

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences
Agronomiques



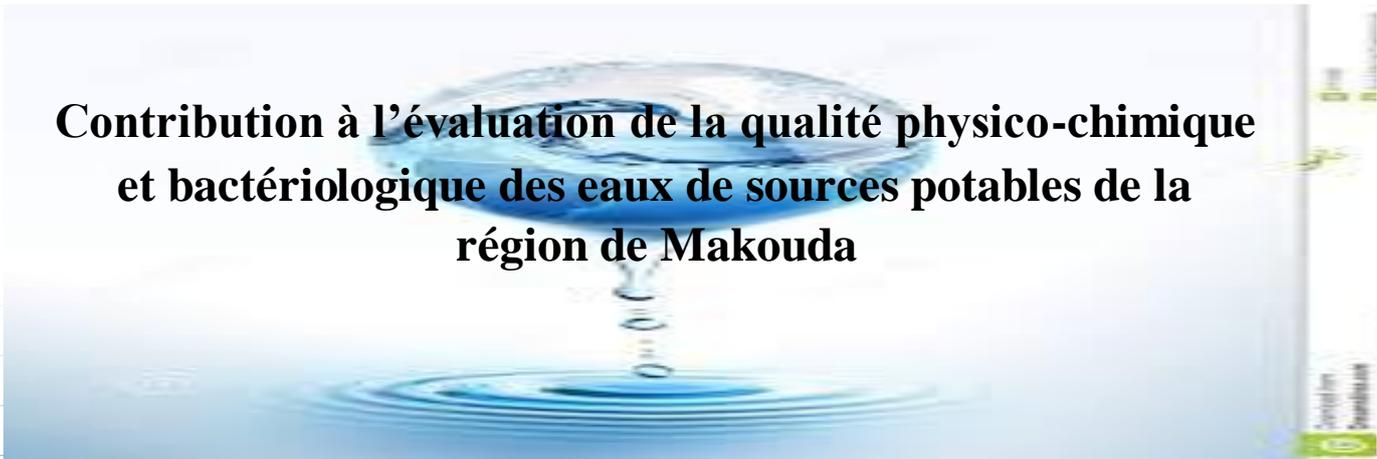
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme du Master

Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

Thème



**Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique
et bactériologique des eaux de sources potables de la
région de Makouda**

Réalisé par :

M^{elle} LIMANI Mimissa

Présenté devant le jury :

- M^r METAHRI M.S. Président Maitre de conférences UMMTO
- M^{me} HELLAL Z. Promotrice Maitre assistante classe (A) UMMTO
- M^{me} ABDOUNE S. Examinatrice Maitre assistante classe (A) UMMTO
- M^r MEDJKOUNE N. Examineur Maitre assistant classe (A) UMMTO

Année universitaire : 2015/2016

Remerciement

Je remercie « Dieu » très clément et sa sainte miséricorde qui m'a donné la force et la patience et de m'avoir aidé à réaliser et à accomplir ce travail.

Je remercie en particulier :

Ma promotrice **M^{ne} HELLAL Zohra, Maitre assistante classe (A) au département de biologie, Université Mouloud MAMMERY, qui a fait l'honneur de m'encadrer, de diriger ce travail, pour ses précieuses aides et conseils, pour sa confiance, pour le temps qu'elle m'a consacré et pour sa contribution dans la réalisation de ce travail. Je tiens à lui exprimer tout mon respect.*

Mes vifs remerciements et ma reconnaissance à :

**Directeur du laboratoire de traitement des eaux de l'ADE, Tizi-Ouzou qui m'a bien accueilli dans son laboratoire.*

****M^{ne} KHETTAB**, chef de service au laboratoire de l'ADE, pour m'avoir encadré et orienté durant mon stage*

** **M^{ne} Metahri**, pour m'avoir orienté et pour toutes les informations qu'elle a mises à ma disponibilité.*

** A toute l'équipe du laboratoire de l'ADE, pour leurs précieuses aides et orientations toute au long de mes activités.*

J'exprime ma gratitude et mon respect à :

****M METAHRI M.S**de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de la soutenance.*

****M^{ne} ABDOUNE S.** pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'examiner ce travail.*

** **M MEDJKOUNE N.** pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'examiner ce travail.*

Mes sincères remerciements à mes enseignants et tous les enseignants du Département de Biologie pour leurs efforts dans ma formation tout au long du cursus universitaire.

J'exprime ma reconnaissance et ma profonde gratitude à l'égard de ceux qui de près ou de loin m'ont assistée par leurs conseils, leurs encouragements à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

*Je tiens à dédier ce modeste travail à mes très chers parents que
dieux les garde et les bénis*

A ma très chère sœur

A mes deux frères

A toute ma famille

A mes très chères Kahina et Zohra

A tous mes ami(e)s en particulier Celia et Lynda

*A la personne que je porte dans mon cœur et qui se reconnaitra
car elle en fait autant, celui qui a su me reconforter et qui m'a
toujours encouragée pour mener ce travail à terme : a toi*

Yougourthene

*Bien faible témoignage d'affection et d'amour, je vous dédie ce
travail en guise de reconnaissance.*

Mimissa

Liste des abréviations :

°F : degré Français

ADE : Algérienne Des Eaux.

AEP : Alimentation en Eaux Potables

CEAEQ : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale de Québec

CSR : Clostridium sulfito-réducteur

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

EDTA : Acide édétique ou acide éthylènediaminetétraacétique.

FUNASA : Fondation nationale de la santé, Brésil

ISO : Organisation internationale de la standardisation

MES : matière en suspension

NA : normes Algérienne

NTU : Unité de turbidité néphélométrique

OMS : Organisation mondiale de la Santé.

pH : potentiel hydrogène

TA : titre alcalimétrique.

TAC : titre alcalimétrique complet.

TDS : solides taux dissous

TFN : seuil de flaveur

UFC : Unité formatrice de colonies

Liste des figures :

Figure 01 : Schéma général de cycle de l'eau.....	06
Figure 02 : Carte géographique situant la commune de Makouda dans la wilaya de Tizi-Ouzou	30
Figure 03 : Schéma synoptique représentant la chaine Aghvalou.....	31
Figure 04 : Schéma synoptique représentant la chaine Lemghassel.....	32

Liste des tableaux :

Tableau I: Volume d'eau terrestre sous forme liquide, solide et gazeuse.....	05
Tableau II: Répartition de l'eau douce en %.....	05
Tableau III: Les propriétés physiques de l'eau et leurs significations écologiques.....	10
Tableau IV: Résultats de l'analyse physico-chimiques de la source « Aghvalou ».....	44
Tableau V: Résultats de l'analyse des paramètres de pollution de la source « Aghvalou ».....	44
Tableau VI: Résultats de l'analyse de la minéralisation globale de la source « Aghvalou ».....	45
Tableau VII: Résultats de l'analyse des éléments indésirables de la source « Aghvalou ».....	45
Tableau VIII: Résultats de l'analyse bactériologique de la source « Aghvalou ».....	46
Tableau IX: Résultats de l'analyse physico-chimique de la source « Lemghassel 1 ».....	47
Tableau X: Résultats de l'analyse des paramètres de pollution de la source « Lemghassel 1 ».....	47
Tableau XI: Résultats de l'analyse de la minéralisation globale de la source « Lemghassel 1 ».....	48
Tableau XII: Résultats de l'analyse des éléments indésirables de la source « Lemghassel 1 ».....	48
Tableau XIII: Résultats de l'analyse bactériologique de la source « Lemghassel 1 ».....	49
Tableau XIV: Résultats de l'analyse physico-chimique de la source « Lemghassel 2 ».....	50
Tableau XV: Résultats de l'analyse des paramètres de pollution de la source « Lemghassel 2 ».....	50
Tableau XVI: Résultats de l'analyse de la minéralisation globale de la source « Lemghassel 2 ».....	51
Tableau XVII: Résultats de l'analyse des éléments indésirables de la source « Lemghassel 2 ».....	51
Tableau XVIII: Résultats de l'analyse bactériologique de la source « Lemghassel 2 ».....	52
Tableau XIX: Normes des eaux potables.....	(Annexe)
Tableau XX: Concentration maximales admissibles Algériennes bactériologiques pour les eaux de consommation.....	(Annexe)
Tableau XXI: Concentration maximales admissibles Algériennes chimiques pour les eaux de consommation.....	(Annexe)
Tableau XXII : Facteurs indésirables ou toxiques.....	(Annexe)
Tableau XXIII: Paramètres avec valeurs limites.....	(Annexe)
Tableau XXIV: Paramètres avec valeurs indicatives.....	(Annexe)

Sommaire

Partie bibliographique

Introduction.....01

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

I.1. Définition de l'eau.....04

I.2. L'eau sur terre.....04

I.3. Cycle de l'eau.....06

I.4. Les sources d'approvisionnement en eau.....07

 I.4.1. Les sources d'approvisionnement conventionnelles.....07

 I.4.2. Les sources d'approvisionnement non conventionnelles.....08

I.5. Les principales propriétés de l'eau.....09

I.6. La pollution des eaux.....10

 I.6.1. Définition.....11

 I.6.2. Manifestation de la pollution des eaux.....11

I.7. Les maladies à transmission hydrique.....12

 I.7.1. Les maladies à origine bactérienne.....12

 I.7.2. Les maladies à origine parasitaire.....13

 I.7.2.1. Les protozoaires.....13

 I.7.2.2. Les virus.....14

Chapitre II : Paramètres de qualité des eaux potables

II.1. Définition de l'eau potable.....16

II.2. Paramètres globaux de la qualité des eaux potable.....16

 II.2.1. Les paramètres organoleptiques.....16

 II.2.2. Les paramètres physico-chimiques.....17

 II.2.3. Les paramètres indésirables.....20

 II.2.4. Les paramètres de toxicité.....20

 II.2.5. Les paramètres de pollution organique.....21

 II.2.6. Les paramètres bactériologiques.....23

II.3. Recommandation de l'OMS concernant les eaux destinées à l'alimentation humaine....24

II.4. Généralités sur les eaux de sources.....	24
II.4.1. Définition d'une eau de source.....	24
II.4.2. Le captage et la production de l'eau.....	25
II.4.3. Traitement des eaux de sources.....	26

Partie expérimentale

I. Présentation de la région d'étude.....	30
II. Présentation des sources étudiées.....	31
II.1. La source « Aghbalou ».....	31
II.2. La source « Lemghassel ».....	32
III. Matériel et méthodes.....	33
III. Méthodes.....	33
III.1. Analyses physico-chimiques.....	33
III.2. Analyses bactériologiques.....	38
IV. Résultats et discussion.....	43
IV.1. La source « Aghvalou ».....	44
IV.2. La source « Lemghassel 1 ».....	47
IV.3. La source « Lemghassel 2 ».....	50
Conclusion.....	53

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Abstract

Introduction générale

L'eau omniprésente sur la planète, est sans doute la richesse la plus précieuse. Tous les vivants dépendent de cette ressource, et toutes les civilisations ont été bâties autour des points d'eau. Cette ressource est présente dans la nature en différents états : liquide, solide et vapeur ; sa molécule est constituée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène, son symbole chimique est le H₂O. L'eau reste malcommode à traiter en raison de son extraordinaire pluridisciplinarité (allant de la géologie à la médecine en passant par la microbiologie, les chimies minérale, organique et analytique) (Vilaginès, 2010).

Nombreux pays vivent dans une hydrosensibilité à cette ressource, ce qui est dû à la malrépartition et à la raréfaction de l'eau. Aujourd'hui, plus d' 1/3 de la population mondiale ne dispose pas de minimum vital. C'est pour cela que plusieurs recherches ont été portées sur la potabilisation des eaux non conventionnelles (Makhlouf, 2014).

En outre, le problème majeur de l'eau destinée à la consommation humaine a été longtemps d'ordre sanitaire. Avec la progression des sciences médicales et biologiques, la reconnaissance du rôle joué par l'eau dans l'apparition et la transmission des maladies et autres infirmités est devenue de plus en plus évidente.

Et c'est seulement depuis les débuts du XX^{ème} siècle que les grandes maladies d'origine hydrique ont été progressivement régressées. Les efforts ont ensuite porté sur la mise à disposition d'une eau de distribution publique pour tous les usagers avec des exigences de qualité croissante, c'est-à-dire que l'eau doit être claire, inodore, de saveur agréable, pauvre en germes microbiens que possible en matière en suspension et ne pas contenir de substances chimiques pouvant provoquer des maladies.

Dans le monde, les eaux qui répondent à ces conditions sont très peu nombreuses. Et c'est pour cela qu'il faut faire appel à de nouvelles ressources en eau, notamment superficielles, de qualité de plus en plus dégradée par les activités et les constructions humaines. De ce fait, procéder au traitement des eaux reste impératif pour l'alimentation en eau potable, qui a pour but d'éliminer les éléments étrangers connus et de chercher à identifier ces agents et à essayer de dégager les moyens de les combattre en les empêchant de troubler la santé de l'être humain (Lightfoot et Maier, 2010).

Ce travail a pour objectif d'évaluer la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de sources potables de la commune de Makouda, d'identifier les risques sanitaires liés à cette eau et de proposer les solutions possibles pour une eau de boisson de bonne qualité. Cette commune est riche en matière de sources d'eau potable, dont le nombre est plus de 26 sources. Les sources choisies pour cette étude sont Aghbalou et Lemghassel, les deux sources mises en réseaux de distribution de la commune et les plus exploitées.

Ce travail consiste à effectuer des analyses microbiologiques et physico-chimiques des eaux brutes et traitées des sources « Aghvalou » et « Lemghassel ». Il est réparti comme suit :

- _ Une partie théorique consacrée aux généralités sur les eaux, aux caractéristiques des eaux de consommation et aux normes applicables aux eaux destinées à l'alimentation humaine.
- _ Une autre partie où on a évalué la qualité physico-chimique et bactériologique des sources étudiées avec l'interprétation et la discussion des résultats.

Chapitre I: Généralités sur les eaux naturelles

Le caractère banal de l'eau qui nous environne, fait parfois oublier que ce liquide qui nous est si familier s'avère en réalité par ses propriétés si particulières, à la fois le fluide le plus indispensable à la vie et celui dont la complexité est la plus remarquable.

Connaître la qualité des eaux naturelles superficielles et souterraines et l'évolution de la qualité à proximité de son site, est un élément essentiel pour les particuliers, les activités économiques, l'agriculture et les collectivités.

L'étude analytique de l'eau est indispensable dans le cadre de la surveillance et du contrôle réglementaire de l'eau de consommation afin de garantir sa qualité au consommateur en se référant essentiellement à deux aspects : celui de la santé et de l'hygiène et celui du confort et de plaisir (Anonyme 1).

1. Définition de l'eau

Eau: (en latin aqua, qui a donné aquatique, et en grec hydros qui a donné hydrique). L'eau est un élément sous forme liquide en conditions standards (Température et Pression ambiantes), composée sous sa forme pure de molécules qui associent deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène sous la forme H₂O.

L'eau sous la forme liquide est essentielle aux organismes vivants à la fois pour ses caractéristiques mécaniques et ses propriétés chimiques. Ces êtres vivants peuvent par conséquent être composés jusqu'à 97% d'eau. L'eau est en effet un solvant essentiel, parfois qualifiée de <<solvant universel>> (Anonyme 1).

2. L'eau sur terre

L'eau recouvre 72 % de la surface du globe. Son volume total est estimé à 1400 millions de milliards de m³, ce volume d'eau est stable. Cependant, les ressources en eau sont inégalement réparties dans l'espace et le temps et souffrent des pressions qu'exercent sur elles les activités humaines (Wirtgen, 2009)

L'eau salée, dans les mers intérieures et les océans, ainsi que dans certaines nappes souterraines, occupe 97,4 % du volume. Il ne reste donc plus que 2,6 % pour l'ensemble des eaux douces. Cette répartition est résumée dans le tableau suivant :

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

Tableau I : Volume d'eau terrestre sous forme liquide, solide et gazeuse (kettab, 1992)

	Volume (km ³)	%
Océans	1348000000	97,39
Icebergs, glaciers	27820000	2,01
Nappes, humidité du sol	8062000	0,58
Lacs et rivières	225000	0,02
Atmosphère	13000	0,001
Total	1384120000	100
Eaux douces	36020000	2,60

Dans ce faible pourcentage, les glaces et les neiges permanentes représentent la partie majoritaire. Alors que, l'eau douce disponible est d'un pourcentage très faible. Ce qui est donné en chiffres dans le tableau II :

Tableau II : Répartition de l'eau douce en % (kettab, 1992)

Icebergs et glaciers	77,23
Nappes jusqu'à 800m	9,86
Nappes de 800 à 4000m	12,35
Humidité du sol	0,17
Lacs d'eau douce	0,35
Rivières	0,003
Humidité constituant des matériaux	0,001
Humidité constituant de biomasse	0,003
Atmosphère	0,04
Total	100

L'eau douce disponible, seule ressource utilisable, est en quantité invariable alors que la population ne cesse d'augmenter et que la demande en eau est en pleine progression. La consommation varie selon les pays : 250 litres par jour et par habitant en Amérique du Nord, 100 à 230 litres en Europe, 150 litres pour un Français et moins de 10 litres en Afrique Subsaharienne.

Il faut noter que dans les pays défavorisés, les problèmes d'accès à l'eau ne sont pas toujours liés à l'absence de ressources en eau mais à un manque de moyens financiers ou/et une absence d'organisation pour rendre potable, stocker et distribuer l'eau aux populations (Anonyme2).

3. Cycle de l'eau (Cycle hydrologique)

Le cycle de l'eau est un modèle représentant le parcours entre les grands réservoirs d'eau liquide, solide ou de vapeur d'eau sur terre : les océans, l'atmosphère, les lacs, les cours d'eau, les nappes d'eau souterraines et les glaciers.

Le moteur de cycle d'eau est l'énergie solaire qui en favorisant l'évaporation de l'eau, entraîne tout les autres échanges : l'énergie apportée par le rayonnement du soleil provoque l'évaporation de grandes quantités d'eau des océans, des lacs et des zones humides. Les végétaux rejettent également une quantité importante de vapeur d'eau. Cette dernière s'élève et se refroidit dans l'atmosphère, elle se condense sous forme de nuages et retombe sous forme de pluie ou de neige (Si Abderrahmane, 2016). Ce parcours est bien expliqué dans le schéma de la figure 01 :

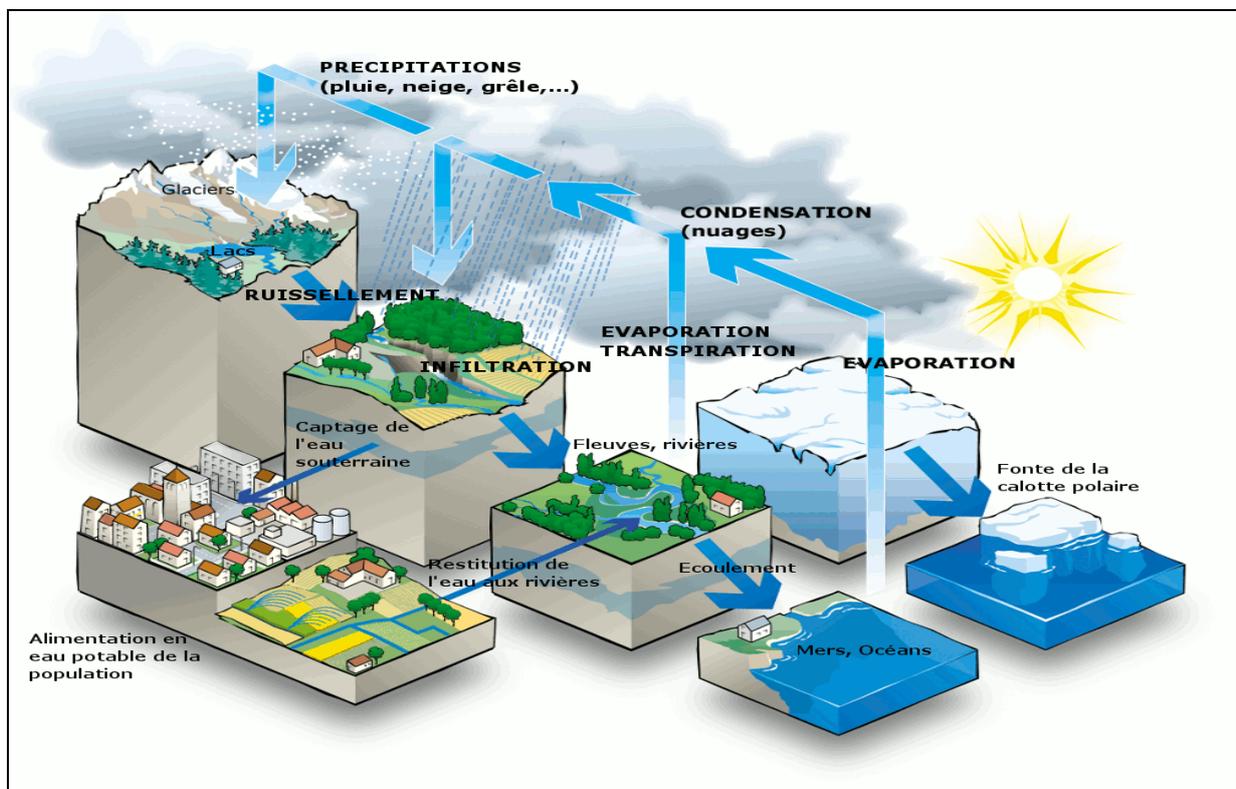


Figure 01 : schéma général de cycle de l'eau (Anonyme 1).

La science qui étudie le cycle de l'eau est l'hydrologie. Elle peut se décomposer en hydrogéologie, hydrologie de surface, hydraulique urbaine... etc.

4. 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 ces ressources est très intense avec les besoins grandissants 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 en 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 ces 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 (Festy *et al.*, 2003).

4.1. Les sources d'approvisionnement conventionnelles

Elles comprennent les eaux superficielles et les eaux souterraines

4.1.1. 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, glaciers (Vilaginès, 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).

4.1.2. 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 (Vilaginès, 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 milliard 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.

4.2. Les sources d'approvisionnement non conventionnelles

4.2.1. 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. En plein océan, la mer est presque toujours bleu marine. Aux abords du littoral le bleu s'éclaircit et vire quelquefois au vert à cause du plancton et des particules minérales. La Manche, peu profonde, très peuplée en micro-organismes, est verte. La Méditerranée profonde, mais pauvre en micro-organismes, est vraiment bleue. Les eaux froides polaires sont plus vertes que les eaux tropicales, car plus riches en plancton. C'est également le plancton qui rend de nuit l'eau de mer phosphorescente, lumineuse. A moins 500 mètres de profondeur, c'est le noir absolu car la lumière du soleil n'y pénètre plus (Moulin, 2004).

4.2.2. 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 pollutions 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).

5. Les principales propriétés de l'eau

L'eau est un corps chimique composé minéral des éléments oxygène et hydrogène, de formule chimique H_2O très stable qui est parfois considéré comme ubiquitaire, sur la Terre et dans l'air humide qui peut l'environner. C'est un constituant biologique important, elle représente un constituant majeur de la matière vivante. Chez la plupart des êtres vivants, la teneur en eau est de l'ordre ou supérieure à 70 %, elle peut même dépasser 95% chez certains Cnidaires marins (Ramade, 1998).

La molécule d'eau est une molécule polaire, chargée négativement autour de l'atome d'oxygène et positivement autour des atomes d'hydrogènes. Cette molécule a des propriétés complexes à cause de sa polarisation. L'eau quasiment pure se trouve naturellement dans les trois états physiques dont dépend sa structure. À pression ambiante (environ un bar), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 °C, solide en dessous de 0 °C, et principalement liquide entre les deux, sa structure dépend de son état physique :

- A l'état gazeux (vapeur), cette structure correspond exactement à la formule H_2O avec le modèle angulaire à 105 degrés.
- A l'état solide, 4 molécules d'eau périphériques entourent une molécule d'eau centrale pour former une structure tétraédrique.
- A l'état liquide, les molécules s'associent entre elles par des liaisons faibles, de type « liaison hydrogène », pour former les mêmes structures tétraédriques, mais qui sont plus instables.

L'eau contient également des ions résultant de son autoprotolyse selon l'équation d'équilibre : $H_2O = H^+ + OH^-$ (ou $2 H_2O = H_3O^+ + OH^-$)

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

C'est un excellent solvant, capable de dissoudre un très grand nombre de corps. L'eau agit en détruisant partiellement ou totalement les liaisons existantes entre les atomes et les molécules des composés qu'elle dissout. A l'état pur, l'eau est un bon solvant et un excellent conducteur quand elle contient des sels en solution (Metahri, 2014). Les propriétés physiques de l'eau se résument dans le tableau suivant :

Tableau III : les propriétés physiques de l'eau et leurs significations écologiques (Ramade, 1998).

Propriétés physiques	Comparaison avec les autres liquides	Signification écologique pour la biosphère
Capacité calorifique	La plus élevée de tous les fluides	Volant thermique face aux températures extrêmes
Point de fusion et d'ébullition	Elevée	Possibilité d'être à l'état liquide à la surface de la terre
Tension superficielle	Elevée	Favorise la formation d'aérosols dans les nuages, de condensation et de précipitation
Densité	Maximale à 4°C	Stratification dans les lacs et les océans
Absorption lumineuse	Forte en particulier dans l'UV et l'IR	Effet de serre et rôle important au plan biologique
Propriétés de solvant	Structure dipolaire favorisant la dissolution des sels et des molécules polaires	Transport aisé de substances dissoutes dans la biomasse et les cycles biogéochimiques

6. La pollution des eaux

Les micropolluants de l'eau est l'un de problèmes d'actualité dont la gravité augmente avec le développement industriel. La sécurité des aliments en particulier l'eau constitue aujourd'hui une préoccupation majeure, à différents niveaux, des responsables de la santé publique, des producteurs, des consommateurs qui font de l'eau l'un des critères importants dans leurs choix. (Makhloufi et Abdelouahid, 2011).

Les indicateurs microbiologiques sont considérés parmi les paramètres les plus importants pour les eaux à usage domestique. Ils correspondent à des germes pathogènes qui proviennent du

rejet des eaux usées domestiques ou industrielles directement dans les cours d'eau et /ou des lessivages des sols (Wheal, 1991).

6.1. Définition

« La pollution de l'eau s'entend comme une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établie » (Metahri, 2012).

6.2. Manifestation de pollution des eaux

Toute pollution d'eau se manifeste par une altération de l'eau qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. Elle a pour origines principales : l'activité humaine, les industries, l'agriculture, les décharges de déchets domestiques et industriels.

Cette pollution peut être physique : en agissant sur la température de l'eau, ou en réduisant la transparence de l'eau par présence de matières en suspension qui représente l'un des paramètres globaux de pollution, le plus facilement perceptible cependant, c'est l'un des plus difficilement mesurable en continu (Metahri, 2014).

Par ailleurs, la pollution chimique de l'eau est due à des substances acides, radioactives, à des sels indésirables (nitrates), ou des substances toxiques (pesticides, métaux,...). Ces éléments toxiques contenus dans certains rejets, peuvent provoquer des phénomènes de toxicité aiguë ou chronique. Ils peuvent avoir les origines les plus diverses. Certains peuvent même provenir de résidus d'activités industrielles interrompues depuis plusieurs décennies.

En outre, la pollution organique de l'eau se manifeste par une surconsommation d'oxygène avec notamment des produits comme l'ammoniac qui affecte le milieu récepteur. La pollution organique non toxique peut être digérée par le milieu naturel, si la masse d'eau est suffisante, grâce au phénomène d'autoépuration biologique et physico-chimique. Cependant quand le volume de pollution biodégradable dépasse les capacités d'autoépuration d'un cours d'eau, l'équilibre de l'écosystème peut être modifié en passant par le pseudo-équilibre au déséquilibre.

D'autre part, la pollution bactériologique introduit dans l'eau des micro-organismes dont certains peuvent engendrer des maladies. La présence de micro-organismes (bactéries, virus et parasites) dans les eaux de consommation est le plus souvent due à une dégradation de la qualité de la ressource en eau, à une mauvaise protection ou un manque d'entretien des ouvrages de captages, à une défaillance du traitement de désinfection ou à une contamination de l'eau lors de son transport ou stockage dans le réseau (Da Silva Valente *et al.*, 2013).

7. Les maladies à transmission hydrique

L'eau peut aussi être source de maladies du fait de sa contamination par des 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 million d'enfants de moins de 15 ans succombent encore chaque année (Solidarité internationale, 2015).

7.1. Les maladies d'origine bactérienne

➤ Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes

Elles sont des véritables septicémies dues à des Salmonelles (*Salmonella typhi* et *paratyphi* A, B et C). Elles sont caractérisées par de la fièvre, céphalées, diarrhées, douleurs abdominales, accompagnées d'abattement extrême et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteintes hépatiques, respiratoires et neurologiques. La contamination se fait par voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés ou encore par les mains sales (Vilaginès, 2003).

➤ Choléra

Le choléra est maladie à incubation courte allant de quelques heures à 5 jours. Il se caractérise par une diarrhée profuse à grains riziformes, accompagnée de vomissement et de douleurs épigastriques, avec anurie et crampes musculaires. Son évolution est mortelle en l'absence de réhydratation et d'antibiothérapie.

Compte tenu de sa transmission hydrique, la chloration des eaux de distribution publique s'avère être une nécessité et une importante sécurité. Ces mesures préventives se sont avérées jusqu'à présent, particulièrement efficaces (Vilaginès, 2010).

➤ La légionellose

L'agent causal de la maladie des légionnaires (la légionellose) est les Légionelles, cette maladie est caractérisée par une pneumonie aiguë présentant un large spectre de signes cliniques allant de la toux avec fièvre modérée jusqu'à la détresse respiratoire. En début d'affection, les symptômes ne sont pas spécifiques : fièvre, myalgies, anorexie, céphalées. Dans 20 à 40% des cas, on observe des symptômes gastro-intestinaux. Les légionelloses extrapulmonaires sont rares. Elles peuvent être responsables de sinusites, pancréatites, péritonites et pyélonéphrites.

Le réservoir est principalement hydrique. Les sources de contamination incriminées lors d'épidémie sont les installations qui favorisent la multiplication des légionnelles dans l'eau avec une température avoisinant 37°C suivie d'une aérosolisation (Vilaginès, 2010).

➤ **Gastroentérites aiguës et diarrhées**

Dans sa forme légère, elle se présente comme une diarrhée aqueuse et ce n'est que très rarement qu'elle présente un caractère cholériforme (Roland Vilaginès, 2003).

Les symptômes associés à cette infection par *E.Coli* varient d'une simple diarrhée à une diarrhée sanglante accompagnée de crampes abdominales, afébrile pouvant conduire à un syndrome urémique. Ils vont de la forme asymptomatique à l'atteinte sévère avec fièvre, crampes abdominales et diarrhées de plus ou moins sanglantes, le cas d'infection par *Campylobacter jejuni*. Cette infection peut aussi être causée par : *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella sp*, *Shigella dysenteriae* et/ou *Aeromonas*.

7.2. Les maladies d'origine parasitaire

7.2.1. Les protozoaires

➤ *Cryptosporidium parvum*

Ce sont des coccidies intestinales, habitant la muqueuse de l'intestin grêle pouvant infecter les cellules d'autres organes chez des hôtes immunodéprimés. Ils développent une diarrhée profuse aqueuse avec crampes abdominales modérées, nausée et anorexie qui cesse en 10 à 15 jours chez les patients à fonction immunitaire intacte, et une infection plus sévère et de longue durée (plusieurs semaines, voire même, quelques années) chez les patients immunodéprimés.

➤ *Giardia-Lamblia*

Ce sont des flagellées habitant les régions intestinales et atriales L'infection est oro-fécale par ingestion de kystes. Ils infectent le haut intestin grêle mais n'envahissent pas les tissus et ne provoquent pas l'ulcération. Les symptômes incluent des crampes abdominales, nausées et diarrhées aqueuse. A la phase aigüe de l'infection, peut succéder un état chronique qui reproduit à un degré moindre les symptômes de la phase aigüe.

➤ *Amibes*

Responsable de la dysenterie amibienne. Elle induit les symptômes classiques des entérocolites avec crampes et diarrhées muco-sanglantes dans les cas sévères. Elle peut diffuser dans tout l'organisme à travers le système porte et engendrer des abcès de foie, du poumon et du cerveau (Vilaginès, 2010).

7.2.2. Les virus

➤ L'hépatite A

Egalement nommée hépatite infectieuse, sa transmission est oro-fécale. Son évolution varie de la maladie anictérique à l'ictère hépatique sévère et prolongé avec jaunissement de la peau, mais ne conduit pas à un dysfonctionnement hépatique chronique.

➤ L'hépatite E

L'hépatite E est d'expression clinique comparable à l'hépatite A, elle peut se manifester par un syndrome gastrique fébrile. Son excrétion dans les selles dure de l'ordre de 2 semaines (Vilaginès, 2003).

➤ Les gastroentérites virales

Il existe de nombreux virus impliqués dans les syndromes diarrhéiques à côté des *Rotavirus* qui infectent les cellules épithéliales du duodénum et des villosités de l'intestin grêle, et qui se caractérise par de la toux, un écoulement nasale, une bronchopneumopathie, ainsi qu'une diarrhée accompagnée de vomissements et de fièvre. On trouve également, le virus de type *Norwalk* qui cause des nausées et vomissements avec douleurs abdominales et fièvres. Les plus courants, on trouve des *Astrovirus* qui infectent les villosités intestinales avec lésion histologique entraînant une desquamation des tissus avoisinants avec inflammation, des *Calicivirus* et *Coronavirus*.

➤ Les entérovirus

Ils sont parmi les plus courants et les plus importants agents pathogènes pour l'humain. La contamination se fait par voie digestive par l'intermédiaire de l'eau ou des aliments. Au cours de l'infection, le virus provoque dans un premier temps une légère fièvre accompagnée de symptômes de rhume banal. Au bout de quelques jours, le virus atteint les neurones moteurs de la corne antérieure de la moelle épinière et cause des paralysies musculaires. Ils sont également responsables d'infections respiratoires peu sévères (Vilaginès, 2010).

Chapitre II: Paramètres de qualité des eaux potables

L'origine des eaux servant à l'alimentation humaine provient des eaux souterraines, les eaux douces de surface c'est-à-dire celle des ruisseaux, des rivières, des fleuves, des barrages, ou dans certains cas, par adoucissement des eaux de mer (Joffin C. et Joffin J.N., 1999).

1. Définition de l'eau potable

L'OMS a définie l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit répondre à des normes très strictes relatives aux paramètres organoleptiques, physico-chimiques, microbiologiques et aux substances indésirables et toxiques. Pour chaque paramètre, des valeurs limites à ne pas dépasser sont établies. Une eau potable doit être exempte d'agents pathogènes (Si Abderrahmane, 2016).

2. Paramètres globaux de la qualité des eaux potables

Les critères de qualité, pour une eau potable, fixés par l'Organisation Mondiale de la Santé sont au nombre de 63, ils portent sur la qualité microbiologique, chimique, physique et gustative. Parmi ces critères on cite :

2.1. Les paramètres organoleptiques

2.1.1. La couleur

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdal. Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson, car elle présente toujours un doute sur la potabilité. Toutefois, la limpidité de l'eau ne garantit pas l'absence des germes pathogènes (Boubechir et Nassah, 2004)

2.1.2. L'odeur et le goût

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. D'autre part, 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 (Arab et Oudafel, 2015).

2.1.3. La turbidité

La turbidité de l'eau permet de préciser les informations visuelles de la couleur de l'eau, elle traduit la présence des particules en suspension notamment colloïdales dans l'eau: débris organiques, argiles, organismes microscopiques, etc. Plus la turbidité est faible, plus la qualité de l'eau est bonne (Boubechir et Nassah, 2004).

2.2. Les paramètres physico-chimiques

L'ensemble des paramètres portant sur la température, le potentiel hydrogène (pH), la conductivité, la minéralisation, l'oxygène dissous, la dureté, les chlorures, le calcium, le potassium, le magnésium et les sulfates... etc.

2.2.1. La température (T°)

Il est important de connaître la température de l'eau. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels, des gaz, et dans la dissociation des sels dissous. Donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH. De plus, la vitesse des réactions chimiques et biochimiques varie en fonction de la température de l'eau (Rodier *et al.*, 2009).

2.2.2. Le potentiel Hydrogène (pH)

C'est un élément très important dans la détermination de l'équilibre calco-carbonique.

Il mesure l'acidité de l'eau qui varie en fonction de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). Son échelle s'étend pratiquement de 0 (très acide) à 14 (très alcalin), la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Pour les eaux naturelles, les valeurs du pH varient de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique de terrain traversé. Pour une eau potable, on admet généralement un pH situé entre 6.5 et 8.5 (Si Abderrahmane, 2016). En outre, des valeurs de pH très faibles ou très élevées dans les eaux de consommation, doivent être corrigées et ajustées avant d'arriver chez le consommateur (Vilaginès, 2010).

2.2.3. L'alcalinité

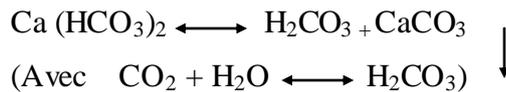
L'alcalinité de l'eau se définit comme sa capacité à neutraliser un acide. Elle est due à la présence des ions hydrogénocarbonates (HCO₃⁻), carbonate (CO₃²⁻) et hydroxyde (OH⁻) (C.E.A.E.Q, 2011).

La norme définit différents types d'alcalinité :

- Titre Alcalimétrique complet (TAC) : correspond à l'alcalinité totale au pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions HCO₃²⁻, CO₃²⁻, OH⁻.
- Titre alcalimétrique simple (TA) (alcalinité composite) : elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH⁻ et à la moitié des ions CO₃²⁻. Cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égale à 8.3 (Si Abderrahmane, 2016).

2.2.4. L'équilibre calco-carbonique

La plupart des eaux souterraines contiennent du bicarbonate de calcium (Ca(HCO₃)₂) et du gaz carbonique (CO₂ libre) dissous. Le bicarbonate de calcium est instable dans l'eau et tend à précipiter sous forme de carbonate de calcium, selon la réaction suivante :



Pour qu'il y ait maintien en solution du bicarbonate de calcium, celui-ci doit être en équilibre avec une certaine quantité d'acide carbonique, appelé CO_2 équilibrant. Si l'équilibre calco-carbonique de l'eau n'est pas réalisé, la réaction sera orientée dans un sens ou dans l'autre :

- Si l'eau contient du gaz carbonique en excès, elle dissout le carbonate de calcium et est dite « agressive ». le gaz carbonique excédentaire est appelé CO_2 agressif.
- Si la teneur en gaz carbonique est inférieure à la teneur équilibrante, l'eau est dite « déposante » ou (« incrustante » ou « entartrante »).

Une eau agressive peut attaquer les bétons. Une eau déposante peut quant à elle boucher les canalisations. Dans la pratique, on cherche à obtenir une eau légèrement bicarbonatée calcique qui dépose à froid une fine couche protectrice de bicarbonate de calcium dans les réseaux de distribution, appelée « couche de Tillmans » (Metahri, 2014).

2.2.5. La dureté

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 sont 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'hydrogencarbonate.

On détermine le caractère de la dureté d'une eau en fonction de la valeur de TH_t 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 Abderrahmane, 2016).

2.2.6. La conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous. Elle s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité est utile, car elle permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (Metahri, 2012).

2.2.7. Les matières en suspension (MES)

Les MES correspondent aux particules véhiculées par l'eau. Elles peuvent être de nature minérale (argiles, sables, etc.) ou organique (débris végétaux, biomasse planctonique, etc.). Elles représentent la masse de dépôts (exprimé en mg/L) obtenus sur un filtre de 0.45 μm après séchage à 100°C (Metahri, 2014).

2.2.8. La minéralisation globale

2.2.8.1. Le calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+})

- **Le calcium**

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). Il résulte de la dissolution des roches calcaires et cause de précipitations. On peut l'éliminer en adoucissant l'eau (Si Abderrahmane, 2016).

Les effets indésirables qui sont surtout d'ordre organoleptique ou esthétique résultant de la présence du calcium dans l'eau potable peuvent provenir de sa contribution à la dureté. La concentration maximale admissible qui est de 200 mg/l édictée par les normes locales pour l'eau potable (ADE, 2016).

- **Le magnésium**

On trouve le magnésium dans l'eau à des concentrations moins que le calcium et pose moins de problème que ce dernier car il est plus soluble dans l'eau (Si Abderrahmane, 2016).

2.2.8.2. Le sodium (Na^+)

Le sodium est un élément alcalin que l'on trouve dans des sels sous forme d'ion Na^+ , c'est un élément constant 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 sa teneur dépasse 200 mg/l (Si Abderrahmane, 2016).

2.2.8.3. Les chlorures

Ces éléments sont très répandus dans la nature. Leur teneur dans les eaux est très variable et liée principalement à la nature des terrains traversés (Kahoul et Touhami, 2014). Selon les normes locales de la potabilité des eaux, les chlorures doivent avoir une teneur inférieure à 500 mg/L dans les eaux de consommation (ADE, 2016).

2.2.8.4. Le potassium (K^+)

Le potassium se trouve sous forme de cation monovalent (K^+) en milieu naturel, il ne représente aucun inconvénient particulier sur la santé humaine, bien qu'il soit une des sources

possibles de radioactivité de l'eau et aussi un métal essentiel pour l'organisme, notamment pour son rôle dans la régulation du potentiel membranaire (Si Abderrahmane, 2016).

2.3. Les paramètres indésirables

Leur présence est tolérée tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil (le fluor et les nitrates par exemple). Parmi ces paramètres, on cite :

2.3.1. Le fer (Fe^{2+}) et le manganèse (Mn^{2+})

La présence du fer et du manganèse est fréquente dans les eaux souterraines sous forme dissoute : jusqu'à 10 à 15 mg/L pour le fer et 1 mg/L pour le manganèse. Dans les rivières, leur présence est très rare et on les retrouve généralement sous forme de colloïdes en suspension ou sous forme complexée. Le fer et le manganèse ne sont pas des polluants majeurs et leur ingestion ne présente pas de danger pour l'homme. Cependant, il est nécessaire de limiter leurs concentrations dans les eaux de consommation ($\text{Fe} = 200 \mu\text{g/l}$ et $\text{Mn} = 50 \mu\text{g/l}$), car ils influencent la qualité organoleptique de l'eau et peuvent être à l'origine du développement de micro-organismes initiant des phénomènes de corrosion (Metahri, 2014).

2.3.2. Le sulfate (SO_4^{2-})

La concentration en ions de sulfates des eaux naturelles est variable. Leur présence dans l'eau résulte de la décomposition des roches évaporitiques comme le Gypse ($\text{CaSO}_4\text{H}_2\text{O}$) et des matières organiques d'origine fécale (Boubechir et Nassah, 2004)

2.3.3. Nitrates (NO_3^-)

Les ions nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques. Le transport des nitrates dans la ressource en eau dépend essentiellement des précipitations, de la nature du sol, de la conduite des cultures, de la fertilisation et des systèmes de production.

Les concentrations décrites par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine sont dans l'ensemble inférieures à la norme de 50 mg/L (Aouissi et Houhamdi).

2.4. Les paramètres de toxicité

2.4.1. Le mercure (Hg)

Pratiquement, le mercure peut se trouver dans l'eau sous forme de composé organique et/ou minéral, fixé sur les MES et/ou à l'état dissous (Rodier, 2009).

2.4.2. Le plomb (Pb)

Le plomb est le métal qui focalise le plus l'attention. Il est très rarement détecté dans les eaux souterraines, ses teneurs sont en général $< 10 \mu\text{g/L}$ (limite de qualité). La contamination des eaux de surface est par contre plus fréquente et plus fluctuante. Les effets du plomb sur la santé humaine sont importants, même pour de faibles expositions, car il est extrêmement toxique et il a la capacité de s'accumuler dans l'organisme tout au long de la vie. La limite de qualité fixée par la réglementation française, pour le plomb, est de $10 \mu\text{g/L}$ comme valeur maximale admissible pour les eaux potable (Metahri, 2014).

2.4.3. Le cuivre (Cu)

Le cuivre est un élément essentiel pour le métabolisme humain, il est bien connu que sa carence entraîne divers troubles cliniques, notamment l'anémie nutritionnelle chez le nourrisson. L'objectif de qualité esthétique pour le cuivre présent dans l'eau potable est de $< 1 \text{mg/L}$, cet objectif a été fixé pour assurer la potabilité de l'eau (Si Abderrahmane, 2016).

2.4.4. L'aluminium (Al)

Bien que très abondant dans l'écorce terrestre, l'aluminium est peu présent dans les eaux, car il est très peu soluble. Dans les eaux traitées sa présence est principalement due aux coagulants utilisés pour la clarification de l'eau. L'aluminium est considéré comme un micropolluant toxique. Les organismes de santé publique et la réglementation ont fixé une concentration maximale de $200 \mu\text{g/L}$ d'aluminium dans les eaux de consommation (Metahri, 2014).

2.5. Les paramètres de pollution organique

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

2.5.1. Ammonium (NH_4^+)

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 (nitrates et nitrites) en conditions réduites. Pourriot et Meybek (1995) ont considérés que les eaux naturelles présentent une teneur de l'ordre de $0,0015 \text{mg/l}$ en NH_4^+ mais d'une manière générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammoniaque (Aouissi et Houhamdi).

2.5.2. Nitrites (NO_2^-)

Considéré comme un élément toxique, le NO_2^- est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium NH_4^+ . Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels (AOUISSI Amina, HOUHAMDI Moussa).

L'ion nitrite (NO_2^-) s'oxyde facilement en ion nitrate et, pour cette raison, il est rarement présent en concentration importante dans les eaux naturelles (C.E.A.E.Q, 2011).

2.5.3. Phosphate (PO_3^{4-})

Ces sels peuvent être présents dans les eaux sous des formes et des concentrations variables. Leur présence dans les eaux peut avoir un effet négatif sur la santé humaine et la qualité des eaux. Ils sont présents dans les effluents secondaires (eaux usées), ils se fixent dans le sol. Ils peuvent alors être entraînés par l'érosion et atteindre les eaux de surface, en participant ainsi au phénomène d'eutrophisation. Comme ils peuvent aussi être entraînés par percolation et atteindre ainsi les eaux souterraines (Metahri, 2014).

2.5.4. La demande biochimique en oxygène (DBO_5)

Elle représente la quantité d'oxygène consommé par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction d'une fraction de matière organique carbonée grâce au phénomène d'oxydation biologique par voie aérobie. Dans les mesures, on se réfère à la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours et les résultats sont exprimés en $\text{mg O}_2/\text{L}$ (Metahri, 2012).

2.5.5. La demande chimique en oxygène (DCO)

Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader la totalité de la matière organique, biodégradable ou non, par voie chimique. Elle est réalisée par oxydation à l'aide de dichromate de potassium en présence d'acide sulfurique à chaud (150°C). Elle est exprimée en $\text{mg O}_2/\text{l}$ (Metahri, 2014).

2.5.6. Le carbone organique total (COT) :

Correspond à une mesure globale de la matière organique, particulaire et dissoute, présente dans l'eau. Les eaux souterraines, en subissant une autoépuration chimique et biologique, sont généralement pauvres en COT : de 0.5 mg/l . Cependant, les eaux superficielles présentent des valeurs comprises entre 2 et 12 mg/l . la référence de qualité est de 2 mg/l (Metahri, 2014).

2.6. Les paramètres bactériologiques

2.6.1. La flore mésophile aérobie totale

Les germes mésophiles, sont toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu de culture gélosé, ou à sa surface à $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 68 ± 4 heures, et à $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures. On distingue deux catégories :

- Les micro-organismes se développant à 20°C qui sont des saprophytes, présent naturellement dans l'eau.
- Les micro-organismes se développant à 37°C qui provient de l'homme ou des animaux à sang chaud, ils ne s'agissent pas forcément de germes pathogènes et ils peuvent indiquer une contamination fécale de l'eau (Si Abderrahmane, 2016).

2.6.2. Les coliformes

Sous ce terme est groupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* et qui partagent certaines caractéristiques biochimiques.

L'OMS définit les coliformes comme étant des organismes en bâtonnets, non sporogènes, à Gram négatif, oxydase négative, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires. Elles fermentent le lactose et le mannitol et produisent l'acide et l'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C (Rodier *et al.*, 2009).

2.6.3. Les streptocoques fécaux ou entérocoques

Anciennement, la législation parlait de « Streptocoques fécaux ». Sous cette dénomination générale, il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield.

Ces streptocoques sont généralement pris en compte comme témoins de pollution fécales (Rodier *et al.*, 2009).

2.6.4. Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices ou *Clostridium*s sulfito-réducteurs (CSR) se présentent sous forme de bacilles Gram+ et qui, en se développant à une température de $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ en 24 à 48 heures en gélose profonde de type Tryptose Sulfite Cycloserine ou encore gélose Viande Foie, donnent des colonies caractéristiques d'une couleur blanche entourées d'auréoles noires

(témoin de réduction du sulfite de sodium en sulfure qui prend la couleur noire en présence du fer). Les CSR sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux, permettait ainsi de déceler une pollution fécale plus ancienne (Rodier *et al*, 2009).

3. Recommandations de l’OMS concernant les eaux destinées à l’alimentation humaine

Les eaux des sources naturelles ont toujours été une source importante d’approvisionnement en eau potable pour les populations locales, pour l’abreuvement des animaux et pour l’irrigation.

L’accès à une eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé, un droit humain élémentaire et une composante clé des politiques efficaces de protection sanitaire.

On sollicite fréquemment de l’OMS des recommandations concernant l’application des *Directives de qualité pour l’eau de boisson* à des situations autres que les approvisionnements collectifs ou la gestion des services publics. Ces Directives sont mises à jour par un processus de révision continu, qui conduit à la publication périodique de documents susceptibles de compléter ou de remplacer des informations précédentes. Elles s’adressent principalement aux responsables de la réglementation dans le domaine de l’eau et de la santé, aux décideurs et à leurs conseillers, avec pour objectif d’apporter un soutien à la mise au point de normes nationales. Elles sont aussi utilisées, ainsi que les documents associés, par de nombreuses autres personnes comme sources d’informations sur la qualité et l’hygiène de l’eau et sur les stratégies de gestion efficace (OMS, 2004).

Les valeurs des différents paramètres de qualité des eaux sont, à titre de recommandation, sous forme de valeurs guides qui correspondent à la concentration à laquelle l’eau ne présente pas de risque sensible pour la santé du consommateur et conserve ses qualités organoleptiques (Rejsek, 2002).

4. Généralités sur les eaux de sources

4.1. Définition d’une eau de source

Eau de source : Une eau de source est une eau d’origine souterraine, microbiologiquement saine, et protégée contre les risques de pollution. 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 ou références de qualité, portant sur des paramètres microbiologiques et physico-chimiques, définis par arrêté des ministres chargés de la consommation et de la santé (Vilaginès, 2010).

Les seuls traitements qu’il est permis de leur appliquer, afin d’éliminer les éléments instables que sont les gaz le fer et le manganèse, sont l’aération, la décantation et la filtration.

4.2. Le captage et la production d'eau

4.2.1. La protection du point d'eau et de la ressource

Tous les points des prélèvements d'eau destinés à la consommation humaine doivent faire l'objet d'une protection vis-à-vis des pollutions à proximité. Cela passe en premier lieu par la mise en place de périmètres de protection où certaines activités présentant des risques pour l'eau sont interdites. Ces périmètres font l'objet d'un arrêté de Déclaration d'Utilité Publique pris par le préfet de département.

- **Les périmètres de protection quantitative**

« A l'intérieur des périmètres de protection quantitative :

— sont interdites toutes réalisations de nouveaux puits ou forages ou toutes modifications des installations existantes, visant à augmenter les débits prélevés ;

— sont soumis à autorisation de l'administration chargée des ressources en eau tous travaux de remplacement ou de réaménagement des installations hydrauliques existantes.

L'administration chargée des ressources en eau peut procéder à une limitation des débits d'exploitation ou à la mise hors service d'un certain nombre de points de prélèvement » (Article 32).

« Les modalités de délimitation des périmètres de protection quantitative ainsi que les conditions spécifiques d'utilisation de leurs ressources en eaux sont fixées par voie réglementaire » (Article 33) (Journal officiel de la république algérienne, 2005).

- **Des périmètres de protection qualitative**

« Il est établi autour des ouvrages et installations de mobilisation, de traitement et de stockage d'eau souterraine ou superficielle ainsi que de certaines parties vulnérables des nappes aquifères et des oueds, une zone de protection qualitative comprenant, selon les nécessités de prévention des risques de pollution :

— un périmètre de protection immédiate dont les terrains doivent être acquis par l'Etat et protégés par une personne physique ou morale chargée de l'exploitation des ouvrages et installations concernés ;

— un périmètre de protection rapprochée à l'intérieur duquel sont interdits ou réglementés les dépôts, activités ou installations susceptibles de polluer les eaux, de façon chronique ou accidentelle ;

— un périmètre de protection éloignée à l'intérieur duquel sont réglementés les dépôts, activités ou installations visés à l'alinéa précédent. » (Article 38)

« Les conditions et les modalités de création et de délimitation des périmètres de protection qualitative, la nomenclature des périmètres de protection requis pour chaque type d'ouvrage ou d'installation de mobilisation, de traitement et de stockage d'eau, ainsi que les mesures de

réglementation ou d'interdiction d'activités dans chaque périmètre de protection qualitative sont fixées par voie réglementaire »(Article 40)

« A l'intérieur des périmètres de protection qualitative, l'administration chargée des ressources en eau se réserve le droit d'effectuer, à tout moment et en tout lieu, toute observation, mesure et/ou contrôle destinés à suivre l'évolution qualitative des ressources en eau »(Article 41) (Journal officiel de la république algérienne, 2005).

4.2.2. La prise d'eau

« Sont soumises au régime de l'autorisation d'utilisation des ressources en eau, les opérations portant sur :

- la réalisation de puits ou de forages, en vue d'un prélèvement d'eau souterraine ;
- la réalisation d'ouvrages de captage de source non destinés à une exploitation commerciale;
- la construction d'ouvrages et installations de dérivation, de pompage ou de retenue, à l'exception des barrages, en vue d'un prélèvement d'eau superficielle ;
- l'établissement de tous autres ouvrages ou installations de prélèvement d'eau souterraine ou superficielle » (Article 75) (Journal officiel de la république algérienne, 2005).

Quand cela est possible, le système gravitaire est privilégié car c'est le plus fiable: cette technique ne requiert pas d'énergie. Lorsque ce choix n'est pas envisageable, l'eau brute est pompée, acheminée vers l'unité de potabilisation, puis refoulée vers les réservoirs et le réseau de distribution.

La qualité de la réalisation des ouvrages est essentielle, pour éviter toute pollution secondaire du point d'eau (Metahri, 2014).

4.3. Traitement des eaux de sources

L'examen de l'eau destinée à la consommation humaine est d'une importance capitale, car elle mesure l'absence ou non de micro-organismes ou de produits chimiques présents dans l'eau et elle doit répondre aux normes de qualité avant sa mise en distribution (FUNASA, 2013).

« Les ressources en eau souterraine et superficielle sont soumises 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 » (Article 69) (Journal officiel de la république algérienne, 2005).

Les seuls traitements applicables aux eaux de sources en Algérie sont ceux de désinfection. Ils ont pour objectif d'éliminer les organismes pathogènes et de maintenir un résiduel bactériostatique dans les réseaux de distribution, pour éviter la dégradation de l'eau par reviviscence bactérienne. Il existe diverses méthodes de désinfection : les plus répandues sont la chloration, l'ozonation, et la stérilisation aux rayons ultra-violet.

4.3.1. La Chloration

Le procédé le plus utilisé. Elle intervient en toute fin de traitement. Il consiste à injecter dans l'eau du chlore gazeux suivant un dosage précis. Ce traitement peut dans certaines conditions, donner un mauvais goût à l'eau. Les réactifs mis en œuvre pour la chloration sont :

- **Le chlore : chlore gazeux ou l'hypochlorite de sodium**

Simple à mettre en œuvre (injection directe à partir d'une bouteille de chlore ou d'une pompe doseuse). Les agents désinfectants sont l'acide hypochloreux (HOCl) et l'ion hypochlorite (OCl⁻). Le HOCl (agit en milieu acide) est le plus efficace que le OCl⁻, la désinfection doit être mise en œuvre en milieu acide, une correction du pH est ensuite nécessaire avant la mise en distribution. La désinfection est assurée si, après un temps de contact de 30 min, il reste dans l'eau une quantité résiduelle du chlore libre (HOCl+OCl⁻) de l'ordre de 0.1 à 0.2 mg/L. Si le traitement en amont est insuffisant, le chlore réagit avec les composés oxydables présents dans l'eau et forme des composés organiques chlorés tels que les Trihalométhanes (THM). Si le résiduel est trop important, il faut le neutraliser avec bisulfite de sodium : c'est la déchloration. Le chlore a l'avantage d'être rémanent (Metahri, 2014).

- **Le dioxyde de chlore (ClO₂)**

C'est un bon désinfectant. Son pouvoir rémanent est plus important que celui du chlore. Il persiste donc plus longtemps dans les réseaux de distribution. Le pH a peu d'effet sur son efficacité et il ne forme pas de composés indésirables comme les THM. Il peut par contre former d'autres produits tels que les chlorites et les chlorates. Sa mise en œuvre est assez délicate, c'est un gaz très toxique qui doit être fabriqué sur place (Metahri, 2014).

4.3.2. L'ozonation

Cette technique consiste en l'utilisation de l'ozone (O₃), c'est une technique coûteuse. Des bulles d'air ozonées (20 d'ozone par m³ d'air) sont mises au contact de l'eau dans laquelle l'ozone se dissout. L'ozone est un désinfectant puissant, capable notamment d'éliminer les virus avec un résiduel d'ozone de 0.4 mg/l pendant un temps de contact de 4 min. Il a l'inconvénient de ne pas être rémanent. Il ne peut donc pas assurer le résiduel bactériostatique. Son pouvoir désinfectant important permet néanmoins de limiter la chloration de l'eau avant sa mise en distribution, ce qui a pour conséquence d'améliorer sa qualité gustative (Metahri, 2014).

4.3.3. La désinfection par les rayonnements ultra-violets

La désinfection consiste à soumettre l'eau à un rayonnement ultra-violet d'une longueur d'onde précise. Les rayonnements ultra-violets ont un effet bactéricide maximum à 250 nm et sont obtenus au moyen de lampes à basse pression de vapeur de mercure. Ils ne produisent pas de sous produits indésirables, mais exigent une très bonne qualité d'eau vis-à-vis des MES et de la turbidité.

Chapitre II : Paramètres de qualité des eaux potables

Leur absence d'effet rémanent limite généralement leur utilisation aux réseaux de distribution courts. Sinon, il faut les faire suivre d'une chloration, ce qui fait perdre de son intérêt à cette technique (Metahri, 2014).

Partie expérimentale

I. Présentation de la région d'étude

Makouda est une commune algérienne de la wilaya de **Tizi-Ouzou**, dans la région de Kabylie. Située au nord-ouest de Tizi-Ouzou à 19 km au nord de Tizi-Ouzou, et à 12 km au sud de **Tigzirt**. Elle est délimitée par la commune de **Mizrana** au nord, **Boujima** à l'est, Ath **Aissa Mimoun** au sud-est, **Sidi Namane** au sud et au sud-ouest, et par la wilaya de **Boumerdès** à l'ouest. Elle est située dans une région montagneuse, faisant partie de la chaîne de la **Kabylie maritime**. Composée d'une plaine étroite dans sa partie sud et du versant sud de la chaîne maritime au nord. Le point culminant de cette chaîne est le mont **Tifilkout** (« la crête », dite « Tabourth t-varnouth ») à 910 m d'altitude.

Le climat de Makouda est typiquement méditerranéen, chaud et sec en été et doux, humide et pluvieux en hiver. Les précipitations annuelles varient de 800 à 1100 mm selon les régions.

La commune de Makouda est composée de 30 villages, elle s'étend sur une superficie de 57.425 km², d'une population de 24051 hab en 2015 avec une densité de 419 hab/km² (Anonyme 2).

Cette région est riche en sources d'eau potable, dont on a recensé 26 sources : 12 sources non aménagées et non traitées et 14 d'entre elles sont aménagées. Parmi ces dernières, seulement 8 sources qui sont traitées dont on a choisi deux d'entre elle pour l'évaluation de leurs qualités (Daïra de Makouda, 2016).

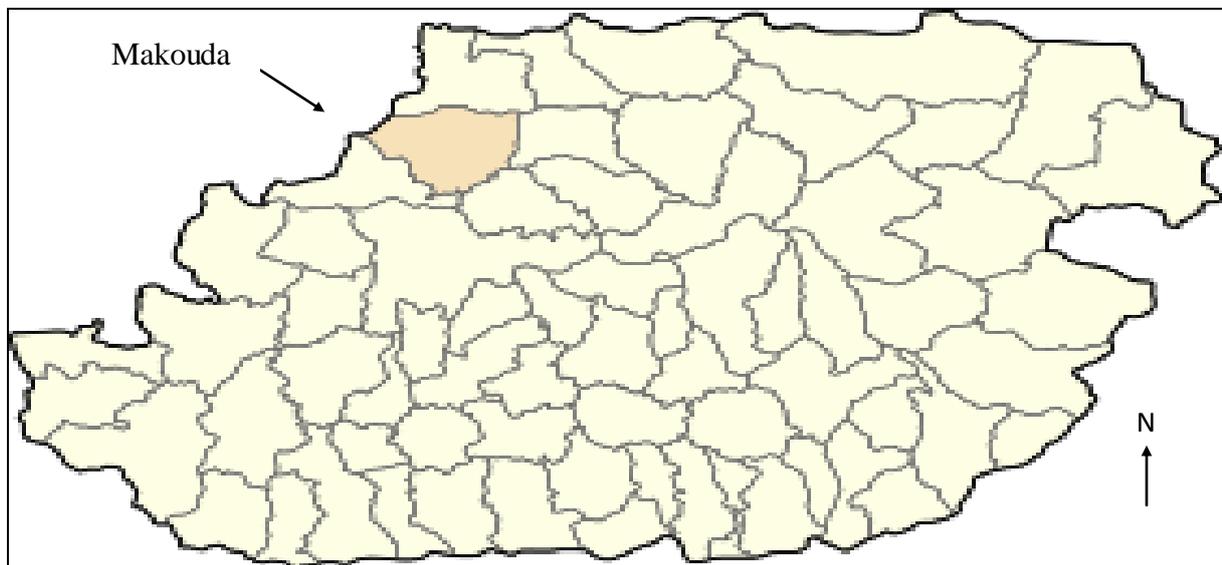


Figure 02 : Carte géographique situant la commune de Makouda dans la wilaya de Tizi-Ouzou (anonyme 2)

II. Présentation des sources étudiées

II.1. La source « Aghbalou »

Source d'eau potable souterraine située au village Tinkachine, aménagée par le service d'aménagement de l'APC de Makouda en 2007. Gérée et traitée par les services de traitements des eaux de l'ADE, elle est en bon état et mise en réseaux d'AEP avec un débit de 6.00 l/s (Daira de Makouda, 2016).

La figure suivante représente le schéma synoptique fait par le service de l'exploitation de l'ADE, elle représente la chaine Aghvalou. Captée à la source, l'eau subit un traitement de désinfection par le chlore, elle est ensuite acheminée jusqu'au réservoir de Tinkachine où elle poursuit son parcours vers deux réseaux de distribution : un réseau qui alimente les villages Makouda et Tinkachine, un autre réseau qui alimente le village Ait Allahoume (ADE, 2016).

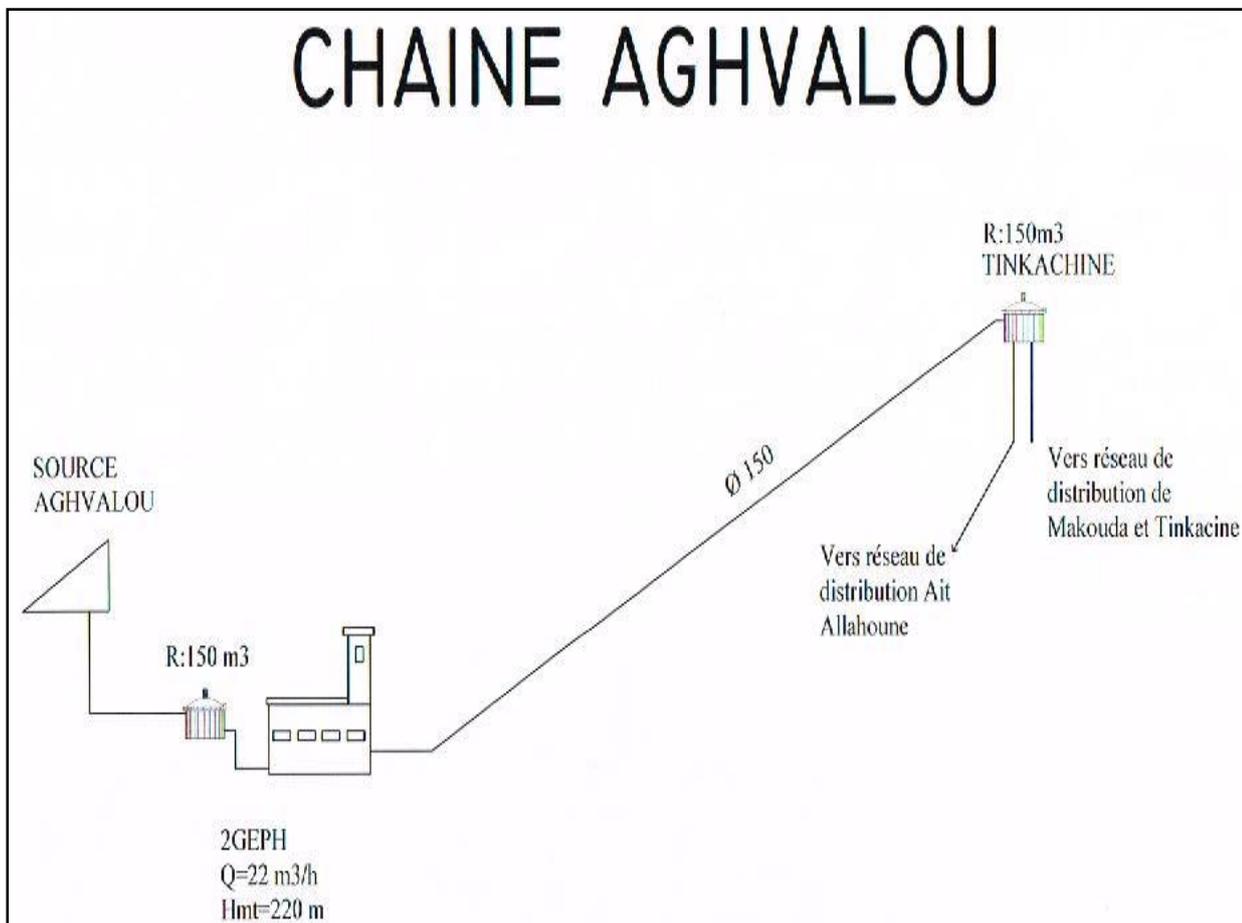


Figure 03 : Schéma synoptique représentant la chaîne Aghvalou (ADE, 2016).

II. Présentation des sources étudiées

II.2. La source « Lemghassel »

Source souterraine captée par deux forages (F1 et F2), située dans la commune de Makouda au village d'Ain-Larbaa. Elle est aménagée par le service d'aménagement de l'APC de Makouda, gérée et traitée par les services du traitement des eaux de l'ADE, elle est en bon état et mise en réseaux d'AEP, avec un débit de 1.00 l/s (Daira de Makouda, 2016).

La figure suivante représente le schéma synoptique fait par le service de l'exploitation de l'ADE, elle représente la chaine Lemghassel. Captée par deux forages : F1 captage de source et F2 captage près de la source. L'eau subit un traitement de désinfection par le chlore en amont, elle est ensuite acheminée vers deux réservoirs :

-F1 : L'eau arrive au réservoir d'Ain-Larbaa où elle poursuit son parcours vers cinq branchements : un vers le réseau de distribution qui alimente le village Makouda Est, un vers le réseau de Sliha, un qui alimente le réseau de Dakhla, un autre branchement vers le réservoir d'Ain-Larbaa et le dernier vers Laraba.

-F2 : alimente le réseau de distribution allant au village Tazaarout Haut (ADE, 2016).

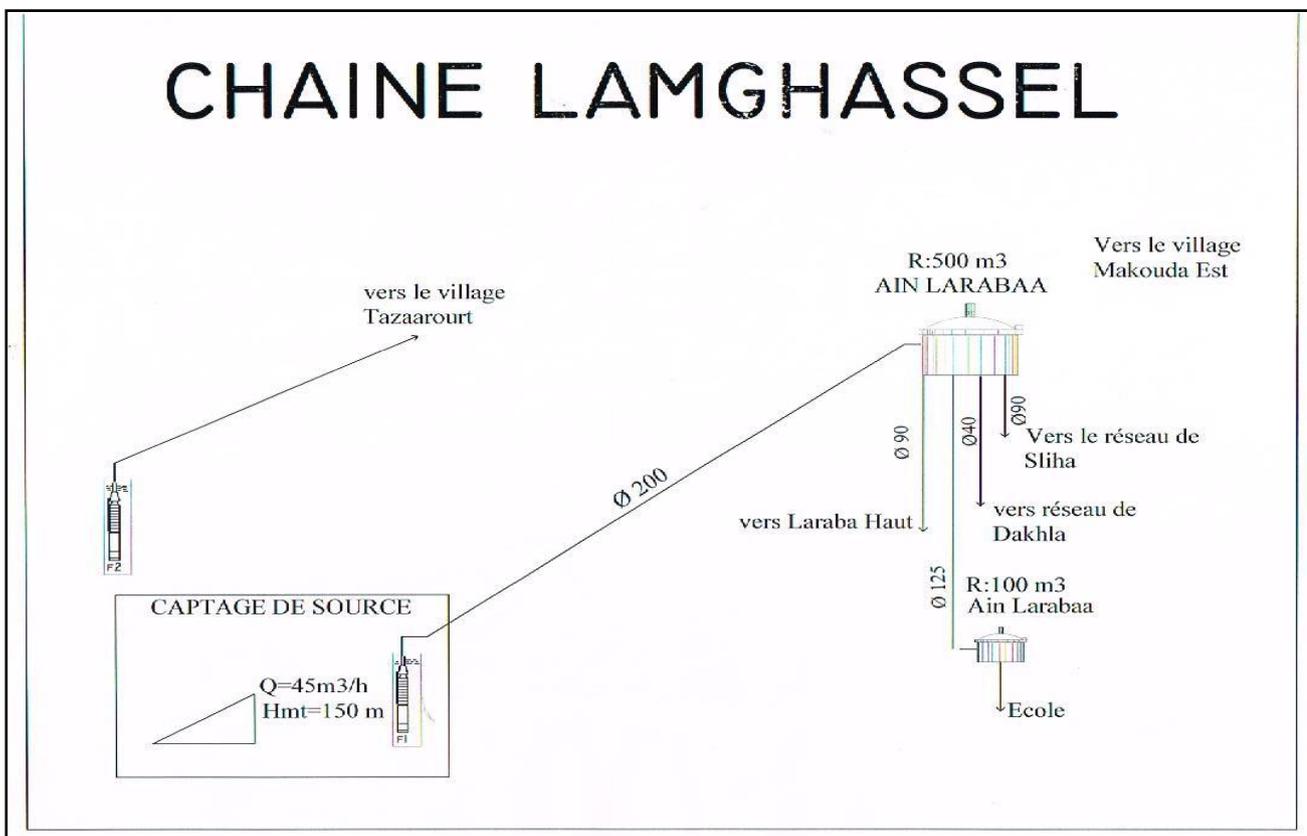


Figure 4: Schéma synoptique représentant la chaîne Lemghassel (ADE, 2016)

III. Méthodes

III.1. Analyses physico-chimiques

III.1.1. Mesure du pH

La Mesure du pH a pour objet de décrire une méthode électrométrique pour la détermination du pH de l'eau. Elle s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface et les eaux minérales dont la température est comprise entre 0 et 60°C. La zone de détermination de cette méthode s'étend de pH 4,00 à pH 10,00.

La détermination électrométrique du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution.

III.1.2. Détermination de la conductivité

La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration, nature des ions, de la température et la viscosité de la solution.

La conductivité d'une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) mais est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Elle s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface et eaux usées. Sa zone de détermination de cette méthode s'étend de 50 à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

III.1.3. Détermination de la turbidité

Cette méthode de dosage s'applique aux eaux de distribution, souterraines et de surface. Elle a pour objet de décrire la mesure de la turbidité. Sa zone de détermination de cette méthode est de 0 à 4000 NTU (Unités Néphélométriques de Turbidité).

La turbidité d'une eau est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute (limon, argile, algue, grain de silice, micro-flocs ...). Celles-ci atténuent la radiation incidente et les particules insolubles diffusent la radiation de façon inégale. L'appareil employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée. La longueur d'onde de la radiation incidente est de 860 nm comme recommandé dans la méthode ISO 7027 et ce, afin d'éviter l'influence des matières dissoutes absorbant la lumière (ADE, 2016).

III.1.4. Dosage de l'aluminium par spectrométrie à l'aide de Salicylate de Sodium

Ce protocole spécifie une méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire pour le dosage d'ammonium dans les eaux potables, eaux brutes, et eaux résiduaires. Elle est applicable à toutes les

III. Matériel et méthodes

eaux sauf les eaux de mer. Les teneurs en ammonium peuvent être déterminées sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 0,02 et 1 mg/L d'ammonium (NH₄⁺).

Mesurage spectrométrique du composé bleu former par réaction de L'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichoroisocyanurate de sodium.

III.1.5. Dosage des nitrites par spectrométrie d'absorption moléculaire

La présente méthode décrit le dosage des nitrites dans les eaux par spectrométrie d'absorption moléculaire. Cette méthode est applicable dans toutes les eaux. Les teneurs en ammonium peuvent être déterminées sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 0,02 et 0.8 mg/l d'azote nitreux (NO₂⁻).

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540 nm.

III.1.6. Détermination du phosphore par spectrométrie à l'aide du Molybdate d'Aluminium

Cette méthode de dosage a pour objet de décrire la mesure des orthophosphates par spectrométrie. Elle s'applique aux différents types d'eaux : souterraines, de surface et résiduaires, à des concentrations variable à l'état dissous et non dissous. Les teneurs en orthophosphates peuvent être déterminées sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 0,04 et 0.4 mg/l. C'est une réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

III.1.7. Détermination des sulfates

L'objet de la présente méthode est de décrire la détermination des sulfates par spectroscopie. Elle s'applique aux eaux de distribution, souterraines et de surface.

Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :
 $BaCl_2 + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4 + 2Cl^-$ (ADE, 2016).

III.1.8. Dosage des chlorures : titrage au nitrate d'argent (méthode de Mohr)

L'objet de la présente méthode est de décrire une méthode titrimétrique pour le dosage des chlorures dissous dans l'eau (méthode de Mohr). Cette méthode est applicable pour le dosage des chlorures dans les eaux de distribution, souterraines et de surface.

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction

III. Matériel et méthodes

est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

III.1.9. Détermination de l'alcalinité (TA) et (TAC)

La présente méthode d'essai a pour objet de déterminer l'alcalinité d'une eau par la mesure du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC). L'opération est effectuée en utilisant un pH-mètre, une burette ou un dosimat. Cette méthode s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface et les eaux minérales dont la température est comprise entre 0 et 60°C.

Elle comporte la description d'une méthode volumétrique applicable dans tous les cas où la présence de substances qui tamponnent les ions hydrogène dans les zones de pH 4.3 et 8.3 n'est pas à craindre, elle est mise en oeuvre à l'aide d'un pH-mètre.

III.1.10. Dosage des nitrates par spectrométrie d'absorption

Cette méthode d'essai a pour objet le dosage spectrométrique des nitrates par la méthode au salicylate de sodium. Elle est applicable pour le dosage des nitrates dans les eaux de distribution, souterraines et de surface. En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

III.1.11. Dosage du calcium par la méthode titrimétrique à l'EDTA

Cette méthode d'essai a pour objet la détermination du dosage de calcium par la méthode titrimétrique à l'EDTA. Elle est applicable pour les eaux souterraines, les eaux de surfaces, les eaux destinées à la consommation humaine. dont la teneur en calcium varie de 2 à 100 mg/l. Pour les eaux contenant plus de 100 mg/l de calcium, une dilution de l'échantillon doit être effectuée.

Le titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet (ADE, 2016).

III.1.12. Dosage de la somme du calcium et magnésium par méthode titrimétrique à l'EDTA

Cette méthode d'essai a pour objet de déterminer la somme des concentrations en calcium et magnésium d'une eau. Elle est applicable pour les eaux souterraines, les eaux de surfaces, les eaux destinées à la consommation humaine. Elle peut aussi être utilisée pour les eaux résiduaires urbaines et les eaux brutes industrielles, à condition qu'elles ne contiennent pas de métaux lourds en quantités interférentes.

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétraacétique (EDTA) à un pH de 10. L'indicateur utilisé est le

III. Matériel et méthodes

noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium. Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

III.1.13. Dosage du fer par spectrométrie à la phénantroline

La présente méthode spécifie une méthode spectrométrique à la phénantroline pour le dosage du fer dans l'eau. Elle est applicable pour la détermination de concentrations en fer comprises entre 0.01 et 5 mg/l, pour les eaux potables. Addition d'une solution de phénantroline-1.10 a une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge- orange à une longueur d'onde de 510 nm. Le complexe fer - phénantroline-1.10 est stable dans l'intervalle de pH de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer.

III.1.14. Détermination du manganèse par spectrométrie d'absorption moléculaire à la formaldoxine

L'objet de la présente méthode est de décrire la mesure des manganèses par spectrométrie. Cette méthode de dosage s'applique aux eaux souterraines et de surface.

C'est une réaction des ions manganèses avec une solution de formaldoxime susceptible de former un complexe rouge orangé mesurable à la longueur d'onde de 450 nm dans un domaine de pH situé entre 9.5 et 10.5 (ADE,2016).

III.1.15. Dosage de l'aluminium par spectrométrie à l'ériochromecyanine

L'objet de cette présente méthode décrit le dosage de faibles concentrations des Al^{3+} jusqu'à 20 $\mu g/L$ en utilisant une méthode colorimétrique à l'ériochrome cyanine. Elle s'applique à l'analyse des eaux de surface en cours et après traitement classique avec le sulfate d'aluminium.

Réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine à un pH de 5.9 en présence de l'acétate d'ammonium (ADE, 2016).

III.1.16. Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium (méthode à chaud en milieu acide)

La méthode décrit la détermination de l'indice de $KMnO_4$, ou « oxydabilité », permettant d'évaluer la contamination en matières organiques et matières inorganiques oxydables dans des eaux peu ou moyennement polluées. La méthode est principalement utilisée pour des eaux destinées à la consommation humaine, eaux minérales naturelles, eaux de source, ainsi qu'aux eaux de piscine. Elle est applicable à des eaux ayant une concentration en ion chlorure inférieure à 300 mg/l.

Les échantillons ayant un indice de permanganate supérieur à 10 mg/l doivent être dilués avant analyse. La limite inférieure de la gamme optimale de l'essai est de 0,5 mg/l.

L'indice de permanganate d'une eau est la concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité d'ions permanganates consommée quand un échantillon d'eau est traité par le permanganate dans les conditions définies. L'échantillon d'eau est en présence d'une quantité

III. Matériel et méthodes

connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période donnée (10 minutes). Une partie du permanganate est réduite par les matières oxydables de l'échantillon. L'excès de permanganate est déterminé par addition d'un excès d'oxalate, suivie par un titrage de l'oxalate en excès par du permanganate (principe du titrage en retour).

III.1.17. Détermination des résidus secs

La présente méthode d'essai a pour objet la description des méthodes de détermination des résidus secs dans les eaux à 100-105°C et à 175-185°C. Elle s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface, aux eaux usées et effluents industriels.

Pour les eaux chargées en matières en suspension, il faut procéder d'abord à une filtration d'un volume d'eau de tel sorte qu'il conduise à un résidu sec d'au moins 10mg ,et de préférence, compris entre 100et 200.

Evaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisie en fonction des quantités de matières fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu.

III.2. Analyses bactériologiques

III.2.1. Dénombrement des micro-organismes revivifiables

La Norme internationale spécifie une méthode pour le dénombrement des micro-organismes revivifiables dans l'eau par comptage de colonies formées dans ou sur un milieu de culture solide gélosé après incubation en aérobiose à 37 °C et / ou à 22 °C. La méthode s'applique à l'examen microbiologique de tous les types d'eaux.

L'ensemencement ce fait en deux méthodes :

Méthode par incorporation

On place le volume d'essai dans la boîte de Pétri, on ajoute le milieu fondu (T.G.E.A) et on mélange avec précaution par rotation lente ; on laisse reposer le milieu.

Inoculer au moins deux boîtes pour chaque volume d'essai à chacune des températures.

Méthode par étalement

On prépare des boîtes contenant chacune environ 15 ml de milieu de culture séché avant utilisation.

On transfère à l'aide d'une pipette la prise d'essai sur la surface du milieu et l'étaler sur toute la surface à l'aide d'une baguette de verre stérile ou de tout autre instrument. Après absorption de l'inoculum ; on incube un jeu à 37°C ± 1°C pendant 24 h ± 1h ou 48 h ± 4 h ; et l'autre jeu de boîtes à 22 °C ± 1°C pendant 72 h ± 4 h (ADE, 2016).

III. Matériel et méthodes

On compte les colonies présentes dans ou sur chaque boîte, on calcule et on exprime les résultats en nombre d'unités de colonies formées par millilitre d'échantillon pour chaque température d'incubation.

III.2.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

La norme (Norme internationale ISO 7899/21984 (F)) spécifie deux méthodes pour la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux :

Méthode de dénombrement par filtration sur membrane :

Cette méthode peut être appliquée à tous les types d'eaux, excepté lorsque de grandes quantités de substances susceptibles d'être retenues par la membrane sont présentes.

Le dénombrement des streptocoques fécaux est basé sur la filtration d'un volume donné d'échantillon d'eau à travers une membrane filtrante de porosité (0.45 μm) suffisante pour retenir les bactéries.

La membrane est placée sur un milieu sélectif contenant de l'azoture de sodium (destiné à inhiber la croissance des bactéries gram-négatives) et du chlorure de triphényl -2 ,3,5 tétrazolium comme indicateur incolore , réduit en rouge par les streptocoques fécaux.

Après incubation à $35 \pm 1^\circ \text{C}$ ou à $37 \pm 1^\circ \text{C}$ pendant $44 \pm 4 \text{ h}$, toutes les colonies développées qui présentent une couleur rouge, marron ou rose, soit en leur centre soit à leur périphérie, sont dénombrées comme streptocoques fécaux présumés.

Méthode de dénombrement par inoculation sur milieu liquide

Test présomptif

On ensemence le nombre choisi de tubes de milieu de Rothe (constituant les tubes « primaires »), en utilisant soit du milieu à double concentration (pour les ensemencements de 10 ou 50 ml) soit du milieu à simple concentration (pour le les ensemencements de 1 ml ou de dilution de l'eau). On incube les tubes à 37°C et on les examine après 24 et 48 heures. Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période sont présumés contenir un streptocoque fécal et sont soumis au test confirmatif (ADE, 2016).

III. Matériel et méthodes

Test confirmatif

Après agitation des tubes, on prélève sur chacun d'eux quelques gouttes de pipette Pasteur, et on les reporte dans des tubes du milieu de Litsky à l'éthyl violet et azide de sodium. On incube à 37 °C pendant 24-48 h. L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un streptocoque fécal. Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

Les résultats de dénombrement des streptocoques fécaux sont exprimés en nombre de germes par 100 ml selon le nombre le plus probable.

III.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes, coliformes fécaux et *E-Coli* présumés

La Norme internationale spécifie une méthode pour le dénombrement par inoculation en milieu liquides des coliformes fécaux et *E.coli* dans l'eau. Cette comme suit :

- **Inoculation**

- On inoculation dans un milieu choisi (B.C.P.L)

- Après inoculation, on agite pour homogénéiser sans faire pénétrer d'air dans la cloche de Durham, et on place les tubes dans une étuve à 37 ° pendant 24 heures.

- On procède à une lecture après cette incubation. On considère comme « positif » les tubes où il se produit simultanément un trouble dans toute la masse liquide et un dégagement de gaz dans la cloche.

- On repique chaque tube positif dans le (ou les) milieu de confirmation.

- On incube à nouveau les tubes « négatifs » durant 24 heures. On lit à nouveau et on procède au repiquage des tubes devenus « positifs ».

- **Deuxième étape :**

- Deux systèmes sont généralement utilisés.

Chacun des milieux « positifs » de la première étape est repiqué avec une pipette Pasteur, dans un tube de bouillon lactosé bilié au vert brillant pour incubation à 37°C , en vue du dénombrement de ce coliforme, et éventuellement un second tube de ce milieu ainsi qu'un tube d'eau peptonée, pour incubation à 44°C ,si l'on veut dénombrer les coliformes fécaux et les *E. Coli* présumés (ADE, 2016).

III. Matériel et méthodes

Après une incubation appropriée, procéder à la 24^e heure, puis à la 48^e heure, à la lecture des tubes positifs permettant de calculer le N.P.P.

Sont considérés comme **positifs** : les tubes au vert brillant où se manifestent une croissance bactérienne et un dégagement de gaz dans la cloche de Durham ; les tubes d'eau péptonée où l'addition d'un ml de réactifs de Kovacs donne naissance à une coloration rouge. Les N.P.P sont calculés. (Selon le système choisi)

- Pour les coliformes, dits coliformes totaux, sur les tubes de Bouillon lactosé bilés au vert brillant, incubés à 37°C.
- Pour les coliformes fécaux, sur les tubes de milieux lactosés au vert brillant incubés à 44°C.
- Pour les *Escherichia coli* présumés, sur les tubes de milieu présomptif dont les repiquages sur milieu lactosé bilié au vert brillant et sur eau peptonée ,incubés l'un et l'autre à 44°C ,sont simultanément positifs.
 - Utilisation d'un seul tube confirmatif (Dénombrement des E. Coli présumés)

Le repiquage des tubes d'inoculation positifs est effectué sur un tube de milieu de Schubert, des leurs ensemencements les tubes sont mis dans une étuve à 44°C durant 24 heures .Sont considérés comme positifs et pris en compte pour l'évaluation du N.P.P d'E. coli présumés, les tubes où une poussé bactérienne est observée, avec dégagement de gaz dans la cloche de Durham et où la coloration rouge résultat de l'addition du réactif de Kovacs témoigne de la production d'indole.

III.2.4. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices

Toutes les méthodes utilisent comme révélateur de cette action réductrice, du sulfite (ou du métabosulfite de sodium), et des sels de fer. La réduction de sulfite en sulfure entraîne la formation de sulfure de fer qui forme un halo noir autour des colonies isolées en milieu solide, ou qui colore uniformément en noir les milieux liquides.

La teneur élevée est inhibitrice pour un certain nombre d'espèces, alors qu'elle est tolérée par certaines autres, notamment *C. perfringens*. L'élévation de la température d'incubation produit les mêmes conséquences (ADE, 2016).

- **Destruction des formes végétatives**

Placer 25 ml d'eau à analyser dans un tube de 220 X 22 mm. Le porter au bain d'eau à 80°C de façon à ce qu'il demeure cinq minutes à cette température. Refroidir rapidement.

III. Matériel et méthodes

- **Préparation du milieu**

On place quatre tubes de milieu de culture (contenant chacun 20 ml de milieu) au bain d'eau bouillant à 80°C pour assurer la fusion du milieu. On maintient 10 minutes dans ce bain pour assurer l'élimination des gaz dissous. On refroidit à 55°C environ. On ajoute à chaque tube 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer. On mélange sans faire de bulles.

- **Inoculation et incubation**

Dans quatre tubes stériles de 220 X 22 mm, on répartit 5 ml d'eau traitée pour détruire les formes végétatives. On coule dans chacun d'eux le contenu d'un tube de milieu, on mélange doucement sans incorporer d'air.

On refroidit sous l'eau du robinet. On incube à 37 °C. On fait une lecture après 24 heures ; une deuxième après 48 heures.

III.2.5. Recherche des Salmonella et des shigella

La méthode de recherche de ces micro-organismes découle de deux données : d'une part leur présence en nombre relativement faible dans les eaux ainsi que leur difficulté d'y survivre ; d'autre part l'existence habituelle d'un nombre important de germes d'accompagnement, d'origine fécale (coliformes, streptocoques) ou non (Pseudomonas, Achromobacter, etc.). Ces germes ont tendance à supplanter les germes pathogènes qui disparaissent rapidement.

La recherche des salmonella nécessite quatre phases successives, parce que, habituellement, elles sont peu nombreuses, parfois endommagées, et souvent accompagnées d'une quantité beaucoup plus importante d'autres Enterobactériaceae.

- **Pré-enrichissement**

On incube les échantillons dans un milieu liquide non sélectif à 37°C.

- **Enrichissement**

On inocule deux milieux liquides sélectifs avec le milieu incubé du pré-enrichissement, puis on incube respectivement à 37° C ou à 42-43 °C (ADE, 2016).

III.2.6. Recherche du vibron cholérique

Principe

On enrichi par passage en milieu hyper salé, on isole d'une part sur un milieu non sélectif, et d'autre part sur un milieu sélectif, l'identification est basée essentiellement sur des épreuves immunologiques.

- **Enrichissement**

Il est basé sur les propriétés du vibron cholérique : développement rapide en aérobie stricte. Après concentration, on place les membranes dans des flacons de 150 ml contenant 50 ml de milieu d'enrichissement pour vibron cholérique. En l'absence de concentration, on ajoute 1 ou 2 ml de l'eau usée à analyser dans un tube de 10 ou 20 ml de milieu d'enrichissement. On incube à 37 °c durant 3 heures.

- **Isolement**

On prélève à la surface du dernier milieu d'enrichissement :

- Une ose bouclée pour ensemer, en vue d'isolement, une boite de gélose à pH 9.
- Une ose bouclée pour ensemer de la même façon une boite de gélose sélective aux sels biliaires.

On incube ces boites à 37 ° C jusqu'à apparition de fines colonies (18 à 24 heures).

- **Identification**

Les colonies de vibron cholérique sont fines blanches sur la gélose nutritive à pH 9. L'identification est faite sur des colonies provenant de l'une et de l'autre de ces boites. Pour chacun de ces prélèvements on fait :

- Un examen microscopique entre lame et lamelle pour examiner la morphologie des bactéries : forme incurvée, flagelle polaire unique
- Un examen microscopique après coloration de Gram
- Une recherche de l'oxydase

On effectue la confirmation par des épreuves d'agglutination, pratiquées à l'aide de sérums agglutinants, présentés commercialement sous forme lyophilisée ou liquide polyvalents (choléra) ou monovalents (Inaba-ogawa).

Résultats et discussion

Résultat et discussion

I/ Source Aghbalou :

Tableau IV : Paramètres physico-chimiques :

Paramètres physico-chimiques	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
PH	7,24	7,09	/	6,5 - 9,0
P-rédox	/	/	mv	/
Conductivité	978	785	µs/cm	2800
Température	23,6	13,4	°C	/
Turbidité	0,25	0,42	NTU	5
Oxygène dissous	/	/	mg/l	/
Salinité	/	/	‰	/
CO ₂ libre	/	/	mg/l	/
Résidus secs à 105°C	601,51	597,23	mg/l	1500
MES à 105°C	/	/	mg/l	0
TDS	/	/	mg/l	/

Pour la qualité physico-chimique, l'eau Aghbalou répond aux normes algériennes requises pour l'eau potable. On remarque que les valeurs et les teneurs mesurées diminuent de l'eau brute à l'eau traité mais elles sont toujours dans les normes pour l'eau brute et pour l'eau traitée.

Tableau V : Paramètres de pollution :

Paramètres de pollution	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
Ammonium	0	0	mg/l	0,5
Nitrite	0	0	mg/l	0,2
Nitrate	26,11	25,67	mg/l	50
Phosphore	0	0	mg/l	5
Ortho-Phosphate	0	0	mg/l	/
Mat-Org-Acide	0,33	0	mg/l	5
DBO ₅	/	/	mg/102	/
DCO	/	/	mg/102	/

On ce qui concerne la pollution organique l'eau Aghbalou est exempte de tout type de pollution, à l'exception des nitrates qui prennent une valeur de 26.11 mg/L pour l'eau brute, qui diminue à 25.67 après traitement mais qui respecte la norme algérienne pour les eaux potables. On remarque aussi une teneur de 0.33 mg/L pour les matières organiques acides qui est éliminée totalement après traitement.

Résultat et discussion

Tableau VI : Minéralisation globale :

Minéralisation globale	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
Calcium	133,87	120,24	mg/l	200
Magnésium	23,84	36,47	mg/l	/
Sodium	44	36	mg/l	200
Potassium	2	2	mg/l	12
Chlorures	81,68	78,56	mg/l	500
Sulfate	100	189,8	mg/l	400
Bicarbonate	380,15	376,54	mg/l	/
Carbonate	/	/	mg/l	/
Dureté totale	432	450	mg/l _{CaCO3}	500
Dureté permanente	/	/	mg/l _{CaCO3}	/
Titre alcalin	0	0	mg/l _{CaCO3}	/
Titre alcalin complet	311,6	309	mg/l _{CaCO3}	500

L'eau Aghbalou est d'une bonne qualité minérale, elle contient des minéraux tels le calcium, sodium, magnésium... on quantités tolérables et respectant la norme algérienne. Ces teneurs varient de l'eau brute à l'eau traitée ce qui est due à l'effet du chlore.

Tableau VII : Eléments indésirables :

Eléments Indésirables	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
Fer totale	/	/	mg/l	/
Fer Fe ₂₊	0,04	0,05	mg/l	0,3
Aluminium	/	/	mg/l	0,05
Fluor	/	/	mg/l	1,5

L'eau Aghbalou est exempte d'éléments indésirables sauf pour le fer, on remarque une teneur de 0.04 mg/L pour l'eau brute et 0.05 mg/L pour l'eau traitée mais qui est admissible comparant aux valeurs algériennes limites.

Résultat et discussion

Tableau VIII : Paramètres bactériologiques :

Paramètres bactériologiques		eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
Micro-organismes revivifiants	à 22°C	/	<01	UFC/ml	100
	à 37°C	/	5	UFC/ml	10
Coliformes totaux:		0/100ml			0
CCT (E-Coli) :		0/100ml			0
Stréptocoques fécaux :		0/100ml			0
Anaérobies sulfito-réducteurs		/	0	S/100ml	0
Test de chlore		/	0	mg/l	0,2 à 0,6

L'eau Aghvalou, brute ou traitée, est exempte d'agent pathogènes, elle est donc d'une très bonne qualité bactériologique

L'eau Aghbalou est d'une très bonne qualité physico-chimique : tous les paramètres mesurés répondent aux normes de potabilité des eaux. Elle est aussi de très bonne qualité bactériologique, elle ne contient pas des germes pathogènes et ne représente aucun risque pour la santé humaine.

L'ADE applique un traitement de désinfection en continu et maintient un taux en chlore résiduel libre compris entre 0.2-0.6 mg/l chez le consommateur, ce qui est efficace.

Résultat et discussion

II/ Source Lemghassel *1* :

Tableau IX : Paramètres physico-chimiques :

Paramètres physico-chimiques	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
PH	6,98	7,1	/	6,5 - 9,0
P-rédox	/	/	mv	/
Conductivité	567	452	µs/cm	2800
Température	17,4	14,4	°C	/
Turbidité	0,43	0,92	NTU	5
Oxygène dissous	/	/	mg/l	/
Salinité	/	/	‰	/
CO ₂ libre	/	/	mg/l	/
Résidus secs à 105°C	472,44	/	mg/l	1500
MES à 105°C	/	/	mg/l	0
TDS	/	/	mg/l	/

Pour la qualité physico-chimique, l'eau Lemghassel *1* répond aux normes algériennes requises pour l'eau potable. On remarque que les valeurs et les teneurs mesurées diminuent de l'eau brute à l'eau traité mais elles sont toujours dans les normes pour l'eau brute et pour l'eau traitée. Certains paramètres ne sont pas mesurés vu que le test du chlore qui était positif (<0.2 mg/L).

Tableau X : Paramètres de pollution :

Paramètres de pollution	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
Ammonium	0	0	mg/l	0,5
Nitrite	0	0	mg/l	0,2
Nitrate	16,82	/	mg/l	50
Phosphore	0	/	mg/l	5
Ortho-Phosphate	0	/	mg/l	/
Mat-Org-Acide	2,61	/	mg/l	5
DBO ₅	/	/	mg/102	/
DCO	/	/	mg/102	/

On parlant de la pollution organique l'eau Lemghassel *1* est exempte de tout type de pollution, à l'exception des nitrates qui prennent une valeur de 16.81 mg/L pour l'eau brute, qui est éliminée après traitement et les matières organiques acides à une teneur de 0.33 mg/L pour les eaux brutes qui est aussi éliminée après traitement.

Résultat et discussion

Tableau XI : Minéralisation globale :

Minéralisation globale	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
Calcium	86,57	/	mg/l	200
Magnésium	27,71	/	mg/l	/
Sodium	20	/	mg/l	200
Potassium	3	/	mg/l	12
Chlorures	26,24	/	mg/l	500
Sulfate	200	/	mg/l	400
Bicarbonate	244	/	mg/l	/
Carbonate	/	/	mg/l	/
Dureté totale	330	/	mg/l _{CaCO3}	500
Dureté permanente	/	/	mg/lCaCO3	/
Titre alcalin	0	/	mg/lCaCO3	/
Titre alcalin complet	200	/	mg/lCaCO3	500

L'eau brute Lemghassel *1* est d'une bonne qualité minérale, elle contient des minéraux tels le calcium, sodium, magnésium... on quantités tolérables et respectant la norme algérienne. Ces paramètres ne sont pas mesurés pour l'eau traitée à cause du test du chlore qui était de 0.2 mg/L.

Tableau XII : Paramètres indésirables :

Eléments Indésirables	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
Fer totale	/	/	mg/l	/
Fer Fe ₂₊	0,04	/	mg/l	0,3
Aluminium	/	/	mg/l	0,05
Fluor	/	/	mg/l	1,5

L'eau Lemghassel *1* est exempte d'éléments indésirables sauf pour le fer, on remarque une teneur de 0.04 mg/L pour l'eau brute et 0.0 mg/L pour l'eau traitée mais qui est admissible comparant aux valeurs algériennes limites.

Résultat et discussion

Tableau XIII : Paramètres bactériologiques :

Paramètres bactériologiques		eau brute	eau traitée	Unités
Micro-organismes revivifiabiles	à 22°C	30	0	UFC/ml
	à 37°C	15	0	UFC/ml
Coliformes totaux:		0/100ml		
CCT (E-Coli) :		0/100ml		
Stréptocoques fécaux :		0/100ml		
Anaérobies sulfito-réducteurs		/	0	S/100ml
Test de chlore		/	0	mg/l

L'eau Lemghassel *1* brute contient certains micro-organismes revivifiabiles à 30 et 15 UFC/MI mais qui ont été éliminés après traitement. L'eau traitée est donc d'une très bonne qualité bactériologique

Les paramètres bactériologiques et physico-chimiques analysés répondent aux normes requises pour les eaux brutes ainsi que pour les eaux traitées Lemghassel *1*. Appliquer un traitement de désinfection en continu et maintenir un taux en chlore résiduel libre compris entre 0.2-0.6 mg/l chez le consommateur. Pour les eaux traitées vu leur teneur en chlore résiduel, on a seulement effectué une analyse partielle. Les traitements de l'ADE sont efficaces et rendables.

III/ Source Lemghassel *2* :

Tableau XIV : Paramètres physico-chimiques :

Paramètres physico-chimiques	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
PH	7,4	7,49	/	6,5 - 9,0
P-rédox	/	/	mv	/
Conductivité	404	410	µs/cm	2800
Température	17,3	17,8	°C	/
Turbidité	0,5	0,21	NTU	5
Oxygène dissous	/	/	mg/l	/
Salinité	/	/	‰	/
CO ₂ libre	/	/	mg/l	/
Résidus secs à 105°C	211,29	267,36	mg/l	1500
MES à 105°C	/	/	mg/l	0
TDS	/	/	mg/l	/

L'eau Lemghassel *2* répond aux normes algériennes requises pour l'eau potable concernant les paramètres physico-chimiques. On remarque que les valeurs et les teneurs mesurées diminuent de l'eau brute à l'eau traité mais elles sont dans les normes pour l'eau brute et pour l'eau traitée.

Tableau XV : Paramètres de pollution :

Paramètres de pollution	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
Ammonium	0	0	mg/l	0,5
Nitrite	0	0	mg/l	0,2
Nitrate	12,39	11,06	mg/l	50
Phosphore	0	0	mg/l	5
Ortho-Phosphate	0	0	mg/l	/
Mat-Org-Acide	0,98	0,33	mg/l	5
DBO ₅	/	/	mg/102	/
DCO	/	/	mg/102	/

On ce qui concerne la pollution organique l'eau Lemghassel *2* est exempte de tout type de pollution, à l'exception des nitrates qui prennent une valeur de 12.39 mg/L pour l'eau brute, qui diminue à 11.06 après traitement mais qui respecte la norme algérienne pour les eaux potables. On remarque aussi une teneur de 0.98 mg/L pour les matières organiques acides qui diminue à 0.33 mg/L après traitement.

Résultat et discussion

Tableau XVI : Minéralisation globale :

Minéralisation globale	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
Calcium	64,13	62,52	mg/l	200
Magnésium	13,13	9,72	mg/l	/
Sodium	22	22	mg/l	200
Potassium	1	1	mg/l	12
Chlorures	35,45	30,14	mg/l	500
Sulfate	20,5	9,4	mg/l	400
Bicarbonate	189,1	243,02	mg/l	/
Carbonate	/	/	mg/l	/
Dureté totale	214	96	mg/l _{CaCO3}	500
Dureté permanente	/	/	mg/l _{CaCO3}	/
Titre alcalin	0	0	mg/l _{CaCO3}	/
Titre alcalin complet	155	199,2	mg/l _{CaCO3}	500

L'eau Lemghassel *2* est d'une bonne qualité minérale, elle contient des minéraux tels le calcium, sodium, magnésium... on quantités tolérables et respectant la norme algérienne. Ces teneurs varient de l'eau brute à l'eau traitée ce qui est due à l'effet du chlore.

Tableau XVII : Eléments indésirables :

Eléments Indésirables	eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
Fer totale	/	/	mg/l	/
Fer Fe ₂₊	0,04	0,04	mg/l	0,3
Aluminium	/	/	mg/l	0,05
Fluor	/	/	mg/l	1,5

L'eau Lemghassel *2* est exempte d'éléments indésirables sauf pour le fer, on remarque une teneur de 0.04 mg/L pour l'eau brute et pour l'eau traitée mais qui est admissible comparant aux valeurs algériennes limites.

Résultat et discussion

Tableau : Paramètres bactériologiques :

Paramètres bactériologiques		eau brute	eau traitée	Unités	Normes NA
Micro-organismes revivifiabiles	à 22°C	10	<01	UFC/ml	100
	à 37°C	<01	<01	UFC/ml	10
Coliformes totaux:		0/100ml			0
CCT (E-Coli) :		0/100ml			0
Stréptocoques fécaux :		0/100ml			0
Anaérobies sulfito-réducteurs		0	0	S/100ml	0
Test de chlore		/	>0,1	mg/l	0,2 à 0,6

L'eau Lemghassel *2* brute contient certains micro-organismes revivifiabiles (10 UFC/mL) qui sont éliminés partiellement après le traitement (<1 UFC/mL), l'élimination de ces agents donne à l'eau une très bonne qualité bactériologique.

L'eau Lemghassel *2* est d'une très bonne qualité physico-chimique : tous les paramètres mesurés répondent aux normes de potabilité des eaux. Elle est aussi de très bonne qualité bactériologique, elle ne représente aucun risque pour la santé humaine.

L'ADE applique un traitement de désinfection en continu et maintient un taux en chlore résiduel libre compris entre 0.2-0.6 mg/l chez le consommateur, ce qui est efficace.

Conclusion générale

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.

L'étude menée au cours de ce modeste travail à pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des sources Aghvalou et Lemghassel, elle représente une ressource importante pour l'alimentation en eau potable pour les habitants de la région Makouda (Tizi-Ouzou). A cet effet, le présent travail consiste à effectuer une évaluation qualitative du point de vue physico-chimique et bactériologique de l'eau des sources en se basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation et la réglementation en vigueur, ceci pour assurer la santé et le bien être du consommateur.

Il en ressort de cette étude :

-Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé des teneurs admissibles dans tous les paramètres mesurés pour les eaux brutes et pour les eaux traitées

-Du point de vue bactériologique les résultats obtenus montrent l'absence de tous germes indicateurs de pollution telle que les *Coliformes totaux* et *fécaux*, les *Streptocoques fécaux* et les *Clostridium sulfito-réducteurs*, avec un faible taux des *germes totaux* qui reste dans les normes algériennes.

Les résultats obtenus prouvent la bonne qualité bactériologique de l'eau des sources susvisées. Elle ne présente aucun danger pour la consommation humaine sur le plan bactériologique.

Par ailleurs, il est vivement recommandé une surveillance accrue ponctuée par un contrôle rigoureux et régulier de cette matière sensible, tout au long de l'année. Ceci permet de préserver la qualité de l'eau de cette source et de se prémunir contre toutes formes de pollution.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ✚ **ADE (Algérienne des eaux) Tizi-Ouzou, 2016** : Données bactériologique et physico-chimique, établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou, juin 2016.
- ✚ **ADE (Algérienne des eaux) Tizi-Ouzou, 2016** : Données bactériologique et physico-chimique, établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou, septembre 2016.
- ✚ **ADE (Algérienne des eaux) Tizi-Ouzou, 2016** : Données du service de l'exploitation, établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou, septembre 2016.
- ✚ **AISSAOUI Azeddine, 2013** : Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage « Hammam Grouz » de la région d'Oued Athmania (Wilaya de Mila), thèse de magister en biologie, spécialité écologie végétale appliquée et gestion de l'environnement.
- ✚ **AOUISSI Amina, HOUHAMDI Moussa** : Contribution a 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) ; *1er Séminaire National sur la Santé et Bio-Surveillance des Ecosystèmes Aquatiques University of Souk Ahras - Université Mohamed Chérif Messaadia de Souk-Ahras.*
- ✚ **ARAB Lynda et OUDAFEL Nassima, 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, option traitement et valorisation des ressources hydriques, département des sciences agronomiques, université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.
- ✚ **BELGHITI .L et al (2013)** : CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DES SOURCES DANS LA VILLE D'ELHAJEB (REGION DE MEKNES-MAROC), *Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14, Juin 2013, pp. 37-47*
- ✚ **BOUBECHIR F. et NASSAH H., 2014** : Caractérisation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de bassin versant du barrage de Taksebt, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- ✚ **BOUCHEMAL F. et ACHOUR S., 2015** : Qualité physico-chimique et paramètres de pollution des eaux souterraines de la région de Biskra, *Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°22, Juin 2015, pp. 197-212.*
- ✚ **Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec (2007)** : Détermination des nitrates et des nitrites dans l'eau; méthode colorimétrique automatisée avec le sulfate

Références bibliographiques

- d'hydrazine et le N.E.D., MA. 303 – NO3 1.0, Rév. 3, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2007, 15 p.
- ✚ **Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec (C.E.A.E.Q), 2011 :** Détermination de l'alcalinité totale par titrage à l'acide nitrique dans l'eau : méthode par titrateur automatique, MA. 303 – Alc 1.0, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2011, 9 p.
 - ✚ **Centre d'Information sur l'Eau (C.I. Eau) :** "La qualité de l'eau du robinet".
 - ✚ **FESTY B., HARTEMANN P., LEDRANS M., LEVALLOIS P., PAYMENT P., TRICARD D., 2003 :** Qualité de l'eau, Environnement et sante publique-Fondements et pratiques, pp.333-368, Edisem / Tec&Doc, Acton Vale / Paris, 2003.
 - ✚ **Fondation Nationale de la Santé Brésil, (2013):** Manuel pratique d'analyse de l'eau/National Health Foundation – 4. ed. – Brasilia ; FUNASA, 2013.150 p.
 - ✚ **HARRAT N. et ACHOUR S., 2010 :** Pollution physico-chimique des eaux de Barrage de la region d'El Tarf. Impact sur la chloration, Larhyss Journal, n°8, 47-54, 2010.
 - ✚ **JOFFIN C. et JOFFIN J.N., 1999 :** Microbiologie alimentaire (6^{ème} édition), CRDP. Académie de Bordeaux (pp : 231 – 271).
 - ✚ **Journal Officiel de la République Algérienne N° 60 du 30 Rajab 1426/ 4 septembre 2005** Loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau.
 - ✚ **KAHOUL M., TOUHAMI M. (2014) :** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville (Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, Septembre 2014, pp. 129-138.
 - ✚ **KETTAB A., 1992 :** Traitement des eaux, les eaux potables, OPE. 1, place centrale de Ben Aknoun (Alger), p (01 - 49).
 - ✚ **LIGHTFOOT N.F. et MAIER E.A. (2010) :** Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau, Ed : GB Science Publisher ; 9 rue des châteaux d'eau. 75010, Paris 2010.
 - ✚ **MAKHLOUF Malik, 2013/2014 :** Economie de l'eau, cours pédagogique de 1^{ère} année master traitement et valorisation des ressources hydrique, département des sciences agronomiques, facultés des sciences biologiques et agronomiques, université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, Algérie, 2013.
 - ✚ **MAKHLOUFI A. et ABDELOUAHID DJ (2011) :** « ETUDE DE LA QUALITE PHYSICOCHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE DE L'EAU POTABLE DANS LA

Références bibliographiques

- VILLE DE BECHAR .SUD OUEST ALGERIE » ; 1er Séminaire International sur la Ressource en eau au sahara : Evaluation, Economie et Protection, le 19 et 20 janvier 2011(ouargla) pp 10.
- ✚ **METAHRI M^{ed} SAID (2014)** : Production d'eau potable, cours pédagogique de 2^{ème} année master traitement et valorisation des ressources hydrique, département des sciences agronomiques, facultés des sciences biologiques et agronomiques, université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, Algérie, 2014.
 - ✚ **METAHRI M^{ed} SAID, 2012** : Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes : Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, thèse de doctorat, option Génie des procédés, département d'agronomie, université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, Algérie, 2012.
 - ✚ **METAHRI M^{ed} SAID, 2014** : Qualité des eaux usées, cours pédagogique de 2^{ème} année master traitement et valorisation des ressources hydrique, département des sciences agronomiques, facultés des sciences biologiques et agronomiques, université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, Algérie, 2014.
 - ✚ **MOULIN Bernard, 2004** : L'eau de mer ; Le kayak et la mer ; Edition le Canotier, 2004
 - ✚ **Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (2004)** : Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol. 1 : 3e éd. Genève.
 - ✚ **Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2003** : L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie, Paris, 2003.
 - ✚ **RAMADE François, 1998** : Dictionnaire encyclopédique de l'eau, édition : Ediscience International, Paris, 1998.
 - ✚ **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. (2009)** :L'analyse de l'eau, Ed. Dunod, 78- 1368.
 - ✚ **SEVARIS P. et GEORGE I, 2002** : Sources et dynamique des coliformes dans le bassin de la Sein. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France, 46p.
 - ✚ **SI ABDERRAHMANE Oualid, 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 Management de qualité totale et sécurité des aliments, Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, Algérie, 2016.

Références bibliographiques

- ✚ **Solidarité internationale (2015)** : Conception et réalisation de réseaux d'adduction d'eau potable (AEP), département technique et qualité des programmes ; 89 rue de paris ; 92110 Clichy ; France
- ✚ **VILAGINES Roland (2003)**: Eau, environnement et santé publique; Ed : TEC & DOC ; 11 rue Lavoisier F-75008 ; Paris, 2003.
- ✚ **VILAGINES Roland, 2010**: Eau, environnement et santé publique; Ed : TEC & DOC ; 11 rue Lavoisier F-75008 ; Paris, 3^{ème} édition, 2010.
- ✚ **WHEAL C., 1991**: Freshwater pollution. Nairobi. United Nations, Environnement Programme. UNEP/GEMS- Environnement Library N°6, Montréal, Canada, 36p.
- ✚ **WIRTGEN Jacques, 2009** : Ressources en eau, Résumé du deuxième Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, GreenFacts, Rue des Palais 44, 1030 Bruxelles, Belgique, 2009.
- ✚ **Liste des anonymes :**
- ✚ **Anonyme 1** : [Www. m.futura-science.com](http://www.m.futura-science.com) : site web, visité le 25/02/2016.
- ✚ **Anonyme 2** : fr.m.wikipedia.org/wiki/Makouda, consulté le 25/06/2016 à 18:25.

Annexes

Annexe 01 : Prospectus, ADE

Laboratoire

ACTIVITES DU LABORATOIRE :

- Auto- contrôle
- Suivi et contrôle de la désinfection.
- Suivi des consommations et besoin en produits de traitement.
- Suivi du nettoyage et de la désinfection des ouvrages hydrauliques.
- Contrôle du processus de traitement au niveau des stations de traitement.
- Contrôle de la qualité des eaux brutes de toutes les chaînes de production à raison de deux campagnes par an.
- Enquêtes sanitaires.
- Participation à toutes les manifestations et activités dans le cadre de la lutte contre les maladies à transmission hydrique.
- Assistance aux services techniques et d'hygiène des Communes et Daïra lors des sorties sur terrain.

CONTROLE DE LA QUALITE

- **Le décret exécutif N° 09-414 du 28 Dhou El Hidja du 15 décembre 2009 fixant la nature, la périodicité et les méthodes d'analyse de l'eau de consommation humaine**
- **Le décret exécutif N°11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2001 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine concernant les paramètres et leurs valeurs limite**
- **Le décret exécutif N° 08-195 du 06 juillet 2008 fixant les conditions d'approvisionnement en eau destinée à la consommation humaine par citernes mobiles**

ANALYSES EFFECTUEES

Analyses physico-chimiques

Analyses bactériologiques

Analyses Biochimiques

Tests de chlore

BILAN QUALITE ANNEE 2012

- Tests de chlore : 127889
- Analyses physico-chimiques partielles : 10500
- Analyses physico-chimiques complètes : 284
- Analyses bactériologiques : 3425
- Cas de contamination : 20 déclarées, confirmées et traitées.

*Aucun cas de Maladies à transmission hydrique n'a été enregistré durant l'année 2012.

Désinfection des ouvrages hydrauliques :

Afin, de garantir la santé du consommateur chaque année l'ADE lance une campagne de désinfection et nettoyage des ouvrages hydrauliques (réservoir, châteaux, bâches)

- Nombre de réservoirs : 855

- Désinfectant utilisé : Chlorure de chaux à 35 % de chlore actif.

Tableau XIX: NORMES DES EAUX POTABLES (A.D.E.2016)

Matières Dissoutes (mg/l)	Valeur Guide OMS	Valeur UE	Valeur Admissible TVO	Limite	Valeur Tolérable
Résidu sec	-	1500	1000		500
Aluminium (Al ³⁺)	-	0,05 – 0,2	0,2		-
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,05	0,05 – 0,5	0,5		0 – 0,1
Arsen (As)	0,05	-	0,04		-
Barium (Ba ²⁺)	1,0	-	-		-
Cadmium (Cd ²⁺)	0,01	0,005	0,005		-
Calcium (Ca ²⁺)	-	-	70		-
Carbonathärte(in °dh)	-	-	08		2 – 5
Chlorures (Cl ⁻)	200 – 600	25	30		0 – 20
Hydrocarbures chlorés	-	-	0,025		-
Chrome (Cr(VI))	0,05	-	0,05		-
DCO	-	12	-		-
Cyanid (CN ⁻)	0,05	-	0,005		-
Détergents (anionique ; Laurylsulfate)	0,2	0,2	-		-
Fer (Fe ²⁺ / Fe ³⁺)	0,1	0,05 – 0,2	0,1		0 – 0,05
Fluorid (F ⁻)	0,8 – 1,3	1,5 (8-12°C) 0,7(25-30°C)	1,5		-
Dureté totale °dH	1 – 5	10	10		3,5
Kalium (K ⁺)	-	-	12		-
Oxydabilité (KmnO ₄)					
(Sorganische Stoffe)	-	2 – 5	5		0 -6
Kohlendioxid(CO ₂) (freie aggressive Kohlensäure	0	-	1 3		0 1-2

Kupfer (Cu ²⁺)	0,05	0,1	0,05	-
Conductivité (μs/cm)	-	400 (20°C)	300	-
Magnésium (Mg ²⁺)	< 30 (SO ₄ ²⁻ > 250) < 125 SO ₄ ²⁻ < 250)	30	60	6,6 – 30
Manganèse (Mn ²⁺)	-	-	0,03	0 – 0,01
Sodium (Na ²⁺)	-	-	150	0 – 10
Dureté non carbonate	-	-	10	0 – 5
Nickel (Ni ²⁺)	-	-	0,05	-
Nitrate (NO ₃ ⁻)	10	25	50	0 – 10
Nitrite (NO ₂ ⁻)	-	0,1	0,1	0
PH	-	6,5 – 8,5	6,5 – 7,5	7,1 – 7,5
Phénols	0,01	0,000	-	-
Phosphorpentoxid (P ₂ O ₅)	-	5	-	-
Phosphate (PO ₄ ³⁻)	-	0,02	0,02	0 – 0,1
Hydrocarbures aromatiques polycycl.	0,0002	-	0,0002	-
Quecksilber(Hg,Hg ⁺ ,Hg ²⁺)	-	-	0,001	-
Sauerstoff (O ₂)	³ 5	-	10	6 – 8
Saturation Oxygène %	-	³ 75	-	-
Selen(Se(VI))	0,01	-	0,003	-
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,5	0	-	-
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	250	25 - 250	250(auber bei SO₄²⁻ Untergrund)	0 – 25
Sulfite (SO ₃ ²⁻)	-	2 – 3	0,003	-
Tetrachlormethan (CCL ₄)	-	-	0,003	-
Zink (Zn ²⁺)	5	0,1	2	-

Le Tableau XX : concentrations maximales admissibles algériennes bactériologiques pour des eaux de consommation

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration Maximale Admissible	Méthodes	Observations
Coliformes fécaux	Nbr./ 100 ml	-	0	NA 764	Turbidité < 1 NTU pour la désinfection au chlore, il est préférable que le pH < 6
Coliformes	Nbr. / 100 ml	-	0	NA 764	Chlore libre résiduel 0,2 à 0,5 mg/l après 30 mn.(minimum de contact
Germes Totaux 37°C 24h 22°C 24h	Nbr./ 1 ml Nbr./ 1 ml	10 100	- -	NA 763	Dans une eau traitée , le dénombrement des germes totaux effectué à l'extrémité du réseau de distribution ne doit pas excéder 20 fois le taux obtenu en début de réseau , dans 90% des échantillons analysés au cours de l'année.
Streptocoques fécaux	Nbr./ 100 ml	-	0	NA 765 ou NA 766	

Tableau XXI : concentrations maximales admissibles algériennes chimiques pour des eaux de consommation

Facteurs physico-chimiques

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration Maximale Admissible	Méthodes	Observations
PH				NA 751	
Conductivité	µs/cm à 23 °C	-	2800	NA 749	En correspondance avec la minéralisation des eaux
Dureté Totale	mg/l Ca CO₃	200	500	NA 752	
Calcium	mg/l	75	200	NA 1655	La teneur en Magnésium est calculée à partir de la différence entre la teneur en calcium + Magnésium et la teneur en Calcium
Magnésium	mg/l	-	150	NA752 et NA1655	

Sodium	mg/l	-	200	NA1652 ou NA1653	
Potassium	mg/l	-	20	NA1652 ou NA1653	
Sulfates	mg/l	200	400	NA 6361	
Chlorures	mg/l	200	500	NA 6362	
Nitrates	mg/l	-	50	NA 1656	
Nitrites	mg/l	-	0,1	NA 1657	
Ammonium	mg/l	0,05	0,5	NA 1879 ou NA1852	
Phosphate	mg/l	-	0,5	NA 2364	
Oxydabilité au K ₂ MnO ₄	mg/l	-	03	NA 2064	Mesure faite à chaud et en milieu solide.
Aluminium	mg/l	-	0,2	NA 6372	

Tableau XXII : Facteurs indésirables ou toxiques :

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration Maximale Admissible	Méthodes	Observations
Arsenic	mg/l	-	0,05	NA 2363	
Cadmium	mg/l	-	0,01	NA 2362	
Cyanures	mg/l	-	0,05	NA 1766	
Chrome	mg/l	-	0,05	NA 6375	
Cuivre	mg/l	0,05	1,5	NA 2362	
Fer	mg/l	-	0,3	NA 2422	
Mercure	mg/l	-	0,001	NA2761 ou NA 2763	
Plomb		-	0,05	NA 2362	
Sélénium	µg/l	-	0,61	NA 6364	
Zinc	µg/l	-	05	NA 2362	
Pesticides et produits					On entend par pesticides et produits apparentés :

apparentés - Au total - Par substances individualisée	$\mu\text{g/l}$ $\mu\text{g/l}$	- -	0,5 0,1	NA 6368	Les insecticides -Organochlorés persistants - Organophosphorés - Carbamates Les herbicides Les fongicides Les POB et POT
Hydrocarbures dissous ou émulsionnés Huiles minérales	$\mu\text{g/l}$	-	10	NA 6367	

Annexe 03 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine

18 Rabie Etani 1432			
23 mars 2011		Journal officiel de la république Algérienne	
Tableau XXIII : PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES			
Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
	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	$\mu\text{g/l}$	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	$\mu\text{g/l}$	0,5
	Antimoine	$\mu\text{g/l}$	20
	Argent	$\mu\text{g/l}$	100

Paramètres chimiques	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 (HPA) totaux	µg/l	0,2
	Fluoranthène		
	Benzo (3 ,4) Fluoranthène		
	Benzo(11,12) Fluoranthène		
	Benzo 3,4 pyrène		
	Benzo 1,12 pérylène		
	Indéno (1,2,3- cd) Pyrène		
	Benzo 11,12		
	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extraits au CCL4	µg/l	10
	Phénols	µg/l	0,5
Benzène	µg/l	10	
Toluène	µg/l	700	
Ethylbenzène	µg/l	300	
Xylène	µg/l	500	
Styrène	µg/l	100	
Agents de surface réagissant au bleu de méthylène	Mg/l	0,2	
Epychlorehydrine	µg/l	0,4	
Microcystine LR	µg/l	0,1	

Paramètres chimiques (suites)	Pesticides Par substances individualisée	µg/l	0,1
	Les insecticides		
	- Organochlorés persistants		
	- Organophosphorés		
	- Carbamates		
	Les herbicides		
	Les fongicides		
	Les PCB et PCT		
	À l'exception d'aldrine et dieldrine		
	Pesticides (totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	05
	Chlorite	mg/l	0,07
Trihalométanes (THM) (Total)	µg/l	100	
Chloforme , Bromoforme , Dibromochlorométhane , Bromodichlorométhane			
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5	
1,2- Dichloroéthane	µg/l	30	
1,2- Dichlorobenzène	µg/l	1000	
1,4- Dichlorobenzène	µg/l	300	
Trichloroéthylène	µg/l	20	
Tetrachloroéthylène	µg/l	40	
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie /l	15
	Particules Béta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequere/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	0,1
Paramètres microbiologiques	Escherichia –Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfite-réductrices	n/20ml	0

	Y compris les spores		
--	----------------------	--	--

Tableau XXIV : Paramètres avec valeurs indicatives			
Groupes de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres organoleptiques	Couleur	Mg/l de platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12 °C	Taux de dilution	4
	Saveur à 25° C	Taux de dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité PH	≥6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l	500
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température		25