

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

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques
Département de Biologie Animale et Végétale



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en Biologie

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Thème

**Analyse de quelques paramètres physico-chimiques
d'une source d'eau au niveau de la commune de
Mizrana (Tizi-Ouzou)**

Présenté par :

M^{lle} Bidi Zaina
M^{lle} Djidja Célia

Devant le jury composé de :

Grade

Lieu d'exercice

Présidente : Mme Chaouchi-Talimat N.

Maitre de conférences A

UMMTO

Promoteur : Mr Mezani S.

Maitre de conférences B

UMMTO

Examineur : Mr Berradj O.

Maitre de conférences B

UMMTO

Promotion 2019-2020



Avant tous nous tenons à remercier le bon DIEU

tout puissant de nous avoir donné santé, patience et courage pour mener à terme ce modeste travail Nous remercions vivement notre promoteur, Monsieur Mezani S de l'aide et du soutien qu'il nous a apporté pour la réalisation de ce travail, nous saluons sa disponibilité, ses conseils à la fois éveilleurs et formateurs.

Nous tenons à remercier la contribution de l'ensemble des membres de jury représenté par :

-Président du jury : Mme Chaouchi-Talmat N

-Examineur : Mr Berradj O

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail.

Nous remercions également le personnel du laboratoire chimie de l'entreprise Electro-Industries.

En fin, nous remercions toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce travail.



Dédicaces

Je dédie ce mémoire

*À notre Dieu, le tout puissant, pour le soufflé dont il nous fait grâce, car c'est
à lui seul que nous devons notre vie. Que la gloire lui soit rendue.*

Àu meilleur des pères

À ma très chère maman

Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté

À qui je dois tout.

À mes frères et sœurs

À qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite

À mes nièces et mes neveux

À mes amis

À ma binôme Célia

À tout ceux qui me sont chers.

Zaina

Dédicaces

Je tiens à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force, la bonne santé, la patience, la volonté et le courage de mener à bon terme ce travail.

Chers parents, c'est avec une énorme reconnaissance et une grande émotion que je vous dédie ce travail, vous êtes et vous serez à jamais ma grande fierté et la source de mon bonheur, que Dieu vous garde pour nous, je vous aime infiniment.

C'est avec grand plaisir que je dédie ce travail à mes frères et mes sœurs, et mes belles sœurs et toute ma famille.

Mes dédicaces s'orientent aussi vers mon bien aimé qui m'a été d'une grande aide et de bons conseils tout le long de ce travail.

Mes dédicaces vont spécialement à mon adorable binôme «Zaina», grâce à qui ces durs mois de travail ne ressemblaient qu'à de vrais moments de plaisir et d'amitié et de partage.

À tous mes amis (es) et mes chers

Enfin, je dédie ce mémoire à chacun qui a participé à sa réalisation de près ou de loin, merci à tous.

Célia

Liste des abréviations

O M S : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

N G : Niveau Guide.

C M A : Concentration Maximale Admissible.

N T U : Unité de Turbidité néphélométrique.

T H : Titre Hydrotimétrique.

°A : Degré allemand.

°F : Degré Français.

°C : Degré Celsius.

TA : Titre Alcalimétrique Simple.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

RS : Résidus Sec.

TDS : Solide Totaux Dissous.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique.

ISO : International Standardisation Organisation (Organisation Internationale de la Normalisation).

AFNOR : Association Française de la Normalisation.

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

mEq : milliéquivalent.

Liste des figures

Figure 1 : La répartition de l'eau sur terre	5
Figure 2 : Le cycle de l'eau	7
Figure 3 : Situation géographique de la commune de Mizrana.	36
Figure 4 : Photo de la source L'3inser T'kechits et du site d'etude.	36
Figure 5 : Photo de la végétation de Mizrana.	37
Figure 6 : Matériels de prélèvement utilisés	38
Figure 7 : pH-mètre	40
Figure 8 : Conductimètre	41
Figure 9 : La burette	42
Figure 10 : Schéma représentatif du dosage de la dureté.	42
Figure 11 : Variations du pH de l'eau de source étudiée dans les 3 prélèvements effectués.	45
Figure 12 : Variation de la conductivité de l'eau de source étudiée dans les 3 prélèvements effectués.	46
Figure 13 : Variation de la dureté de l'eau de source étudiée dans les 3 prélèvements effectués.	47

Liste des tableaux

Tableau 1 : Relation entre la conductivité et la minéralisation.	13
Tableau 2 : Les classes de turbidité de l'eau.	13
Tableau 3 : La classification selon le pH.	24
Tableau 4 : La classification selon la dureté.	25
Tableau 5 : Les risques de la pollution de l'eau.	30
Tableau 6 : Principales maladies d'origine bactériennes.	32
Tableau 7 : principales maladies d'origine virale.	33
Tableau 8 : principales maladies d'origine parasitaire.	33

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Sommaire

Introduction1

Partie bibliographique

Chapitre 1 : généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau	5
2. Composition de la molécule d'eau	5
3. Différents états de l'eau	6
3.1. Eau sous forme solide	6
3.2. Eau sous forme liquide	6
3.3. Eau sous forme de gaz	6
4. Cycle de l'eau	7
5. Sources d'approvisionnement en eau	7
5.1. Sources d'approvisionnement conventionnelles	8
5.1.1. Eaux superficielles	8
5.1.2. Eaux souterraines	8
5.2. Sources d'approvisionnement non conventionnelles	9
5.2.1. Eaux de mers	9
5.2.2. Eaux usées	9
6. Qualité de l'eau	10
6.1. Définition d'une eau potable	10
6.2. Normes de potabilité	10
6.3. Caractéristiques d'une eau potable.....	10
6.3.1. Paramètres organoleptiques.....	11
6.3.2. Paramètres physiques	11
6.3.3. Paramètres chimiques.....	15
6.3.4. Paramètres indésirables	17
6.3.5. Paramètres de toxicité	18
6.3.6. Paramètres de pollution	19
6.3.7. Paramètres biologiques	20
6.3.8. Paramètres bactériologiques.....	20
6.4. Eaux de sources	22
6.4.1. Différents types de sources	22

6.4.2. Traitement de l'eau de source	23
6.4.3 Classification des eaux	23
7. Législation et textes.....	25
7.1. Textes législatifs.....	25

Chapitre 2 : Pollution des eaux et maladies hydriques

1. Généralité sur la pollution des eaux.....	28
1.1 Définition de la pollution de l'eau.....	28
1.2 Classification de la pollution.....	28
1.2.1. Classification selon le type du polluant.....	28
1.2.2. Classification selon l'origine de la pollution.....	29
1.3. Conséquences de la pollution.....	29
2. Maladies à transmission hydrique	31
2.1. Généralité	31
2.2. Types de maladies à transmission hydrique	32
2.2.1. Maladies d'origine bactérienne	32
2.2.2. Maladies d'origine virale	33
2.2.3. Maladies d'origine parasitaire	33

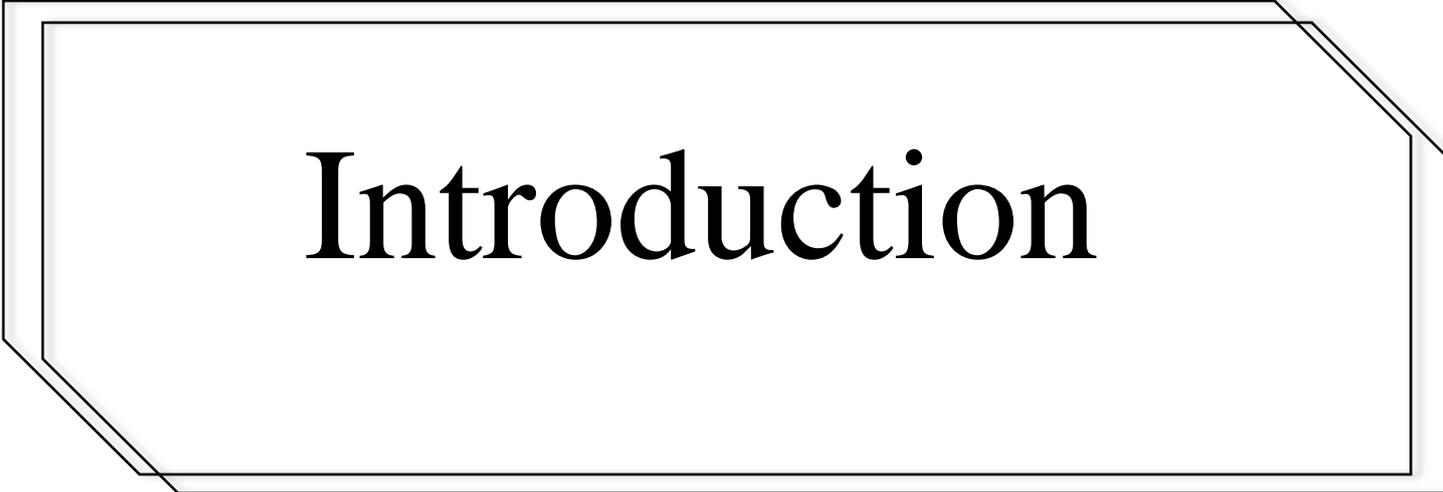
Partie expérimentale

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

1. Présentation de la région d'étude (Mizrana).....	36
2. Présentation du site d'étude	36
3. Climat.....	37
4. Couvert végétal	37
5. Prélèvement des échantillons sur terrain.....	38
6. Analyses organoleptiques	39
6.1 Test de la couleur.....	39
6.2 Test de l'odeur.....	39
6.3 Test de goût et de saveur	39
7. Analyses physico-chimiques.....	39
7.1 pH	39
7.2 Conductivité.....	40
7.3 Dosage de la dureté totale (TH).....	41

Chapitre2 : Résultatsetdiscussions

1. Résultats et interprétations.....	44
1.1 Paramètres organoleptiques.....	44
1.1.1.Couleur.....	44
1.1.2.Odeur.....	44
1.1.3. Saveur.....	44
1.2.Paramètres physico-chimiques.....	44
1.2.1.Potentiel Hydrogène (pH).....	44
1.2.2.Conductivité.....	46
1.2.3.Dureté totale.....	47
Conclusion.....	50
Références bibliographiques.....	52
Annexes.....	59
Résumé	



Introduction

L'eau est d'une importance biologique et économique capitale. L'hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologiques. L'eau est à la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole, et un moyen de transport (Henri, 2012).

En effets dès le XIX^{ème} siècle, le souci de la protection de la santé publique avait montré la nécessité de préserver les ressources, et de maintenir la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Rejsek,2002).

Une eau destinée à la consommation humaine est potable, lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme à la santé des individus (John et Donald, 2010).

Les sources d'eau naturelles constituent des biotopes originaux et ponctuels qui occupent de très petites surfaces à l'échelle mondiale.

L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure qui concerne tous les pays du bassin méditerranéen. Le changement climatique et la croissance urbaine et démographique attendus dans la région, risquent d'aggraver la situation de stress hydrique. En Algérie, plusieurs facteurs peuvent expliquer la situation de ce stress : croissance démographique, évolution de la demande en eau ... ainsi les ressources limitées, vulnérables et inégalement réparties. Face à cette situation, les ressources en eau ne suffiront pas à long terme.

Du coup l'Algérie est appelé à développer ses capacités en ce qui concerne la maitrise de l'eau, la bonne estimation de la demande en eau offre une meilleure gestion des ressources.

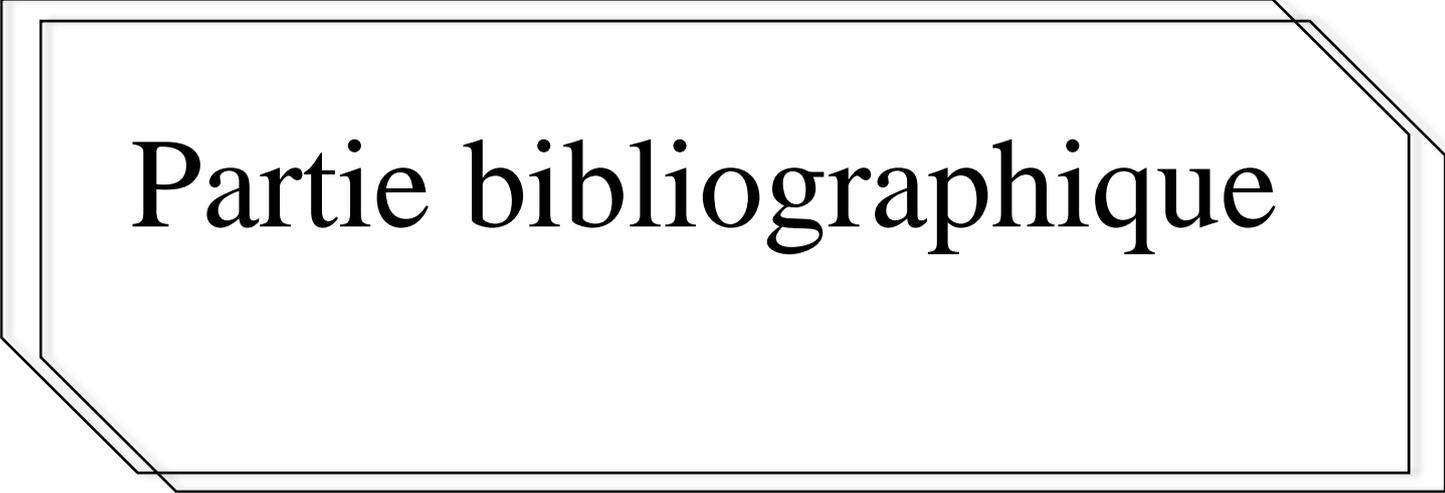
La wilaya de Tizi-Ouzou recèle d'importantes potentialités hydriques, permettant à la fois la satisfaction des besoins des communes de la wilaya. Dans certaines régions de la wilaya de Tizi-Ouzou, les eaux souterraines qui constituent la seule ressource en eau potable des populations humaines sont sous l'influence d'un ensemble de facteurs naturels et anthropiques.

L'objectif de notre travail est l'analyse de quelques paramètres physico-chimiques d'une source d'eau naturelle située dans la forêt Mizrana, dans le but d'évaluer sa potabilité.

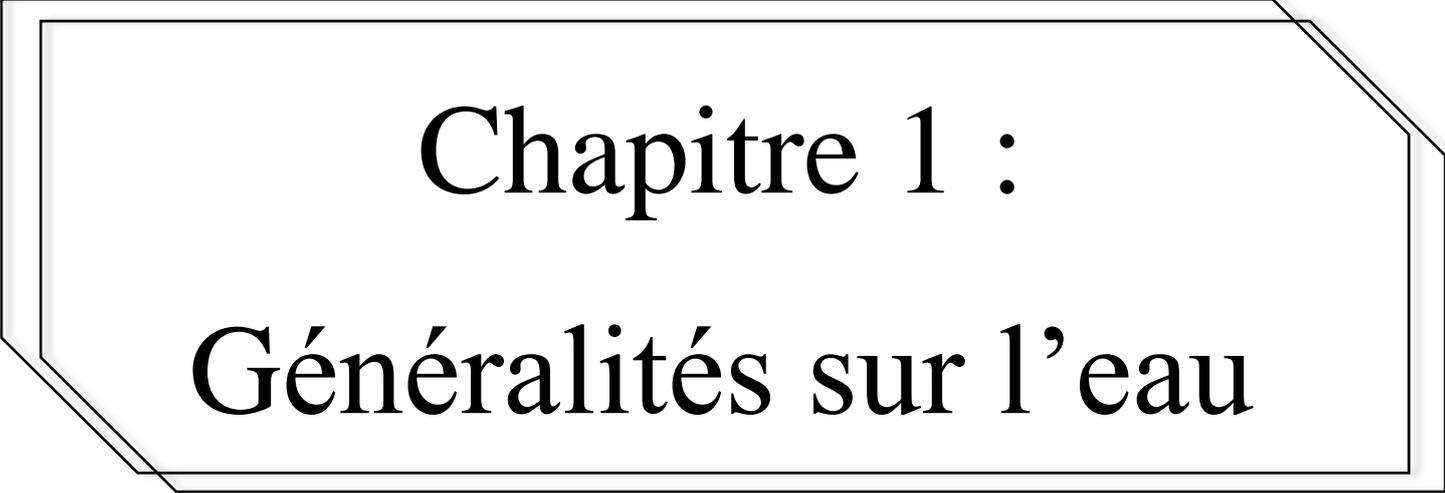
Les analyses d'échantillons d'eau ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'entreprise d'Electro-Industries de Freha (wilaya Tizi-Ouzou).

Pour mener à terme cette étude nous avons structuré notre travail en deux parties :

- La partie bibliographique : qui comporte deux chapitres : le premier chapitre est consacré aux généralités sur l'eau. Dans le deuxième chapitre, nous traitons la pollution des eaux et les maladies hydriques
- La partie expérimentale : nous exposons le matériel utilisé, la méthodologie expérimentale adoptée et les résultats obtenus ainsi que leurs interprétations, et enfin nous terminons par une conclusion avec quelques perspectives.



Partie bibliographique



Chapitre 1 :

Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau

Nom féminin du latin *aqua*, l'eau est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire. L'eau est considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70% de leurs poids en moyenne).

La majeure partie de l'eau (97%) est contenue dans les océans (Figure 1), et est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'Homme. Les 3% d'eau douce restants ne sont toutes fois pas entièrement disponibles pour l'Homme. En effet, environ 68,3% de celle-ci se présente à l'état solide dans les glaciers et 31,4% seulement se trouve à l'état liquide dans les nappes phréatiques, les lacs d'eau douce, les rivières et l'eau contenue dans la matière vivante...etc. une faible proportion de ces 31,4% est sous forme de vapeur d'eau dans l'atmosphère (Assouline et Assouline, 2007).

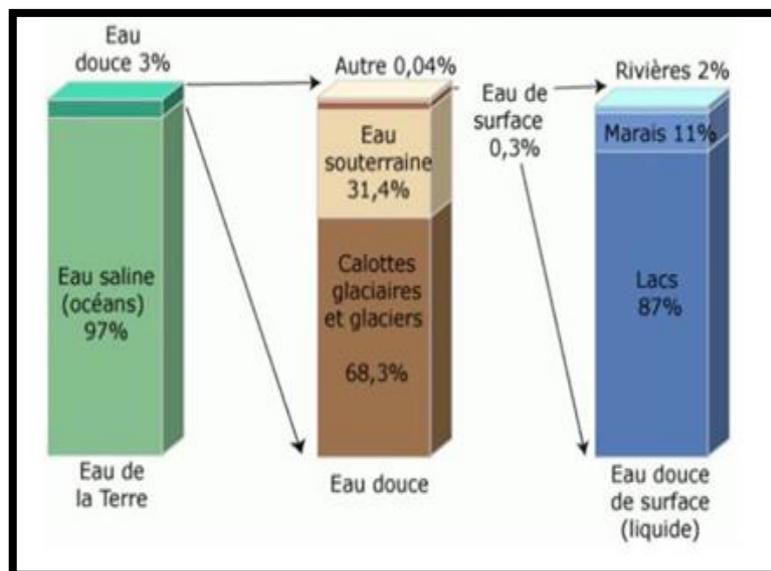


Figure 1 : La répartition de l'eau sur terre (Vasco, 2017).

2. Composition de la molécule d'eau

H_2O est la formule de la molécule d'eau. Dans cette molécule, un atome d'oxygène O est relié à deux atomes d'hydrogène H par des liaisons Covalentes. La molécule a la forme d'un V majuscule, d'angle au sommet proche de 105° .

L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécule de H₂O, elle est un très bon solvant, et dissout un grand nombre de corps ioniques, comme les sels en donnant des ions, ainsi que certaines substances chimiques toxiques ou non formées de molécules polaires (Metahri, 2012).

En effet, l'eau se charge en composé solides ou gazeux tout au long de son cycle, suivant le milieu (rivières, roches, atmosphère) dans laquelle elle circule (Saidi, 2014).

3. Différents états de l'eau

L'eau est un constituant fondamental de notre environnement. Elle se présente sous différents états : sous forme solide, liquide et gazeuse.

3.1. L'eau sous forme solide

L'eau est solide quand la température est inférieure à 0 °C. C'est la glace de la banquise au niveau des pôles, celle des glaciers alpins, la neige sur laquelle nous pouvons skier, le givre qui se forme par temps froid sur les arbres en hiver. Les calottes glaciaires et les glaciers représentent 2,1 % de l'eau présente sur la Terre (Merouani et Bouguedah, 2013).

3.2. L'eau sous forme liquide

Les plus grands réservoirs d'eau liquide sont les océans et les mers constituées d'eau salée ; ils représentent 97,2 % de l'eau de la Terre. Les autres réservoirs d'eau liquide sont les lacs, les rivières et les eaux souterraines. Ils sont constitués d'eau douce. Les lacs et les rivières correspondent à 0,01 % de l'eau présente sur Terre et les eaux souterraines à 0,06 % de cette eau (Lazhar, 2011).

3.3. L'eau sous forme de gaz

Dans l'atmosphère, l'eau existe sous forme de gaz. C'est la vapeur d'eau présente dans l'air humide. Elle ne correspond qu'à 0,001 % de l'eau de la Terre (Merouani et Bouguedah, 2013).

4. Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est bien connu : évaporation des océans, des eaux terrestres et de la végétation, précipitation sous formes de pluie ou de neige, infiltration, ruissellement ou écoulement souterrain, sortie aux exutoires, en sont les principales composantes.

Cependant, l'importance des volumes en jeu et la durée des diverses phases de ce cycle sont souvent méconnues (Collin, 2004). La figure 2 ci-dessous représente le cycle de l'eau.

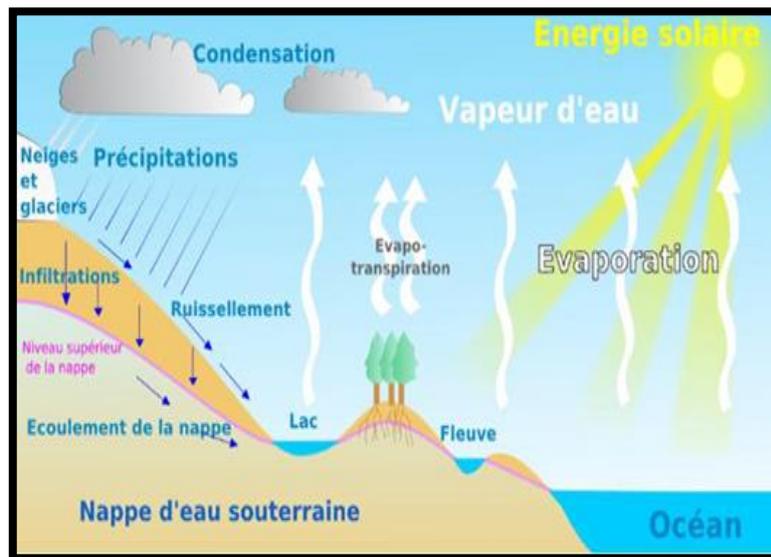


Figure 2 : Le cycle de l'eau (Sari, 2014).

5. Les sources d'approvisionnement en eau

Les ressources en eau sur terre, sont classées en deux grands groupes : Les ressources en eau conventionnelles et les ressources en eau non conventionnelles.

En Algérie, les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. L'exploitation de ses ressources est très intense avec les besoins grandissant liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture et l'industrie (Harrat et Achour, 2010).

La gestion des ressources en eau, en quantité et qualité, reste au centre des préoccupations du pays compte tenu de l'insuffisance des ressources qui est souvent aggravée par la sécheresse (Bouchemal et Achour, 2015).

Le degré de qualité exigible des eaux dépend évidemment de ses usages, et on est particulièrement attentif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, elle-même dépendante de celle des ressources en eau disponibles (Festey et *al*, 2003).

5.1. Les sources d'approvisionnement conventionnelles

Les sources d'approvisionnement conventionnelles comprennent les eaux superficielles et les eaux souterraines

5.1.1. Les eaux superficielles

Il s'agit des masses d'eaux bien individualisées solides ou liquides, immobiles ou en mouvement. Elles se trouvent en contact étroit avec le sol d'un côté et avec l'atmosphère de l'autre côté. Leur origine est l'eau des précipitations. Elles sont constituées par les eaux des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrages-réservoirs et glaciers (Vilagines, 2010).

La qualité des eaux brutes de surface dépend fortement des phénomènes saisonniers (prolifération des algues et des planctons, etc.) et des événements météorologiques. Leur capacité d'adsorption très limitée et l'absence d'un mécanisme de filtration permettent aux solides, dissous ou non, de propager rapidement : d'où la qualité très fluctuante des eaux superficielles. Leur pollution microbiologique est généralement très importante. Les dangers proviennent des eaux de ruissellement sur les surfaces d'exploitation agricole et forestière (pesticides, fertilisants, engrais de ferme), des déversements des eaux usées, de la sédimentation des polluants de l'air (Arab et Oudafel, 2015).

5.1.2. Les eaux souterraines

Lorsque l'eau superficielle pénètre dans le sol, une partie est retenue à la surface des grains ou dans les micro-interstices. Cette quantité d'eau retenue est caractéristique d'un sol donné et se définit comme sa capacité de rétention (Vilagines, 2010).

L'autre partie de cette eau superficielle, percole en direction de sous-sol sous l'action de la pesanteur. Ce sont les eaux des nappes phréatiques, qui correspondent à 22% des réserves d'eau douce, soit environ 1000 milliards de m³. Leur origine est représentée par l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et de la structure géologique du sol. Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de

pollution, elle est donc d'excellente qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface (Aissaoui, 2013). Cependant, elles ne sont pas toujours consommables. Leur consommation dépend de leurs teneurs en éléments chimiques et minéraux qui doivent respecter les normes de potabilisation.

5.2. Les sources d'approvisionnement non conventionnelles

5.2.1. Les eaux de mers

La mer s'étend sur 71% environ de la surface du globe. L'hémisphère sud est le principal réservoir d'eau de mer. Dans l'hémisphère nord on trouve plusieurs mers salées (mer Méditerranée, mer Baltique...) qui communiquent pour certaines avec l'océan. La mer est multicolore, car elle reflète les différentes teintes du ciel (Moulin, 2004).

5.2.2. Les eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leurs charges polluantes, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisances (Metahri, 2012).

Non traitées ou mal traitées, les eaux usées présentent un risque pour la santé publique, pour la contamination des eaux destinées à la consommation et pour les eaux superficielles ainsi qu'une menace à l'équilibre écologique. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, 2003 : « une évacuation hygiénique des excréta et des déchets liquides qui ne comporte aucun danger pour la communauté doit être l'objet fondamental de tous les programmes d'assainissement ».

Les eaux usées sont maintenant réutilisées à différentes fins dans de nombreux pays, en particulier au Moyen-Orient, et cette pratique devrait se répandre à l'avenir. L'eau non potable est utilisée partout dans le monde pour l'irrigation et le refroidissement industriel. Les villes se tournent également vers la réutilisation de l'eau pour compléter l'approvisionnement en eau potable, profitant des progrès réalisés en matière de traitement de l'eau (Wirtgen, 2009).

6. Qualité de l'eau

6.1. Définition d'une eau potable

L'eau potable est une eau qui doit être exempte de microorganismes pathogènes et de substances toxiques en vue de la préserver, contenir une certaine quantité de sels minéraux et de microorganismes saprophytes. Elle doit par ailleurs être limpide, incolore et ne présente aucun goût ni odeur désagréable (O.M.S, 1986).

L'eau potable est toute eau qui ne porte pas atteinte à la santé du consommateur, quel que soit son âge ou son état physiologique, et ce à court terme et à long terme. Les caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques doivent être conformes à des normes de potabilité (Rambaud et Dellatre, 1992).

6.2. Normes de potabilité

D'après le code algérien des eaux du 16/07/1983 dans son article 57 chapitre 1, une eau est dite potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment. Elle ne doit pas contenir de substances chimiques en quantité nuisible à la santé publique ni de germes pathogènes. Elle doit être inodore, incolore et agréable à boire.

En général on adopte les normes de l'O.M.S, ces normes sont assez tolérantes vis-à-vis de certains critères. Les plus utilisés sont les critères physico-chimiques et les critères toxicologiques. Il importe à chaque pays, d'établir sa propre législation, en fonction des critères locaux et du degré de son développement. Les standards référence dans ce domaine diffèrent donc, selon les époques et les pays.

Les normes de qualité d'une eau potable sont données (Voir Annexe 1 et 2):

- Selon les normes algériennes relatives à la qualité de l'eau de consommation humaine (décret exécutif n° 11-125 JO N°18 du 23mars 2011).
- Selon les valeurs guide de l'O.M.S en 2006.

6.3. Caractéristiques d'une eau potable

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux règlements généraux d'hygiène et à toutes les mesures propres pour préserver la santé de l'homme.

6.3.1. Paramètres organoleptiques

➤ Couleur

Une eau potable ne doit pas présenter une couleur, cependant la coloration de celle-ci est due généralement à la présence de substance colorées provenant essentiellement :

- De la nature présence de substances minérales en particulier le fer et le manganèse.
- De l'eutrophisation (développement excessif d'algues et de plancton) ainsi la décomposition des matières végétales.
- De l'industrie chimique (teinture et l'industrie textile).

Une coloration de l'eau est indésirable, car elle provoque toujours un doute sur sa potabilité. Elle doit être éliminée pour la rendre agréable à boire (Degremont, 1989).

➤ Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances (Rodier, 2005).

➤ Goût et saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de 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).

6.3.2. Paramètres physiques

➤ Température

Selon Rodier (2005) et Gaujous (1995), la température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz. En effet, l'augmentation de la température s'accompagne d'une diminution de la concentration de l'oxygène dissous, préjudiciable à la flore et à la

faune. La température d'une eau potable devrait être inférieure en été, et supérieure en hiver à la température de l'air. Pour qu'une eau soit désaltérante, sa température doit se situer entre 8 et 15°C (Rodier, 1984).

La détermination de la température est faite au laboratoire, à l'aide d'un thermomètre incorporé à l'oxymétrie étalonné avant chaque manipulation. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (°C) (Kassim, 2005).

➤ Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH de l'eau est une mesure de l'acidité de celle-ci, c'est-à-dire de la concentration en ions hydrogène (H^+). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane "7" correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de "4" à "10" en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Le pH n'a pas de signification hygiénique, mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau (Rodier, 1984). Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, qui est toxique. Le pH d'une eau potable doit se situer entre 6.5 et 8.5 (OMS, 1986).

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électro-métrique avec électrode combinée selon la norme AFNOR. Cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon, une électrode spécifique (Lazhar, 2011).

➤ Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une solution est sa capacité à conduire le courant électrique, elle dépend de la présence des ions et de leur concentration relative, ainsi que de la température à laquelle s'opère la mesure. La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement, mais approximativement la minéralisation globale de l'eau ainsi d'avoir une idée sur la teneur en sels dissous (Rodier, 1984). Elle s'effectue à l'aide d'un conductimètre. Le tableau 1 représente la relation entre la conductivité et la minéralisation.

Tableau 1 : Relation entre la conductivité et la minéralisation (Rejsek, 2002).

C = Conductivité($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
$C > 100$	Très faible
$100 < C < 200$	Faible
$200 < C < 333$	Moyenne
$333 < C < 666$	Moyenne accentuée
$C > 1000$	Elevée

➤ Turbidité

La turbidité a pour origine la présence de matière en suspension qui donne un aspect trouble à l'eau. Autrement dit, c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes.

Pour la sécurité du consommateur, l'eau destinée à la consommation doit présenter une turbidité inférieure à 5 NTU (unité de turbidité néphélogométrique) (Rodier, 1984 ; Rejsek, 2002 et Rodier, 2009).

Les classes de turbidité usuelles sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Les classes de turbidité de l'eau (Rodier et al, 2009).

$\text{NTU} < 5$	Eau claire
$5 < \text{NTU} < 30$	Eau légèrement trouble
$\text{NTU} > 50$	Eau trouble

➤ Dureté totale TH

La dureté de l'eau s'exprime par l'aptitude de cette dernière à réagir et à faire mousser le savon. A l'heure actuelle, on appelle dureté ou titre hydrotimétrique (TH) la somme des cations alcalino-terreux présents dans une eau. En pratique, on ne considère que les cations dont les concentrations soient supérieures à 1 mg/l, c'est le cas des ions calcium et magnésium. Ces ions sont présents dans l'eau sous forme de sels de chlorure, de sulfate ou d'hydrogénocarbonate.

On détermine le caractère de la dureté d'une eau en fonction de la valeur TH_i comme suit :

- ⇒ Entre 00 et 10°F : eau très douce
- ⇒ Entre 10 et 20°F : eau moyennement douce
- ⇒ Entre 20 et 30°F : eau dure
- ⇒ Supérieur à 30°F : eau très dure (Si Abderahmane, 2016)

$$1^{\circ}\text{F} = 10 \text{ mg CaCO}_3/\text{l} = 0,2 \text{ mEq/l} = 0,56^{\circ}\text{A}$$

➤ Alcalinité TA et TAC

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogencarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-) (Saidi, 2014).

Pour la détermination de l'alcalinité, on distingue deux titres :

- **Titre Alcalimétrique Complet (TAC) :** correspondant à l'alcalinité totale au pH de 4,5 ce qui revient à déterminer les ions d'hydrogencarbonates (HCO_3^-), les ions de carbonates CO_3^{2-} et les ions d'hydroxydes OH^- .
- **Titre Alcalimétrique Simple (TA) (alcalinité composite) :** elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions d'hydroxydes OH^- et à la moitié des ions de carbonates CO_3^{2-} . Cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égale à 8,3 (Rejsek, 2002).

➤ Salinité

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Elle s'exprime en g par Kg d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anions (ions chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner (Gaujous, 1995).

➤ **Résidu Sec (RS)**

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg /l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (Khelili, 2015).

Le résidu sec d'une eau, s'évalue en pesant les composés restant après évaporation et séchage à 105°C d'un échantillon préalablement filtré, on parle aussi de solides totaux dissous (T.D.S). Il permet donc d'approcher la valeur de la minéralisation.

➤ **Résidu total**

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension dans l'eau, c'est le résidu total, si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

6.3.3. Paramètres chimiques

➤ **Minéralisation globale**

La minéralisation globale correspond à la concentration de l'ensemble des sels minéraux dissous, la somme des cations et des anions et dépend de la géologie des terrains traversés.

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue les cations calcium, magnésium, sodium, potassium, les anions chlorures, sulfates, nitrates et bicarbonates. (Rodier et *al.*, 2009).

➤ **Cations**

✚ **Calcium (Ca^{2+})**

Il provient principalement de la dissolution des calcaires et des marnes. Sa présence en grande quantité peut être aussi due à la dissolution du gypse. La dissolution ou la précipitation du calcaire dépend de la teneur en CO_2 et du pH. Les eaux potables de bonne qualité renferment 100 à 140 mg/l de Ca^{2+} (Saidi, 2014).

Magnésium (Mg^{2+})

Il peut avoir d'une part une origine provenant de la dissolution des roches dolomitiques, magnésites, basaltes et argiles, et d'autre part origine industrielle. Son abondance géologique et sa grande solubilité font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes allant de quelques milligrammes à quelques plusieurs centaines de milligrammes par litre. A partir d'une concentration supérieure à 100mg/l, il donne à l'eau un goût désagréable.

Sodium (Na^+)

Le sodium est un élément alcalin que l'on trouve dans des sels sous forme d'ion Na^+ , c'est un élément constituant de l'eau, mais sa teneur peut y varier considérablement, d'une façon générale. Il est très soluble dans l'eau et se trouve à des concentrations plutôt faibles dans les eaux brutes. Il affecte la qualité organoleptique de l'eau lorsque la teneur dépasse 200mg/l (Si Abderrahmane, 2016).

Potassium (K^+)

Le potassium beaucoup moins abondant que le sodium est rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l. il ne présente aucun inconvénient particulier, bien que le ^{40}K soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau.

➤ **Les anions**

Chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont naturellement présents dans les eaux. Leur origine est essentiellement géologique (argile, marnes, et calcaire dolomitiques), mais ils peuvent provenir également d'une pollution organique par les pesticides principalement les organochlorés, les détergents, les épandages et par les rejets industriels. Une surcharge en chlorure dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Les directives de l'Union Européenne et de l'O.M.S précisent qu'au-delà d'une concentration de 200 mg/l de chlorure (Cl^-), des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (Bouziani, 2000).

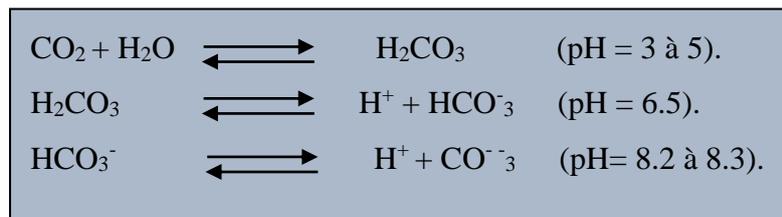
✚ Les sulfates (SO_4^{2-})

Ils proviennent des argiles, des marnes, des matières d'origine animale (matières fécales) et des détergents. Leur présence dans l'eau naturelle résulte également de la solubilité des sulfates de calcium (gypse) et de l'oxydation des sulfures dans les roches.

La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/l (Ghazali et Zaid., 2013).

✚ Bicarbonates

Les bicarbonates proviennent de la dissolution des carbonates de calcium et de magnésium. Ils sont responsables de la dureté temporaire de l'eau. En trop grande quantité, ils peuvent donner un goût amer et acre à l'eau (Saidi, 2014). A basse température, le CO_2 se dissout dans l'eau et favorise sa transformation en acide carbonique (H_2CO_3) qui donne les ions HCO_3^- ces réactions chimiques sont liées à l'évolution du pH :



6.3.4. Paramètres indésirables

Ce sont des substances qui peuvent créer soit un désagrément pour le consommateur : goût et odeur (matières organiques, phénols, fer...), couleur (fer, manganèse, cuivre, zinc...), soit causer des effets gênants pour la santé (nitrates, nitrites, fluor...) (Devillers et al, 2005).

➤ Fer (Fe^{2+})

Le fer contenu dans l'eau peut être entropique. Dans l'eau potable, la teneur maximale acceptable est de 0,3 mg/l (Rodier, 2005).

➤ **Manganèse (Mn^{2+})**

La teneur en Mn^{2+} est limitée à 0,05 mg/l (la teneur souhaitable est inférieure ou égale à 0,01 mg/l) dans les eaux potables pour le goût qu'il peut donner, pour les taches et les dépôts qu'il peut occasionner et aussi parce qu'il favorise la croissance de certains micro-organismes (Degremont, 2005).

➤ **Aluminium (Al^{3+})**

Les rejets industriels, l'érosion, le lessivage des minéraux et des sols et les précipitations constituent pour l'aluminium les principales voies d'accès au milieu aquatique. Une des causes les plus courantes de la présence d'aluminium est le traitement de l'eau par des sels d'aluminium comme agent coagulant (Vilaginès, 2003).

➤ **Cuivre (Cu^{2+})**

La concentration de cuivre pour laquelle est détectée une mauvaise saveur est située entre 1 et 2 mg/l, et la concentration supérieure à 5 mg/l rend l'eau imbuvable (Degremont, 1984).

6.3.5. Paramètres de toxicité

La présence d'éléments toxiques dans l'eau est dangereuse pour la santé en cas de consommation régulière. Les matières toxiques sont constituées de micropolluants minéraux (métaux lourds) on distingue :

- **Arsenic (As)** : tous les composés de l'arsenic présentent des risques toxiques pour l'homme, mais ceux-ci varient en fonction de leur solubilité dans l'eau (Potelon, 1998).
- **Cadmium (Cd)** : le cadmium est un élément toxique même à faible dose. Son principal danger réside dans son effet cumulatif (Potelon, 1998).
- **Plomb (Pb)** : les eaux de surface peuvent atteindre des concentrations de l'ordre de 600 $\mu g/l$. il est facilement éliminé par certains traitement classique (Potelon, 1998).

- **Chrome (Cr)** : à l'état naturel, il est hautement insoluble, mais il peut dans certaines conditions devenir plus soluble par l'érosion, l'oxydation et l'action des bactéries. En pratique, sa présence dans l'eau est plus souvent liée aux rejets des eaux usées industrielles, il est assez utilisé dans l'industrie de fabrication d'acier et en métallurgie.

6.3.6. Paramètres de pollution

La pollution des eaux se mesure par la demande biologique en oxygène (DBO) et la demande chimique en oxygène (DCO), elle prend en charge l'azote ammoniacal, nitrites, nitrates et phosphates.

- **Ammonium (NH₄⁺)**

L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique. Sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels, soit à la réduction des formes azotées (nitrites et nitrates) en conditions réduites. Pourriot et Meybek (1995) ont considérés que les eaux naturelles présentent une teneur de l'ordre de 0,0015 mg/l en NH₄⁺ mais d'une manière générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammoniaque (Aouissi et Houhamdi, 2014).

- **Nitrites (NO₂⁻)**

Considéré comme un élément toxique, c'est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium NH₄⁺. Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels (Aouissi et Houhamdi, 2014).

- **Nitrates (NO₃⁻)**

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Ils sont abondamment ré pondus dans le sol, dans les plantes et la plupart des eaux, ou ils sont solubles. Ils se retrouvent naturellement dans les eaux souterraines et superficielles. Sans apport artificielles, les eaux de surface ne contiennent pas plus de 10µg/l de nitrates (Lepeltier, 2005).

➤ **Phosphate (PO_4^{3-})**

Les phosphates, abondants dans les eaux de surface, proviennent des engrais et des pesticides utilisés en agriculture et introduits par lessivage, et des rejets domestiques et industriels.

Une eau riche en phosphore favorise le développement du phytoplancton (l'eutrophisation) entraînant des dépôts de matières organiques dans les réseaux de distribution et conférant à l'eau un goût et une odeur désagréable (Degremont, 2005).

6.3.7. Les paramètres biologiques

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

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg. L^{-1} , est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait, la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quel que soit leur origine organique ou minérale. La DCO étant en fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives et des possibilités de l'oxydation (Tardat-Henry, 1992).

➤ **Demande biochimique en oxygène (DBO)**

La DBO exprime la consommation naturelle d'oxygène en g/litre des corps contenus dans l'eau, dégradés par les bactéries du milieu par une oxydation. L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation de dioxygène (O_2), l'indicateur utilisé est généralement la DBO5 qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée. L'analyse de la DBO5 est surtout intéressante pour l'appréciation de la qualité des eaux brutes (Bremond et Vuichard, 1973).

6.3.8. Paramètres bactériologiques

L'activité humaine modifie les caractères bactériologiques des eaux jusqu'à les rendre impropres à la consommation. Même une eau pure de montagne ou d'une région, à l'abri de diverses pollution causées par l'Homme, véhicule un grand nombre de micro-organismes dont certains peuvent être vecteurs de maladies (Roux, 1987).

➤ Bactéries revivifiables

D'après Roussel (1999) les bactéries revivifiables représentent toutes les bactéries aérobies, les levures et moisissures capables de former des colonies sur milieu nutritif gélosé. On distingue deux catégories différentes :

- *Micro-organismes* se développant à 22°C : représentent les saprophytes présents naturellement dans l'eau.
- *Micro-organismes* se développant à 37° : sont ceux qui proviennent de l'homme et des animaux endothermes en général.

➤ Principaux germes recherchés dans l'eau

- **Coliformes fécaux**

Les coliformes sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptone contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes. (PNUE/OMS, 1977).

Leur présence dans le milieu hydrique est un signe d'une contamination fécale. Certaines souches peuvent être pathogènes (Ferron, 1976).

- **Streptocoques fécaux**

Les streptocoques sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, Grams positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz.

Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant y compris dans les milieux salés (Gaujous, 1995). Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé (PNUE/OMS, 1977).

- **Clostridium sulfito-réducteurs**

Les clostridium sulfito- réducteurs représentent les bacilles stricts, à Gram positif, formant des endospores. On les rencontre dans le tube digestif de l'Homme et des animaux à sang chaud. Ils survivent plus longtemps que les coliformes dans l'eau et ils résistent à la désinfection. Leur absence dans une eau est un signe d'efficacité de la filtration sur sable (Rodier., 1984).

Les coliformes, les streptocoques et les clostridiums sont des germes indicateurs de contamination fécale.

6.4. Les eaux de sources

Une eau de source selon le décret 89-369 du 06 Juin 1989 relatif aux eaux minérales naturelles et eaux potables pré-emballées est une eau d'origine souterraine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, apte à la consommation humaine.

Contrairement à l'eau minérale naturelle, sa composition n'est pas systématiquement stable. L'eau de source répond aux mêmes critères de potabilité que l'eau du robinet. A l'émergence et au cours de la commercialisation, elle respecte ou satisfait les limites références de qualité, portant sur des paramètres microbiologiques et physico-chimiques définis par des ministres chargés de consommation, et de la santé (Vilaginès, 2010).

6.4.1. Les différents types de sources

- ✓ **Source d'affleurement**

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure au sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de source. Elles appartiennent à cette catégorie (Vilaginès, 2000).

✓ Source d'émergence

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction du sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal (Gomella et Guerree, 1980).

✓ Source de déversement

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible pratiquement constat et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités (Bonnin, 1982).

Elles naissent sur les pentes ou des grandes hauteurs (au-dessus du fond de la vallée), généralement leur débit est faible. (Bouziani, 2000)

6.4.2. Traitement de l'eau de source

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments instables (gaz, fer et manganèse) sont : l'aération, la décantation et la filtration (Lunc et Lagradette, 2004).

6.4.3. Classification des eaux

Il existe une classification des eaux naturelles selon certains paramètres tels que : le pH, la conductivité électrique et la turbidité.

Classification selon le pH

Des classes de pH ont été dégagées (Rodier, 2009) pour les eaux naturelles afin de qualifier une eau en fonction de son pH (tableau 3).

Tableau 3 : La classification selon le pH. (Rodier, 2009).

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

Classification selon la conductivité

Cette classification est signalée dans les données précédentes (voir page 13).

Classification selon le titre hydrotimétrique total

La dureté d'une eau résulte de la présence de cations bivalents (surtout le calcium Ca^{2+} et le Mg^{2+} mais aussi le baryum Ba^{2+} et le strontium Sr^{2+}). On parle d'eau dure pour évoquer une eau contenant beaucoup de sels dissous, comme les sels de calcium et de magnésium ; on dit alors dans le langage courant, qu'elle est calcaire. Une eau en contenant peu est appelée une eau douce. Les eaux de sources contiennent des quantités différentes de ces sels, elles peuvent donc être de duretés différentes.

Une eau dite douce lorsque sa dureté totale est inférieure à 18°F . l'eau est dite dure au-dessus de 30°F .

$$\begin{aligned} \Rightarrow 1^\circ \text{F ou degré français} &= 4 \text{ mg de } \text{Ca}^{++}/\text{l.} \\ &= 2,4 \text{ mg de } \text{Mg}^{++}/\text{l.} \\ &= 10 \text{ mg de } \text{CaCO}_3/\text{l.} \end{aligned}$$

La classification des eaux naturelles selon leur titre hydrométrique (dureté) est représentée dans le tableau 4.

Tableau 4 : La classification selon la dureté (Rodier, 1984).

Dureté totale (°F)	Désignation	Valeur
0-7	Très douce	Assez bonne
7-14	Douce	Très bonne
14-21	Moyennement dure	Bonne
21-32	Dure	Admissible
32-53	Dureté prononcée	Encore admissible
>53	Très dure	Non appropriée

Classification selon la turbidité

Les classes de turbidité usuelles (NTU) (unité de turbidité néphélogométrique) sont présentées dans le tableau 2 page 13.

7. Législation et textes

L'eau doit répondre à des normes de préétablies qui fixent les concentrations « seuils » à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances dangereuses et pouvant y être présentes.

Cependant, bien qu'une eau potable soit conforme aux normes, cela ne signifie pas pour autant qu'elle soit indemne de ces substances, mais que leur teneur est assez faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (Berger, 2004). La norme est représentée par une valeur chiffrée, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser pour une substance donnée, ou une limite inférieure à respecter ou encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum.

7.1. Textes législatifs

La loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 04 Août 2005 relative à l'eau.

- ✓ Article 111 : au sens de la présente loi, on entend par eau de consommation humaine toute eau destinée à :
 - La boisson et aux usages domestiques.

- La fabrication des boissons gazeuses et de la glace ;
- La préparation au conditionnement et à la conservation de toutes denrées alimentaires.
 - ✓ Article 69 : les ressources en eau souterraine et superficielles sont à soumise à des contrôles de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques.
Les conditions dans lesquelles sont effectués les prélèvements et les analyses d'échantillons sont fixées par voie réglementaire.

Chapitre 2 : Pollution des eaux et maladies hydriques

1. Généralité sur la pollution des eaux

1.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique ; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels (Tekfi, 2006).

1.2. Classification de la pollution

1.2.1. Classification selon le type du polluant

Il existe plusieurs manières de classer la pollution. Selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois types :

✓ Pollution physique

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

✓ Pollution chimique

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

✓ Pollution biologique

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

1.2.2. Classification selon l'origine de la pollution

✓ Pollution domestique

Pollution d'origine domestique sont généralement les rejets des eaux usées domestiques, les dépôts d'ordures ménagères et les matières fécales qui contribuent à la pollution du milieu récepteur (Roques, 1979).

✓ Pollution agricole

Pollution d'origine agricole est causée principalement par l'utilisation irrationnelle et intensive des engrais chimiques et pesticides qui contribuent à la dégradation de la qualité d'eau (Roques, 1979).

✓ Pollution industrielle

Le développement industriel a apporté pour l'Homme de grands progrès dans tous les domaines, mais depuis quelques années, on se rend compte de plus en plus qu'un développement industriel non maîtrisé présente les aspects négatifs, ils produisent en particuliers plusieurs formes de pollution qui peuvent menacer la santé des populations et perturber l'équilibre naturelle (Degrement, 1984).

1.3. Conséquences de la pollution

Les eaux usées urbaines et industrielles sont généralement chargées de matières sous différentes formes (colloïdales, en solution et en suspension) et en quantité variables, qui présente des dangers de diverses natures pour le milieu récepteur ou leur utilisateur. Dans le tableau 5 sont présentées les conséquences de la pollution des eaux.

Tableau 5 : Les risques de la pollution de l'eau (Vilagines, 2003).

<p>Risque pour la santé de l'homme</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Maladies hydriques par : <ul style="list-style-type: none"> - Contamination bactérienne : salmonelloses, leptospirose. - Contamination virale : poliomyélites, hépatite A. - Protozoaires : dysenterie amibienne, giardiasis. - Helminthes : vers parasites intestinaux. ❖ Maladies liées à la présence d'éléments toxiques pour l'homme : <ul style="list-style-type: none"> - Par micropolluants organiques (détergents, pesticides, composés cycliques d'huiles lourds ou goudron). - Par substances minérales de types métaux lourds (plomb, mercure et le chrome).
<p>Risques pour les êtres vivants dans le biotope (milieu de rejet).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Maladies par contamination virales et bactériennes. ❖ Atteint par effet toxique d'éléments agissants seuls ou en synergie (micropolluants organiques, minéraux, substances radio-actives).
<p>Risque de dégradation des écosystèmes aquatiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ces risques sont liés à la modification de certains paramètres : <ul style="list-style-type: none"> - Physiques tel températures, turbidités... - Physico-chimiques tels nutriments (azotes et phosphores) facteurs d'eutrophisation.
<p>Risque d'accroissement des difficultés des coûts pour la correction des eaux prélevées.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ces difficultés peuvent être rencontrées pour corriger les eaux lorsque les contraintes économiques ne permettent pas d'instaurer les développements des techniques d'installation, on peut si l'on ne parvient pas à réduire les flux rejetés, retrouver les risques pour la santé de l'homme.

2. Maladies à transmission hydrique

2.1. Généralité

L'eau peut aussi être une source de maladies du fait de sa contamination par les déchets ménagers, industriels, agricoles, et divers déchets organiques (OMS, 2003).

Le nombre de décès annuel provoqués par ces maladies s'élève à 2,6 millions ce qui en fait l'une des premières causes de mortalité au monde... Parmi ces victimes, 1,8 millions d'enfants de moins de 15 ans succombent encore chaque année (Solidarité internationale, 2015).

Parmi les infections à transmission hydrique que l'on retrouve en Algérie, on peut citer : la fièvre typhoïde, le choléra, les hépatites infectieuses, les dysenteries, etc. Il est clair que les changements climatiques ainsi que le mode de gestion de l'eau sont en étroite relation avec l'ampleur des maladies à transmission hydrique. La résurgence de certaines maladies disparues ces dernières années où tout au moins maîtrisées met en relief la nécessité de doter les pays d'observation épidémiologique lesquelles doivent suivre les facteurs susceptibles de favoriser l'émergence ou réémergence de certaines maladies graves (Ganin et Chouvin,2003).

2.2. Les maladies à transmission hydrique

2.2.1. Les maladies d'origine bactérienne

Les maladies d'origine bactérienne sont résumées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Principales maladies d'origine bactériennes.

Maladies	Agents responsables	Manifestation	Contamination	Références
Choléra	Vibrio cholerae	-Diarrhée ; -vomissement -déshydratation ; -anurie -crampes musculaires.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécales.	Villaginès R, 2003
Fièvre typhoïde et paratyphoïde	Salmonella typhi et salmonella paratyphi A	-Fièvre, céphalées -diarrhées -douleurs abdominales -hémorragies intestinales -collapsus cardiovasculaire -atteintes hépatiques respiratoires et neurologiques.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécales.	Villaginès R, 2003
La légionellose	Legionella	-pneumonie aiguë -toux avec fièvre modérée -myalgies -anorexie -céphalées.	L'installation qui favorise la multiplication des légionnelles dans l'eau avec une T° avoisinant 37 °C suivie d'une aérosolisation.	Villaginès R, 2010

2.2.2. Les maladies d'origine virale

Parmi les maladies d'origine virale deux exemples sont résumés dans le tableau 7.

Tableau 7 : principales maladies d'origine virale.

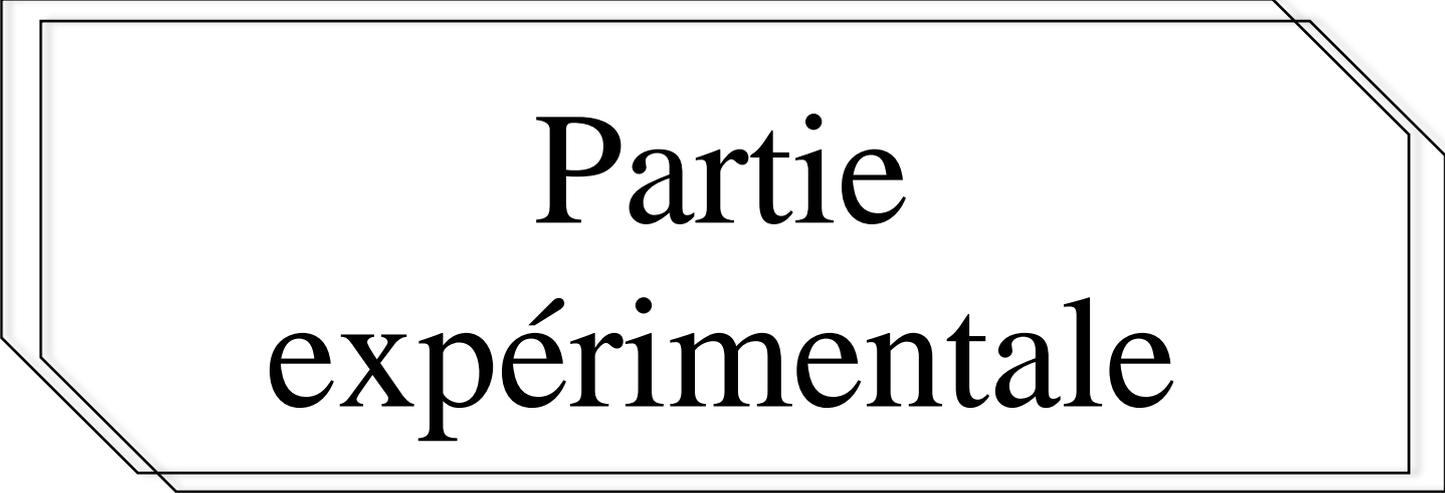
Maladies	Agents infectieux	Manifestation	Contamination	Références
Hépatite Infectieuse	Virus de l'hépatite A	-fièvre -sensation de malaise -perte d'appétit ; -diarrhée -urines foncées.	Voie digestive	OMS, 2008
Gastro-entérites Virales	Rotavirus Virus de Norwalk Astrovirus	-nausées ; -vomissement -douleurs abdominales -diarrhée -fièvre	Voie digestive	Schwartzbrod , 2000

2.2.3. Les maladies d'origine parasitaire

Les maladies d'origine parasitaire sont résumées dans le tableau 8.

Tableau 8 : principales maladies d'origine parasitaire.

Maladies	Agents infectieux	Manifestation	Contamination	Références
Giardiase	Giardia intestinalis anciennement Giardia Lambia	-crampes d'estomac -ballonnement ; -flatulences ; -perte de poids ; -fatigue.	Ingestion des kystes	Villaginès R, 2003.
Dysenterie Amibienne	Entamoeba Histolytica	-crampes ; Diarrhée hémorragique ; Douleurs abdominales.	Ingestion des kystes	Aubry P, 2006.



Partie
expérimentale

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

1. Présentation de la région d'étude (Commune de Mizrana)

La commune de Mizrana (Figure 3) est située à une dizaine de kilomètres au sud de la ville de Tizirt sur-mer et à 25 Km au nord de Tizi-Ouzou et à 93 Km de l'est d'Alger. Elle se trouve à $36^{\circ} 50' 22''$ N de latitude, à $4^{\circ} 4' 35''$ E de longitude et son altitude est environ 850m. Elle est desservie au Nord par la route côtière qui passe par Tizirt et Dellys, à l'Est et au Sud par la route nationale 72 qui relie Tizirt au chef-lieu de Tizi-Ouzou, tandis que le chemin de wilaya 3 la coupe au milieu, du Nord au Sud (Boukerroub et Boubaker, 2017).



Figure 3 : Situation géographique de la commune de Mizrana (google earth)

2. Présentation du site d'étude



Figure 4 : Photo de la source L' Ainsers T'kechits (à gauche) et du site d'etude (à droite)

Le site d'étude est représenté au milieu de la forêt Mizrana située dans la région littorale de Kabylie. Notre source est connue sous le nom de L'Ainser T'kechits (Figure 4).

3. Climat

Cette municipalité à vocation agro-sylvo-pastorale appartient à l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré, avec une moyenne annuelle des précipitations allant de 800 mm, sur la côte, à 1200 mm, à l'intérieur, sur les hauteurs (Boukerroub et Boubaker, 2017).

4. Couvert végétal

La forêt de Mizrana est une région méditerranéenne, connue pour être un « hot spot » de la diversité biologique (Blondel, 1984). Le chaîne liège (*Quercus suber*) est l'espèce caractéristique de cette région.

De nombreux affleurements rocheux façonnent le paysage de Mizrana. Ces massifs forment une subéraie pure où subsistent quelques pieds de chaîne zeen (*Quercus canariensis*) très rigoureux. Le sous-bois y est très dense et rends la forêt impénétrable dans sa grande majorité, il atteint jusqu'à 6m de hauteur et est formé d'*Oléo-lentisque* avec *Myrtus communis*, *Cistus triflorus*, *Phillyrea angustifolia*, *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Crataegus monogyna*, *Cistus monspeliensis* et *Pteridium aquilinum*, qui constituent des groupements différents selon les faciès (Meddour-Sahar, 2014).

La figure ci-dessous représente le couvert végétal de la forêt Mizrana.



Figure 5 : Photo de la végétation de Mizrana (photographie originale, 2020).

5. Prélèvement des échantillons sur terrain

Notre étude expérimentale consiste à effectuer des prélèvements (p1, p2 et p3) en vue d'une analyse physico-chimique de la source L'Ainser T'kechits située au niveau de la forêt Mizrana au niveau de la wilaya de Tizi-ouzou. Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au sein du laboratoire de chimie dans l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES de Fréha, Tizi-ouzou.

Le prélèvement des échantillons conformément à l'ISO 5667-1 pour analyses physico-chimiques, est d'une grande importance puisque les résultats reflètent directement les caractéristiques physico-chimiques de l'eau prélevée. Les échantillons d'eau sont prélevés dans des bouteilles en verre stérilisées puis fermer hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans la bouteille. Il faut identifier immédiatement sur l'étiquette le nom de la source d'eau ainsi que la date de prélèvement.

Durant cette étude, nous avons réalisé 3 prélèvements (p1, p2 et p3) qui correspondent à 3 dates différentes :

- Le 13/10/2020 : correspond à une journée pluvieuse.
 - Le 20/10/2020
 - Le 03/11/2020
- } Ces deux prélèvements correspondent à des journées d'ensoleillement.

Les flacons utilisés sont en verre de 250ml (Figure 6), soumis à un lavage et une stérilisation préalable (stériliser à l'autoclave). Les flacons sont rincés de nouveau avec de l'eau à analyser au moment du prélèvement puis remplis jusqu'au bord pour empêcher toute pénétration de l'air.



Figure 6 : Matériels de prélèvement utilisés (photographie originale, 2020).

6. Analyses organoleptiques

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement.

6.1. Test de la couleur

La couleur a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplis d'eau prélevée de la source.

6.2. Test de l'odeur

L'eau destinée à la consommation humaine doit être inodore. Une eau qui comporte une odeur est synonyme de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, ce qui est trop dangereux pour la santé des consommateurs. L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.

6.3. Test de goût et de saveur

Le goût peut être défini comme étant l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche, tandis que la saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. La saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation.

7. Analyses physico-chimiques

7.1. pH

Le pH-mètre (figure 7) est généralement constitué d'un boîtier électronique, permettant l'affichage de la valeur numérique du pH et d'une sonde de pH constituée d'une électrode de verre permettant la mesure et d'une électrode de référence. Son fonctionnement est basé sur le rapport qui existe entre la concentration en ions H_3O^+ et la différence de potentiel électrochimique qui s'établit dans le pH-mètre une fois plongé dans la solution étudiée.

Nous avons étalonné l'appareil avec un seul étalonnage de $1000\mu\text{s}/\text{cm}$ chaque matin, puis nous avons rincé plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner, en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées, ensuite nous avons agité le liquide afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes, et enfin nous avons effectué la mesure le plus vite possible.



Figure 8 : Conductimètre (photographie originale, 2020).

7.3. Dosage de la dureté totale (TH)

Nous avons procédé à un titrage par complexométrie des ions de calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide Ethylène Diamine Tétra Acétique (EDTA) ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) à un pH de 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions de calcium et magnésium. Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

Nous avons prélevé une prise d'essai de 25 ml de l'échantillon, puis nous avons ajouté 1 à 2 ml de la solution tampon (Ammoniacal $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$) et 3 gouttes d'indicateur ériochrome noir T, la solution doit se colorer en rose. Enfin nous avons titré immédiatement avec la solution d'EDTA à l'aide d'une burette goutte à goutte (Figure 9) dès que la couleur

de la solution commence à virer du violet au bleu on arrête. Comme il est résumé dans la figure 10.



Figure 9 : La burette (photographie originale, 2020).

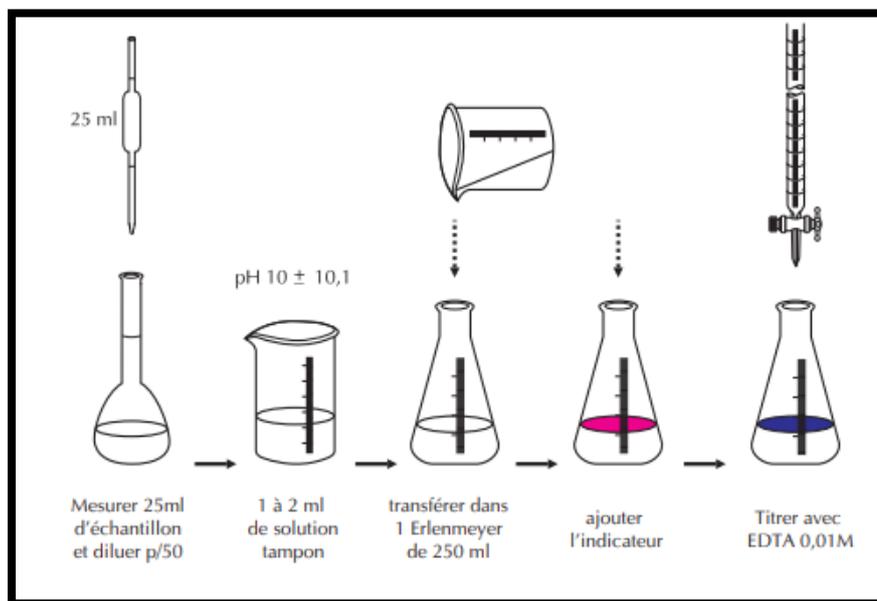


Figure 10 : schéma représentatif du dosage de la dureté

Chapitre 2 : Résultats et discussions

1. Résultats et discussion

1.1. Paramètre organoleptique

1.1.1. Couleur

Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité.

Les analyses des échantillons prélevés de notre source d'eau, ont indiqué que cette eau est incolore et limpide, et ceci indique l'absence des ions métalliques (Fer ferrique Fe^{2+} , fer ferreux Fe^{3+}).

1.1.2. Odeur

La perception des substances responsables des odeurs est un critère indispensable aussi. L'eau de source étudiée été toujours sans odeurs, ce qui indique probablement l'absence des produits chimiques de matières organiques en décomposition et de protozoaire.

1.1.3. Saveur

Après avoir goûté notre eau de source étudiée, nous avons constaté que cette dernière a une saveur agréable, dépourvue de tout arrière-goût.

1.2. Paramètre physico-chimique

1.2.1. Potentiel Hydrogène (pH)

D'après Rodier (2005), le pH est l'un des paramètres d'appréciation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau, dont l'importance est déterminée en partie par la nature des terrains traversés.

Sa connaissance est importante dont la mesure conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et bactériologique.

Le pH indique la concentration des ions H_3O^+ présent dans l'eau. Généralement, les eaux naturelles ont un pH assez stable allant de 6,5 à 8.

La figure 11 représente les variations du potentiel Hydrogène de la source d'eau étudiée.

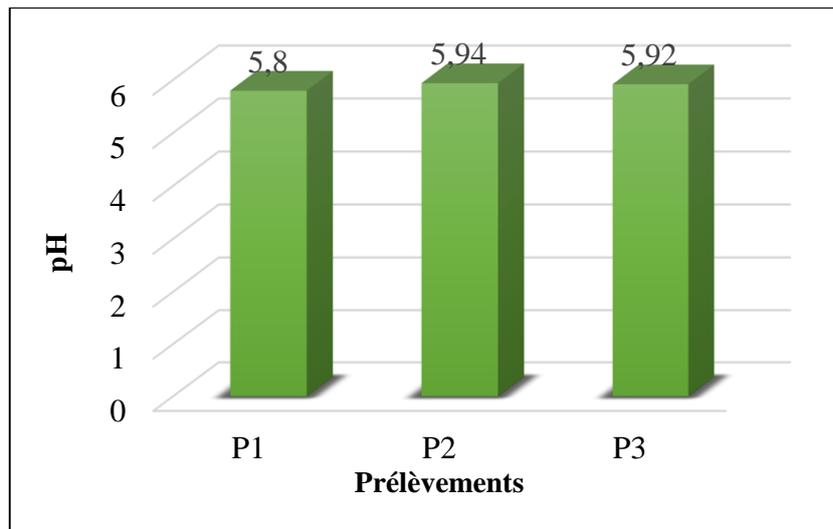


Figure 11 : Variations du pH de l'eau de source étudiée dans les 3 prélèvements effectués.

Les valeurs obtenues des 3 prélèvements varient entre 5,8 et 5,94. Ces résultats trouvés témoignent une légère acidité de cette eau (en le comparant aux normes algériennes 6,5 et 9 et ceux de l'OMS : 6,5 et 9,5).

Cette légère acidité du pH dépend de l'origine de l'eau, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traverser (Dussart, 1966). Des eaux issues de régions calcaires qui auront un pH plutôt basique à l'inverse des eaux provenant de massifs cristallins auront un pH plutôt acide (Potelon, 1998).

Les travaux réalisés sur la même problématique, par Hamoudi et Sahnoun (2016) sur la caractérisation et valorisation de quatre sources d'eaux (Thalla Sahmi, Thalla Boughras, La Fontaine Fraîche, Thalla Tizi Tghidet) des régions de Yakouren et d'Azazga comparé avec l'eau minérale de Lalla Khadidja, le pH analysé varie entre 5,2 et 6,01. Ces valeurs montrent que ces eaux sont légèrement acides et sont similaires aux résultats soulevés par notre étude (pH varie entre 5,8 et 5,94). D'après Bouarourene et Sadi (2016) dans leur étude signalée Caractérisation et valorisation de quatre sources (Thimanithine, Ait Smail, Samta et El Ainseur) de la région de Toudja wilaya de Bejaïa, les résultats du pH trouvés varie entre 6,78 et 7,75. Ces valeurs ne dépassent pas les normes algériennes ainsi ceux de l'OMS, contrairement à nos résultats qui sont inférieures aux normes (5,8 - 5,94).

1.2.2. Conductivité

La conductivité est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. Celle-ci varie également en fonction de la température, puisque cette dernière modifie la viscosité de l'eau (Duguet et *al*, 2006).

Selon Rodier 2009, la conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

La figure 12 représente les variations des valeurs de la conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

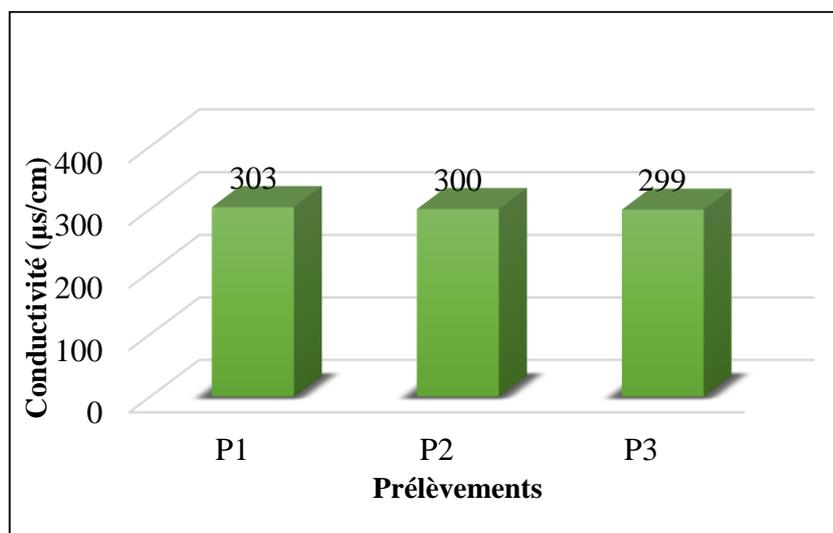


Figure 12 : Variation de la conductivité de l'eau de source étudiée dans les 3 prélèvements effectués.

La conductivité de la source analysée pendant les 3 prélèvements effectués varie entre 299 et 303 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Nos prélèvements ne présentent pas une grande variation de conductivité. Ces valeurs traduisent une minéralisation moyenne.

Toutefois, les valeurs enregistrées se situent dans les normes algériennes recommandées des eaux de consommation fixées à une limite $\leq 2800 \mu\text{s}/\text{cm}$.

A la lumière des résultats de la conductivité obtenus par Hamoudi et Sahnoun (2016) : la caractérisation et valorisation de quatre sources (Thalla Sahmi, Thalla Boughras, La Fontaine Fraîche, Thalla Tizi Tghidet) des régions de Yakouren et d'Azazga comparé avec l'eau minérale de Lalla Khadidja, ainsi les travaux de Bouarourene et Sadi (2016) : Caractérisation et valorisation de quatre sources (Thimanithine, Ait Smail, Samta et El Ainseur) de la région de Toudja wilaya de Bejaïa, ces sources d'eau s'avèrent moyennement

minéralisées, les valeurs sont au-dessus de la norme indiquée qui est inférieure à $2800\mu\text{s}/\text{cm}$. Ces résultats sont similaires avec ceux trouvés dans notre étude.

1.2.3. Dureté totale

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et magnésium (Rodier, 1984), elle est aussi un indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle peut être source de désagréments (dépôts de calcaire, etc). Une eau trop douce peut favoriser la dissolution des métaux des canalisations d'eau. D'après Rodier en 2009, les eaux provenant des terrains calcaires et surtout des terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1g de CaCO_3 par contre, les eaux en provenance de terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux auront des degrés très faibles.

D'après Rodier (2005), la teneur inférieure à $7,5^\circ\text{F}$ est considérée comme une eau douce.

La figure 13 représente les valeurs de la dureté des 3 prélèvements effectués.

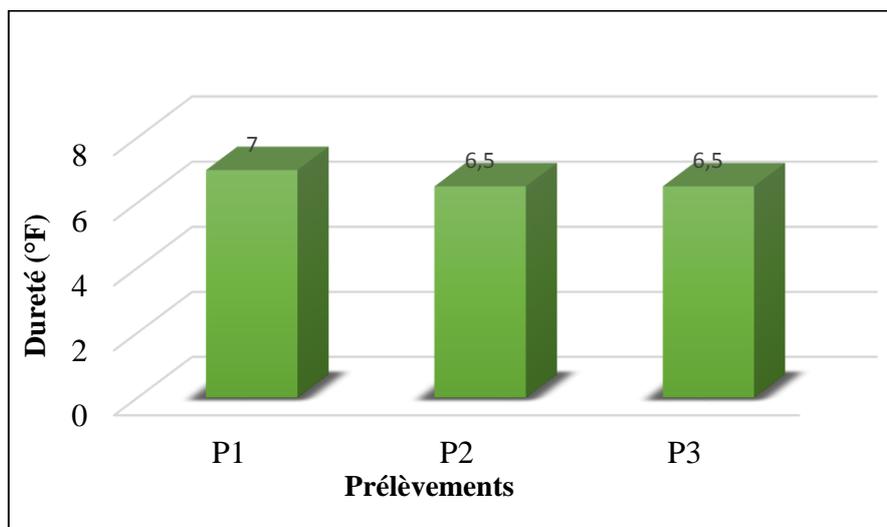
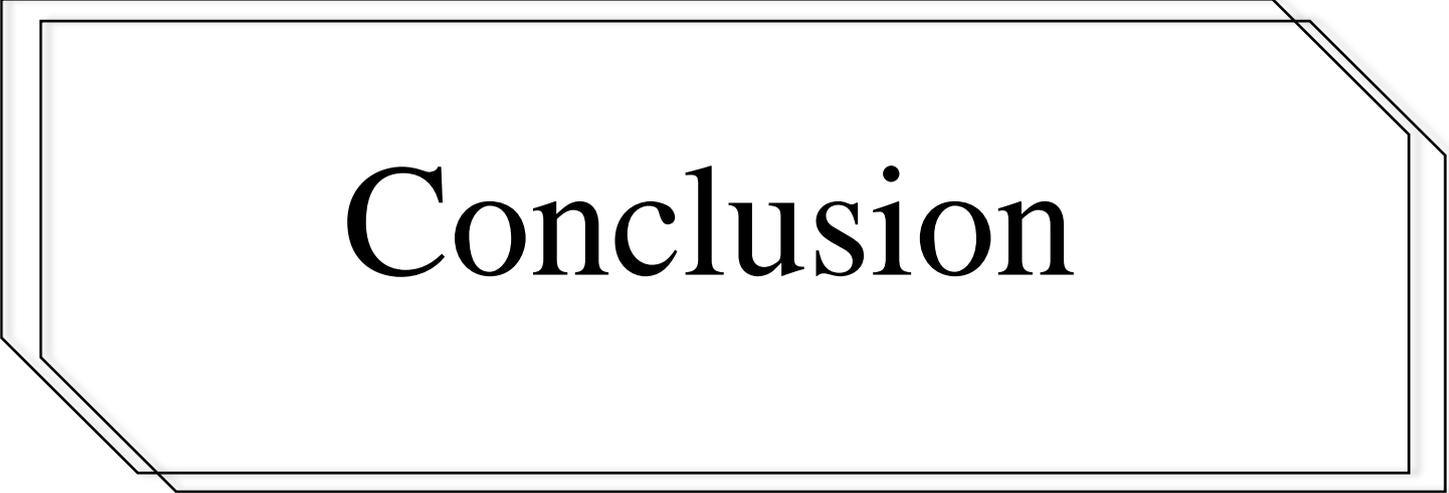


Figure 13 : Variation de la dureté de l'eau de la source étudiée dans les 3 prélèvements effectués.

Les valeurs de la dureté totale pour les 3 prélèvements varient entre $6,5-7^\circ\text{F}$, ce qui montre la bonne minéralisation de cette eau ainsi qu'un caractère marqué d'eau très douce, qui répond à la norme indiquée par la réglementation algérienne et celle de l'OMS ($\leq 20^\circ\text{F}$).

Nos résultats concordent avec les travaux de Hamoudi et Sahnoun (2016) : caractérisation et valorisation de quatre sources (Thalla Sahmi, Thalla Boughras, La Fontaine Fraîche, Thalla Tizi Tghidet) des régions de Yakouren et d'Azazga comparé avec l'eau minérale de Lalla Khadidja et ceux de Bouarourene et Sadi (2016) : Caractérisation et valorisation de quatre sources (Thimanithine, Ait Smail, Samta et El Ainseur) de la région de Toudja wilaya de Bejaïa, qui notent que les valeurs de la dureté trouvés répondent aux normes algériennes des eaux, ce qui a été le cas pour notre travail.



Conclusion

L'objectif de notre étude est l'analyse de quelques paramètres physico-chimiques d'une source d'eau naturelle, située dans la forêt Mizrana dans la wilaya de Tizi-Ouzou en vue de sa potabilité.

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, et sa consommation journalière par tous implique une surveillance étroite tant sur le plan organoleptique que physico-chimique et bactériologique.

Il en ressort de cette étude que :

Du point de vue organoleptique, les échantillons prélevés sont incolores ne présentent ni odeur ni saveur désagréable elle sont dépourvue de tout arrière-goût.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé que :

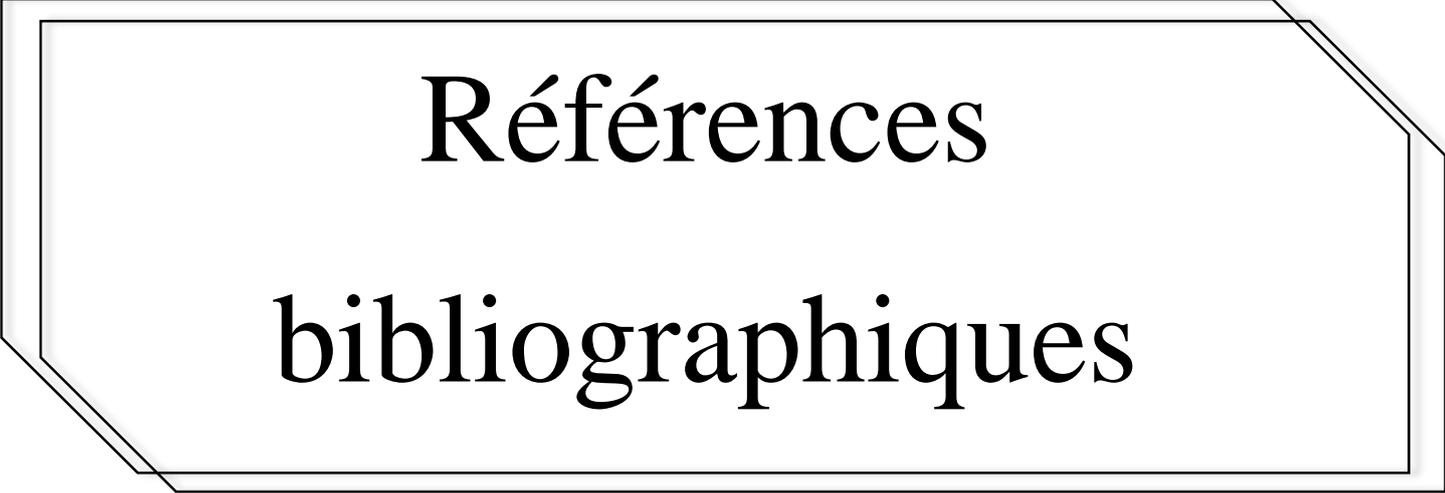
- ✚ Les valeurs de pH varient entre 5,8-5,94
- ✚ Les valeurs de la conductivité varient entre 299-303 $\mu\text{s}/\text{cm}$
- ✚ Les valeurs de la dureté varient entre 6,5-7 $^{\circ}\text{F}$

Ces paramètres effectués obéissent donc aux normes de potabilité de l'eau, elle présente une légère acidité avec une moyenne minéralisation, nous l'avons considérée comme une eau très douce.

Au terme de cette analyse, d'autres dosages auraient pu compléter le diagnostic sur le plan physico-chimique et bactériologique avec la mesure d'autres paramètres. Cependant la situation actuelle avec la propagation du Corona Virus ne nous a pas permis d'approfondir plus que cela.

Enfin, nous pouvons faire quelques recommandations jugées être utiles pour la préservation de l'eau de source :

- ✓ La suggestion au pouvoir public de veiller à la préservation de ces sources contre toutes formes de pollution.
- ✓ La conception et la mise en œuvre d'un programme de surveillance de la qualité et de l'assurance de la conformité.
- ✓ Le droit des consommateurs à disposer d'informations relatives à la salubrité de l'eau qu'ils consomment.



Références
bibliographiques

A-

AISSAOUI A., 2013 : Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage « Hammam Gouzi » de la région d'Oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles. Mémoire de Magister : Département de biologie végétale et animale. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou ,133 p.

AOUISSI A. et HOUHAMDI M., 2014 : Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord-est Algérien).1^{er} séminaire national sur la santé et bio-surveillance des écosystèmes aquatiques, 12 p.

ARAB L. et OUDAFEL N., 2015 : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de Taksebt de la ville de Tizi-ouzou. Mémoire de Master : Département de sciences agronomiques. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-ouzou, 120p.

ARMAND L., 1996 : Mémento techniques de l'eau. Edition : Tec & Doc, pp. 156-157.

ASSOULINE J. et ASSOULINE S., 2007 : Géopolitique de l'eau. Nature et enjeu. Edition Studyrama, 140 p.

AUBRY P., 2016 : Amoebose (amibiase). Médecine Tropicale. Paris, France, pp 1-10.

-B-

BERGER R., 2004 : Fosses d'infiltration pour la récupération de l'eau de pluie.

BLONDEL J., 1984 : Avifaunes forestières méditerranéennes. Histoires des peuplements. *Aves*, 21(4) : pp. 209-226.

BONNIN J., 1982 : Aide-mémoire d'hydraulique urbaine : Eléments fondamentaux pour le calcul des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement. 1ere édition, Eyrolles, Paris, France, 128 p.

BOUAROURENE M. et SADI M., 2016 : Caractérisation et valorisation de quatre sources (Thimanithine, Ait Smail, Samta et El Ainseur) de la région de Toudja wilaya de Bejaïa. Mémoire Master. Université UMMTO, 65 p.

BOUCHEMAL F. et ACHOUR S., 2015 : Qualité physico-chimique et paramètres de pollution des eaux souterraines de la région de Biskra. *Larhyss journal*, N°22 : pp. 197-212.

BOUKHERROUB S. et BOUBAKER Z., 2017 : Ecologie de l'avifaune nicheuse de la subéraie de Mizrana (Tizi-Ouzou, Algérie). 1^{er} congrès Nord-africain d'ornithologie : pp. 158-166.

BOUZIANI M., 2000 : L'eau, de la pénurie à la maladie. Edition Ibn-Khaldoun, Algérie, 247 p.

BREMOND R. et VUICHARD R., 1973 : Paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française OSPEPE, Paris, 178 p.

-C-

COLLIN J., 2004 : Les eaux souterraines, connaissance et gestion. BRGM édition, France, 169 p.

-D-

DE VILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C., 2005 : Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surfaces : cadre générale. Les données de l'IBGE : " L'eau à Bruxelles", pp. 2 - 16.

DEGREMONT G., 1989 : Memento technique de l'eau. Tome 1. 9ème Edition, Cinquantenaire, Paris, 592 p.

DEGREMONT G., 2005 : Mémento technique de l'eau. Tome 1 et 2. 10ème édition, TEC&DOC, Lavoisier, Paris, France, 1718 p.

DUGUET J., BERNAZEAU F., CLERET D., GAID A., LAPLANCHE A., MOLES J., MONTIEL A., RIOU G ET SIMON P., 2006 : Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1ere Edition, ASTEE, Paris, 472 p.

DUSSART B., 1966 : Limnologie : l'étude des eaux continentales. Edition Gauthier-Villars & Cie., Paris, 704 p.

-F-

FERRON A., 1976 : Bactériologie à l'usage des étudiants en médecine. 8^{ème} édition, CROUAN & ROQUES, Lille, France, 403 p.

FESTNEY B., HARTEMANN P., EDRANS M., LEVALLOIS P., PAYMENTP., TRICARD D., 2003 : Qualité de l'eau, Environnement et santé publique-fondement et pratique. Edition TEC & DOC, Acton Vales, Paris, 368 p.

-G-

GANIN B. et CHOUVIN C., 2003 : Cours d'eau et indices biologique : pollution, méthode. 2ème édition, EDUCAGRI, paris, 220 p.

GAUJOUS D., 1995 : La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire. 2ème édition, Tec & Doc Lavoisier, Paris, France, 220 p.

GERALD G. et PHILLIPPE H., 2009 : Eaux et Santé, Fiche de recommandations alimentaires, Actualité en nutrition. CREGG, Montpellier, France, 88 p.

GHAZALI D. et ZAID A., 2013 : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknes-Maroc). Larhyss Journal, 12 : pp. 25-36.

GOMELLA G. et GUERREE H., 1980 : La distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurales. 3^{ème} Edition, Eyrolles, Paris, 277 p.

-H-

HAMOUDI Z. et SAHNOUN Z., 2016 : Caractérisation et valorisation de quatre sources (Thalla Sahmi, Thalla Boughras, La Fontaine Fraîche, Thalla Tizi Tghidet) des régions de Yakouren et d'Azazga comparé avec l'eau minérale de Lalla Khadidja. Mémoire Master. Département agronomie. Université UMMTO, 85 p.

HARRAT N. et ACHOUR S., 2010 : Pollution physico-chimique des eaux de barrage de la région d'El Tarf. Impact sur la chloration. Larhyss journal, n°8 : pp. 47-54.

HENRI S., 2012 : Le droit à l'eau potable et à l'assainissement. 6^{ème} Forum mondial de l'eau. Edition Johanet, Paris, 518 p.

-J-

JOHN P. et DONALD A., 2010 : Microbiologie, 3^{ème} Edition, 1216 p.

JORDP., 2005 : Loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau. Journal officiel de la république démocratique populaire algérienne N° 60 : pp 3-18.

JORDP., 2011 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine. Journal officiel de la république démocratique populaire algérienne, N° 18 : pp. 7-9.

-K-

KASSIM C., 2005 : Etude de la qualité physico-chimie et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse doctorat : Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie BAMAKO, 69 p.

KHELILI R. et LAZALI, D : Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla). Mémoire magister. Département de science agronomique.

-L-

LAZHAR G., 2011 : Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique. Mémoire de magister : Université FERHAT ABBAS-SETIF, 106 p.

LEPELTIER S., 2005 : Un bon état écologique des eaux. Ministre de l'écologie et du développement durable

LUNC. et LAGRADETTE., 2004 : l'eau potable et l'assainissement. Edition Johannes. Paris.

-M-

MEDDOUR-SAHAR O., 2014 : Les feux de forêt en Algérie : Analyse du risque, étude des causes, évaluation du dispositif de défense et des politiques de gestion. Thèse doctorat : UMMTO, 295 p.

MELGHIT M., 2012 : Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments eau / sédiments de l'oued rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Mémoire magister : Université Mentouri Constantine, 72 p.

MEROUANI S. et BOUGUEDAH A., 2013 : Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla. Mémoire master : Université Kasdi Merbah Ouargla, 59 p.

METAHRI S., 2012 : Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par les procédés mixtes : cas de la STEP EST de la wilaya de Tizizou, thèse de doctorat : département d'agronomie. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-ouzou, Algérie, 148 p.

MICHARD G., 2002 : Chimie des eaux naturelles. Principes de géochimie des eaux. Edition Publisud, France, 565 p.

MOULIN B., 2004 : L'eau de mer. Le Kayak et la mer, Edition le canotier, 183 p.

-N-

Normes ISO 24510., 2007 : activités relatives aux services de l'eau potable et de l'assainissement –Lignes directrices pour l'évaluation et l'amélioration du service aux usagers.

-O-

OMS., 1986 : Directives de qualité pour l'eau de boisson. Volume 2 : 1ere Edition, Genève, 134 p.

OMS., 2003 : Directives de qualité pour l'eau de boisson. Volume 1, 3ème Edition, Genève, 110 p.

OMS., 2006 : Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3eme Edition, Volume 1, Genève, 110 p.

OMS., 2008 : Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson. 2eme Edition, Volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève, 1150 p.

OMS/PNUE., 1977 : Recommandations pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Programme à long terme de surveillance continue et de recherche en matière de pollution de la mer Méditerranée, 156 p.

OUBAGHA N., 2011 : Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique. Mémoire magister : Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 151 p.

-P-

POTELON J., 1998 : Le guide des analyses de l'eau potable. Edition Lettre du Cadre Territorial, France, 120 p.

POURRIOT R. et MEYBEK M., 1995 : Limnologie générale. Collection d'écologie générale. Edition Masson, Paris, 931 p.

-R-

RAMBAND. et DELATTRE M., 1992 : Les eaux conditionnées. Edition Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 278 p.

REJSEK F., 2002 : Analyse des eaux. Aspects réglementaire et techniques. Série science et techniques de l'environnement. Edition Scérén, Paris, 358 p.

RODIER J., 1984 L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 5^{ème} Edition, Dunod, Paris, 1500 p.

RODIER J., 2005 : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} Edition, Dunod, Paris. 1381 p.

RODIER J., 2009 : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9^{ème} Edition, Dunod, Paris, 1526 p.

RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., BRUNET R., 2009 : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 9^{ème} Edition, Dunod, Paris, 1511 p.

ROQUES H., 1979 : Fondements théoriques du traitement chimiques des eaux. Volume 1, Tec & Doc, 984 p.

ROUSSEL P., 1999 : Généralités sur l'eau virtuelle. Office internationale de l'eau. 16 p.

ROUX M., 1987 : L'analyse biologique de l'eau. Edition Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 229 p.

-S-

SAIDI S., 2014 : La qualité des eaux du sous bassin versant de l'oued aissi. Mémoire ingénieure. Université Mouloud Mammeri, Tizi-ouzou, 169 p.

SARI H., 2014 : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Harouz. Mémoire de licence, Université Cadi Ayyad, Marrakech, 82 p.

SCHRIVER-MAZZUOLI L., 2012 : La gestion durable de l'eau : ressources, qualité, organisation. Edition Dunod, Paris, 248 p.

SCHWARTZ BROD L., 2000 : Virus humains et santé public conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agricultures conchyliculture. Centre collaborateurs OMS pour les microorganismes dans les eaux usées, Université de NANCY, France, 298 p.

SI ABDERAHMANE O., 2016 : Contribution à l'évaluation du système management et qualité des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et organoleptiques des eaux des stations de traitement Taksebt et Boudouaou. Mémoire de master : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.

SOLIDARITE INTERNATIONALE., 2015 : Conception et réalisation de réseaux d'adduction d'eau potable (AEP). Clichy, France : pp. 1 - 4.

-T-

TARDAT H., 1992 : Chimie des eaux. 2^{ème} édition, Le Griffon d'argile, Québec, 537 p.

TEKFI K., 2006 : Étude des performances épuratoires d'une station d'épuration des boues activées. Mémoire magister : Département hydraulique. Université Tlemcen, 134 p.

-V-

VASCO R., 2017 : Nos ressources sont limitées, évitons de les gaspiller. Thème Cutline de Chris Peason.

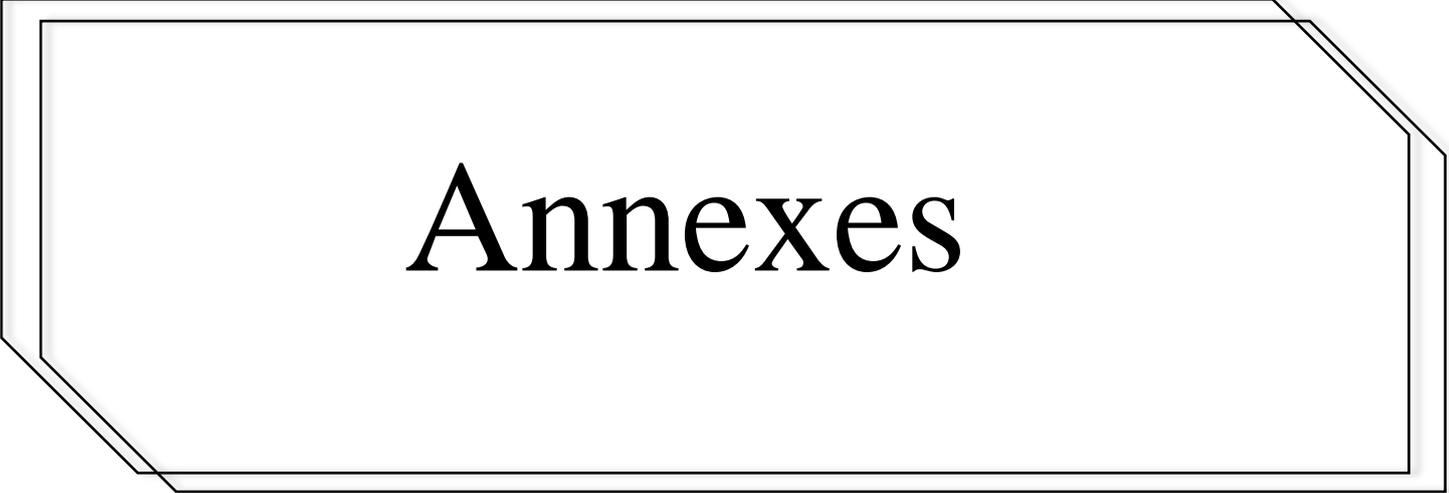
VILAGINES R., 2000 : Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie 1^{er} Edition, Tec &Doc, Lavoisier, Paris, 174 p.

VILAGINES R., 2003 : Eau, Environnement et Santé Publique. Introduction à l'hydrologie. 2ème édition, TEC & DOC, Paris, 198 p.

VILAGINES R., 2010 : Eau, Environnement et Santé publique. Introduction à l'hydrologie. 3ème Edition TEC & DOC, Lavoisier, Paris, 218 p.

-W-

WIRTGEN J, 2009 : Ressources en eau, Résumé du deuxième rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau. Green Facts, Bruxelles, Belgique. pp 1 - 6 .



Annexes

Annexe 1 : Paramètres avec valeurs indicatives (Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011)

GROUPE PARAMETRE	DE	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux		PH	Unité pH	≥ 6.5 et ≤ 9
		Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800
		Température	°C	25
		Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
		Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
		Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
		Chlorures	mg/l	500
		Potassium	mg/l	12
		Résidu sec	mg/l	1500
		Sodium	mg/l	200
		Sulfates	mg/l	400
Paramètres organoleptiques		Couleur	mg/l Platine	15
		Turbidité	NTU	5
		Odeur 12°C	Taux dilution	4
		Saveur 25°C	Taux dilution	4
Paramètres chimiques		Aluminium	mg/l	0,2
		Ammonium	mg/l	0,5
		Baryum	mg/l	0,7
		Bore	mg/l	1
		Fer total	mg/l	0,3
		Fluorures	mg/l	1,5
		Manganèse	$\mu\text{g}/\text{l}$	50
		Nitrates	mg/l	50
		Nitrites	mg/l	0,2
		Oxydabilité	mg/l O ₂	5
		Phosphore	mg/l	5
		Acrylamide	$\mu\text{g}/\text{l}$	0,5
		Antimoine	$\mu\text{g}/\text{l}$	20

	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2
	Phénols	µg/l	0,5
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Chlorite	mg/l	0,07
	Trihalométhanes (THM) (Total)	µg/l	100
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	nb /100ml	0
	Entérocoques	nb /100ml	0
	Bactéries sulfitoréductices compris les spore	nb/20ml	0

Annexe 2 : Les normes de l'OMS de qualité des eaux potables 2006.

Élément/ substance	Symbole/ formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobique)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	< 4 µg/l	0.02 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	Chrome total : 0,05 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺		2 mg/l
Cyanure	CN ⁻		0,07 mg/l
Oxygène dissous	O ₂		Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Dureté	Mg/l CaCO ₃		200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S		0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 0,5 µg/l	Inorganique : 0,006 mg/l

Molybdène	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂		50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	<< 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Argent	Ag	5 – 50 µg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄		500 mg/l
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Uranium	U		0.015 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l

Résumé

La qualité de l'eau est une des préoccupations permanentes de l'homme qui lui a consacré toute une législation et a ratifié de nombreux protocoles et convention internationaux pour sa protection et sa préservation.

L'étude réalisée a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique (le potentiel d'hydrogène, la conductivité et la dureté) de l'eau d'une source naturelle située au niveau de la forêt Mizrana, on se référant aux normes de potabilité (algérienne et OMS).

Ces analyses ont été réalisées au sein du laboratoire chimie de l'entreprise Electro-industries de Fréha (wilaya Tizi-Ouzou).

Les résultats ont montré que cette eau présente une légère acidité avec une moyenne minéralisation, nous l'avons considérée comme une eau très douce.

Mots clés : eau de source, qualité, normes, analyse physico-chimique.

Abstract

The quality of water is a permanent concern of the man who has devoted to it a whole legislation and the ratification of numerous protocols and international conventions for its protection and its preservation.

The study aimed to assess the physicochemical quality of the water (the potential of hydrogen, conductivity and hardness) from a natural source located in the Mizrana forest, with reference to drinking standards (Algerian and WHO).

These analyzes were carried out in the chemistry laboratory of the Electro-industries company of Fréha (wilaya Tizi-Ouzou).

The results showed that this water has a slight acidity with an average mineralization, we considered it to be very soft water.

Keywords : spring water, quality, standards, physico-chemical analysis.

ملخص

تعد جودة المياه من الاهتمامات الدائمة للإنسان الذي كرس لها مجموعة كاملة من التشريعات وصدق على العديد من البروتوكولات والاتفاقيات الدولية لحمايتها والحفاظ عليها. الهدف من الدراسة التي أجريت هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية (إمكانات الهيدروجين ، والتوصيل ، والصلابة) للمياه من مصدر طبيعي يقع في غابة مزرانة ، مع الإشارة إلى المعايير صالحة للشرب (الجزائري ومنظمة الصحة العالمية). أجريت هذه التحليلات في معمل الكيمياء التابع لشركة الصناعات الكهربائية في فريجة (ولاية تيزي وزو). أظهرت النتائج أن هذه المياه ذات حموضة طفيفة مع معدل تمعدن متوسط ، واعتبرنا أنها مياه ناعمة جدًا.

الكلمات المفتاحية : مياه الينابيع ، الجودة ، المعايير ، التحليل الفيزيائي والكيميائي.