلك منطقتنا، نظرًا لشدة ظروف المناخ ومصادر التلوث المختلفة (المنزلية والصناعية والزراعية). تسببت هذه العوامل في ضعف الآبار وجعل المياه عرضة للتلوث.

الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو تقييم جودة مياه الآبار (الخام) ومياه الشرب في منطقة وادي العلايق (البلدية). يستند التقييم في المقام الأول إلى دراسة العناصر الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجي للمياه في منطقتنا. تم إجراء جميع التحاليل في المختبر المركزي لشركة المياه الجزائرية (ADE) في البلدية، تحديدًا في محطة الضخ بالشفة. تم تحديد نقاط أخذ العينات لدراستنا وفقًا للمعايير السنوية المعتمدة لمياه الآبار الخام ومياه الشرب المخصصة للاستهلاك من قبل سكان منطقة وادي العلايق.

تشير نتائج التحليل إلى أن مياه الآبار ومياه الشرب في منطقة وادي العلايق ضمن معايير الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجي الجزائرية ولوائح منظمة الصحة العالمية. من الناحية البكتريولوجية، تشير نتائج التحليل إلى عدم وجود أي مؤشرات تلوث على مستوى مياه الشرب.

الكلمات المفتاحية: مياه الآبار، مياه الشرب، البكتريولوجي، الفيز وكيميائية المعايير.

Résumé

La disponibilité des eaux de forage en qualité acceptable est devenue un défi difficile à relever dans de nombreuses régions du monde mais plus particulièrement dans la nôtre à cause de la sévérité du climat et de la pollution (domestique, industrielle, agricole), ce qui fragilise et rend ces eaux vulnérables aux différents facteurs de contamination.

L'objectif principal de ce travail est de déterminer l'état de la qualité des eaux des forages (brutes) et l'eau de boisson de la région d'Oued Alleug (BLIDA). En se basant essentiellement sur l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de notre région. Toutes les analyses effectuées au cours de notre étude ont été faites au laboratoire central de l'ADE (Algérienne des Eaux) unité Blida au niveau de la station de pompage de Cheffa. Pour notre étude, des points de prélèvement ont été déterminés selon le périmètre applicable annuellement à l'eau brute (forage), ainsi que l'eau de boisson, destinée à la consommation par les habitants de la zone d'Oued-El-Alleug.

Les eaux brutes et l'eau de boisson sont de qualité physicochimique et bactériologique acceptable car les résultats des analyses sont conformes aux normes algériennes ainsi qu'aux réglementations de l'OMS. Du point de vue bactériologique les résultats obtenus pour l'eau de boisson montrent l'absence de tous germes indicateurs de pollution.

Mots clés : Eaux de forage, l'eau de boisson, bactériologie, physico-chimie. Normes.

Abstract

The availability of water from wells with acceptable quality has become a challenging task in many regions of the world, including our region, due to the severity of climate conditions and various sources of pollution (domestic, industrial, agricultural). These factors weaken the wells and make the water vulnerable to contamination.

The main objective of this study is to assess the quality of well water (raw) and drinking water in the Oued Alleug region (BLIDA). The assessment is primarily based on the analysis of physicochemical and bacteriological parameters of water in our region. All the analyses were conducted at the central laboratory of ADE (Algerian Water Company) in Blida, specifically at the Cheffa pumping station. The sampling points for our study were determined according to the annual applicable perimeter for raw water (wells) and drinking water intended for consumption by the residents of the Oued-El-Alleug area.

The results of the analysis indicate that both the raw water and drinking water meet acceptable physicochemical and bacteriological quality standards according to Algerian standards and WHO regulations. From a bacteriological perspective, the analysis results indicate the absence of any indicators of pollution in the drinking water.

Keywords : Well water, drinking water, bacteriology, physicochemistry, standards.

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Partie I : Etude bibliographiques.

Chapitre I : Généralités sur les eaux

I.1. Introduction	3
I.2. Propriétés de l'eau.....	3
I.3. Ressources hydrique naturelles.....	3
I.3.1. Eaux de surface.....	3
I.3.2. Eaux d'eaux souterraines	4
I.3.2.1. Types d'eaux souterraines	4
I.3.2.2. Pollution des eaux souterraines.....	5
I.4. Les maladies hydriques.....	6
I.4.1. Évolution des maladies à transmission hydrique en Algérie.....	6
I.5. Traitement d'eau potable.....	6
I.5.1. Traitement des eaux de surface.....	7
I.5.2. Traitement des eaux souterraines.....	7
I.6. Normes de la qualité de l'eau.....	8
I.6.1. Normes Algérienne.....	8
I.6.2. Normes selon l'OMS.....	8
I.7. Conclusion	8

Chapitre II : Caractérisations de la qualité des eaux

II.1. Introduction.....	10
II.2. Paramètres organoleptiques.....	10
II.3. Paramètres physico-chimiques.....	11
II.3.1. Paramètres physiques	11
II.3.2. Paramètres chimiques.....	13
II.3.3. Paramètres indésirables.....	16
II.4. Paramètres organiques globaux	17
II.5. Paramètres bactériologiques	18
II.6. Conclusion	21

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Introduction.....	22
--------------------------	----

Sommaire

III.2. Présentation de la zone d'étude	22
III.2.1. Situation géographique.....	22
III.2.2. Caractéristiques naturelles et conditions climatiques.....	23
III.2.3. Les ressources hydrauliques.....	23
III.3. Localisation de lieu de prélèvement.....	25
III.4. Le système d'alimentation en eau de boisson	25
III.5. La potabilisation d'une eau de forage.....	26
III.6. La production actuelle.....	26
III.7. Réservoir.....	27
III.8. Analyses au laboratoire.....	27
III.9. Echantillonnage.....	27
III.10. Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau.....	28
III.11. Transport et stockage.....	29
III.12. Analyses des paramètres physicochimiques	30
III.13. Analyses bactériologiques.....	33
III.14. La javellisation de l'eau d'une source	34
III.15. Conclusion	35

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Introduction.....	36
IV.2. Résultats et discussion	36
IV.2.2. Paramètres physico-chimiques	37
IV.2.2.1. Paramètres physiques	37
IV.2.2.2. Paramètres chimiques	41
IV.2.2.3. Paramètres de la pollution	49
IV.3. Résultats et discussion des analyses bactériologiques	53
IV. Conclusion.....	54

Chapitre V : Impact de la qualité d'eau sur la santé

V.1. Introduction.....	55
V.2. Effets potentiels sur la santé à transmission hydrique à Blida	55
V.3. Effets de paramètres organoleptiques.....	56
V.4. Effets de la turbidité sur la santé	56
V.5. Effets de la présence des sels minéraux dans l'eau sur la santé.....	57

Sommaire

V.6.conclusion	60
conclusion générale	61
Recommandations.....	62
Références bibliographiques	

Liste des figures

Partie théorique

Figure 01 : Coliformes totaux.....	18
Figure 02 : Coliformes fécaux.....	20
Figure 03 : Les streptocoques fécaux.....	20

Partie expérimental

Figure 01 : Carte des limites de la wilaya de Blida.....	22
Figure 02 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Blida.....	24
Figure 03 : Situation de la région d'étude.....	25
Figure 04 : Les prélèvements.....	28
Figure 05 : Condition de conservation et de transports.....	29
Figure 06 : Dispositif de filtration sur membrane.....	34
Figure 07 : Variation de la température à la cour de la période d'analyse.....	38
Figure 08 : Variation du PH à la cour de la période d'analyse.....	39
Figure 09 : Variation de la conductivité à la cour de la période d'analyse.....	40
Figure 10 : Variation de la turbidité à la cour de la période d'analyse.....	41
Figure 11 : Variation des chlorures à la cour de la période d'analyse.....	42
Figure 12 : Variation des sulfates à la cour de la période d'analyse.....	43
Figure 13 : Variation de Résidus sec (E.S) à la cour de la période d'analyse.....	43
Figure 14 : Variation de chlore résiduel à la cour de la période d'analyse.....	44
Figure 15 : Variation de la dureté totale à la cour de la période d'analyse.....	45
Figure 16 : Variation de calcium à la cour de la période d'analyse.....	46
Figure 17 : Variation de magnésium à la cour de la période d'analyse.....	47
Figure 18 : Variation du TAC à la cour de la période d'analyse.....	48
Figure 19 : Variation des carbonates et du TA à la cour de la période d'analyse.....	48
Figure 20 : Variation du Nitrites à la cour de la période d'analyse.....	49
Figure 21 : Variation du Nitrate à la cour de la période d'analyse.....	50
Figure 22 : Variation d'Ammonium à la cour de la période d'analyse.....	51

Liste des figures

Figure 23 : Variation du Phosphate à la cour de la période d'analyse.....52

Figure 24 : Variation du Fer à la cour de la période d'analyse.....52

Liste des tableaux

Tableau 01: Les normes physico-chimiques liées à la composition naturelle des eaux selon l’OMS et le journal officiel algérien.....	11
Tableau 02: Classes de turbidité usuelles.....	12
Tableau 03: Classification des eaux d’après leur Ph.....	12
Tableau 04: Solubilité de l’oxygène dans l’eau en fonction de la température.....	13
Tableau 05: Rapport entre la conductivité et la minéralisation.....	13
Tableau 06: Relation entre dureté de l’eau et concentration équivalente en CaCO ₃	14
Tableau 07: Les normes physico-chimiques liées aux substances indésirables selon l’OMS et le journal officiel algérien.....	18
Tableau 08: Les paramètres bactériologiques selon l’OMS et le Journal officiel Algérien.....	20
Tableau 09: production d’eau brute (forage) prévue à partir de 2023.....	26
Tableau 10 : détermination de la capacité du réservoir d’Oued-El-Alleug.....	27
Tableau 11: Paramètres physico-chimiques et leurs conservations selon Rodier (1987).....	30
Tableau 12: Montrant les appareils pour les mesures des paramètres in-situ et le moded'emploi.....	31
Tableau 13: Montrant les appareils pour les mesures pour quantifier les teneurs en éléments chimiques etpollution.....	32
Tableau 14: Méthodes de dénombrement des germes de contamination fécale et d’efficacité.....	33
Tableau 15: Paramètres physico-chimiques des eaux brutes.....	36
Tableau 16: Paramètres physico-chimiques des eaux de boisson.....	37
Tableau 17: Paramètres bactériologiques des eaux brutes.....	53
Tableau 18: Paramètres bactériologiques des eaux de boisson.....	53
Tableau 19: Etat des maladies à transmission hydrique dans la wilaya de Blida de 2004 à 2013.....	55

Liste des abréviations

ADE : Algérienne des eaux

°C : degrés Celsius

Ca⁺² : Calcium

CE : Conductivité.

CF : Coliforme Fécaux.

CT : Coliformes totaux

Cl⁻ : Chlorure.

CT : Coliforme Totaux.

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène en cinq jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

Fe⁺² : fer

T° : Température

H⁺ : Le cation hydrogène

HCO₃⁻ : Bicarbonate

JORA : journal officiel de la république algérienne

MES : Matières En Suspensions

Mg⁺² : Magnésium.

MTH : Maladie à transmission hydrique

NH₄⁺ : Ammonium.

NO₂⁻ : Nitrite

NO₃⁻ : Nitrate.

O₂ : Oxygène

OH : hydroxyle

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

pH : potentiel Hydrogène

PO₄⁻³ : Phosphate

RS : Résidu Sec

SO₄⁻² : Les sulfates

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TH : Titre Hydrométrique

µS/cm : Micro Siemens par centimètre

SF : stropto fécaux

Introduction générale

L'eau est une ressource vitale nécessaire au fonctionnement biologique des êtres vivants, un élément de stabilité sociale, sanitaire et économique quand elle est bien gérée. Mais elle peut devenir un élément d'insécurité et d'instabilité si cette ressource tend à se raréfier si sa qualité tend à se détériorer (Metahri, 2002).

Cependant, ces ressources qui sont sous la dépendance d'un ensemble de facteurs naturels et anthropiques subissent des contraintes quotidiennes, qui entraînent une détérioration de leur qualité hygiénique. Le mécanisme de cette pollution des eaux souterraines est souvent un processus évolutif dans l'espace et dans le temps et il est difficilement maîtrisable (Myrand, 2008). Les eaux souterraines représentent environ 97 % du total des eaux douces continentales liquides (Bosca, 2002).

Plus de 75 à 90% de la population mondiale utilisent une eau d'origine souterraine. Dans notre pays, elles constituent une part importante du patrimoine hydraulique et sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable du fait de son exploitation relativement facile et qu'elles sont à l'abri des polluants que les eaux de surface (Merzoug & al. 2010).

En Algérie, les eaux de surface sont les principales sources pour notre approvisionnement en eau potable, mais de plus en plus l'individu et la municipalité se tournent vers les nappes phréatiques qui renferment un volume énorme d'eau exploitable (Chekroud, 2007).

Les eaux souterraines en Algérie sont polluées à partir de la surface et sont irréversiblement endommagées par l'intrusion d'eau saline, la surexploitation des couches aquifères entame la capacité de celle-ci à retenir l'eau, ce qui provoque l'enfoncement des couches sous-jacentes. Certaines régions algériennes se révèlent incapables de fournir en quantité suffisante de l'eau potable et des équipements d'hygiène et ainsi l'eau est menacée dans sa qualité et sa quantité (Remini, 2010).

La consommation d'une eau potable est un facteur déterminant dans la prévention des maladies liées à l'eau. Elle doit donc bénéficier d'une attention particulière. En effet, une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques et/ou biologiques susceptibles à nuire à la sante des individus déclarent John et Donald (2010).

C'est dans ce contexte que nous avons réalisé un contrôle de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de boisson issue des eaux des forages

Introduction générale

(brutes) par le service de l'Algérienne Des Eaux (ADE) unité Blida au niveau de la station de pompage de Cheffa, qui alimente la région d'Oued Alleug (BLIDA).

➤ Objectif général

Etudier la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des forages (brutes) qui alimente la région d'Oued Alleug (BLIDA) et l'eau de boisson pour la consommation de la population.

➤ Objectifs spécifiques

- Faire l'analyse de la situation des forages et la zone étudiée
- Analyser les paramètres physico-chimiques et bactériologiques
- Déterminer les éléments présentant un risque pour la santé
- Faire des propositions d'amélioration de la qualité des eaux des forages et l'eau de boisson.

1. Introduction

L'eau fait partie de notre environnement naturel tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous nourrit, elle constitue un des aliments familiers de notre vie quotidienne.

L'un des quatre éléments qu'Aristote définit avec le feu, l'air et la terre pour décrire l'univers, l'eau détermine en grande partie les paysages et les climats de notre globe. Elle est souvent synonyme de vie ou de mort car elle est une composante essentielle de la structure et du métabolisme de tous les êtres vivants.

En plus, l'eau est de toutes les matières la plus importante essentielle de l'homme donc elle est indispensable pour la survie et le développement des sociétés moderne (Kettab, 1992).

En conclusion l'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel (Delarras, 2003).

2. Propriétés de l'eau

Sur la terre, l'eau existe dans les trois états phases : liquide (eau proprement dite), solide (glace) gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau-vapeur, glace vapeur selon les conditions de température et de pression (Algéo, 1997).

3. Ressources hydriques naturelles

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

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

3.1. Eaux de surface

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

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

3.2. Eaux souterraines

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

3.2.1. Types d’Eaux Souterraines

➤ Les nappes

L’eau d’une nappe est une eau contenue dans les interstices ou les fissures d’une roche du sous-sol (aquifère). Seule l’eau libre, c’est à dire capable de circuler dans la roche faisant partie de la nappe. Ce type de réservoir peut être exploité et peut approvisionner les réseaux de distribution d’eau potable, comme dans les cas qu’on va étudier en partie pratique (Arjen, 2010).

- Nappe phréatique
- La nappe phréatique est une nappe d'eau que l'on rencontre à faible profondeur.
- Elle alimente traditionnellement les puits et les sources en eau potable. C'est la nappe la plus exposée à la pollution en provenance de la surface (Rodier et al. 2009).
- Nappe libre les nappes d'eaux souterraines peuvent être de deux types selon qu'elles circulent sous une couche perméable ou non

Les nappes situées sous un sol perméable sont dites libres. Au-dessus de la nappe en effet, les pores du terrain perméable ne sont que partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé, et les eaux de pluie peuvent toujours l'imprégner davantage. Aussi, le niveau de la nappe peut-il monter ou baisser à son aise. De telles nappes peuvent donc contenir des volumes d'eau variables (Castany, 2008).

➤ Forage

Le forage est une technique ou opération permettant le creusement de trous généralement verticaux. L’eau du forage est purifiée par un long parcours à travers le sol, les possibilités de pollution sont donc réduites, et surtout si l’extraction de l’eau se fait au moyen de pompe. Raison pour laquelle l’eau de forage est en général la meilleure pour la consommation humaine. (Collin, 2004).

➤ Puits

On appelle puits de surface un puits qui s'approvisionne directement dans la nappe phréatique. Le pompage dans un puits de surface a pour effet de former autour du puits un cône de dépression. Un excès de pompage abaissera le niveau phréatique et pourra contribuer à assécher d'autres puits avoisinants. L'eau peut être remontée au niveau du sol soit de façon très simple grâce à un récipient (Seau par exemple) soit plus facilement grâce à une pompe, manuelle ou motorisée (Collin, 2004)

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 dès 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).

3.2.2. Pollution des eaux souterraines

Bien que se trouvant en profondeur, ces eaux souterraines peuvent être polluées. Malgré les nombreux filtrages que subissent les eaux souterraines il est toujours possible qu'elles contiennent des bactéries ou des éléments indésirables. En effet, les puits sont généralement pollués par : (Bouziani, 2000)

- 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

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. (Bouziani, 2000)

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. (Bouziyani, 2000).

4. Les maladies hydriques

Les maladies hydriques sont « les maladies (et par extension les risques sanitaires) liés à la qualité de l'eau et à l'accès à l'eau potable. Les maladies à transmission hydrique (Appelées également maladies des mains sales ou maladies des canalisations) constituent un groupe de maladies à allure épidémique, dont la symptomatologie est le plus souvent digestive (diarrhées, vomissement ...) et dont la nature et propagation sont liées à divers facteurs, comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté (Bouziyani, 2000 ; 2005).

Ces maladies sont ainsi nommées car elles sont provoquées par l'ingestion ou le contact avec des eaux insalubres. En ce qui nous concerne, sont appelées maladies hydriques toute maladie affectant un individu par l'intermédiaire de la consommation d'eau non potable (Mbongo, 2015)

Les maladies à transmission hydrique appelées par contraction (MTH) appelé également maladies de canalisation ils constituent un groupe de maladies à allure épidémique dues à l'ingestion d'eau contaminée par certains germes. Les MTH recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale comme les bactéries strictement pathogènes ou opportunistes, les virus ou les parasites issues d'une fèces humaine ou animale, dont l'élément commun est le mode de contamination de l'eau (Aroura, 1997)

4.1. Evolution des maladies à transmission hydrique en Algérie

En Algérie, les infections à transmission hydrique représentent la première cause de morbidité parmi les maladies à déclarations obligatoires ou placées sous surveillance. Il s'agit de la fièvre typhoïde, du choléra, des dysenteries et des hépatites virales. En ce qui concerne les maladies à déclaration facultative, il n'existe aucun relevé statistique régional ou national qui permet d'avoir une information globalisée sur les infections banales à caractères diarrhéiques notamment les gastro-entérites (Zerhouni, 1991).

5. Traitement d'eau potable

Qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié. L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des

microorganismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé (Ayad, 2016).

5.1. Traitement des eaux de surface

Les eaux superficielles ne sont pas directement utilisables pour l'alimentation en eau potable, car elles sont chargées de nombreuses impuretés dissoutes ou en suspension d'origine naturelle ou liées à des pollutions. Parmi ces substances, on trouve les acides humiques qui produisent des trihalométhanes en présence de chlore. La qualité de ces eaux brutes varie également dans le temps, en fonction de la saison, de la météorologie, de l'activité biologique...etc (Ayad, 2016)

5.2. Traitement des eaux souterraines

La moitié des eaux souterraines que nous consommons n'a besoin d'aucun traitement mais certaines d'entre elles présentent toutefois, naturellement, des teneurs excessives en certains éléments (fer, manganèse, turbidité). D'autres dépourvues de protection naturelle, sont soumises à des pollutions ponctuelles (souvent accidentelles), diffuses (nitrates et produits phytosanitaires) ou microbiologiques (liées à certains aquifères sensibles tels que les milieux fissurés karstiques ou à des contaminations de proximité au niveau des installations de captage) et donc doivent subir un traitement spécifique avant mise en distribution (Ayad, 2016)

➤ La désinfection de l'eau de boisson

La désinfection est une méthode dont le but est l'élimination des microorganismes pathogènes et de tout germe infectieux (bactérie ou virus) dans les eaux de consommation, en laissant parfois quelques germes banals, sans risque pour la santé du public. C'est ainsi que, le choix des produits ou procédés de désinfections doit être fait en fonction des microorganismes et germes recherchés ou soupçonnés dans une eau, puisqu'il est impératif que les produits ou procédés aient un effet bactéricide et/ou virulicide leur permettant de détruire des germes, tout en possédant un effet rémanent leur permet de suivre la désinfection même dans les conduites jusqu'aux robinets des clients (Rodier, 2009).

➤ Autres procédés de traitement de l'eau de boisson

Nous avons les procédés d'enlèvements physiques, tels que la coagulation/floculation, la filtration (sur sable, anthracite, charbons actifs, diatomées ou sur membranes), les procédés d'inactivation chimiques, faisant appel à des réactifs chimiques, comme les oxydants (chlore, ozone, dioxyde de chlore...) ou à différentes molécules à caractère non oxydant et l'inactivation par rayonnements UV.

5. Normes de la qualité de l'eau

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Globalement, les qualités de l'eau de boisson doit obéir à des normes définies par une réglementation nationale. Il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationales. (OMS, 1994).

Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne désigne donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (Maiga, 2005).

6.1. Normes Algérienne

En Algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson en Citant le Journal Officiel de la république algérienne qui représente les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau de consommation humaine avec des valeurs limites (JORA, 2011).

Elles ont été adoptées par des différentes directions de l'hydraulique des wilayas du nord et qui concernent 41 paramètres de qualité classés en 04 catégories : paramètres organiques, physico-chimiques, substances indésirables et substances toxiques (Alouane, 2012).

6.2. Normes selon l'OMS

L'OMS établit, pour chaque paramètre, des recommandations qui peuvent être adaptées dans chaque pays, en fonction de l'état sanitaire et des conditions économiques, pour aboutir aux normes réglementaires nationales (OMS, 1994).

6. Conclusion

Si les réserves conventionnelles d'eau douce exploitables sont déjà limitées de par leur qualité et leurs quantités, il faut également considérer qu'un certain nombre de facteurs accroissent leur sensibilité ; Réduisant ainsi les volumes disponibles nécessaires aux différents usages à savoir la consommation, l'agriculture et l'industrie.

La prise de conscience de la valeur et de la fragilité de l'eau, nous impose une attitude responsable afin d'assurer sa pérennité dans le temps et dans l'espace. La modernité vers laquelle nous évoluons, pour rester un facteur positif, doit intégrer dans son développement la protection et le renouvellement de la ressource. Il est surement

difficile de se soumettre à des contraintes dans le monde de facilité dans lequel nous vivons, mais nous ne pouvons-nous permettre de vivre d'une manière égoïste. Le geste quotidien doit refléter l'importance donnée à l'économie de l'eau.

Introduction

L'eau est essentielle à la vie pour tous les organismes vivants connus. D'un point de vue chimique, l'eau dissout la majorité des corps solides et facilite ainsi les réactions chimiques. C'est aussi l'un des rares éléments chimiques pouvant exister sous trois états : solide, liquide et gazeux (Anonyme1, 2003). Il est important de l'avoir en qualité et en quantité suffisante garantissant ainsi une vie saine et sans danger à long terme (Rodier, 1996).

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

1. Paramètres organoleptiques

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

➤ Couleur

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

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

➤ Goût et saveur

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

➤ L'odeur

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

Tableau 01 : les normes physico-chimiques liées à la composition naturelle des eaux selon l’OMS et le journal officiel algérien (OMS 2006 ; JORA, 2011)

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

2. Paramètres physico-chimiques

3.1. Paramètres physique

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

➤ Température

C’est important de connaître la température de l’eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels et dans la détermination du pH, pour la compréhension de l’origine de l’eau et les mélanges éventuels. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques (Rodier et al, 2009). Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l’odeur et la couleur (OMS, 1994). Par contre une température inférieure à 10°C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (Rodier et al, 2009). Son unité est le degré Celsius (°C).

➤ Turbidité

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

Tableau 02 : classes de turbidité usuelles (NTU, nephelometric turbidity unit)

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

➤ **potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH ou le pénétrantiel hydrogène d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. On admet généralement un pH naturel situé entre 6,5 et 8,5. (Rodier, 1975).

Tableau 03 : Classification des eaux d'après leur Ph (Apfelbaum ,1995)

Ph < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles.
Ph = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approche => majorité des eaux de surface.
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines.
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense.

➤ **L'oxygène dissous**

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

Tableau 04 : Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température
(IBGE, L'eau a bruxelle, 2005)

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

➤ Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, elle permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau et nous renseigne également sur les degrés de minéralisation de l'eau (Guentri & Rahmania, 2015). Elle est exprimée en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (AFNOR, 2001).

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

Tableau 05 : Rapport entre la conductivité et la minéralisation (Rodier, 2009)

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

3.2. Paramètres chimiques

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

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

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

Tableau 06 : Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO_3
(Hawa, 2001)

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

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

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

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

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

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

➤ **Titre alcalimétrique (TA)**

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

➤ **Magnésium (Mg^{+2})**

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

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

➤ **Calcium (Ca^{+2})**

Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles (Benamar et al, 2011). C'est un métal alcalino-terreux très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il existe principalement à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme sulfate, chlorure...etc (Rodier et al, 2005). Le calcium est aussi fréquent dans les roches sédimentaires. Il peut provenir également des formations gypsifères ($CaSO_4, 2H_2O$) qui sont facilement solubles (Sedrati, 2011). Le calcium ne pose pas des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage (Gaujour, 1995).

➤ **Sulfate (SO_4^{-2})**

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

➤ **Résidu Sec (E.S)**

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

d'excellence qualité pour une teneur de l'extrait sec inférieure à 300 mg/L et inacceptable pour une teneur supérieure à 1200mg/l (Degremont, 1989).

➤ **Phosphate (PO_4^{3-})**

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

3.3. paramètres indésirables

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

➤ **Ammonium (NH_4^+)**

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

➤ **Nitrate (NO_3^-)**

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

➤ **Fer (Fe⁺²)**

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

➤ **Nitrites (NO⁻²)**

Les ions nitrites (NO⁻²) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO⁻²). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Rodier, 2005).

➤ **Chlorures (Cl⁻)**

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

4. Paramètres organiques globaux

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

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

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

➤ Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader la totalité de la matière organique par voie chimique. Elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (bichromate de potassium) en milieu acide fort (H_2SO_4) et au reflux pendant 2 heures (Rodier, 2005).

Elle constitue donc un paramètre important. C'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels (surtout ceux à caractère toxique qui se prête mal aux mesures de DCO, exprimée, elle aussi en mg/l d'oxygène, diffère de celle de la DBO). Elle est généralement supérieure, surtout pour les eaux usées domestiques, mais il y a souvent un rapport à peu près constant entre les deux (de l'ordre de 1,5 à 2) (Besbes, 2010 ; Degrémont, 2005).

Tableau 07 : les normes physico-chimiques liées aux substances indésirables selon l'OMS et le journal officiel algérien. (OMS, 2006 ; JORA, 2011).

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

5. Paramètres bactériologiques

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution fécale : Germes totaux et Coliformes, qui vivent normalement dans les intestins humains et animaux et représentent ainsi un risque épidémiologique potentiel. Le contrôle bactériologique

réalisé dans ce contexte, porte sur la quantification des germes indicateurs de contamination fécale dont trois indicateurs sont à noter : coliformes totaux, coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. D'autres indicateurs non spécifiques sont utilisés comme complémentaire : germes totaux et *Clostridium* sulfitoréducteurs (Bouziani, 2000). L'eau ne pas contenir dans le cas d'une eau traitée des coliformes totaux ni de *Clostridium*sulfitons-réducteur, qui constituent des indicateurs de pollution par les matières fécales. Le dénombrement bactérien consiste à la recherche des bactéries aérobies, c'est-à-dire celles qui pourraient se développer en présence d'oxygène :

- Coliforme fécaux
- Coliforme totaux
- streptocoques fécaux. (Hamed et al. 2012).

➤ **Coliformes totaux**

Les coliformes regroupent un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae* qui sont aérobies et anaérobies facultatives à gram négatif, en forme de bâtonne et produisant des colonies foncées à reflets vert métallique en moins de 24 heures, à 37°C sur un milieu Endon contenant du lactose (Rodier, 2006).

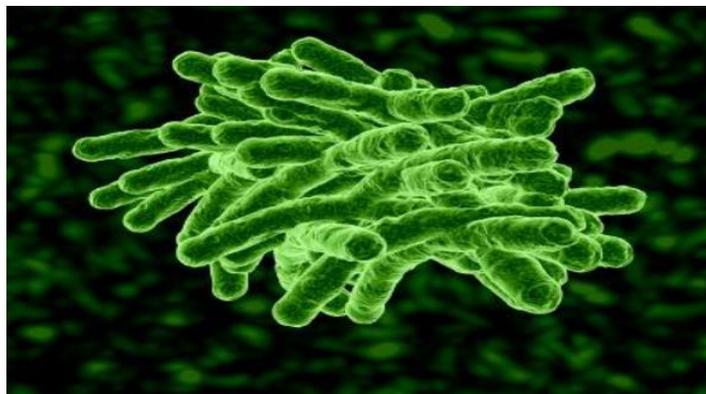


Figure 01 : Coliformes totaux (Cheval, 1982)

➤ **Coliformes fécaux**

Les coliformes fécaux ou <coliformes thermo tolérants> correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à 44°C. Elles se définissent également comme étant des bactéries aérobies et anaérobies facultatives à gram négatif, en forme bâtonne et sont des indicateurs d'une contamination d'origine fécale récente (Rodier, 2006).



Figure 02 : Coliformes fécaux (Cheval, 1982)

➤ **Streptocoques fécaux**

Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale, et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution. L'identification de streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution (Mehanned et al, 2014).



Figure 03 : Les streptocoques fécaux (Rodier, 1996).

Tableau 08 : les paramètres bactériologiques selon l'OMS et le Journal officiel Algérien (OMS, 2006 ; JORA, 2011)

Paramètre	Selon l'OMS	Selon le Journal Algérien
Coliforme fécaux	0 nb/100ml	Non mentionnés
Coliforme totaux	0 nb/100ml	Non mentionnés
E .coli	Non mentionnés	0 nb/100ml
Streptocoque fécaux	0 nb/100ml	Non mentionnés

6. Conclusion

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

Introduction

L'étude s'est portée sur la question du contrôle de qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de forages (brutes) qui alimentent la région d'Oued Alleug (BLIDA) et l'eau de boisson pour la consommation de la population.

Nous avons fait un suivi de ces paramètres globaux pendant deux mois à laboratoire central de l'ADE (Algérienne des Eaux) unité Blida au niveau de la station de pompage de Cheffa.

Les différentes méthodes d'analyses pour caractériser la qualité des eaux embouteillées à travers la détermination de quelques paramètres physico-chimiques et bactériologique fut l'objectif de ce chapitre.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Situation géographique

Située au pied de l'Atlas tellien, à 260 mètres d'altitude, la wilaya de Blida s'étend sur une superficie de 1 478,62 km². (ANIREF)

La wilaya de Blida est limitée dans la **Figure n° 01** :

- Au nord, par les wilayas d'Alger et de Tipaza ;
- A l'est, par les wilayas de Boumerdes et Bouira ;
- A l'ouest, par la wilaya d'Aïn Defla ;
- Au sud, par la wilaya de Médéa.



Figure n° 01 : Carte des limites de la wilaya de Blida (ANIREF)

2.2. Caractéristiques naturelles et conditions climatiques

Le relief et le climat de la wilaya de Blida se compose principalement de : (ANIREF)

➤ La plaine de la Mitidja

C'est un ensemble de terres très fertiles et à faibles pentes. La partie occidentale de cette plaine présente une altitude qui va en décroissant du sud vers le nord (150 à 50 mètres). La superficie de cette zone s'élève à 58 800 ha.

➤ La zone de l'Atlas blindée et le piémont

La partie centrale de l'Atlas culmine à 1 600 mètres. Les très fortes pentes excédant 30% sont sujettes à une érosion intense et la couverture forestière fait défaut.

Seul le piémont, d'altitude variant entre 200 et 600 mètres, présente des conditions favorables à une activité agricole. La superficie de cette zone est de l'ordre de 88 962 ha.

➤ Le climat

Le climat de la wilaya de Blida est de type méditerranéen caractérisé par des étés chauds et ensoleillés et des hivers doux.

La pluviométrie est généralement plus importante dans l'Atlas que dans la plaine. Les précipitations atteignent leur apogée en décembre, janvier et février, des mois qui donnent environ 30 à 40 % des précipitations annuelles.

2.3. Les ressources hydrauliques

La Wilaya de Blida fait partie de la Région hydrographique (Algérois HODNA Soummam). Couvrant les bassins versants des Côtiers algérois, SEBAOU, ISSER, Soummam et Chott HODNA. Elle fait partie de la région centrale de l'Algérie du Nord considérée comme la plus urbanisée, la plus industrialisée et également la plus riche sur le plan agricole. (Sogreah ,2012).

Ce constat place les ressources en eau au cœur d'une problématique très difficile. Les ressources devenant rares et coûteuses pour être mobilisées.

➤ Eau de surface

La plaine de la Mitidja est traversée, du Sud au Nord, par plusieurs Oueds nés dans l'Atlas qui franchissent le Sahel par des 'cluses' Elles sont cependant très peu mobilisées en raison de la faiblesse des équipements de mobilisation de ces eaux, dans la Wilaya. (Sogreah ,2012).

L'alimentation en eau potable effectuée à partir du captage des sources et cours d'eau ou des Oueds et dans notre zone d'étude elle concerne la commune de : BOUARFA (Sogreah ,2012).

➤ **Eaux souterraine**

Une nappe importante, principalement alimentée par les eaux de l'Atlas, dite nappe de la Mitidja est localisée dans la plaine, évaluée à 200 Hm³ et dont les potentialités réelles sont de 180 Hm³. Cette nappe est trop sollicitée en raison de la faiblesse des eaux de surface et du caractère facile et bien estimé d'une ressource devant répondre à des besoins immédiats et rapidement satisfaits (Sogreah ,2012).

➤ **Les ressources hydrauliques (voir Figure 02) (ANIREF)**

- Potentialités réelles en eaux souterraines : **220 Hm³** ;
- Potentialités réelles en eaux superficielles : **550 Hm³** ;
- Nombre de châteaux d'eau et de réservoirs : **149** ;
- Capacité des châteaux d'eau : **172 930 Hm³** ;
- Infrastructures de mobilisation et de stockage des eaux souterraines :
 - Nombre total de forages (AEP-agriculture-industrie) : **3 083**
D'une capacité de **932 064 m³**
 - Nombre de forages AEP en exploitation : **241** d'une capacité de **167 870 Hm³**

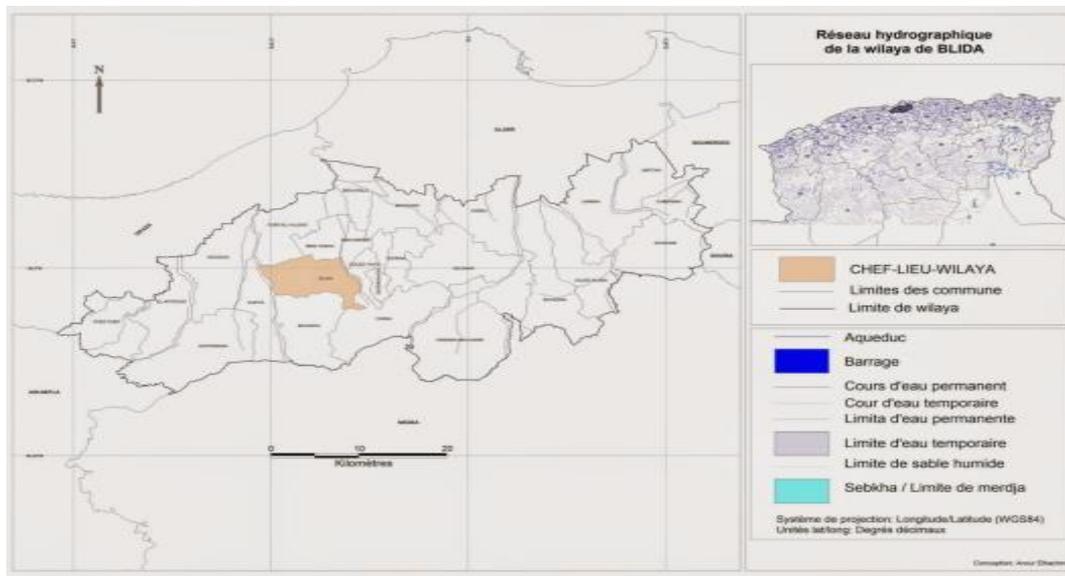


Figure n° 02 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Blida (ANIREF)

3. Localisation de Lieu de prélèvement :

La région d'Oued-El-Alleug, site de notre étude, se situe en plein centre de la plaine de la Mitidja. Voir la **Figure n° 03** elle s'étend sur une surface de 5553 Ha. Elle est caractérisée par la platitude de son relief (45 à 50m d'altitude). Elle est limitée au Nord par Koléa et Chaïba, au Sud par Chiffa, à l'Est par Benkhelil et Beni-Tamou et à l'Ouest par Mouzaïa (KHECHNA.2011).



Figure n° 03 : Situation de la région d'étude (KHECHNA.2011).

Lors du découpage administratif de 1984, la commune d'Oued El Alleug est constituée à partir des localités suivantes : (ANIREF)

- Oued El Alleug
- Ben Salah
- Sidi Yahia
- Ben Nehal
- Cité communale
- Cité des Cinq Palmiers
- Cité du 1^{er} Novembre.

4. Le système d'alimentation en eau de boisson

L'alimentation en eau potable d'Oued-El-Alleug est gérée par le service de l'Algérienne Des Eaux (ADE) est alimentée principalement par les eaux souterraines captées par des forages.

5. La potabilisation d'une eau de forage

L'eau souterraine, qui est généralement de meilleures qualités que celle de surface peut être vulnérable à la contamination, et des précautions doivent être prises pour assurer un approvisionnement en eau de bonne qualité (Lanjri et al. 2014).

La potabilisation d'une eau passe surtout par trois niveaux de qualité (Unicef, PS-Eau 2012) :

- **Qualité biologique** : la microbiologie de l'eau fait référence aux microorganismes présents.
- **Qualité physique** : la qualité physique d'une eau fait notamment référence à sa turbidité et sa couleur.
- **Qualité chimique** : Une eau de consommation contient beaucoup des substances chimiques, dont un grand nombre est utile. Certaines substances chimiques posent en revanche des problèmes.

6. La production actuelle

Les ressources hydriques d'Oued-El-Alleug destinées à l'eau de boisson proviennent principalement pratiquement à 60%. Le tableau ci-dessous (Tableau 09) résume la production d'eaux brute la zone d'Oued-El-Alleug

Tableau 09 : production d'eau brute (forage) prévue à partir de 2023

Secteurs	Forages	L/s	janv-2023		févr-2023		mars-2023		avr-2023	
			Q(m3)	Q(l/s)	Q(m3)	Q(l/s)	Q(m3)	Q(l/s)	Q(m3)	Q(l/s)
OEA	Zemmouri	10	13330	6	13330	5	12880	5	12600	5
	Communale	7	11005	5	11935	4	10612	4	11580	4
	F1 bis 1er Nov	20	10385	2	5518	3	7896	3	9570	4
	F2 1er Nov	12	32550	14	34720	11	30240	11	31500	12
	F3 1er Nov	9	16740	6	15438	5	14420	5	15690	6
	F1 BIS B/SALEH	14	40300	15	36270	12	33040	12	31680	12
	F2 C/VILLE	7	11160	5	11470	4	11760	4	13200	5
	05 PALMIERS	16	19900	12	26245	11	29344	11	31710	12
	F2 B.SALLAH	10	8082	2	5518	3	7868	3	8430	3
	F1Bis C/VILLE	13	16740	8	20050	5	14480	5	17100	7
	F3 C/Ville	11	32240	13	31031	10	27916	10	30180	12

7. Réservoirs

Le réseau d'alimentation en eau potable de la région d'Oued Alleug est alimenté à partir de plusieurs réservoirs. Ces réservoirs sont construits en béton armé. Ils ont la forme rectangulaire et circulaire. Ils sont implantés dans des endroits qui leur permettront de couvrir toute la zone à alimenter et assurer, en même temps, l'eau en quantité suffisante des zones hautes du piémont par l'intermédiaire des stations de reprise, installées à proximité.

Tableau 10 : détermination de la capacité du réservoir d'Oued-El-Alleug

Nom de la chaîne/transfert	Nom de l'ouvrage ou de l'installation	Coordonnée géographique			Capacité (m ³)
Oued El Alleug	Chât. Centre-ville	2,787319444	36,55592222	42	1000
	Château d'eau zemouri	2,758830556	36,52633333	62	25
	Chât. 1 ^{er} Novembre	2,796188889	36,5499	58	1000
	Chât. 05 Palmiers	2,743475	36,52061389	58	200
	Chât. Ben Saleh	2,813783333	36,56601389	46	500
	Chât. Palmiers nouveau	2,754775	36,51610278	73	1000
	Chât. Ben Saleh nouveau				500

8. Analyses au laboratoire

Toutes les analyses effectuées au cours de notre étude ont été faites au laboratoire central de l'ADE (Algérienne des Eaux) unité Blida au niveau de la station de pompage de Cheffa est située à l'Ouest de Blida, dans la commune de Bouarfa .Elle est implantée à côté de la route reliant Blida à Chiffa.

9. Echantillonnage

En ce qui concerne du stage sur terrain d'une durée de deux mois (Mars et Avril 2023), nous avons appris à prélever des échantillons et à les contrôler en laboratoire au niveau de la station.

Pour notre étude, des points de prélèvement ont été déterminés selon le périmètre applicable annuellement l'eau brute (forage), ainsi que l'eau de boisson, destinée à la consommation par les habitants d'une zone d'Oued-El-Alleug .

Chaque point (année) prélevé compte un échantillon double l'un pour l'analyse des paramètres physico-chimiques à savoir les ions majeurs. Les flacons sont complètement remplis et bouchés de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon. Ont été également prélevés, dans des bouteilles préalablement stérilisées

avec une méthode de prélèvement appropriée les échantillons nécessitant une analyse bactériologique (eau consommée, de forage ou tout échantillon dépourvu de chlore).

Le choix des points de prélèvement permet d'obtenir une image de l'ensemble de la qualité de l'eau (brute et boisson), les différents échantillons, sont représentés dans la Figure 04. Ce qui permet de suivre l'évolution de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau tout au long du processus. Appliquer de bonnes pratiques d'échantillonnage, car l'échantillonnage est l'une des étapes les plus importantes de l'évaluation de la qualité de l'eau.



Figure 04 : Les prélèvements (Photo 2023)

10. Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau

Selon Rodier, (2009) :

- Identité du préleveur.
 - Date et heure du prélèvement.
 - Particulier ou autorité demandant l'analyse.
 - Motif de la demande d'analyse (analyse initiale ou contrôle périodique, pollution, intoxication, épidémie, etc.) et usages de l'eau (boisson, lavage, abreuvement, incendie, industrie, etc.).
 - Ville ou établissement que l'eau alimente ; le cas échéant, le type de traitement utilisé.
 - Nom du point d'eau et localisation précise.
 - Origine de l'eau (source, puits, forage, rivière, lac, barrage, citerne, etc.).
- Aspect particulier (couleur, débris, irisation, odeur, etc.).
- Température de l'eau à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du prélèvement. Conditions météorologiques du moment (précipitations, vent, pression atmosphérique, etc.).

- Débit approximatif à la minute ou à la seconde. Dans le cas d'une nappe souterraine, préciser la profondeur et l'épaisseur de cette nappe,

11. Transport et stockage

➤ Transport

Après le prélèvement, les flacons sont étiquetés, placés dans des glacières et envoyés sans retard au laboratoire, accompagnés d'une note portant tous les renseignements nécessaires (Date et lieu de prélèvement, type d'échantillon, condition environnementale). La teneur des échantillons en coliformes se modifiant entre le moment du prélèvement et celui de l'examen, il importe donc de procéder à l'analyse le plus rapidement possible après le prélèvement. La Figure 05 représente les échantillons d'eau étudiée

➤ Stockage

Après prélèvement, le flacon contenant l'échantillon d'eau de prélavage clairement étiqueté sera transporté dans une glacière à 4 à 6 °C avec une notice contenant toutes les informations nécessaires (la température, le pH, la conductivité et le chlore résiduel) sont respectivement effectuées au laboratoire ADE (Algérienne des Eaux) unité Blida (chiffa), le département a pour mission principale le contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation.

Selon l'avis du 21 janvier 1960 relatif à la méthode d'analyse bactériologique des affluents, toutes les analyses ont été effectuées dans les meilleurs délais (Rodier et al. 2009) s'observant selon le Tableau 11.



Figure 05 : Condition de conservation et de transports (Photo 2023)

Tableau 11 : Paramètres physico-chimiques et leurs conservations selon Rodier (1987)

paramètres	Type de récipient	conservation	Observation
Température	/	6 heures	Sur place
Ph	P ou V	48 heures	Sur place
Conductivité	P ou V	6 à 24 heures	Sur place
Turbidité	P ou V	24 heures	Sur place
Nitrate	P ou V	24 heures	Plutôt possible
Nitrite	P ou V	24 heures	Plutôt possible
Phosphates	P ou V	24 heures	Plutôt possible
Alcalinité	P ou V	24 heures	Plutôt possible
Baryum	P	1 mois	Plutôt possible
Chlorure	P ou V	1 mois	Plutôt possible
Mercure	V brun	1 mois	Plutôt possible
Nikel	P	1 mois	Plutôt possible
Plomb	P	1 mois	Plutôt possible
Fer	P	1 mois	Plutôt possible
Sulfate	P ou V	1 semaine	Plutôt possible
Magnésium	P ou V	1 mois	Plutôt possible
Calcium	P ou V	1 mois	Plutôt possible

Remarque : **p** : polyéthylène. **V** : verre

12. Analyse des paramètres physicochimiques

Tous les paramètres physico-chimiques capitaux dans l'eau ont été dosés à savoir les ions majeurs, la turbidité, la conductivité, et le pH.

➤ Paramètres physiques

La température, le pH, la conductivité électrique et la turbidité sont des paramètres du terrain (in situ), ainsi leurs mesures ont été effectuées directement sur le terrain excepté la conductivité électrique et la température leurs teneurs ont été déterminées au laboratoire.

Le tableau 12 présente les appareils pour les mesures des paramètres in situ employés dans notre étude et un récapitulatif sur le mode d'emploi :

Tableau 12 : Montrant les appareils pour les mesures des paramètres in-situ et le mode d'emploi

Description des méthodes de mesures	
<p style="text-align: center;"><u>Analyse du pH</u></p> <p>Le pH des échantillons est déterminé à l'aide d'un pH-mètre WTW pH3110, par la méthode d'électrochimie. La sonde de l'appareil est immergée directement dans l'échantillon après rinçage à l'eau distillée.</p>	 <p style="text-align: center;">pH-mètre</p>
<p style="text-align: center;"><u>Analyse de la conductivité électrique et la Température</u></p> <p>La conductivité électrique et la température ont été déterminées à l'aide d'un conductimètre SCHOTT minus d'une sonde. La sonde de l'appareil est immergée dans l'échantillon après avoir rincé avec de l'eau distillée</p>	 <p style="text-align: center;">Conductimètre</p>
<p style="text-align: center;"><u>Analyse de la turbidité</u></p> <p>La turbidité des échantillons a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre 2100Q de marque HACH. L'échantillon est mis dans le tube nettoyé à l'aide de l'eau distillée et essuyé avec du papier d'essuyage.</p>	 <p style="text-align: center;">Turbidimètre</p>

➤ **Paramètres chimiques et pollution**

Les paramètres volumétriques (TAC, TA, TH, Cl^- , Ca^{+2} et Mg^{+2}), les ions majeurs (E.S, chlore résiduel, SO_4^{-2} , NO_3^- , PO_4^{-3} , NO_2^- , NH_4^+ , Fe^{+2}) ont été quantifiés dans les échantillons des différents eaux (brute et traité). Le tableau III montre les appareils de mesures pour quantifier les teneurs en éléments chimiques et pollution (voir Tableau 13).

Tableau 13 : Montrant les appareils pour les mesures pour quantifier les teneurs en éléments chimiques et pollution

Description des méthodes de mesures	
<p><u>Analyse volumétrie</u></p> <p>Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC), la concentration des ions Calcium (Ca^{+2}), des ions Magnésium (Mg^{+2}), des ions (Cl^-) Chlorures la Dureté Totale (TH) ont été déterminés par la méthode de volumétrie.</p> <p>Photo 1 : mesure de la TH et ions Ca^{+2}</p> <p>Photo 2 : dosage d'ions Cl^- et dosage de TAC. Pour un $\text{pH} \geq 8.83$</p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> Photo 1 Photo 2 </div>
<p><u>Analyse des ions majeurs</u></p> <p>Les ions majeurs (E.S, chlore résiduel, SO_4^{-2}, NO_3^-, PO_4^{-3}, NO_2^-, NH_4^+, Fe^{+2}) ont été déterminés par la méthode de spectrophotométrie d'absorptions moléculaire à l'aide d'un spectrophotomètre DR 3800.</p>	 <div style="background-color: #00aaff; color: white; padding: 2px 10px; border-radius: 5px; text-align: center; margin-top: 5px;">Spectrophotomètre</div>

13. Analyses bactériologiques

Les paramètres microbiologiques sont déterminés par la méthode de filtration sur membrane pour coliformes fécaux (CF), coliformes totaux (CT) et streptocoques fécaux (SF). (Rodier, 2009) Les Méthodes de dénombrement des germes, sont représentées dans la Tableau 14.

➤ Méthode par filtration

Principe : L'échantillon d'eau à analyser est filtré à Travers une membrane qui retient les micro-organismes. La membrane est ensuite placée sur un milieu gélosé. Durant l'incubation, des colonies se forment à la surface de la membrane dans la Figure 06.

Tableau 14 : Méthodes de dénombrement des germes de contamination fécale et d'efficacité (Rodier, 2009)

Analyse	Technique	Volume de PE	Milieu utilisé	T D'incubation	confirmation
Coliformes totaux	filtration	100 ml	Gélose lactosée au TTC	37°C	Colonies typiques
Coliformes fécaux	filtration	100 ml	Gélose lactosée au TTC	44°C	Colonies typiques
Streptocoques fécaux	filtration	100 ml	Gélose slanertz et bariely	37 °C	Colonies typiques + litsky

➤ Coliformes totaux (CT) et Coliformes fécaux (CF)

L'isolement des coliformes totaux (CT) et coliformes fécaux (CF) a été effectué par incorporation en gélose de 5 prises d'essai (0,4 ml ; 1 ml et 3 x 2 ml). Le milieu de culture est la gélose sélective pour les coliformes .Le dénombrement des colonies est effectué après 24 heures d'incubation à 37°C pour les coliformes totaux et à 44 °C pour les coliformes fécaux. (Rodier, 2009)

Repiquage des colonies dans des tubes à essai contenant VBL (bouillon lactose au vert brillant), ensuite incubation à 37 C° pendant 48h. Le test est positif si le milieu devient trouble avec production de gaz.

➤ **Streptocoques fécaux (SF)**

L'isolement des streptocoques fécaux (SF) est effectué par la même méthode mais sur le milieu de culture incubé à 37 C° pendant 48 heures. Le comptage des colonies se fait sur les boîtes où sont développées 100 à 300 colonies. La moyenne des colonies comptées est ensuite déterminée. Si les boîtes ne contiennent pas au moins 100 colonies, l'ensemble des colonies présentes sur toutes les boîtes est compté, en tenant compte du volume total d'eau inoculée dans celles-ci. (Rodier, 2009)



Figure 06 : Dispositif de filtration sur membrane (Photo 2023)

14. La javellisation de l'eau d'une source

Avant la mise en exploitation d'une source ou bien après des travaux de réfection et aussi une fois par an, une source doit être désinfectée.

La méthode de choix pour désinfecter une source est la chloration. La chloration d'une source est effectuée en procédant selon les étapes suivantes :

Un lavage avec curage et brossage des parois de la chambre de captage, après une vidange, puis un rinçage et une désinfection de la chambre de captage par une solution concentrée de chlore préparée en dissolvant 50 gr de chlorure de chaux dans 10 à 15 litres d'eau. Le contact désinfectant/eau doit persister au moins pendant 12 heures. La reprise de l'adduction d'eau, pour l'alimentation de la collectivité se normalise dès que le taux de chlore résiduel dans l'eau de source est de 0,7 mg/l. D'eau (Bouziani, 2000)

➤ **L'eau de javel**

Comme produit ménager et sanitaire, l'eau de javel est un excellent désinfectant. Pour de javel, on utilise du sel (NaCl), de l'eau, H₂ O et une cuve d'électrolyse.

réaction chimique de ce mélange, va développer d'une part, au pôle négatif, se dégager de pôle positif du Cl_2 et d'autre part, au pôle négatif, se dégager de l'hydrogène H_2 et apparait la soude NaOH .

Pour la fabrication industrielle de la javel, on fait agir le chlore sur la soude, on obtient du sel, de l'eau et de l'hypochlorite : le mélange de ces trois produits constitue l'eau de javel (Bouziani, 2000).



15. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de présenter la procédure expérimentale à suivre pour la réalisation de nos essais en laboratoire.

Nous avons décrit les méthodes et les conditions d'échantillonnage, ainsi que les méthodes des différents types d'analyses qui ont été fait au laboratoire.

1. Introduction

L'étude physico-chimique et bactériologique de l'eau de forage joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc de la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable.

Pour atteindre cet objectif, nous avons déterminé dans cette partie l'évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des échantillons d'eaux, destinées à la consommation, issues de différentes années au niveau de la région de Oued Alleug (BLIDA).

Au cours de ce chapitre, nous présenterons et discuterons les principaux résultats obtenus tout en les comparant avec les normes Algériennes et celles de l'OMS.

2. Résultats et discussion des analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques de l'eau brute et l'eau traitée sont illustrés dans les tableaux suivants :

Tableau 15 : Paramètres physico-chimiques des eaux brutes

Date						
Paramètre	09/12/2018	08/07/2019	26/01/2020	02/11/2021	05/05/2022	21/03/2023
T	20,50	25,5	19	28,6	20,3	18,4
PH	7,5	7,64	7,52	7,46	7,66	7,55
Cond	659	713	689	682	684	673
MES	0,28	0,55	0,27	0,37	0,64	0,91
E.S	229	425	461	467	455	399
chlore résiduel	EB	EB	EB	EB	EB	EB
TAC	292,8	296,46	300,2	290,36	265,24	280,6
TA	0	0	0	0	0	0
TH	2857	273,28	316,00	348,48	308,41	325,25
Ca⁺²	87,47	79,88	86,00	80,70	79,80	62,08
Mg⁺²	16,08	17,71	27,74	35,22	26,14	40,81
Cl⁻	41,13	42,544	42,54	46,80	41,13	39,71
SO₄⁻²	60,94	36,74	38,30	31,27	42,69	38,65
NO₃⁻	35,52	47,36	H2So32-	21,71	43,7	47,06
PO₄⁻³	<0,01	0,006	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
NO₂⁻	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
NH₄⁺	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,028	0,011
Fe⁺²	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tableau 16 : Paramètres physico-chimiques les eaux de boisson

Date	09/12/2018	08/07/2019	26/01/2020	02/11/2021	05/05/2022	21/03/2023
Paramètre						
T	19,3	25,5	18,8	21,9	19,3	19,6
PH	7,56	7,67	7,51	7,54	7,77	7,61
Cond	650	696	676	691	586	703
MES	0,32	1,8	2,37	0,47	0,06	0,98
E.S	395	450	473	474	393	421
chlore résiduel	0,8	0,3	0	0,7	0,5	0,1
TAC	292,8	308,66	312	297,68	285,48	312,32
TA	0	0	0	0	0	0
TH	289,66	292,86	296,00	325,24	214,72	228,45
Ca⁺²	79,52	87,62	72,14	91,56	68,58	71,39
Mg⁺²	21,81	17,70	27,66	23,12	10,22	12,00
Cl⁻	42,54	43,962	38,28	42,54	36,78	42,54
SO₄⁻²	38,34	23,36	40,03	43,01	69,86	43,26
NO₃⁻	39,93	40,9	H2So32-	39,32	14,59	39,64
PO₄⁻³	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
NO₂⁻	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
NH₄⁺	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,027	0,019
Fe⁺²	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

2.1. Paramètres physico-chimiques

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et utiles pour voir l'évolution des éléments chimiques les plus dominants dans les eaux de boisson d'étude et les eaux brute, leurs concentrations et leurs origines.

Les paramètres physico-chimiques étudiés sont les suivants :

2.1.1. Les paramètres physiques

➤ Température (T)

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

Les résultats relatifs aux mesures de la température des différents échantillons, sont représentés dans la Figure 07 suivant :

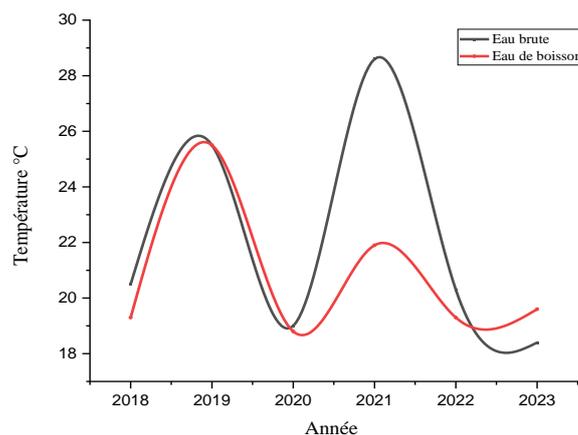


Figure 07 : Variation de la température à la cour de la période d'analyse

Dans la région d'étude, les résultats obtenus montrent que les degrés de la température varient selon les saisons, en saison humide la température est inférieure à 19,60 °C avec un minimum de 18,40 °C (Année 2023), par contre en saison sèche, elle est supérieure à 25°C (Année 2019). Ces valeurs obtenues durant les deux périodes d'observations sont conformes à la norme algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2011).

Sauf pour l'échantillon de la année 2021, $T^{\circ} = 28,60$ °C (l'eau brute) qui est supérieur aux normes indiquées. Ceci est dû essentiellement au changement du climat (Température).

➤ **Potentiel d'hydrogène (pH)**

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

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 (Loiseau et Juery, 2002).

Le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Le traitement de l'eau potable peut modifier sensiblement le pH qui contrôle l'action de désinfectant (chlore) (Chaden, 2014).

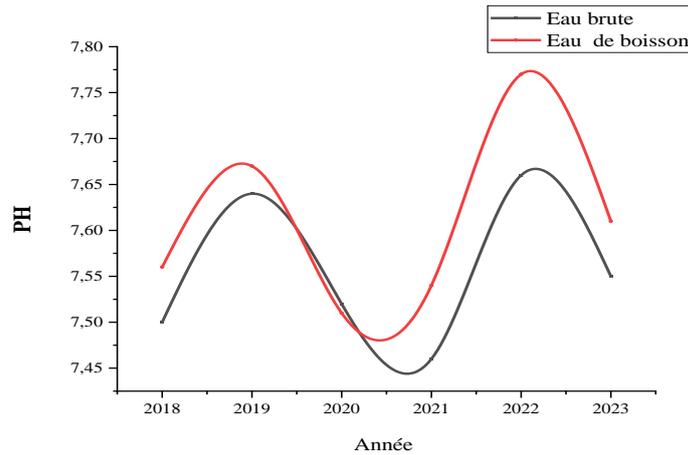


Figure 08 : Variation du PH à la cour de la période d'analyse

La Figure 08 montre que le pH varie entre 7,46 et 7,77, et que la variation de ces valeurs est faible. Ces résultats sont conformes avec les législations algériennes et européennes qui précisent comme niveau guide du pH est de 6,5 à 8,5 (JORA, 2011 ; Rodier et al, 2009 ; Belghiti, 2013).

➤ Conductivité électrique (CE)

Rodier et al, (2009) signalent que la variation de conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{+2}), de sodium (Na^{+}), de chlorures (Cl^{-}), des bicarbonates (HCO_3^{-})...etc. Généralement, la conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température (Dib, 2009).

La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante (Rodier et al. 2009) :

Conductivité égale à 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$: eau déminéralisée ;

Conductivité de 10 à 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$: eau de pluie ;

Conductivité de 80 à 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$: eau peu minéralisée ;

Conductivité de 300 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$: eau moyennement minéralisée ;

Conductivité de 1000 à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: eau saline ;

Conductivité supérieure à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: eau de mer.

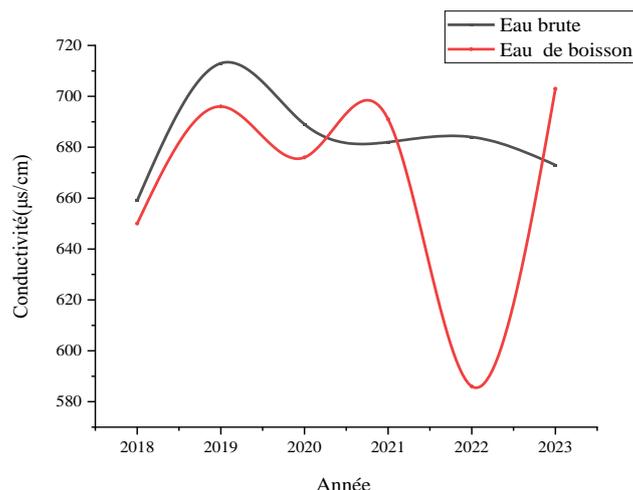


Figure 09 : Variation de la conductivité à la cour de la période d'analyse

Les résultats des mesures ont permis d'observer la variation de la conductivité électrique (Figure 09), il s'avère qu'il y a un changement de 50 µS/cm entre les valeurs dans l'eau de boisson, sauf en année 2022, qui était connue pour descendre à la valeur de 586 µS/cm. Cela explique par le fait de l'utilisation des adjuvants lors du traitement physico-chimique ; On constate que ces valeurs sont dans l'intervalle des normes établis.

Il existe une relative stabilité des valeurs de l'eau brute, avec une valeur maximale estimée à 713 µS/cm (Année 2019). Toutes les valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à 2800 µS/cm (JORA, 2011). Donc selon ce classement, moyennement minéralisées.

➤ Turbidité (MES)

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspensions finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques etc. (Coulibaly, 2005)

La turbidité de l'eau souterraine est généralement surtout inorganique et causée par des facteurs géologiques naturels (Grhmsm, 2011).

Les normes algériennes (JORA, 2011), recommandent comme valeur limite de turbidité : 5 NTU. La Figure 10 représente la turbidité des échantillons d'eau étudiée :

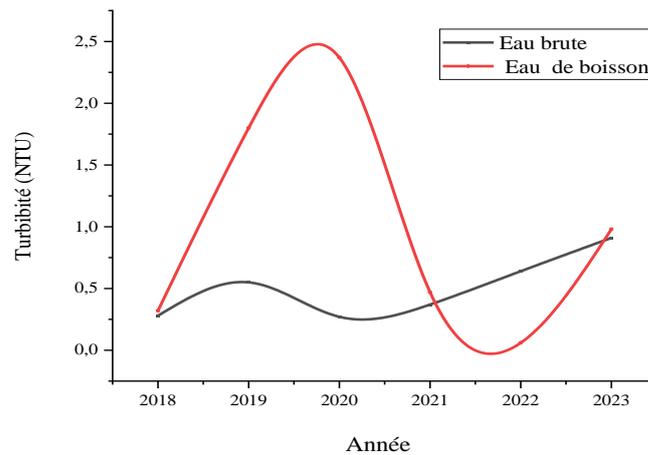


Figure 10 : Variation de la turbidité à la cour de la période d'analyse

Les 6 échantillons de l'eau brute ont montrés des valeurs relativement élevés entre 0,28 NTU à 0,91 NTU, Ce forage est mal protégé, ne possède ni margelle ni couvercle ce qui laisse pénétrer les déchets des animaux et les différents rejets urbains par l'apport des eaux pluviales.

Alors que pour les échantillons de l'eau de boisson les valeurs relativement élevés entre 0,06 NTU à 0,98 NTU (2018 à 2023), sauf l'année 2020 qui présente une forte turbidité (2,37 NTU). D'une part, nous remarquons que les résultats montrent que la turbidité augmente d'une manière remarquable par rapport à celle de l'eau brute.

Généralement toutes les valeurs de la turbidité ne dépassent pas la norme algérienne (JORA 2011).

2.1.2. Paramètres chimiques

➤ Chlorures (CL⁻)

Les Chlorures sont très répandus dans la nature. Leur teneur dans les eaux est très variable et liée principalement à la nature des terrains traversés, ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile. Il constitue un bon indicateur de la pollution. (Kahoul et Touhami, 2014 ; Ayad et Kahoul, 2016).

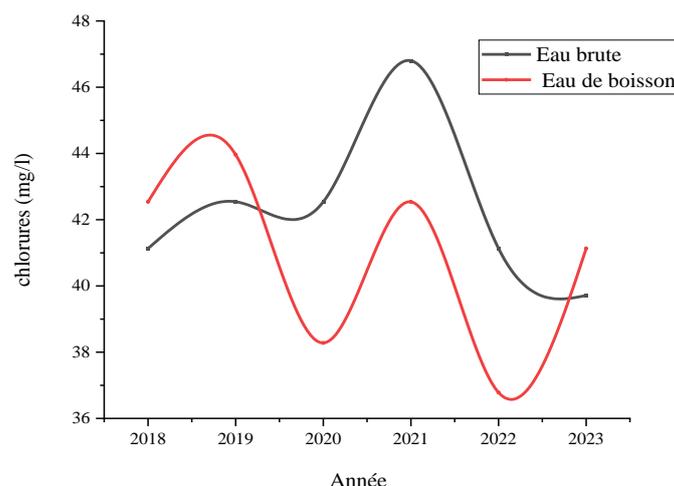


Figure 11 : Variation des chlorures à la cour de la période d'analyse

Les résultats obtenus à partir des analyses de Chlorure des eaux de différents points d'échantillonnage sont représentés par la Figure 11, la valeur maximale est de 46.80 mg/l enregistré au niveau de l'eau brute et la valeur maximale est de 43,962 mg/l enregistré au niveau de l'eau de boisson. L'utilisation dérivée de Chlore augmente légèrement la concentration finale des ions Chlorures.

Ces valeurs répondent aux normes algériennes de potabilité qui fixe 500 mg/l comme une valeur maximale (JORA, 2011), et la norme recommandée par L'OMS de chlorure dans l'eau potable est 250 mg/l pour des considérations gustatives et des risques de corrosion (Rodier et al, 2009).

➤ Sulfate (SO_4^{2-})

Les sulfates (SO_4^{2-}) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique en sulfate (Hceflcd, 2006).

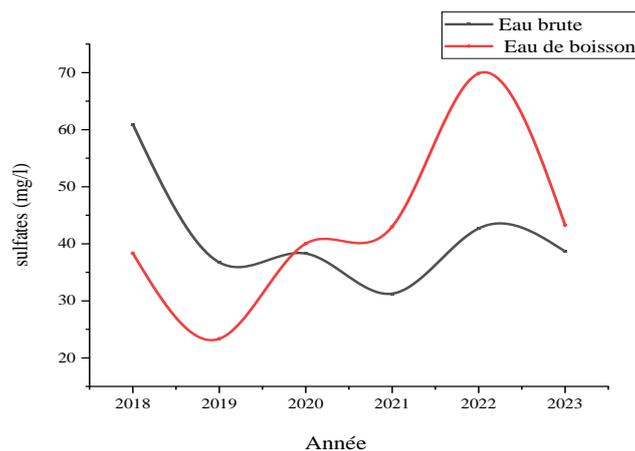


Figure 12 : Variation des sulfates à la cour de la période d'analyse

D'après les résultats des échantillons analysés (voir Figure 12), les valeurs enregistrent des valeurs faibles de sulfate respectivement, les valeurs enregistrées restent inférieurs à la valeur limitée par la norme Algérienne de 400 mg/l relative à la qualité des eaux destinées à la production de l'eau potable (JORA ,2011). Les ions de sulfate sont importants pour la variation de PH car s'ils baissent considérablement, il aura libération de proton H^+ diminuant ainsi le PH.

➤ Résidus Sec (E.S)

D'après Potelon et Zysman(1998) Les résidus secs constituent un indice représentatif de la minéralisation de l'eau.

Les valeurs du résidu sec dans les eaux de forages sont comprises entre 1840 mg/l pour le minimum et 5400 mg/l Toutefois, toutes les valeurs sont supérieures à la norme de potabilité 1500 mg/l. (JORA ,2011)

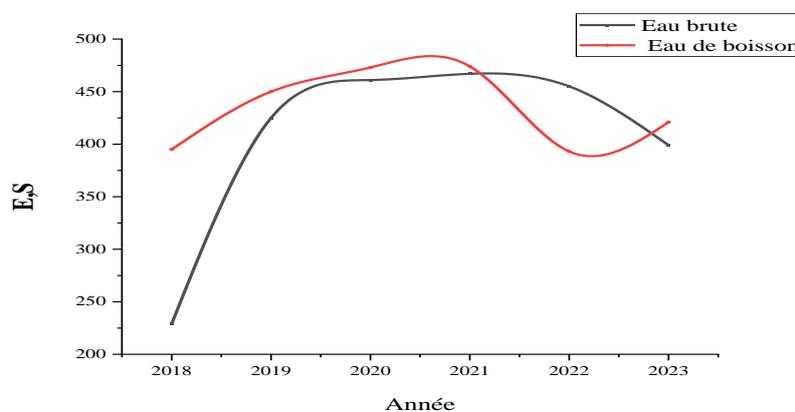


Figure 13 : Variation de Résidus sec (E.S) à la cour de la période d'analyse

La teneur moyenne des résidus secs de nos échantillons sont présentée graphiquement à la Figure 13. Nous remarquons que les valeurs connaissent une augmentation atteindre 467 mg/l pour l'eau brute et 474 mg/l pour l'eau boisson (Année 2021) puis une diminution importante ces deux dernières années.

➤ Chlore résiduel

Le Chlore résiduel utilisé pour le traitement des eaux est essentiel pour assurer la sécurité de l'eau potable et souvent été le choix évident pour le désinfectant résiduel. Et présente aussi l'inconvénient de produire des substances sapides, source de plaintes du public sur les goûts et odeurs (Loiseau et Juery, 2002).

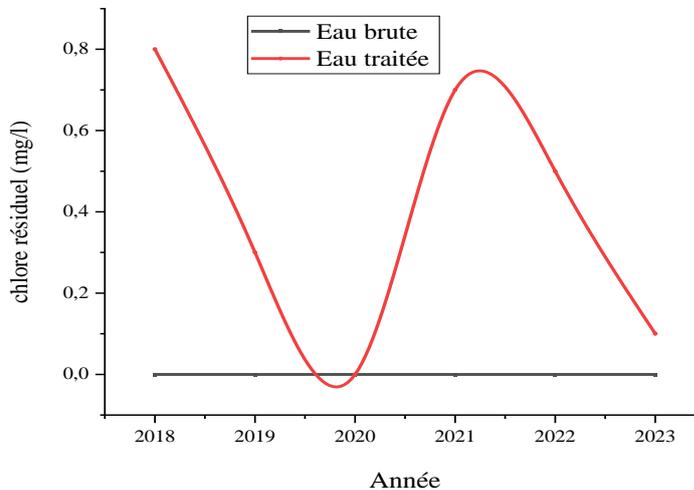


Figure 14 : Variation de chlore résiduel à la cour de la période d'analyse

Les résultats obtenus de Chlore résiduel des eaux de différents points d'échantillonnage sont représentés par la Figure 14, une valeur maximale de 0.8 mg/l et 07 mg/l (2018 et 2021) enregistré au niveau de l'eau de boisson et une absence dans l'eau brute. La norme exige de Chlore résiduel pour protéger le réseau non équipé de poste de recoloration. Ces valeurs sont conformes aux normes Algériennes qui exigent une teneur de 5 mg/l (JORA, 2011).

➤ Dureté totale ou Titre hydrotimétrique (TH)

Selon Rodier et al, (2009) La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en Calcium et en Magnésium. Les eaux provenant de terrains calcaires et surtout de terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevées. Par contre, les eaux en provenance de terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux auront des duretés très faibles.

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

Ces valeurs sont conformes aux normes nationales de l'eau potable qui recommandent une dureté ne dépassant pas 500 mg/l ou 50 F⁰ (JORA, 2011).

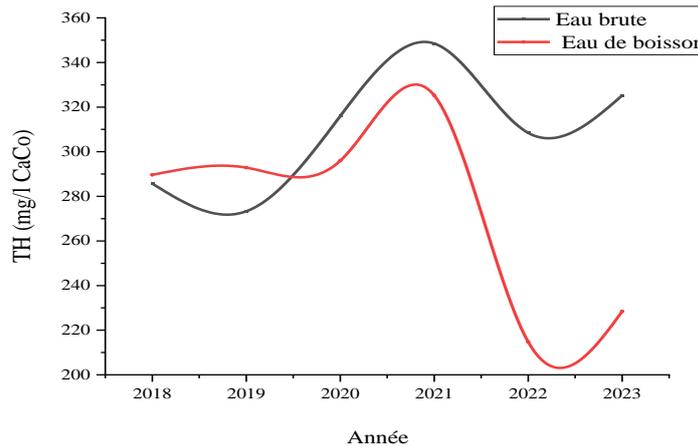


Figure 15 : Variation de la dureté totale à la cour de la période d'analyse

Les teneurs en dureté montrent des variations s'observant selon le Tableau 15 ; 16 et la Figure 15 avec une valeur minimale de 214,72 mg/l enregistrée à l'année 2022 pour l'eau de boisson. Alors qu'une valeur maximale de 348,48 mg/l a été enregistrée à l'année 2021 pour l'eau brute, ne dépassant pas les normes Algérienne. Donc la qualité de l'eau dans la région d'étude est acceptable.

➤ Calcium (Ca²⁺)

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al. 2009).

L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/l de calcium (Rodier, 2005). Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, Le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (Gaujous, 1985).

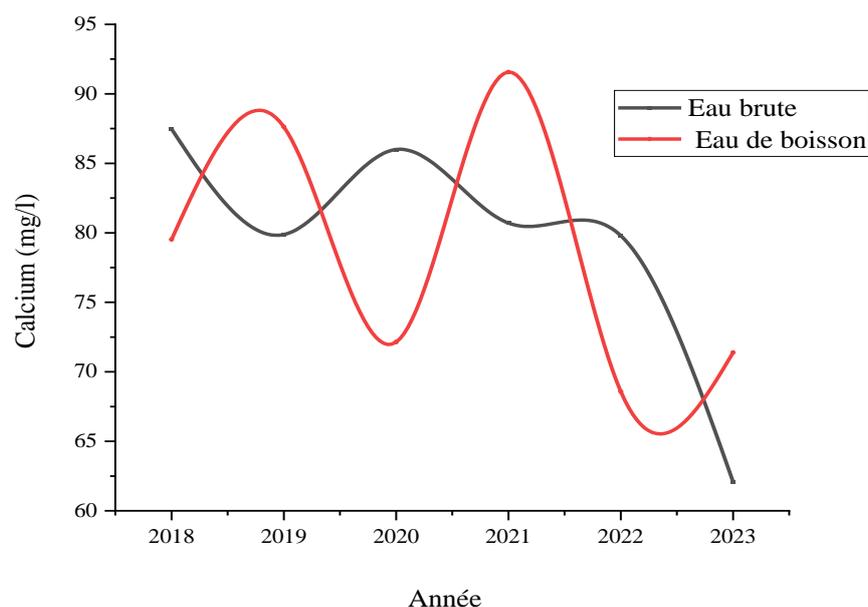


Figure 16 : Variation de calcium à la cour de la période d’analyse

Les résultats obtenus à partir des analyses de Calcium des eaux de différents points d’échantillonnage sont représentés par la Figure 16, pour l’eau de robinet variation des valeurs entre 68,58 mg/l à 91,56 mg/l et l’eau brute entre 62,08 mg/l à 87,47 mg/l. Les teneurs en Calcium des eaux analysées sont toutes inférieures à la concentration maximale admissible qui est de 200 mg/l édictée par les normes nationales pour l’eau potable et 100 mg/l pour la norme de l’OMS (OMS, 2006 ; JORA, 2011). Donc ces valeurs sont conformes à la norme.

➤ **Magnésium (Mg^{+2})**

C’est un des éléments les plus répandus dans la nature, il donne un gout désagréable à l’eau (Rodier et al, 2009). Selon Nouayti et al. (2015), La source du magnésium semble être liée au contact des eaux avec les roches calcaires et dolomitiques.

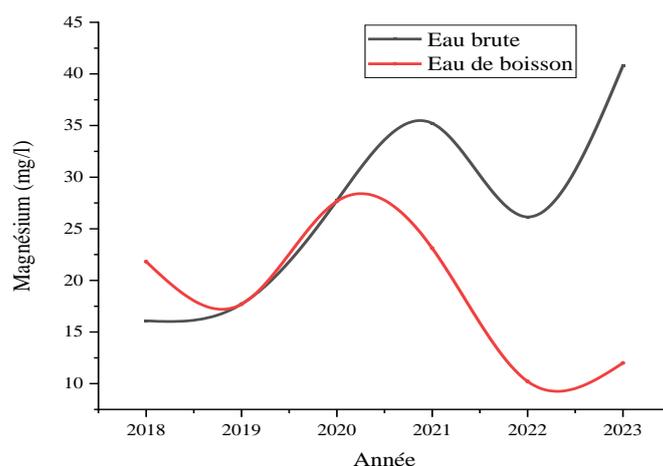


Figure 17 : Variation de magnésium à la cour de la période d’analyse

Les résultats obtenus à partir des analyses de Magnésium des eaux étudiées de différents points d’échantillonnage sont représentés par la Figure 17 .On constate une valeur minimale de 10,22 mg/l enregistré au niveau de l’eau de boisson et une valeur maximale de 40,81 mg/l enregistré au niveau de l’eau brute. Toutes les valeurs n’ont pas dépassée ce qui est prescrit dans la norme algérienne fixées à 150 mg/L (JORA, 2011).

➤ **Titre alcalimétrique complet (TAC)**

Dans les eaux de distribution, la concentration en OH^- est faible, l’alcalinité de l’eau est constituée par des hydrogénocarbonates ou par mélange de carbonates par hydrogénocarbonates (Larpent ,1997), alors qu’ils sont dans la norme mondiale qui est de 500 mg/l (OMS, 1997).

La Figure 18 représente les résultats de la concentration en TAC dans les types d’eaux étudiées

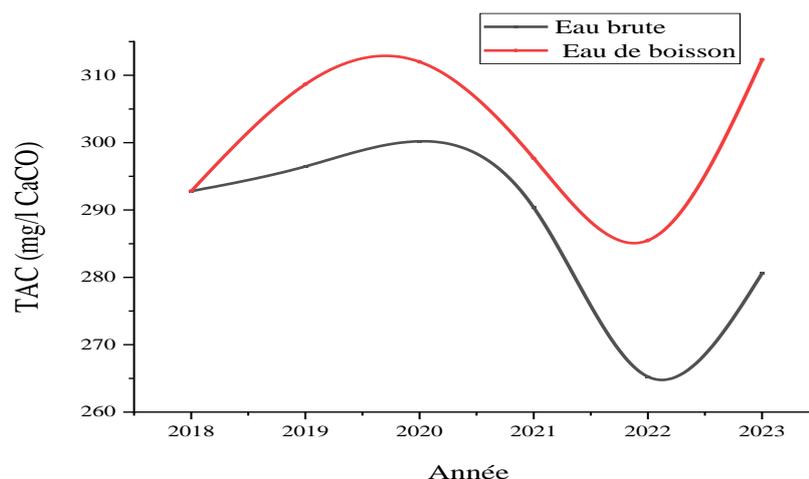


Figure 18 : Variation du TAC à la cour de la période d'analyse

Le titre alcalimétrique de nos échantillons de l'eau de brute est entre 265,24 mg/l à 300,20 mg/l, alors que le titre alcalimétrique de l'eau de boisson est entre 285,48 mg/l à 312,32 mg/l. Nos résultats montrent que les échantillons étudiés présentent des valeurs répondues aux normes d'OMS.

Les valeurs de TAC conformes une forte présence de bicarbonates (HCO_3^-) dans l'eau de boisson par rapport à l'eau brute. Ceci s'explique par l'origine karstique des eaux.

➤ Alcalinité (TA)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes. (Rodier et al, 2009)

Selon OMS, (1997) les normes du Titre Alcalimétrique Complete ($\text{TA} < 0.2^\circ\text{F}$).

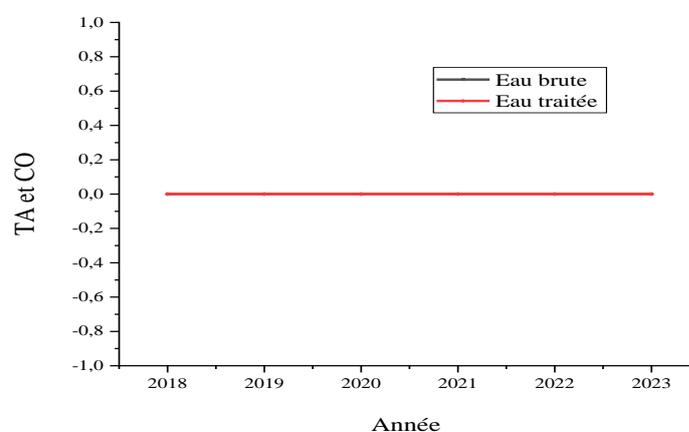


Figure 19 : Variation des carbonates et du TA à la cour de la période d'analyse

Nos résultats montrent une absence totale de TA dans les échantillons étudiée sont représentés par la Figure 19, c'est le cas général des eaux naturelles dont le PH est inférieur a 8,03.

2.1.3. paramètres de la pollution

➤ Nitrites (NO_2^-)

D'après les études de (Dégbey et al, 2010 ; Bricha et al, 2007 ; Lagnika et al, 2014) Les nitrites sont les indicateurs de la pollution. Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates. La pollution nitrique des eaux souterraines serait due aux déchets des animaux, au fumier ou aux engrais chimiques utilisés dans la fertilisation des terres agricoles avoisinantes aux puits. La Figure 20 représente la teneur en nitrites des échantillons d'eau étudiée.

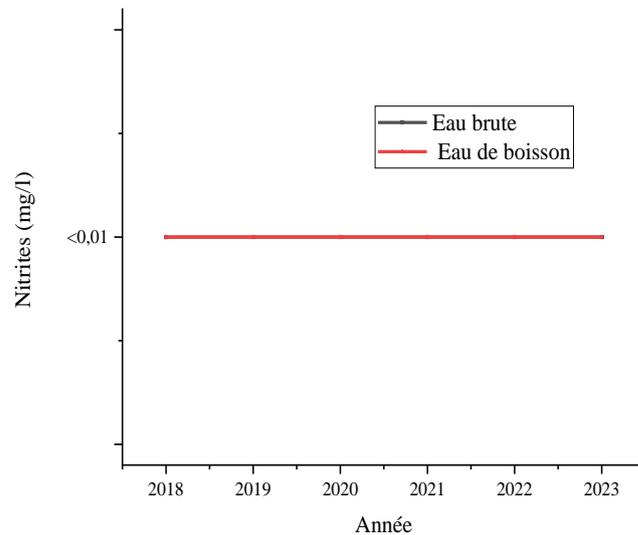


Figure 20 : Variation du Nitrites à la cour de la période d'analyse

Ces valeurs sont négligeables, donc l'eau brute et l'eau de boisson ne contiennent pas de nitrites à cause de sa transformation. Ces valeurs sont dans les normes nationales et internationales (0.2 mg/l) (OMS, 2006 ; JORA, 2011).

➤ Nitrate (NO_3^-)

La concentration en nitrate dans les eaux souterraines est normalement basse, mais peut atteindre des niveaux élevés en raison de l'écoulement agricole, l'écoulement de décharge d'ordures, ou de contamination avec les déchets des animaux ou des humaines. (Sari H, 2014)

Selon les normes algériennes de l'eau potable pour le nitrate, elle est fixée à 50 mg/l (JORA, 2011).

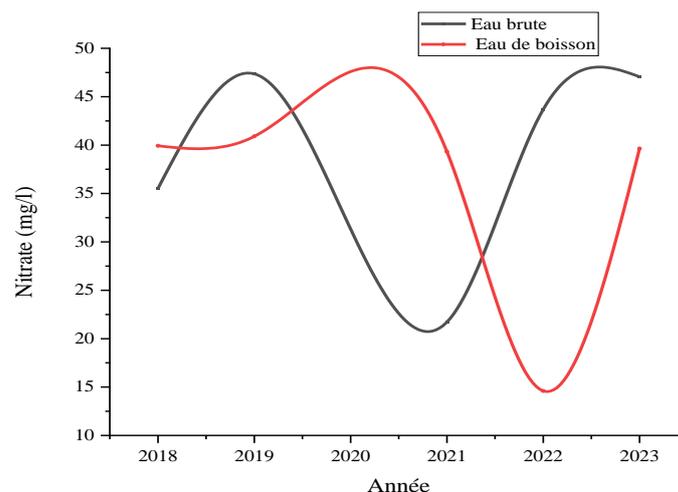


Figure 21 : Variation du Nitrate à la cour de la période d'analyse

Le suivi des teneurs en nitrates a permis d'obtenir les résultats mentionnés dans la Figure 21 et variaient entre 21,71 mg/l à 47,36 mg/l pour l'eau brute et entre 14,59 à 40,9 mg/l pour l'eau de boisson. On remarque une augmentation significative des valeurs, mais elle ne dépasse pas la norme algérienne.

A l'heure actuelle, le nitrate représente avec les pesticides l'une des principales contaminations des ressources en eau souterraine. On a recours à des procédés biologiques ou à des échangeurs d'ion. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrate est très variable suivant la saison et l'origine des eaux. (Rodier et al ,2005)

➤ Ammonium (NH_4^+)

Le nitrate (NO_3^-), et nitrite (NO_2^-), sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement, il résulte d'une nitrification des ions d'ammonium (NH_4^+) présent dans le sol.

Selon (Rejsek, 2002) les ions Ammonium des eaux superficielles peuvent avoir pour origine naturelle par la décomposition des déchets végétaux et animaux, ils se transforment assez rapidement en nitrite et en nitrate par oxydation. Donc la teneur en azote ammoniacal dans les eaux superficielle est normalement faible (< 0.2 mg/l).

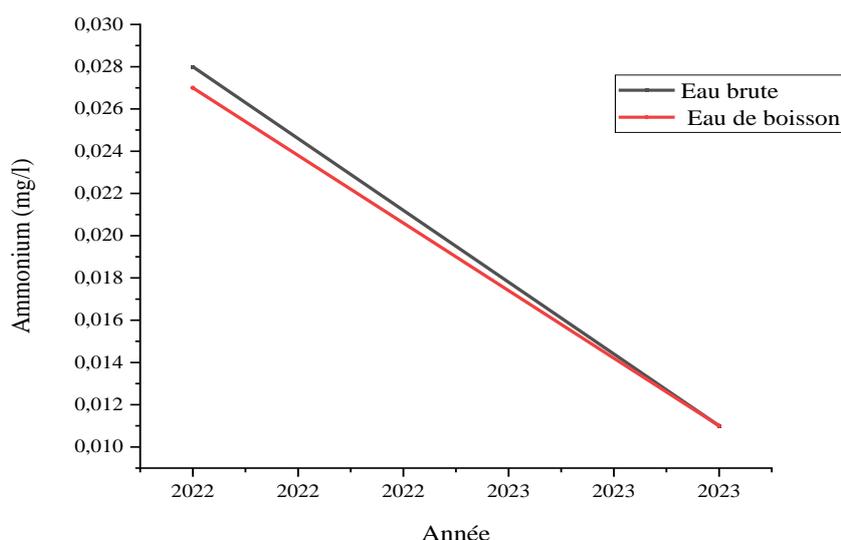


Figure 22 : Variation d'Ammonium à la cour de la période d'analyse

D'après les valeurs enregistrées dans la Figure 22, nous avons constaté une bonne qualité sauf que dans les deux dernières années, on remarque une légère augmentation de NH_4^+ de (0.1 à 0.2) mg/l, Mais les teneurs en ammonium des eaux analysées sont acceptable et répondent aux normes de potabilité nationales et internationales (0.5 mg/l) (OMS, 2006 ; JORA, 2011).

L'Ammonium n'a pas un effet appréciable sur la santé des consommateurs mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industrielle.

➤ Phosphate (PO_4^{3-})

Selon Vilain (1989), le phosphore, est l'un des nutriments importants, peut se trouver sous différentes formes oxydées ; ils ont un effet bénéfique en jouant un rôle régulateur : ils favorisent tous les phénomènes de fécondation, la mise à fruit et la maturité des organes végétatifs

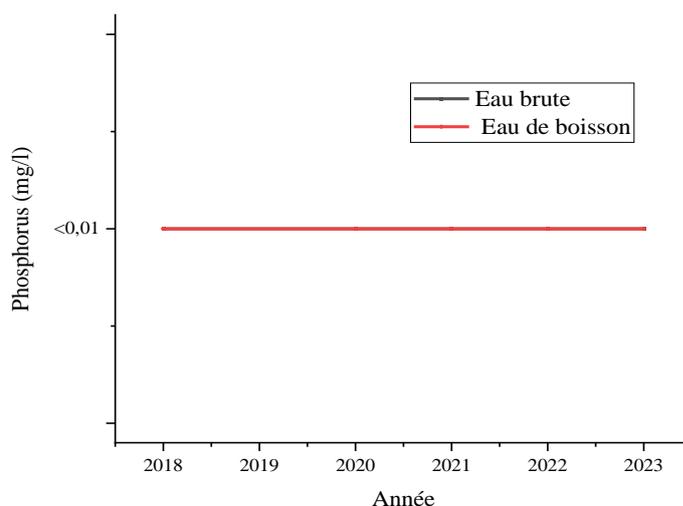


Figure 23 : Variation du Phosphate à la cour de la période d'analyse

Pour ce paramètre les résultats obtenus sont négligeables pour tous les échantillons comme le montre dans la Figure 23. Cela signifie une absence de contamination qu'elle soit d'origine agricole (engrais phosphatés) ou autres. Toutes les valeurs enregistrées ne dépassent pas la norme Algérienne (0,5 mg/l) (JORA, 2011).

➤ **Fer (Fe^{+2})**

Le fer est un élément assez abondant dans les roches (quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. Ce fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. (Guillemin et Roux ,1992).

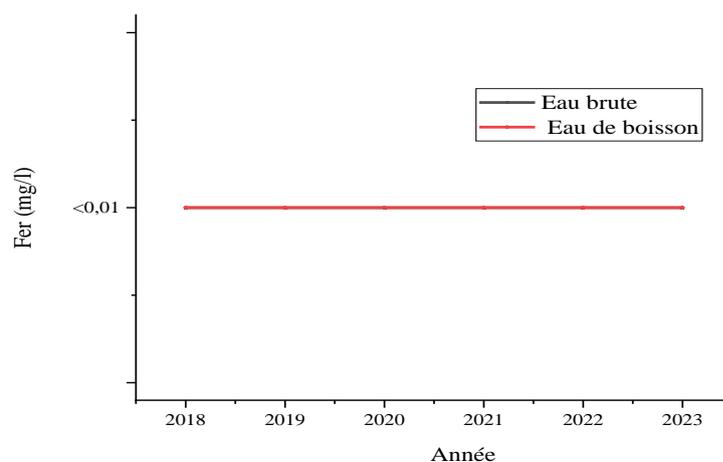


Figure 24 : Variation du Fer à la cour de la période d'analyse

Les teneurs en fer total dans les eaux d'études sont négligeables, (voir Figure 24), et conformes à la norme algérienne de 0,3 mg/l (JORA ,2011).

3. Résultats et discussion des analyses bactériologiques

Pour une eau de bonne qualité bactériologique l'absence totale des germes Pathogènes est souhaitable pour une conformité aux normes national et international. Par contre l'eau de mauvaise qualité bactériologique est basée sur le dénombrement des germes pathogènes tels que les coliformes fécaux, totaux, les streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito réducteurs... (Rodier et al, 2005).

Les résultats d'analyses microbiologiques de nos échantillons d'eau sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Paramètres microbiologiques des eaux brutes

Date	09/12/2018	08/07/2019	26/01/2020	02/11/2021	05/05/2022	21/03/2023
chlore résiduel	EB	EB	EB	EB	EB	EB
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	0
stropto fécaux	1	0	/	/	0	/

Tableau 18 : Paramètres microbiologiques des eaux de boisson

Date	09/12/2018	08/07/2019	26/01/2020	02/11/2021	05/05/2022	21/03/2023
chlore résiduel	0,8	0,3	0,2	0,1	0,5	0,6
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	0
stropto fécaux	0	0	/	/	/	/

D'après les résultats obtenus, nous avons noté une absence totale de tous les germes pathogènes qui peuvent contaminer l'eau de consommation, ce qui signifie que la qualité microbiologique de nos prélèvements est bonne et satisfaisante.

4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés de présenter nos résultats, de les comparer avec la norme Algérienne et avec d'autres résultats des travaux antérieurs obtenus on peut conclure que notre eau est de bonne qualité physico-chimique et microbiologique. À la turbidité, nous avons noté des valeurs variables, ce qui nous indique soit le manque de protection de la source d'eau, soit le manque d'efficacité d'une des étapes de traitement. Il a été démontré qu'il y a une augmentation de certains éléments de pollution, mais en général c'est dans les normes.

Introduction

Les risques induits par l'eau de boisson peuvent être divisés en trois catégories à savoir : les risques à court terme, moyen terme et long terme. Le risque à court terme correspond au risque pris en buvant qu'un seul verre d'eau : il est exclusivement microbiologique. Les risques à moyen et long terme sont liés à la consommation régulière et continue durant des semaines, des mois, même des années d'une eau contaminée chimiquement (Montiel, 2004).

De ce fait, l'eau est le vecteur privilégié de nombreuses pathologies à transmission hydrique (Vincent, 2014). Ces principales pathologies peuvent être d'origine bactérienne, virale, parasitaire, liées à la présence de substance chimique dans l'eau et liées au manque d'eau.

Dans ce chapitre, nous discuterons les résultats obtenus et conclurons si la qualité de l'eau brute est propre à la consommation humaine ou non. Nous discuterons aussi l'impact de la qualité d'eau de boisson sur la santé des populations.

2. Effas potentiels sur la santé à transmission hydriques à Blida

Après enquête sur terrain au niveau des structures hospitalières de la région de Blida, nous avons recueillies des informations sur l'état des maladies à transmission hydrique rencontrées dans cette wilaya (Tableau 19).

Tableau 19 : Etat des maladies à transmission hydrique dans la wilaya de Blida de 2004 à 2013. (Benouaklil ,2013)

Année	Fièvre typhoïdes				Dysenteries				Hépatites virales				Poliomyélite				Choléra				
	NC	C	I	S	NC	C	I	S	NC	C	I	S	NC	C	I	S	NC	C	I	S	
2004	23	23	0	0	8	8	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	7	7	0	0	2	2	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	21	21	0	0	11	10	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	9	9	0	0	1	0	0	1	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	7	7	0	0	2	2	0	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	35	33	0	2	0	0	0	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	6	6	0	0	0	0	0	0	106	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	4	4	0	0	5	5	0	0	79	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012	3	3	0	0	0	0	0	0	43	43	43	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	2	2	0	0	0	0	0	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NC : nombre de cas C : confirmé I : infirmé S : suspect

(DSP, 2013).

3. Effets de Paramètres organoleptiques

Il y a plusieurs notes sur la couleur de l'eau perturbatrice, qui indique le plus souvent une forme de pollution, bien qu'elle en soit la cause, plusieurs consommateurs des consommateurs ont signalé la présence d'une couleur marron ou noire dans l'eau de robinet, cette coloration est constatée généralement après des travaux de réparation des fuites sur le réseau et d'autres ont signalé la présence d'une couleur jaunâtre (matière en suspension colloïdale due à la surexploitation des forages). (Benouaklil ,2013)

Bien que la coloration de l'eau puisse être indirectement liée à des problèmes de santé, sa décoloration se fait surtout pour des raisons d'apparence. Une eau peut être colorée diversement par les éléments qu'elle contient à l'état dissout ou colloïdale (Dupont, 1981). Pourcentage de consommateurs répondants ont signalé un goût de chlore qui est toutefois révélateur d'une eau saine, Il garantit la qualité bactériologique de l'eau durant son transport dans les canalisations jusqu'au robinet. À l'échelle domestique, un remède simple pour limiter le goût de chlore est de mettre l'eau du robinet au réfrigérateur (au froid, le chlore dissous dans l'eau et ne se fera plus sentir) (Benanou, 2007). Et il y a ceux qui ont signalé la présence d'une odeur de chlore alors que et d'autres ont dénoté l'absence de tout type d'odeur.

4. Effets de la turbidité sur la santé

Les types de particules en suspension qu'on rencontre le plus souvent dans les eaux naturelles ne sont pas considérés comme présentant des risques chimiques importants. Le rôle le plus important de la turbidité en matière de santé est son utilisation comme indicateur de l'efficacité des procédés de traitement de l'eau potable, particulièrement la filtration, pour ce qui est de l'enlèvement des pathogènes microbiens pouvant être présents dans l'eau. Il n'y a pas de relation précise entre l'ampleur de la réduction de la turbidité et l'enlèvement des pathogènes. La réduction de la turbidité et l'enlèvement des particules et des pathogènes sont largement fonction de la qualité de l'eau à la source et du choix et de l'exploitation de la technique de traitement. La turbidité a aussi diverses implications en matière de qualité et de traitement de l'eau, selon la nature des particules en cause et les endroits présentant de la turbidité dans le système d'approvisionnement en eau potable. Des mesures de turbidité élevées ou des fluctuations des mesures peuvent indiquer une baisse de la

qualité de l'eau de la source d'approvisionnement, un traitement inadéquat de l'eau ou des perturbations dans le réseau de distribution. (Santé Canada, 2012)

Les résultats de la turbidité obtenus grâce à l'analyse de l'eau (brute et boisson) Elle était instable et connaissait une remontée des eaux souterraines, bien qu'il ait fallu qu'elle soit inexistante du fait de la présence d'eau souterraine, contrairement aux eaux de surface qui sont sujettes à la pollution et les valeurs de l'eau étaient également connues pour augmenter et diminuer après le traitement, car elles atteignaient une valeur sévère 2,37 NTU à l'année 2020.

Mais généralement toutes les valeurs de la turbidité ne dépassent pas la norme algérienne

La turbidité enregistrée chez les différents usagers questionnés dans ce sondage peut avoir également plusieurs origines soit :

- A cause de la vétusté du réseau (cassures des conduites).
- Au niveau des forages, quand ces derniers sont surexploités (comme par exemple, un forage qui a un débit d'exploitation de 10 L/s est exploitée à 15 L/s, la vitesse d'afflux augmente et entraîne les particules de sables à l'intérieur du forage).
- Ce puits est mal protégé, ne possède ni margelle ni couvercle ce qui laisse pénétrer les déchets des animaux et les différents rejets urbains par l'apport des eaux pluviales.

Cependant pour remédier à la turbidité de l'eau brute et la réduire aux normes ou aux seuils acceptables, beaucoup de procédés existent et qui sont employés dans les usines de traitement de l'eau potable à savoir Flocculation / Coagulation, décantation, filtration sur sable ou charbon actif (CFPT, 2002).

5. Effets de la présence des sels minéraux dans l'eau sur la santé

➤ Nitrates et Nitrites (NO_3^- et NO_2^-)

Les composés azotés les plus nocifs sont les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-). Une forte concentration en nitrite indique une pollution bactériologique, par suite de l'oxydation de l'ammoniaque. D'autre part, ces composés provoquent des troubles graves chez les nourrissons, par dégradation de l'hémoglobine du sang et production de méthémoglobine toxique. Ils peuvent provoquer l'hypertension et sont des précurseurs de nitrosamines cancérigènes. (Gilbert.1998 et O.M.S, 1980 ; Diallo, 1996).

Après les analyses de nos travaux, les nitrites sont presque inexistantes, mais pour notre chance, ils manquent dans les valeurs de nitrates, mais ils sont dans les normes applicables et ne sont pas nocifs pour le consommateur humain.

➤ **Chlorures (Cl⁻)**

La présence des chlorures en concentration élevée, affecte le goût de l'eau et accélère la corrosion des métaux dans les réseaux en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau. (Jacques et al, 2002, Allolio B et al, 1999).

Aussi, notons que les valeurs de chlorure ne dépassent pas les normes, mais comme nous l'avons dit, sa hauteur provoque les dommages mentionnés précédemment.

➤ **Calcium et Magnésium (Mg⁺² et Ca⁺²)**

Le calcium et Magnésium est responsable de la dureté de l'eau. Cette dureté est exprimée par le titre hydrotimétrique (TH) en degré français (1°F = 4 mg/l).

Sur le plan de la santé, les eaux dures n'entraînent pas de conséquences, par contre elles provoquent l'entartrage des canalisations et des chaudières, ce qui nécessite d'utiliser plus de savon lors de lavages. (Nedjimi, 2006 et ; Kane, 2000).

Les valeurs de calcium apparaissent dans notre étude comme étant bonnes et n'affectant pas la santé

➤ **Sulfates (SO₄⁻²)**

Les eaux souterraines contiennent pratiquement toujours des sulfates, en proportion très variables. Ces ions sont les moins toxiques, toutefois les fortes concentrations provoquent des troubles gastro-intestinaux ; elles peuvent donner un goût désagréable à l'eau et créer des dépôts tenaces dans les chaudières (Moussa, 2005).

Nous avons dans notre travail les valeurs des précurseurs sont très faibles et ne présentent aucun danger pour la santé.

➤ **Ammonium (NH₄⁺)**

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé humaine, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Dans les eaux profondes, sa présence peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe. 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. (Diallo, 1996 ; Jean, 2002 ; Dore, 1989 ; Moussa, 2005).

L'ammonium représente un grand danger pour la santé du consommateur, et dans notre étude, nous avons constaté une légère augmentation au cours des deux dernières années, et il vaut mieux qu'il soit inexistant, et dans notre cas, il ne nuit pas car il ne dépasse les normes.

➤ **Phosphate (PO_4^{3-})**

Malgré la concentration de PO_4^{3-} sont négligeables dans les eaux étudiées. Il est considéré comme une substance essentielle à la nutrition humaine, et aucune directive sanitaire n'est proposée (CAWST, 2013)

➤ **Fer (Fe^{+2})**

Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/L jour mais 60 à 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés. Un excès de fer dans l'eau se précipite au contact de l'air en formant des flocons rouges qui troublent l'eau et tachent la ligne. (Rodier, 2009).

C'est une des caractéristiques dérangeantes, ça a un goût s'il dépasse sa limite, et on l'a trouvé après analyse avec des valeurs négligeables qui ne le font pas

➤ **Chlore résiduel**

La teneur en chlore résiduel après l'écoulement de la durée de contact doit être comprise entre 0.5 et 1.0 mg/l à l'eau de boisson (OMS, 2006) et entre 0.2 et 0.6 mg/l chez le consommateur (JORA, 2011). Dans le cas où il serait trop bas, il faudrait augmenter la dose de chlore fournie après la désinfection. Si au contraire, la dose est supérieure à la norme, l'ajout d'un réducteur (comme le bisulfite) permettrait de régulariser le chlore résiduel jusqu'à la dose demandée.

En effet la réaction du chlore avec la matière organique présentée dans l'eau est susceptible de donner naissance à des composés appelés «sous-produits de chloration». La présence de ces composés dans l'eau potable peut constituer un problème pour la santé des consommateurs. Les principaux sous-produits de chloration sont les TriHaloMéthanes (THM) soupçonnés d'être toxiques et cancérigènes ainsi que le chlorophénol qui peut être à l'origine de problèmes de goût et de l'odeur (Mouly et al, 2009).

Pour les deux réservoirs Dardar et Chiffa qui alimentent la région d'Oued Alleug (BLIDA), le taux du chlore résiduel oscillent entre 0.5 et 0.8 mg/l. Les valeurs obtenues dans cette étude répondent aux normes fixées par l'OMS. (Avec risque de maladies à

transmission hydrique au niveau de la ville. Cet intervalle concorde avec les résultats expérimentaux présentés par (Mathieu et al, 1992).

6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une explication de l'effet de certains éléments chimiques et physique présentés dans l'eau destinée à l'alimentation en eau potable de la région de Oued Alleug (BLIDA) sur la santé humaine, Ou nous avons expliqué la relation directe entre la turbidité et le pourcentage de contamination bactérienne dans l'eau, la turbidité donc doit être réduite à moins de 5 UNT par un traitement pour rendre l'eau potable. Sans oublier que nous avons comparé les connotations d'éléments toxique (Ammounium), dont nous avons enregistré, aux normes algérienne concernât les objectifs de qualité des eaux traité destinée à l'alimentation en eau potable.

Conclusion générale

Notre étude porte sur l'évaluation de la qualité physico-chimique, bactériologique et organoleptique des eaux de forages (brutes) et l'eau de boisson de la région d'Oued Alleug (BLIDA).

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à la détermination des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes et l'eau de boisson. Après les résultats, nous avons étudié l'impact de la qualité d'eau de boisson sur la santé des populations.

Les eaux brutes et l'eau de boisson sont de qualité physicochimique et bactériologique acceptable car les résultats des analyses sont conformes aux normes algériennes ainsi qu'aux réglementations de l'OMS.

Les eaux brute sont caractérisées par une turbidité élevée allant jusqu'à 0.28 UNT, due à la mauvaise exploitation des forages. Cela pourrait être expliqué par la mauvaise protection des eaux de forage.

Il y a quelques échantillons des eaux testées ont montré de mauvais résultats pour les Nitrates (NO_3^-) et l'ammonium (NH_4^+) ce qui met en danger la santé du consommateur.

Les valeurs enregistrées pour la conductivité électrique dans les eaux de consommation issues des différents champs de captage pour les eaux forages, nous renseignent sur une minéralisation moyenne.

Du point de vue bactériologique les résultats obtenus pour l'eau de boisson montrent l'absence de tous germes indicateurs de pollution telle que les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito-réducteurs, avec un faible taux des coliformes totaux qui ne présente pas un grand danger pour la santé humaine.

D'une manière générale l'eau brute d'Oued Alleug répond aux normes de potabilité, elle est considérée de bonne qualité et nécessite un simple traitement de désinfection et de contrôle permanent des réseaux de distribution, afin de prévenir toutes contaminations.

Enfin, nous suggérons une meilleure prise en charge de suivi de la qualité de l'eau potable dans le réseau de distribution qui est fréquemment soumis à de nombreuses contaminations (fuites, problème de bio film, corrosion). Les mesures préventives comme la multiplication des fréquences des prélèvements d'échantillons pour contrôle chez les abonnés contribuent à minimiser les risques des maladies à transmission hydriques comme le choléra, les fièvres, typhoïde.....

Recommandations

Les résultats de notre travail permettront de mettre à la disposition des autorités des données de base susceptibles d'être exploitées dans le cadre de l'amélioration de la qualité des eaux des forages et l'eau boisson. Pour lutter contre la pollution de l'eau des forages, la mesure la plus facile à appliquer consiste à mener une large campagne de sensibilisation. Nous recommandons dans un avenir très rapproché le respect des mesures suivantes :

➤ À l'endroit du gouvernement

- L'État doit surveiller l'application des lois qu'il a édictées, notamment en matière de qualité d'eau et d'hygiène et l'approvisionnement en eau à des forages et l'eau de boisson doit obligatoirement suivre cette réglementation. La population concernée doit être associée et sensibilisée sur ça.
- Contrôle régulier de la qualité pour vérifier que le traitement et la distribution sont conformes aux objectifs établis et à la réglementation.
- Surveillance généralement à intervalles spécifiés, de l'ensemble du réseau de distribution depuis la source jusqu'aux consommateurs du point de vue de la sécurité micro biologique.
- une éducation sanitaire en encourageant les sensibilisations sur les medias.
- un contrôle permanent des forages.
- l'extension du réseau d'adduction d'eau boisson et la multiplication des bornes fontaines, dans les quartiers non encore suffisamment dotés.
- Etablir des normes nationales de la qualité des eaux de consommation.
- Mettre en place un système d'évacuation correcte des eaux usées.
- Exiger le respect des normes de protection des forages.

Revêtement intérieur : les forages doit être étanche, sa profondeur doit être suffisante

Revêtement extérieur : il comprend généralement.

- une margelle : c'est un équipement fait en surélévation de l'ouverture des forages. Il a pour but d'arrêter tout ce qui doit passer par l'ouverture des forages pour contaminer l'eau.

- La dalle de couverture : elle est en béton armé et de dimensions variables suivant le diamètre des forages. Elle repose sur la margelle et est conforme à ses dimensions.

- La plate-forme : cet aménagement est réalisé tout autour des forages. Cette aire doit être inclinée du puits vers l'extérieure. Une rigole doit la ceinturer et drainer

toutes les eaux qui s'écoulent vers un puisard à quelques mètres des forages
Exiger le respect de la distance entre forages et latrine

➤ À l'endroit de la population

- Respecter une distance minimum de quinze mètres entre forages et latrines.
- Traiter l'eau des forages par le procédé que nous avons décrit dans la première partie du travail ou par tout autre procédé de traitement donnant le même résultat.
- Eviter la vidange des fosses d'aisances dans les rues et faire appel aux services compétents pour effectuer ce travail.
- Aménager les forages.
- Adapter des mesures de potabilisation de l'eau à domicile.
- Une désinfection adéquate de ces eaux des forages et l'eau de boisson afin de les exempter de toutes contaminations microbiennes et chimiques, et prévenir d'éventuel risque d'épidémies.
- Le déplacement des différentes sources des pollutions qui sont actuellement situées à côté des forages, car ils contribuent à l'insalubrité de l'environnement immédiat des dits forages et à la vulnérabilité de la nappe phréatique.
- Le respect du périmètre de sécurité pour la protection de la qualité des eaux des forages contre les sources des pollutions comme les latrines, les fosses septiques, l'élevage, l'agriculture, les pesticides, les zones maraichères et les hydrocarbures...
- Le respect des règles d'art dans la construction des forages.
- Toujours, gardez une hauteur au moins de 0,50 m du point d'eau au-dessus du sol.
- Mettre un compteur volumétrique pour quantifier la consommation.
- Garder la paroi étanche dans la partie non capotant.
- Étanchéité du sol dans un diamètre de 2 m autour du forage, pente vers l'extérieur.
- Mettre une margelle béton au tour de la tête du forage.
- Remplacer les conduites vieillissantes.
- Assurer un assainissement liquide aux alentours du forage.

➤ À l'endroit des structures de production des eaux conditionnées

- Embaucher des personnels qualifiés et compétents en matière de qualité et hygiène.
- Organiser des séances de formation sur hygiène aux ouvriers et contrôleurs.
- Respecter le périmètre de sécurité pour la protection de la qualité des eaux des forages contre les sources des pollutions comme les latrines, les fosses septiques, l'élevage, l'agriculture, les pesticides, les zones maraichères et les hydrocarbures...
- Équiper les forages avec un robinet chacun, installés avant tout système de traitement d'eau pour assurer les conditions du prélèvement dans le cadre du suivi de la qualité.
- Étanchéifier le sol dans un diamètre de 2 m autour du forage, pente vers l'extérieur.
- Assurer un environnement bien assaini.

Références bibliographiques

- **Anonyme. (2003)** : « Documentaire d'aide technique pour les normes directives et objectifs associés à la qualité de l'eau potable en Onarion ».
- **Algéo (Alger Géophysique). (1997)** : Etude Géophysique Dans La Plaine De Guelma. Rapport Interne, 28 p.
- **Andriamiradis, L (2005)** : Mémento technique de l'eau, 2ème édition, Degremont. P : 8.
- **Apfelbaum, (1995)** : Diététique et nutrition 3eme. Edition. Masson
- **ANIREF** : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière. monographie wilaya de Blida.
- **Afnor. (2001)** : Qualité de l'eau, analyses organoleptiques- mesures physico-chimiques paramètres globaux-composés organique .6 ème Ed .ISO 7888-1985 (F) ,73P .
- **Ayad, W. Kahoul, M. (2016)** : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch (N.E - Algérie).Journal Mater. Environ. Sci. 7 (4). 1288- 1297. ISSN : 2028-2508.
- **Alloli, B. Lehmann, R. (1999)** : Drinking water fluoridation and bone. Exp. Clin. Endocrinol.Diabètes, 107.p12-20.
- **Bosca, C. (2002)**. Ground water Law and administration of sustainable development, Mediterranean Magazine, Science Training and Technology, N° 2, p13-17.
- **Boeglin, J. C. (2009)**. Propriétés des eaux naturelles, Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1, 110p.
- **Blifert et Perraud. (2001)** : « Chimie de l'environnement. Air, eau, sols déchets, 1ère édition, Paris.
- **Belaud. (1996)** : « Oxygénation de l'eau en aquaculture intensive ». Cépadues-Ed, collection polytech, 207P
- **Belghiti, M. L. Chahlaoui, A. Bengoumi, D. El Moustaine, R. (2013)** : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio-Quaternaire dans la région de Meknes (Maroc). Lahryss Journal, ISSN 1112-3680, n° 14, 21-36p.
- **Benamar, N. Mouadiah, N. Benamar, A. (2011)** : Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien : le cas de l'oued Cheliff, Colloque international, Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en

Références bibliographiques

méditerranée : quels enjeux pour quels services ?, Université de Provence, Marseille, 6 p.

- **Bouziyani, M. (2000)** : L'eau de la pénurie aux maladies, Edition Ibn Khaldoun, (Oran). p247.
- **Benouaklil, M. (2013)** : Contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation dans le Grand Blida. universite saad dahlab-blida.
- **Belghiti M.L. Chahlaoui, A. Bengoumi, D. ET El Moustaine, R. (2013)** : Etude de la qualité physico -chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plioquaternaire dans la région de Meknès (Maroc), (14), pp. 1112-3680.
- **Benanou, D. (2007)** : « Faute d'outils adéquats, l'étude des caractéristiques
- **Chekroud, H. (2007)**. Etude de la pollution des eaux de la plaine Telezza due aux activités agricoles et commerciales, Mémoire de Magister, Université du 22 Aout 1955, Skikda, Algérie, 56p.
- **Cheval, A. (1982)**. La désinfection des eaux de consommation étude technique de synthèse, technique de documentation. Paris.
- **Chaker, H.K. Slimani, A. (2014)** : Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'abreuvements des ruminants dans la zone semi-aride d'Oum El Bouaghi : Nord-est de l'Algérie, Institut des sciences agronomiques, université d'El Tarf, Algérie, 10p.
- **Chaden, M.H. (2014)** : Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de Lorraine. Pp99.
- **Coulibaly, K. (2005)** : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat en Médecine de Pharmacie et D'Odonto Stomatologie. Université de Bamako. Pp 33
- **Choteau, B. (2014)** : La souffrance globale en fin de vie. Manuel de soins palliatifs- 4e édition : Clinique, psychologie, éthique, p.15
- **CFPT. (2002)** : La turbidité de l'eau potable. Document de consultation publique préparé par le Sous-comité fédéral provincial-territorial sur l'eau potable. 33p.
- **CAWST. (2013)** : « Programme Solidarité Eau » ps-eau. Edité par www.cawst.org.
- **Desjardins, R. (1997)** : Le traitement des eaux, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2éme édition, Québec, Canada, PP : 46-112.

Références bibliographiques

- **Dib, I. (2009)** : L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna, 127 p.
- **Degremont. (1989)** : « Mémento technique de l'eau », 8^{ème} Edition
- **Degremont. (2005)** : «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1, P 39-50.
- **Degbey, C. Makoutode, M. Fayomi, B. Brouwer, C. (2010)** : La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey au Bénin, J Int Santé Trav, Vol 1, PP : 15-22.
- **Diallo Brehima. (1996)** : Analyse et contrôle de la pollution des eaux du fleuve Niger par les rejets liquides urbains et industriels du district de Bamako Thèse Doctorat de Biologie : En sup Bamako.MALI
- **Dore, M. (1989)** : Chimie des oxydants, traitement des eaux, Ed. Lavoisier, Paris.
- **Dupont, A. (1981)** : Hydraulique urbaine tome 1. Editions Eyrolles. 261 P.
- **Franck Rejsek. (2002)** : Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Service culture édition ressources pour l'éducation nationale.
- **Guentri, S. Rahmaniaf, F. (2015)** : Contribution à la connaissance de la remontée et la pollution des eaux. Edition : universitaires européennes. 28p.
- **Guilbert, L. (2000)** : Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire. p 21.
- **Gaujous, D. (1995)** : La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. 2^{ème} édition, Lavoisier, P49.
- **Grhmsm.(2011)** :https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/odw/publicinfo/facts_sheets/pdf/fr/factsheet_drinking_water_program_fr.pdf. Consulté: le 25/05/2021.
- **Gaujous, D. (1985)** : La pollution des milieux aquatiques: Aide mémoire. Édition: revue et augmenté, p. 49.
- **Guillemin. C, Roux. J, (1992)** : La pollution des eaux souterraines. Manuels et Méthodes n° 23, éd. BRGM, 1-25.
- **Gilbert Castany. (1998)** : Hydrologie : principe et méthodes. Ed. Dunod, p 235.
- **Hcefld. (2006)** : Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar Chafaai, cercle d'elbrouge, Province de Settat, 201p

Références bibliographiques

- **Hamed, M. et Guettache, A. et BoBouame, L. (2012)** : Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage Djorf-Torba Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie, Université des Sciences et Technologies Béchar, Béchar, Algérie, p18.
- **Haha, S. (2001)** : Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la Ville de Bamako. Université de Bamako. p21.
- **John Pet Donald, A. (2010)** : Microbiologique. 3ème Edition, 1216 p
- **Jean, L. C, (2002)** : La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Edition. Ministère
- **Jeanb, R. (1975)** : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Coll. Dunod technique. Tome II, Paris.
- **Joel, G. (2003)** : La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités. Paris, France. 65.
- **Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). (2011)** : Décret exécutif n° 11- 125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, PP: 7-25
- **Jacques. H, Claire. H, Paul. J, Michel. D, Philippe H. (2002)** : Eaux de boisson et lithiase calcique urinaire idiopathique, quelles eaux de boisson et quelle cure de diurèse. Progrès en Urologie, 12. p692-699.
- **Jean Juc Celleric. (2002)** : La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Paris.
- **Kettab, A. (1992)** : Traitement des eaux, Les eaux potables, Edition: Office des Publications Universitaires, Alger, PP : 111-123.
- **Kane, B. (2000)** : Evaluation saisonnière de quelques paramètres du contrôle de la qualité de l'eau du réseau d'adduction de la ville de Bamako, Thèse pharmacie, Bamako n°25.
- **Khechna, H. (2011)** : Dynamique des populations et complexe parasitaire de *Phyllocnistiscitrella Stainton*, 1856 (Lepidoptera ; Gracillariidae) sur trois variétés d'agrumes dans la région de Oued-El-Alloug. école nationale supérieure agronomique el-harrach – alger

Références bibliographiques

- **Kahoul, M et Touhami, M. (2014)** : Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, pp.129-138.
- **Lanjri et al. (2014)** : “Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Tanger (Physico-Chemical and Bacteriological Caractérisation Ground water of Tangier)” 1 (5) : 2230–35.
- **Lounnas, A. (2009)** : Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-kroma de Skikda, thèse de magister en chimie, université du 20 Août 1955 de Skikda.
- **Larpent, J.P. (1997)** : Microbiologie alimentaire : Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073 p
- **Loiseau, G et Juery, C. (2002)** : La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Version N° 2. Document technique FNDAE. Hors-Série N° 12. Pp 17.
- **Lefevre. (1993)** : «Les zones humides : espace en voie de disparition. In Actes du colloques sur les zones humides du littoral aquitain », Le Teich, septembre 1985, DRAE d'aquitaine.
- **Lagnika, M. Ibikounle, M. Montcho, J.C. Wotto, V.D. Sakiti, N.G. (2014)**.Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'ouest), Journal of Applied Biosciences, N°79, PP : 6887–6897.
- **Mouly, D. Joulin, E. Rosin, C. Beaudeau, P. Zeghnoun, A. Olszewski-Ortar, A. Munoz, J.F. (2009)** : Les sous-produits de chloration dans l'eau destinée à la consommation humaine en France. Institut de veille sanitaire .73 p.
- **Mathieu, L. Paquin, J.L. Block, J.C Randon, G. Maillard, J. Reasoner, D. (1992)** : Paramètres gouvernant la prolifération bactérienne dans les réseaux de distribution .Eau 5 : 91-112.
- **M.Belkacem, A. (2016)** : « Diagnostic et optimisation du fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de TIPAZA par logiciel water CAD».
- **Metahri. (2002)** : Caractérisations de l'état de pollution et modélisation du pouvoir auto épurateur du Sebaou par la méthode du bilan d'oxygène et évaluation de la pollution par les nitrates. Thèse du magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Références bibliographiques

- **Myrand, D. (2008)** : Guide technique : captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, Québec, p04
- **Merzoug, D et al. (2010)** : Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien), Hydroécol Applied, p77–97
- **Maraza, Z. (2015)** : Etude de l'effet de différents coagulants et adsorbants sur la qualité de l'eau potable de la station de Skikda : science de la matière .Thèse doctorat, Université 20 Août 1955, Skikda, 181 p.
- **Mehanned, S. Zaid, A. Chahlaoui, A. (2014)** : Caractérisation bactériologique du la réservoir du barrage Sidi Chahed. Larhyss Journal.17 : 215-225p.
- **Montiel, A. (2004)**. Contrôle et préservation de la qualité microbiologique des eaux : traitements de désinfection, Traitements de potabilisation et assurance qualité des eaux de consommation humaine, Revue Française des Laboratoires, N° 364, PP : 51-53
- **Moussa, M. Djermakoye, H. (2005)** : Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries, Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse Doctorat en pharmacie. Mali, p 33.
- **Nouayti, N. Khattach, D. Hilali, M. (2015)**. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc), Journal de Matériel et Science de l'Environnement, Vol 6, N° 4, PP : 1068-1081.
- **Nedjimi, S. (2006)**.Contribution à l'étude piézométrique et hydro chimique du Synclinal du Djelfa.Thèse, Ing, Agro. Université de Djelfa. p32.
- **OMS. (1994)** : Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2e éd, 202 p.
- **OMS. (2006)** : Paludisme : lutte antivectorielle et protection individuelle, Série de Rapports techniques, N°936, 71p
- **OMS. (1997)** : Organisation mondiale de la santé. Exigences de qualité .Les eaux destinées à la consommation humaine.
- **OMS. (1980)** : Nitrates, Nitrites et composés N- nitroso. O.M.S série critères d'hygiène de l'environnement, Genève, n°5.
- **OMS. (2009)** : Voyages Internationaux Et Sant 2010 : Situation Au 1er Janvier 2006.World Health Organization.272 p.

Références bibliographiques

- **OMS. (2004)** : Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol 1. Directives, Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p
- **Philippo, P. Pommery, J. Thomas, P. (1981)** : Evolution d'une eau de surface au cours des traitements de potabilisation ; comportement des espèces métalliques au contact des matières humiques, J.fr.Hydrobiol.
- **Potelon, J. L et Zysman, K. (1998)** : Le guide des analyses de l'eau potable. Édition : La lettre du cadre territorial S.E.P.T, pp. 89-119
- **Unicef .PS. Eau, (2012)** : Conservation et traitement de l'eau à domicile.
- **Vincent, M. (2014)** : Evaluation du risque microbien dans l'eau : vers une meilleure gestion des ressources hydriques, revue francophone des laboratoires, N°459, p 27
- **Rodier. (1987)** : «L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux de mer». Dunod.P1365
- **Rodier, J. (1996)** : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7ème édition, Dunod, paris, 1434p.
- **Rodier, J. Bazin, C. Broutin, J. P. Chambon, P. Champsaur, H. Rodi, L. (2005)** : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- **Rodier, J. (2005)** : L'analyse de l'eau, Eaux résiduaires, Eaux de mer. 8ème édition. Dunod. Paris, p .1383, 1479.
- **Rodier, J. (2006)** : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition. Paris. P 158-159-160-1243-1260-1265.
- **Rodier, J. (2009)** : L'analyse de l'eau, eaux naturel, eau résiduaires, eau de mer, 9ème édition, Dunod, paris ,1600p.
- **Rodier, J. Legube, B. Merlet, N. (2009)** : L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579 p.
- **Remini, B. (2010)** : La problématique de l'eau en Algérie, Larhyss Journal, N° 08, PP : 27-46.
- **Rejsek, F. (2002)** : Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques. EDCRDP, Aquitaine. France. 358 p.
- **Regi on de bruxelles-capitale. (2005)** : « Arrêt é du Gouvernement de la Région de Bruxelles- Capitale du 30 juin 2005 remplaçant l'annexe I à l'arrêt é du Gouvernement de la Région de Bruxelles- Capitale du 20 septembre 2001 relatif à

Références bibliographiques

la protection des eaux de surface contre la pollution causée par certaines substances dangereuses », MB du 07.09.2005.

- **Rasmussen, H. et Rouleau, A. (2003)** : Guide de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captages d'eau souterraine : Centre d'étude sur les ressources minérales, Université de Québec à Chicoutimi, 182 p
- **Rejsek, F. (2002)**.Analyses des eaux, les aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux. p 109. p360.
- **Schlumberger. (2002)** : « Mémento de pisciculture d'étang »,4 ème édition CEMAGREF
- **Squilbin. Met Yourassowsky, C. (2005)** : Qualité physico-chimique et Chimique des eaux de surface, 16p.
- **Service de l'Eau (SEVESC). (2013)** : Qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de Versailles et Saint Cloud, 11p.
- **Sedrati, N. (2011)** : Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra-sud est Algérien, thèse de doctorat en géologie, Hydrogéologie, faculté des sciences de la terre, département de géologie, Université Badji Mokhtar-Annaba, 252p.
- **SARI, H. (2014)** : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen). Mém. Ing. sciences des aliments. Univ ABOUBEKR BELKAID TLEMCEM.
- **Sogreah Algérie. (2012)** : «Schéma directeur de l'AEP de la wilaya de BLIDA et étude de l'AEP du couloir EL AFFROUN-BLIDA y compris le pôle universitaire d'EL AFFROUN».
- **Santé Canada. (2012)** : Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique — La turbidité. Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario).(Numéro de catalogue H144-9/2013F-PDF).
- **Tardat .Henry, M. Beaudry, J.P. (1984)** : Chimie des eaux, Ed, le Griffon d'argile INC, Canada, 1984.