

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologie Animale et Végétale

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie
Spécialité: Protection de l'environnement



THÈME

Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau au niveau de deux communes
« Tizi Rached et Ait Toudert » Wilaya de Tizi Ouzou

Réalisé par : Mlle HOUMEL Tassadit

Devant le jury :

Président : Mme CHOUGAR S .

Maître assistante A U.M.M.T.O

Promotrice : Mme LARDJANE N .

Maître de conférences A U.M.M.T.O

Examineur I : Mr ASLA T .

Maître assistant A U.M.M.T.O

Examineur II : Mr MEZANI S .

Maître de conférences B U.M.M.T.O

Remerciement

Ce mémoire a pu voir le jour grâce aux conseils, aux aides et aux soutiens de nombreuses personnes, Cependant, j'tiens à adresser mes Remerciements particulièrement :

Un grand merci, en tout premier lieu, à ma promotrice Mme : LARDJANE.N pour son soutien et sa disponibilité sans elle le travail n'aurait jamais abouti.

Je tiens également à exprimer mon immense gratitude envers tous les membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail :

Mme CHOUGAR S, Mr ASLA T et Mr MEZANI S.

Je tiens à remercier tout le personnel que j'ai côtoyé durant mon stage au sein de l'ADE pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'ils m'ont fait vivre durant ma période de stage.

Mes remerciements les plus sincères sont surtout adressés à mes parents, mes frères et sœur et chers amis qui, sans leur aide et soutien, l'accomplissement de ce travail aurait été incertain.

Merci à tous ...

TASSADIT .H

Dédicaces

Je rends grâce à dieu de m'avoir donné le courage et la volonté pour accomplir ce modeste travail.

C'est avec une vive émotion que s'achève une année particulière et avec elle tout un cursus d'études, nulle période ne fut plus enrichissante que celle qui vient de s'achever.

*Mes remerciements vont à mes prunelles de mes yeux « **papa** » et « **Maman** » pour leur présence dans ma vie, leur amour, leur soutien, leur confiance et leur encouragement, c'est avec honneur que je leur dédie ce modeste travail.*

Ainsi qu'à ma chère petite sœur DHIHIA à mes deux adorables frères RAFIK & RABAH.

Ainsi qu'à toute ma grande famille notamment mes oncles et tantes, mes grands parents et mes très chères cousines CYLIA, DADI & KARIMA et mes copines FIFI & NESRINE.

A la mémoire de mes oncles SAID & ABDEREHMEN et mes chers grands parents que dieu les accueille dans leur vaste paradis.

Et enfin mille merci à toutes personnes ayant contribué de pré ou de loin à la concrétisation de ce travail.

Merci à tous ...

TASSADIT .H

Liste des figures

Figure 1 : Cycle de l'eau	3
Figure 2 : Dessin d'un aquifère	6
Figure 3 : Nappe captive emprisonnée entre deux couches géologiques imperméables.....	7
Figure 4 : Quelques exemples du pH	20
Figure 5 : Carte géographique de la source de Thala Oumazar	31
Figure 6 : Photo de la source Thala Oumazar.....	32
Figure 7 : Carte géographique de la source de Thala Toulmouts.....	33
Figure 8 : Photo de la source Thala Toulmouts.....	34
Figure 9 : Valeurs du pH enregistrés dans les deux sources d'eau en deux périodes.....	51
Figure 10 : Valeurs de la conductivité pour les deux sources d'eau en deux périodes.....	52
Figure 11 : Valeurs de la température pour les deux sources d'eau en deux périodes.....	53
Figure 12 : Valeurs de la turbidité pour les deux sources d'eau en deux périodes.....	54
Figure 13 : Valeurs des résidus secs pour les deux sources d'eau en deux périodes.....	55
Figure 14 : Valeurs de la dureté calcique et magnésienne d'eau durant la première période.....	57
Figure 15 : Valeurs de la dureté calcique et magnésienne d'eau durant la deuxième période.....	57
Figure 16 : Valeurs du sodium pour les deux sources d'eau en deux période.....	58
Figure 17 : Valeurs du potassium pour les deux sources d'eau en deux période.....	59
Figure 18 : Valeurs des chlorures pour les deux sources d'eau en deux période.....	60
Figure 19 : Concentration en sulfates pour les deux sources d'eau en deux période.....	61
Figure 20 : Valeurs des teneurs en carbonates pour les deux sources d'eau en deux périodes.....	62
Figure 21 : Valeurs de la dureté totale pour les deux sources d'eau en deux période.....	63
Figure 22 : Valeurs du fer pour les deux sources d'eau en deux période.....	64
Figure 23 : Résultats des paramètres de pollution durant la première période.....	66
Figure 24 : Résultats des paramètres de pollution durant la deuxième période.....	66
Figure 25 : Classification des eaux selon Stabler pour la première période.....	68
Figure 26 : Classification des eaux selon Stabler pour la deuxième période.....	69

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les normes des paramètres physico-chimiques	8
Tableau 2 : Paramètres toxicologiques	9
Tableau 3 : Relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau.....	11
Tableau 4 : Classes de turbidité de l'eau	12
Tableau 5 : Classification selon le pH	20
Tableau 6 : Classification selon la dureté	21
Tableau 7 : Effets des pollutions de l'eau sur la santé humaine.....	26
Tableau 8 : Infection d'origine parasitaire transmise par l'eau.....	28
Tableau 9 : Principales maladies à transmission hydrique.....	29
Tableau 10 : Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.....	37
Tableau 11 : Résultats des analyses bactériologiques des deux sources d'eau en deux périodes.....	70
Tableau 12 : Classification bactériologiques des eaux selon l'institut pasteur d'Algérie.....	72

Liste des abréviations

pH : Potentiel hydrogène

F° : Degré français.

ADE : Algérienne des Eaux.

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de boromocresol.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

MES : Matières en suspension..

NPP : Nombre le Plus Probable.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TDS : Solides Glucose Extrait d'Agar.

TH : Titre Hydrotimétrique.

UFC : Unité Formant Colonies

E-coli : *Escherichia coli*

T.G.E.A : Gélose Tryptophane Glucose Extrait de levure

E V A : Ethyle violet azide bouillon

N G : Niveau guide

C M A : Concentration maximale admissible

P C A : Plate count Agar

P P M : partie par million

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

Première partie : Aperçu bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau	3
2. Cycle de l'eau	3
3. Répartition de l'eau dans la nature	4
3.1. Eaux de surface	4
3.2. Eaux souterraines	5
4. Définitions d'une eau potable	7
4.1. Normes de potabilité.....	8
5. Caractéristiques de l'eau potable	10
5.1. Paramètres organoleptiques.....	10
5.2. Paramètres physiques.....	10
5.3. Eléments chimiques majeurs dans l'eau.....	13
5.4. Paramètres bactériologiques	15
6. Eléments considérés comme indésirables dans l'eau	16
7. Eléments considérés comme toxiques	17
8. Eaux de sources	18
8.1. Différents types de sources	19
8.2. Traitement de l'eau de source	19
9. Classification des eaux.....	19
9.1. Classification selon le pH	19
9.2. Classification selon la conductivité	20
9.3. Classification selon le titre hydrotimétrique total	20
9.4. Classification selon la turbidité.....	21
10. Législation et textes.....	21

Sommaire

10.1. Textes législatifs	22
--------------------------------	----

Chapitre II : Paramètres de pollution

1. Définition de la pollution de l'eau	23
2. Différents types de pollution de l'eau.....	23
2.1. Pollution physique.....	23
2.2. Pollution chimique.....	23
2.3. Pollution organique.....	24
2.4. Pollution microbiologique	24
3. Mode de contamination des eaux.....	25
3.1. Contamination des eaux souterraines	25
3.2. Contamination des eaux de surface.....	25
4. Impacts de la pollution de l'eau	26
4.1. Impacts sur la santé de l'homme	26
4.2. Impacts sur l'environnement.....	26

Chapitre III : Maladies transmissibles par l'eau

Introduction.....	27
1. Maladies d'origine hydrique.....	27
1.1. Maladies d'origine bactérienne	27
1.2. Maladies d'origine parasitaire.....	27
1.3. Maladies d'origine virale	28

Deuxième partie : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et Méthodes

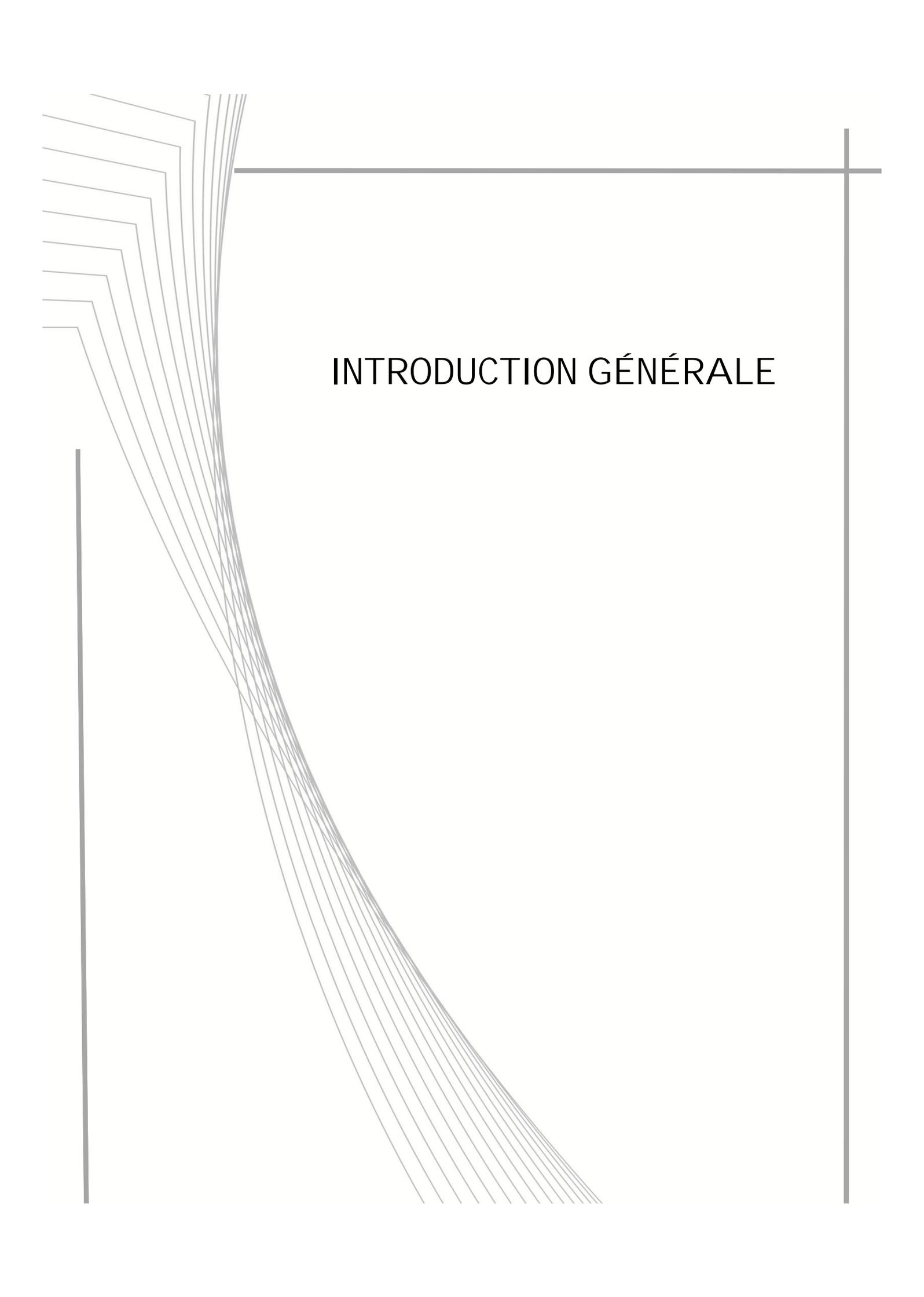
I. Présentation des régions d'études	31
I.1. Source Thala Oumazar	31
I.1.1. Situation géographique.....	31
I.1.2. Situation topographique.....	32
I.1.3. Cadre climatique.....	32
I.1.4. Couvert végétal.....	32
I.1.5. Cadre Géologique.....	33
I.2. Source Thala Toulmouts.....	33
I.2.1. Situation géographique.....	33
I.2.2. Situation topographique.....	34
I.2.3. Cadre climatique.....	34
I.2.4. Couvert végétal.....	35
I.2.5. Cadre géologique.....	35
II. Echantillonnage.....	35
II.1. Echantillons destinés aux analyses physicochimiques	36
II.2. Echantillons destinés aux analyses bactériologiques	36
II.3. La conservation et le transport des échantillons.....	36
II.4. Présentation du laboratoire de l'ADE.....	37
III. Matériels et Méthodes	37
III.1. Milieux de culture.....	38
III.2. Méthodes d'analyses physicochimiques.....	38
III.3. Méthode d'analyse de la minéralisation globale.....	39
III.4. Méthode d'analyse des paramètres de pollution	42
III.5. Méthode d'analyse des éléments indésirables.....	44

Sommaire

III.6. Méthode d'analyse bactériologiques.....	46
III.6.1. Recherche et dénombrement des germes totaux	46
III.6.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	47
III.6.3. Recherches et dénombrement des streptocoques fécaux.....	49

Chapitre II : Résultats et Interprétation

I. Interprétation des résultats physico-chimiques.....	51
I.1. Analyses physico-chimique.....	51
I.2. Paramètre de la minéralisation globale	56
I.3. Paramètres indésirables	64
I.4. Paramètre de pollution.....	65
I.5. Classification de deux sources d'eau sur deux périodes d'échantillonnage.....	68
II-Interprétation des résultats bactériologiques	70
Conclusion	73
Références bibliographique	75
Annexes.....	78



INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'eau joue un rôle crucial dans la vie des habitants dans le développement économique et dans la survie des écosystèmes naturels. Les différentes utilisations de l'eau influent sur la disponibilité de la ressource, du point de vue de la qualité et de la quantité, pour ceci tout le monde reconnaît que l'eau est devenue rare et doit être exploitée à bon escient.

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

Le changement climatique et l'augmentation de la pollution des sources d'eau douce contribuent à la réduction du volume d'eau de consommation dans le monde, environ 1,3 milliard de personnes souffrent de maladies liées à la qualité de l'eau telles que les gastroentérites (Rejsek, 2002).

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

Ces écosystèmes d'eau douce remplissent des fonctions hydrologiques, socio-économiques et écologiques précieuses, alors que leur biodiversité et leur originalité leur confère un intérêt mondial. Elles subissent par ailleurs une très forte pression anthropique, du fait de l'utilisation humaine et agricole de cette ressource en eau.

L'eau contaminée est insidieuse, malheureusement, on ne détecte souvent la contamination de l'eau de boisson qu'après une crise sanitaire qui entraîne des pertes de vies humaines et qui devient un lourd fardeau pour l'Etat, pour le coût de la prise en charge thérapeutique des maladies à transmission hydrique.

En Algérie, les ressources en eau apparaissent limitées, vulnérables et inégalement réparties, à ceci s'ajoute la croissance des besoins. Face à cette situation, les ressources en eau ne suffiront pas à long terme.

Depuis plus d'une décennie, l'Algérie a fait de l'eau une priorité nationale, en effet des investissements considérables ont été consentis notamment ces dernières années. Ces efforts fournis par l'Etat ont conduit à une nette amélioration des indicateurs d'accès à l'eau potable.

La wilaya de Tizi-Ouzou recèle d'importantes potentialités hydriques permettant à la fois la satisfaction des besoins des communes de la wilaya et une partie de la wilaya de Boumerdès (Yakoub, 2005). Par ailleurs certaines communes de la wilaya de Tizi-Ouzou sont alimentées à partir des transferts du barrage « Koudiet Ousserdoune » de la wilaya de Bouira tandis que d'autres restent dépendantes des sources d'eau locales (Hammar, 2013).

Dans certaines régions de la wilaya de Tizi-Ouzou, les eaux souterraines qui constituent la seule ressource en eau potable des populations humaines sont sous l'influence d'un ensemble de facteurs naturels et anthropiques.

Ces eaux souterraines subissent des perturbations quotidiennes, qui entraînent une détérioration de leur qualité hygiénique.

Ainsi la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson consommée par la population a fait l'objet de nombreuses études (Adda et Zemouche, 2006 ; Ladjel et Gheddachi, 2008 ; Chougar, 2015 ; Ait Abdelaziz, 2016) qui ont montré les risques sanitaires et l'impact de la consommation d'une eau de qualité douteuse sur la santé humaine.

L'objectif de notre travail est l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de deux sources naturelles l'une dans la commune d'Ait Toudert (ThalaOumazar) et l'autre dans la commune de Tizi-Rachid (ThalaToulmonts).

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques des échantillons d'eau ont été effectuées au niveau de laboratoire de l'Algérienne des eaux (ADE).

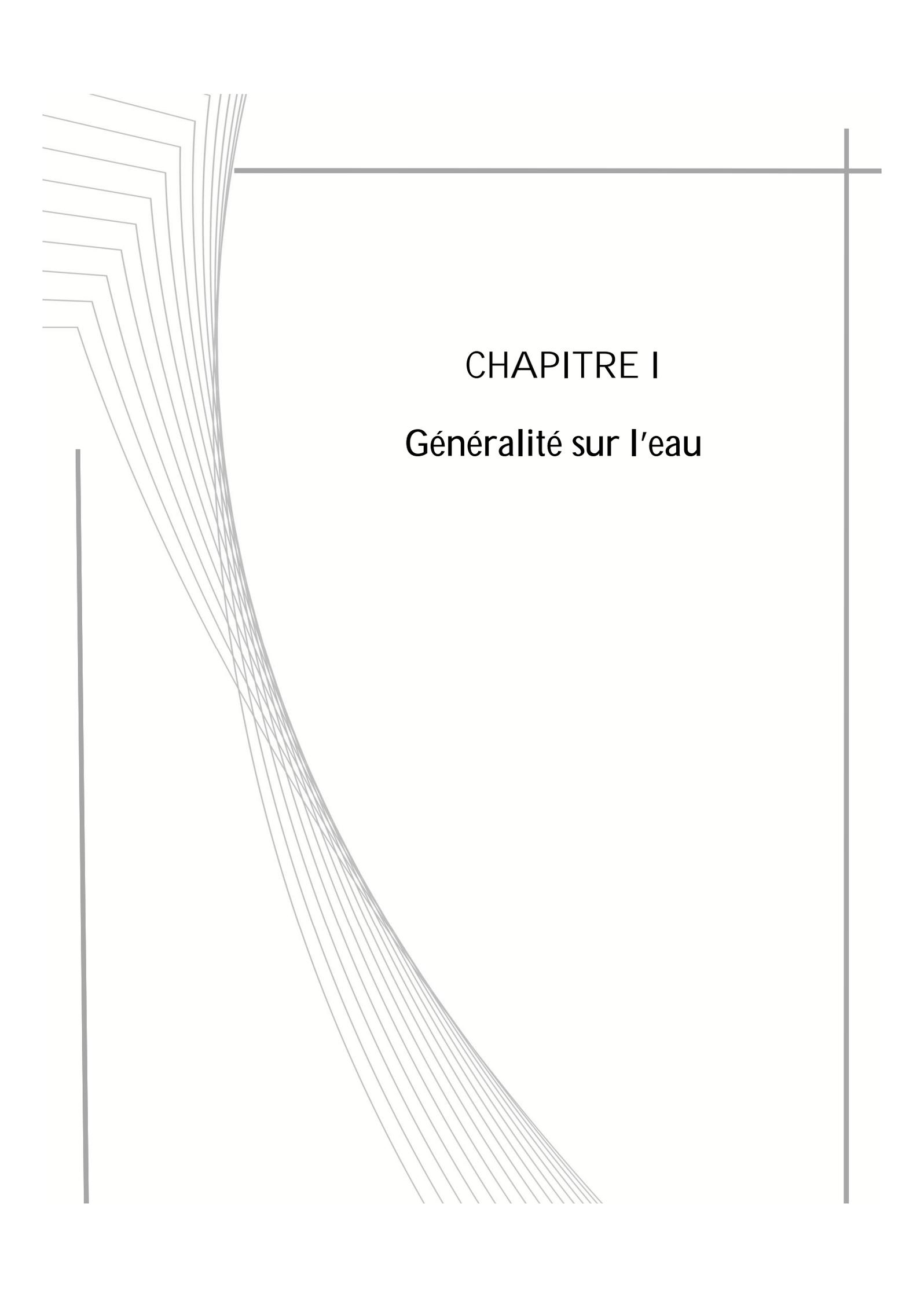
Pour mener à terme ce travail, nous avons structuré notre travail en deux parties :

- La partie bibliographique comporte trois chapitres : le premier chapitre sera consacré aux généralités, dans le deuxième chapitre nous traiterons les paramètres de pollution de l'eau et le troisième chapitre abordera aux maladies transmissibles par l'eau, la partie expérimentale exposera le matériel utilisé, la méthodologie expérimentale et les résultats obtenus ainsi que leurs interprétations, en fin nous terminerons par une conclusion générale.



PARTIE 1

APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA QUALITÉ DE L'EAU



CHAPITRE I
Généralité sur l'eau

I.1.Définition de l'eau

L'eau est l'élément vital pour la vie, c'est la boisson naturelle par excellence. L'eau est la combinaison de deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène (H₂O). L'eau est un liquide incolore, inodore et transparent qui peut se trouver sous les trois formes : liquide (rivière, fleuves...etc) gazeux (vapeur) et solide (glaces, neiges).

L'eau est un composé qui se trouve presque partout sur la terre. Elle représente chez les végétaux 50 à 60% de leur masse et chez les animaux 60 à 70% de leur masse (Degremont, 2005).

I.2.Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau (figure 1) est primordial pour assurer sa qualité et le maintien de la vie sur terre. L'eau ne reste pas dans un état donné, ces mouvements, accompagnés de ses changements d'état ce qui constituent le cycle de l'eau, appelé aussi cycle hydrologique.

L'évaporation des océans, des mers et des cours d'eau, fournit la vapeur d'eau. Cette vapeur d'eau se condense en nuage qui se déplacent sous l'effet du vent jusqu'à ce qu'elle rencontre un air froid qui provoque son retour à l'état liquide ou solide. Elle peut donc s'évaporer, se condenser se précipiter, se stocker (nappes, glaces...), s'écouler (rivières et fleuves) à l'air libre pour constituer les eaux de surfaces, entrer dans le cycle biologique et revenir après un laps de temps plus ou moins long, au réservoir des mers et des océans (Apfeldaum, 1999).

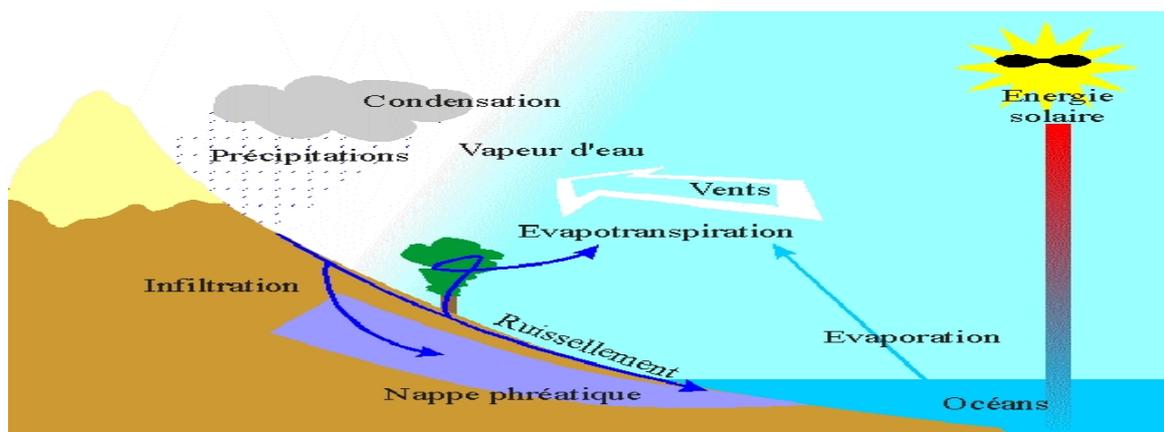


Figure 1 : Cycle de l'eau (Anonyme, 2017)

I.3.Répartition de l'eau dans la nature

Sur le globe terrestre l'eau, dont le volume est estimé à 1400 million de KM^3 est répartie dans cinq réservoirs, dont l'ensemble constitue l'hydrosphère (Leray, 1990). Les océans et les mers constituent les 1350 millions de km^3 , soit 97% du volume total et 71% du globe terrestre (Grosclaude, 1999).

Les eaux douces continentales ne représentent que 2,9% du volume total, dont 2% pour les glaces polaires et de montagne (28 millions de km^3 .) 0,76% pour les eaux souterraines et 0,009% pour les rivières et fleuves. Le reste étant contenu dans l'atmosphère et la biosphère (Roux, 1987).

Naturellement il y'a une évaporation excédentaire par rapport aux précipitations au-dessus des océans. Le surplus étant poussé par le vent au-dessus des continents où il se précipite pour alimenter les rivières, les lacs, les fleuves, les glaciers...etc.

Mais il faut savoir que ces eaux finissent toujours par se retrouver dans les océans et les mers (Loup, 1974)

I.3.1. Eaux de surface

Origine

Les eaux de surface sont des eaux des cours d'eau et des glaciers (eau douce), des océans et des mers (eau salée) (Hasley et Leclerc, 1993). Les eaux de surface ont pour origine, soit les nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit des eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement en une vitesse de circulation appréciable (De Marsily et Ghislain, 2006).

Composition

La composition des eaux de surface dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Leur teneur en gaz, à titre d'exemple, dépend de l'échange eau-atmosphère et de l'activité des organismes qui y existent (De Marsily et Ghislain, 2006). Les eaux de surface, contrairement aux eaux souterraines, sont rarement potables sans traitement préalable, du fait de la présence excessive de matière organique d'origine naturelle dissoute ou en suspension.

1.3.2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent les eaux qui se trouvent sous la surface de la terre : d'une part les rivières souterraines (cas des réseaux karstiques) et d'autre part l'eau qui remplit les interstices des couches rocheuses et enfin l'eau des nappes phréatiques (Roux, 1987).

Ces eaux souterraines parcourent des distances plus ou moins longues voire des dizaines, centaines de kilomètres avant d'émerger à la surface de la terre pour alimenter des sources et des cours d'eau. Ainsi les eaux souterraines alimentent le tiers des cours d'eau de la planète soit environ 12000 kilomètres cubes d'eau par an (Anonyme, 2007).

Origine

Lorsque l'eau de pluie tombe sur le sol, une partie de celle-ci s'infiltré dans le sol et une autre ruisselle, suivant la nature du sol. L'eau infiltrée alimente les nappes et rivières souterraines. La quantité infiltrée dépend de la nature du sol. Elle se définit comme la capacité de rétention du sol (Vilagnes, 2003). Les formations géologiques poreuses et perméables qui ont la propriété de permettre l'infiltration, le stockage et l'écoulement des eaux constituent les réservoirs des eaux souterraines ou aquifères. Ils peuvent être homogènes de perméabilité comme les sables, ou hétérogènes à perméabilité de fissures comme les calcaires ou les granites (Roux, 1995).

Les aquifères

Un aquifère est un milieu souterrain saturé dont l'eau peut s'écouler facilement (figure2). Il peut être : Rocheux, géométriquement défini, localisé dans des couches géologiques sédimentaires ou encore des formations superficielles en possédant une certaine porosité efficace (perméable). Les aquifères se trouvent dans alluvions, limons, sables siliceux, argiles, marnes et calcaires.

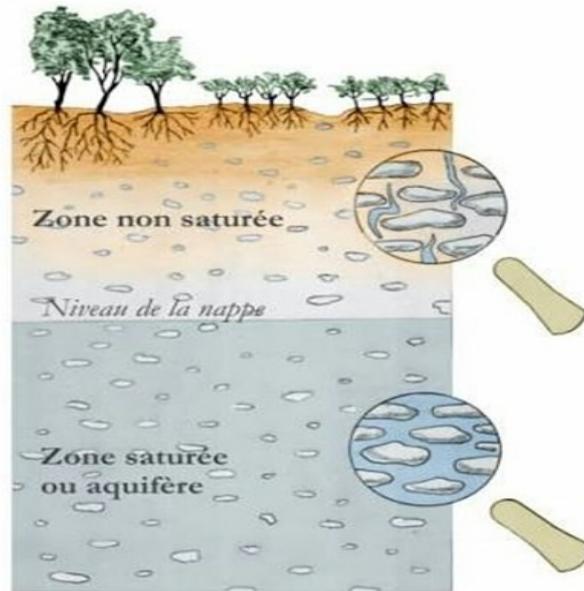


Figure 2 : Dessin d'un aquifère (Anonyme, 2017)

Les nappes souterraines sont généralement localisées dans la zone saturée d'un aquifère et en fonction du niveau de confinement de ces nappes, on distingue les nappes libres et les nappes captives (Cosandey, 2003).

Les nappes libres

Les nappes libres sont contenues dans des aquifères qui sont en contact direct ou indirect avec l'atmosphère, dont le niveau peut monter ou baisser selon la pluviométrie et l'exploitation.

L'eau des nappes libres provient de la partie infiltrée des eaux de pluie (Roux, 1995 ; Boeghin, 2001). La vitesse d'infiltration de l'eau varie de 1 mm/an à 1 m/an selon la nature géologique des terrains.

Les eaux souterraines s'écoulent par gravité entre la zone d'infiltration et les sources.

Les nappes captives

Par définition, les nappes captives sont des nappes recouvertes par une couche de terrain imperméable ou peu-perméable (Boeghin, 2001 ; Vilagnès, 2003). Elles sont emprisonnées entre deux couches de terrains imperméables. Elles sont plus fréquentes et généralement plus profondes (Degrement, 2005).

Les eaux des nappes captives sont très bien protégées des diverses pollutions, mais la qualité naturelle de cette eau n'est pas toujours excellente, car elle peut présenter souvent une minéralisation excessive en éléments majeurs (Chlorures et sulfates) et en oligo-éléments (Fer, Fluor, ...etc) (Collin, 2004).

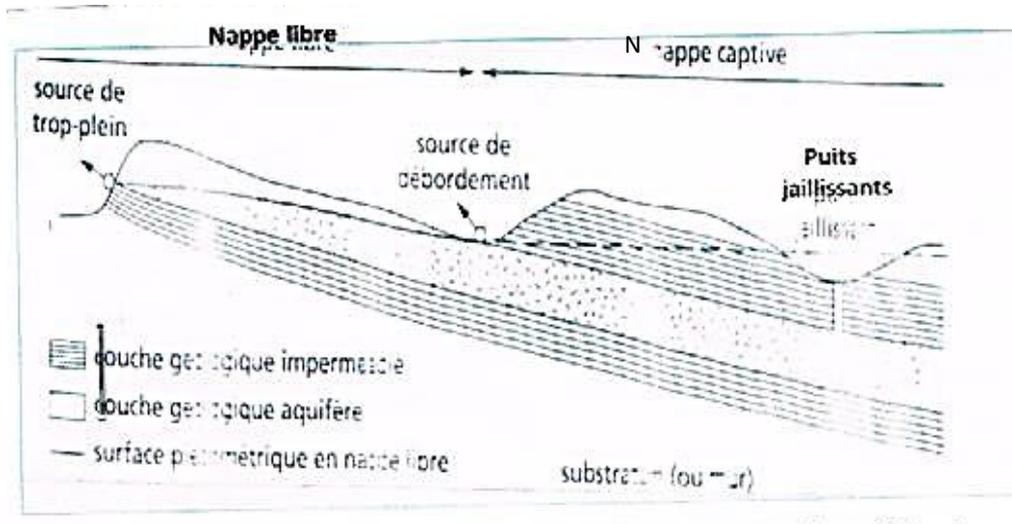


Figure 3 : Une nappe captive emprisonnée entre deux couches géologiques imperméables (Cosandey, 2003).

➤ Caractéristiques des eaux souterraines

A la différence des eaux superficielles, l'eau souterraine, correctement captée, ne comporte généralement pas ou peu de matières en suspension ou de bactéries, car elle est naturellement filtrée. Il existe, cependant, quelques exceptions dans les réseaux karstiques : la filtration incomplète peut s'accompagner d'une turbidité élevée et de contamination bactérienne (Collin, 2004).

I.4. Définition d'une eau potable

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

L'eau potable est toute eau qui ne porte pas atteinte à la santé du consommateur, quelque soit son âge ou son état physiologique, et ce à court et à long terme. Les caractéristiques

physiques, chimiques et bactériologiques doivent être conformes à des normes de potabilité (Rambaud et Delattre, 1992).

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

I.4.1. Normes de potabilité

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

Les normes de qualité d'une eau potable sont données dans les tableaux 1 et 2.

Tableau I : Les normes des paramètres physico-chimiques (Rejesk, 2002).

Paramètres	OMS (1986)		Algérienne (1993)	
	NG	CMA	NG	CMA
Température (°C)	12	25	-	30
pH	6.5<pH<8.5	9.5	-	5.5 à 8.5
Conductivité (µs/cm)	400	1250	-	2000
Chlorures (mg/l)	25	200	200	500
Calcium (mg/l)	100	-	75	200
Magnésium (mg/l)	30	50	-	150
Ammonium (mg/l)	0.05	0.5	0.05	0.5
Nitrites (mg/l)	0.01	0.1	-	0.1
Nitrates (mg/l)	25	50	-	50
Fer (mg/l)	0.05	.02	-	0.3
Dureté (°F)	35	-	20	50
Dureté (mg/l CaCO ₃)	250	-	200	500

NG : Niveau guide

CMA : Concentration maximale admissible

Tableau II : Paramètres toxicologiques (Anonyme, 1986).

Paramètres	Teneur maximale admissible
Arsenic mg/l	50
Cadmium mg/l	5
Cyanure mg/l	50
Cuivre mg/l	50
Chrome mg/l	50
Mercure mg/l	1
Plombe mg/l	20
Sélénium mg/l	10
Phénols mg/l	0.5
Nickel mg/l	0.5
Antimoine	10
Détergents	100

I.5. caractéristiques de l'eau potable

I.5 .1. Paramètres organoleptiques

Couleur

La couleur de l'eau est due généralement à la présence de substances colorées provenant essentiellement de la décomposition des matières végétales, des algues, des substances minérales (en particulier le fer et le manganèse) et des rejets industriels (teintures). Une coloration de l'eau est indésirable, car elle provoque toujours un doute sur sa potabilité. Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire (Degremont, 1989).

Toutefois, la limpidité de l'eau ne présente pas une garantie (O.M.S, 1986).

Saveur et odeur

Toute eau destinée à la consommation doit être inodore, toute présence d'odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. Les principaux corps chimiques pouvant donner une saveur désagréable à l'eau sont le fer, le manganèse, le chlore actif, les polyphénols et les chlorophénols (Rodier, 2005 ; Dupont, 1986).

I.5.2. Paramètres physiques

Température

Selon Rodier (2005) ; Gaujous (1995) la température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz. En effet, l'augmentation de la température s'accompagne d'une diminution de la concentration de l'oxygène dissous, préjudiciable à la flore et à la faune. La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. Pour qu'une eau soit désaltérante, sa température doit se situer entre 8 et 15°C (Rodier, 1984)

pH

Le pH de l'eau est une mesure de l'acidité de celle-ci, c'est-à-dire de la concentration en ions hydrogène (H^+). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane "7" correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de "4" à "10" en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Le pH n'a pas de signification hygiénique, mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau (Rodier, 1984). Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, qui est toxique (Anonyme, 2005). Le pH d'une eau potable doit se situer entre 6.5 et 8.5 (Anonyme, 1986).

➤ Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une solution est sa capacité à conduire le courant électrique par les ions, sa mesure permet d'avoir très rapidement une idée sur la teneur de l'eau en sels dissous (Rodier, 1984).

Selon Degremont (1978) et Rejsek (2002), la conductivité constitue un critère d'appréciation de la minéralisation globale d'une eau.

Tableau III : Relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau (Rejsek, 2002).

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

Turbidité

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

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

Tableau IV : Classes de turbidité de l'eau (Rodier et al., 2009)

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

Titre alcalimétrique

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes (Rodier, 2005 in Saidi, 2014).

Pour la détermination de l'alcalinité, on distingue deux titres : le titre alcalimétrique simple (T.A) et le titre alcalimétrique complet (T.A.C). Le titre alcalimétrique simple permet de déterminer la teneur en hydroxydes, et le titre alcalimétrique complet assure la détermination de la teneur en hydrocarbonates.

Salinité

La salinité est la quantité totale de sels dissous exprimée en pourcentage. Le chlorure de sodium est le principal composant. C'est la raison pour laquelle on exprime souvent la salinité en fonction de ce seul composé.

Minéralisation globale de l'eau

Résidu sec

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

sont liés et que la mesure de l'un peut nous donner la valeur de l'autre par simple calcul. Une eau est considérée comme :

- Très faiblement minéralisée lorsque la quantité du résidu sec est en dessous de 50 mg/l ;
- Faiblement minéralisée lorsque la quantité du résidu sec est entre 50 mg/l et 500 mg/l ;
- Riche en sels minéraux lorsque la quantité du résidu sec est au-delà de 500 mg/l.

Résidu total

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

I.5.3.Éléments chimiques majeurs dans l'eau

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

Calcium

Il provient principalement de la dissolution des calcaires et des marnes. Sa présence en grande quantité peut être aussi due à la dissolution du gypse. La dissolution ou la précipitation du calcaire dépend de la teneur en CO_2 et du pH (équilibre calco-carbonique). Les eaux potables de bonne qualité renferment 100 à 140 mg/l de Ca^{2+} (Rodier, 2005 in Saidi, 2014).

Il constitue un composant majeur de la dureté de l'eau.

Magnésium

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

Sodium

Le sodium provient géologiquement de la lixiviation du dépôt en surface et en sous-sol des sels tels que les chlorures de sodium et de la décomposition des silicates aluminosodiques. Il peut avoir aussi une origine industrielle (Anonyme, 1989). C'est un élément constant de l'eau, toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/l et même plus. La présence de sodium en excès dans les organes humains constitue un danger pour les malades hypertendus.

C'est pourquoi on recommande de veiller à ce que la concentration en sodium dans l'eau potable n'excède pas 20 mg/l.

Potassium

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours du potassium qui provient des roches métamorphiques (gneiss et micaschistes), et magmatiques et de certains rejets industriels (les mines de potasse, usines d'engrais, ...etc). Il joue un rôle important dans le maintien de l'équilibre ionique tant au niveau de la cellule que celui des organismes vivants.

La teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l, à de telles valeurs, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. D'après l'OMS, les valeurs limites de potassium dans l'eau sont de 12 mg/l, par contre la valeur maximale algérienne est de 20 mg/l.

Chlorures

Les chlorures sont naturellement présents dans les eaux. Leur origine est essentiellement géologique (argile, marnes et calcaires dolomitiques) mais ils peuvent provenir également d'une pollution organique par les pesticides principalement les organochlorés, les détergents, les épandages et par les rejets industriels. Une teneur excessive en chlorures affecte le goût de l'eau surtout lorsqu'ils sont accompagnés de sodium (Rodier, 1984). L'inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l.

Sulfates

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

A de fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux, en particulier chez les enfants. Les eaux riches en sulfates présentent des effets diurétiques et sont idéales pour éliminer les toxines, notamment en cas de régime amaigrissant. Les sulfates sont aussi laxatifs et peuvent causer une déshydratation. La valeur limite recommandée par l'OMS est de 25 mg/l de sulfates, la valeur guide algérienne est de 200 mg/l (Ladjel et Gueddachi, 2008).

Bicarbonates

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



I.5.4. Paramètres bactériologiques

L'eau est un milieu favorable à la prolifération d'un certain nombre de bactéries et de micro-organismes qui proviennent de différentes origines. L'eau souterraine, prélevée des sources et des forages, est généralement de bonne qualité bactériologique et ne demande

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

Bactéries revivifiables

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

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

➤ **Principaux germes recherchés dans l'eau**

Coliformes fécaux

Les coliformes qui regroupent un nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des enterobactériacea. *Escherichia-coli* fait partie de cette famille. Elle est sous forme de cellules mobiles isolées ou par paires. Elle possède un métabolisme respiratoire lorsque les conditions sont aérobies et pratique la fermentation ou la respiration nitrique en anaérobiose (Singleton, 1997). Ce sont des hôtes normaux de l'intestin, ils représentent près de 80% de la flore intestinale aérobie de l'adulte. On peut les retrouver également au niveau de diverses muqueuses chez l'Homme et les animaux. Leur présence dans le milieu hydrique est un signe d'une contamination fécale. Certaines souches peuvent être pathogènes (Ferron, 1976).

Streptocoques fécaux

Elles se retrouvent dans la nature, le sol, l'eau et sur la peau et les muqueuses de l'homme et des animaux. Ce sont des bactéries à Gram positif, regroupées, chainettes, elles sont généralement prises en compte comme témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal (Dellarras, 2007). Ils sont sensibles, spécifiques et assez résistants (y compris en

milieu salé). Ils n'ont pas généralement de pouvoir pathogène important (Bourgeois et Leveau, 1991).

Clostridium sulfiro-réducteurs

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

I.6. Eléments considérés comme indésirables dans l'eau

Fer

La présence du fer dans les eaux souterraines a de multiples origines : le fer, sous formes de pyrite (FeS_2), est couramment associé aux roches sédimentaires déposées en milieu réducteur (marnes et argiles) et aux roches métamorphiques (Chery, 2006). Suivant la teneur en fer bivalent pour des eaux souterraines de type réductrices, un trouble, une coloration jaune apparaît avec le temps et une précipitation d'hydroxyde de fer peut se produire après contact avec l'oxygène de l'air. Un développement de bactéries dépendantes du fer est aussi possible. En conséquence, le goût pourrait être défavorablement influencé et l'apparition de résidus bruns ou noirs peut avoir lieu (Rodier et al., 2005).

Cuivre

Dans les eaux souterraines, les teneurs normales en cuivre sont en dessous de 0,005 mg/l (Collin, 2004). Le cuivre peut présenter des concentrations élevées provenant d'installations en cuivre, constatée essentiellement dans l'eau stagnante (C.I.E, 2005).

Zinc

Le zinc présente une concentration dans les eaux souterraines inférieure à 0,01 mg/l. une teneur supérieure à 10 mg/l est possible dans l'eau stagnante provenant d'installations domestiques galvanisées neuves (Samake, 2002).

Aluminium

Il est présent dans l'eau sous forme de sels solubles, de chlorures et de composés insolubles. Il peut avoir pour origine les rejets industriels, l'érosion et le lessivage des sols (Potelon et Zysman, 1998).

Phosphate

Les teneurs élevées en phosphate signalent une infiltration d'eau de surface ou une contamination par des engrais. L'eau de source et les eaux souterraines qui ne sont pas influencées par les contaminations anthropogènes montrent des teneurs en phosphate inférieures à 0,01 mg/l (C.I.E, 2005).

1.7. Eléments considérés comme toxiques

Selon DEGREMONT (2005), les éléments considérés comme toxiques dans les eaux destinées à la consommation humaine sont :

Plomb

Le plomb est un élément très abondant et largement répandu dans la croûte terrestre, à des teneurs de l'ordre de 13 p.p.m de sol, sous forme de dérivés peu solubles (Morlot, 1996).

Il peut provenir aussi de l'air, des rejets industriels (peintures, gaz d'échappement des voitures) comme il peut être véhiculé par les eaux de ruissellement et de lessivage des rues (Tardat et Beaudry, 1984). L'absorption de plomb et son accumulation dans l'organisme entraînent une maladie appelée "Saturnisme" qui provoque des troubles neurologiques chez les nourrissons et les enfants.

Arsenic

L'arsenic est naturellement présent dans certaines eaux. Il est à l'origine de cancers cutanés et peut être d'autres formes de cancers, voire de problèmes, cardiovasculaires. Sa teneur admissible dans les eaux de consommation est de 10 µg/l (Morlot, 1996).

Sélénium

Le sélénium est très répandu dans la nature. Il est toxique pour l'Homme au niveau du foie, des ongles et des cheveux. Le sélénium est limité dans les eaux potables à une concentration de 10 µg/l par l'OMS.

Fluor

Les sources principales de fluor dans les eaux souterraines sont les roches sédimentaires mais également les roches magmatiques et certains filous. Les zones de thermalisme sont aussi concernées (Hillel, 1998). Le fluor est reconnu comme un élément essentiel pour la prévention des caries dentaires (dentifrices fluorés). Cependant, une ingestion régulière d'eau dont la concentration en fluor est supérieure à 2 mg/l (Anonyme, 1986) peut entraîner des problèmes de fluorose osseuse est dentaire (Coloration en brun des dents pouvant évoluer jusqu'à leur perte). Les enfants sont particulièrement vulnérables à cette atteinte (Samake, 2002).

I.8. Les eaux de sources

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

I.8.1. Les différents types de sources

Les sources représentent l'émergence des eaux souterraines, elles sont plus fréquemment rencontrées dans les régions montagneuses.

Bouziani (2000) distingue trois types de sources

Sources d'affleurement

Pour lesquelles l'approvisionnement se fait sur un fond imperméable dans une vallée (au pied de la perte) (Bouziani, 2000).

Sources d'émergence

Dites aussi artésiennes, ces sources sont alimentées par la couche inférieure de la nappe (ces sources sont susceptibles de tarissement). Le débit d'une source artésienne est en principe uniforme durant toute l'année (Bouziani, 2000).

Sources de déversement

Elles naissent sur les pentes ou des grandes hauteurs (au dessus du fond de la vallée),

généralement leur débit est faible (Bouziani, 2000).

I.8.2. Traitement de l'eau de source

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

I.9. Classification des eaux

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

I.9.1. Classification selon le pH

Des classes de pH ont été dégagées (Rodier et *al.*, 2009) pour les eaux naturelles afin de qualifier une eau en fonction de son pH (tableau V et figure 4) .

Tableau V : La classification selon le pH (Rodier et *al.*, 2009)

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

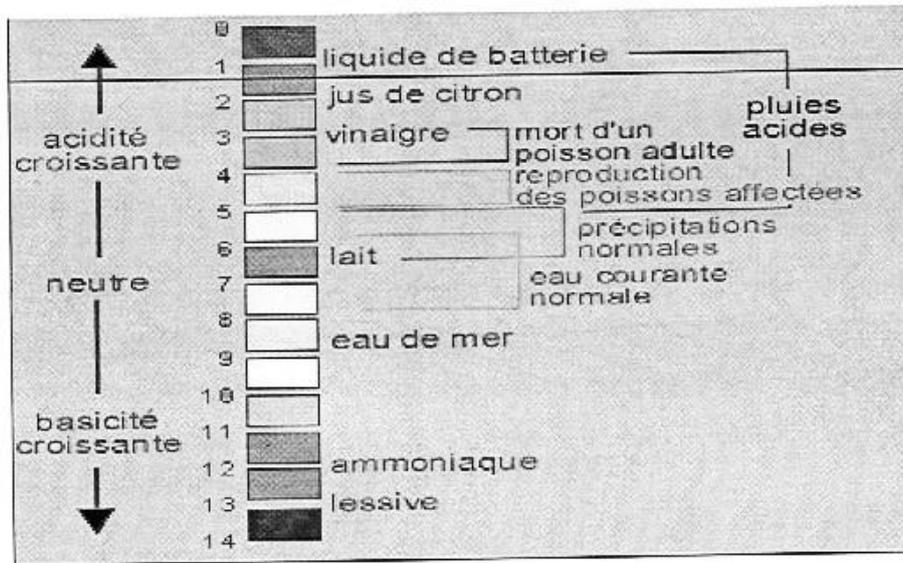


Figure 4 : Quelques exemples du pH (Rodier et al., 2009).

I.9.2 .Classification selon la conductivité

La classification selon la conductivité est signalée dans les données précédentes (c.f. p.11).

I.9.3 .Classification selon le titre hydrotimétrique total

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

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

- ✓ 1° F ou degré français = 4 mg de Ca^{++}/l .
- = 2,4 mg de Mg^{++}/l .
- = 10 mg de CaCO_3/l .

La classification des eaux naturelles selon leur titre hydrotimétrique (dureté) est représentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : La classification selon la dureté (Rodier,1984).

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

I.9.4 .Classification selon la turbidité

Les classes de turbidité usuelles (NTU) (unité de turbidité néphélogométrique) sont présentées dans le tableau 4 page 11.

I.10. Législation et textes

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

Cependant, bien qu'une eau potable soit conforme aux normes, cela ne signifie pas pour autant qu'elle soit indemne de ces substances, mais que leur teneur est assez faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (BERGER, 2004). La norme est représentée par une valeur chiffrée, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser pour une substance donnée, ou une limite inférieure à respecter ou encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum (Anonyme, 2006).

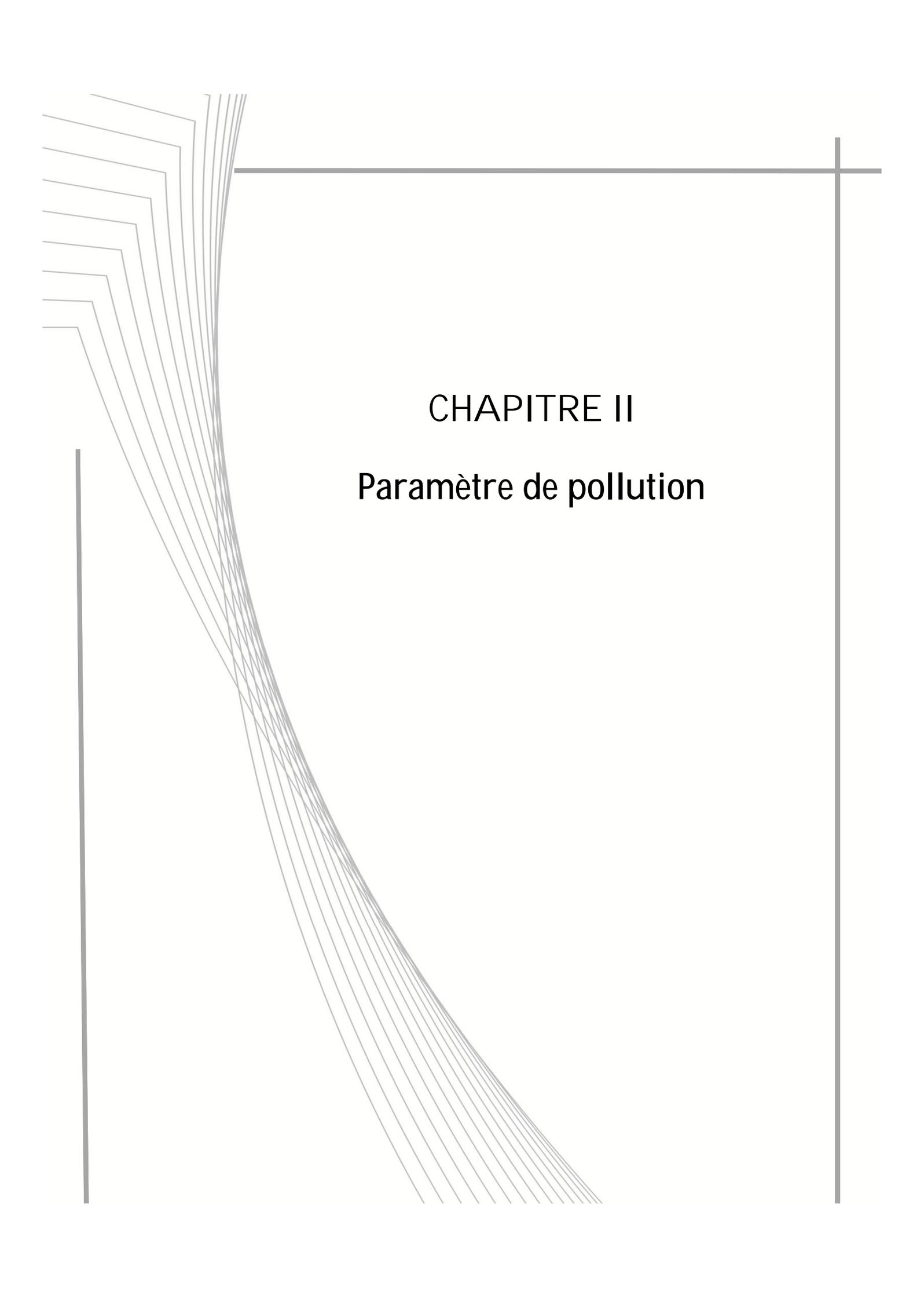
I.10.1. Textes législatifs

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

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

- La fabrication des boissons gazeuses et de la glace ;
 - La préparation au conditionnement et à la conservation de toutes denrées alimentaires.
- ✓ Article 69 : les ressources en eau souterraines et superficielles sont à soumise à des contrôles de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques.

Les conditions dans lesquelles sont effectués les prélèvements et les analyses d'échantillons sont fixées par voie réglementaire.



CHAPITRE II

Paramètre de pollution

L'eau est une substance unique parce qu'elle se nettoie naturellement (autoépuration) en permettant aux polluants de s'infiltrer ou de se détruire en diluant les polluants aux points qu'ils aient des concentrations qui ne sont pas nuisibles.

II.1. Définition de la pollution de l'eau

Une eau est dite polluée lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement dégradé. L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette eau est aussi très vulnérable à la pollution (Kenneth, 1976).

II.2. Différents types de pollution de l'eau

Il existe quatre types de pollution de l'eau :

II.2.1. Pollution physique

Ramade (2000) rappelle les principaux agents de pollution physique sont : La chaleur, les matières en suspension (MES), la radioactivité...etc.

A/ L'élévation de la température de l'eau de surface diminue la solubilité des gaz dans l'eau, en particulier l'oxygène. Il en résulte une diminution du pouvoir auto-épurateur des eaux de surface, donc une augmentation de la matière organique.

B/ Les particules en suspension de nature organique ou minérale sont introduites dans l'eau de surface par les eaux de ruissellement, elles proviennent essentiellement d'effluents industriels et urbains.

C/ La radioactivité est potentiellement la plus dangereuse des polluants physiques, elle met en jeu les rayonnements α , β et γ , de puissance diverses. Certaines roches et minerais contiennent des éléments instables et radioactifs, comme l'uranium, le radium et le thorium. Leurs accumulations dans l'organisme provoquent des toxicités (Ramade, 2000).

II.2.2. Pollution chimique

Ramade (2000) annonce que la pollution chimique s'agit de sels minéraux dissous et de micropolluants :

A/ Les sels minéraux dissous sont nombreux, ils comprennent les chlorures, les sulfates qui se combinent au sodium, magnésium...etc.

B/ Les micropolluants sont des corps chimiques à l'origine de multiples nuisances. Ils sont de nature minérale et organique (pesticides, détergents et hydrocarbures).

- Les métaux lourds (tel que les plombs et le chrome), affectent les propriétés organoleptiques de l'eau, ils sont dangereux même à l'état de traces, car ils s'accumulent dans la chaîne alimentaire par leur ingestion répétée et provoquent de graves altérations chez l'organisme humain.
- Les pesticides (insecticides, herbicides, fongicides) regroupent un ensemble de substances chimiques destinées à protéger les végétaux contre les organismes nuisibles. Leur présence dans l'eau peut être liée à leur emploi dans l'agriculture.
- Les détergents sont des tensioactifs utilisés en pratique pour le dégraissage, le nettoyage...etc. La présence des détergents dans les eaux est due aux rejets urbains et industriels. Ils inhibent le processus d'autoépuration, limitent le développement des micro-organismes et bloquent la réoxygénation du milieu hydrique.
- La pollution par les hydrocarbures est liée aux rejets d'activités diverses (stations de services, huiles industrielles, carburants et les machines agricoles motorisées).

II.2.3. Pollution organique

L'eau se charge en matières organiques fermentescibles constituées de glucides, lipides et protéides issues d'effluents domestiques, agricoles ou des industries agro-alimentaires et constituent un milieu nutritif favorable au développement des micro-organismes, notamment pathogènes (Ramade, 1992).

II.2.4. Pollution microbiologique

La pollution microbiologique peut être de nature virale, parasitaire ou bactérienne.

Les micro-organismes sont nuisibles pour la santé de l'homme.

Les polluants microbiologiques entraînent un déficit en oxygène dissous et une apparition des odeurs désagréables. Les polluants bactériologiques et viraux sont les plus dangereux, ils provoquent des maladies mortelles comme la typhoïde et le choléra (Ramade, 1998 et Ramade, 2005).

II.3.Mode de contamination des eaux

II.3.1.Contamination des eaux souterraines

La contamination des eaux souterraines par des composés toxiques organiques, même à faible concentration, peut compromettre l'exploitation de la ressource pour son exploitation en eau potable pour de très longues périodes (Degremont, 1989).

La contamination peut également résulter de gisement naturel riche en fer, sulfures, manganèse et d'autres substances toxiques, comme l'arsenic (Vilagnes, 2003).

II.3.2. Contamination des eaux de surface

Les eaux superficielles, par leurs sensibilités aux nitrates et aux pesticides, peuvent être polluées par deux modes de contaminations, les rejets directs dans le milieu et les pollutions dites « diffuses ».

Rejets directs

Les rejets directs d'effluents domestiques, d'activités artisanales ou d'établissements industriels apportent une charge de polluants qui va se diluer dans les cours d'eau.

La façon dont cette charge sera diluée et sa persistance dans la rivière vont définir le niveau d'exposition aux toxiques, que subiront les organismes aquatiques (Bouchseiche et *al.*,2002).

Pollution diffuse

A la différence des rejets directs, il est difficile de localiser précisément les sources des produits toxiques (Beauchamps, 2006). Car ces produits subissent un transfert entre la source et le milieu durant lequel les polluants sont potentiellement fixés ou dégradés. Ce transfert, qui est influencé par de nombreux facteurs (conditions climatiques, topographiques, pédologiques...etc) affecte, en revanche, l'ensemble de la nappe ,d'une manière souvent chronique (Ramade, 1994).

II.4 .Impacts de la pollution de l'eau

II.4.1. Impact sur la santé de l'homme

Le risque hydrique survient de manière directe ou indirecte. Dans le premier cas, il résulte d'un contact avec l'eau contaminée elle-même (eau usée) dans le second cas, il survient par l'intermédiaire d'aliments ou d'air contaminé par des aérosols ou d'eau chaude sanitaire ou de stations de traitement des eaux (Defransechi, 1996)(tab 7).Selon l'OMS (2006), les contaminations hydriques sont essentiellement de nature biologique ou chimique. Les contaminants biologiques sont des bactéries (saprophytes, opportunistes), des virus, des parasites, et des algues. Le risque microbien est de loin le plus évident à l'échelle mondiale (Degremont, 1989).

Le tableau 7 : Effets des pollutions de l'eau sur la santé humaine (Ait Abdelaziz, 2015).

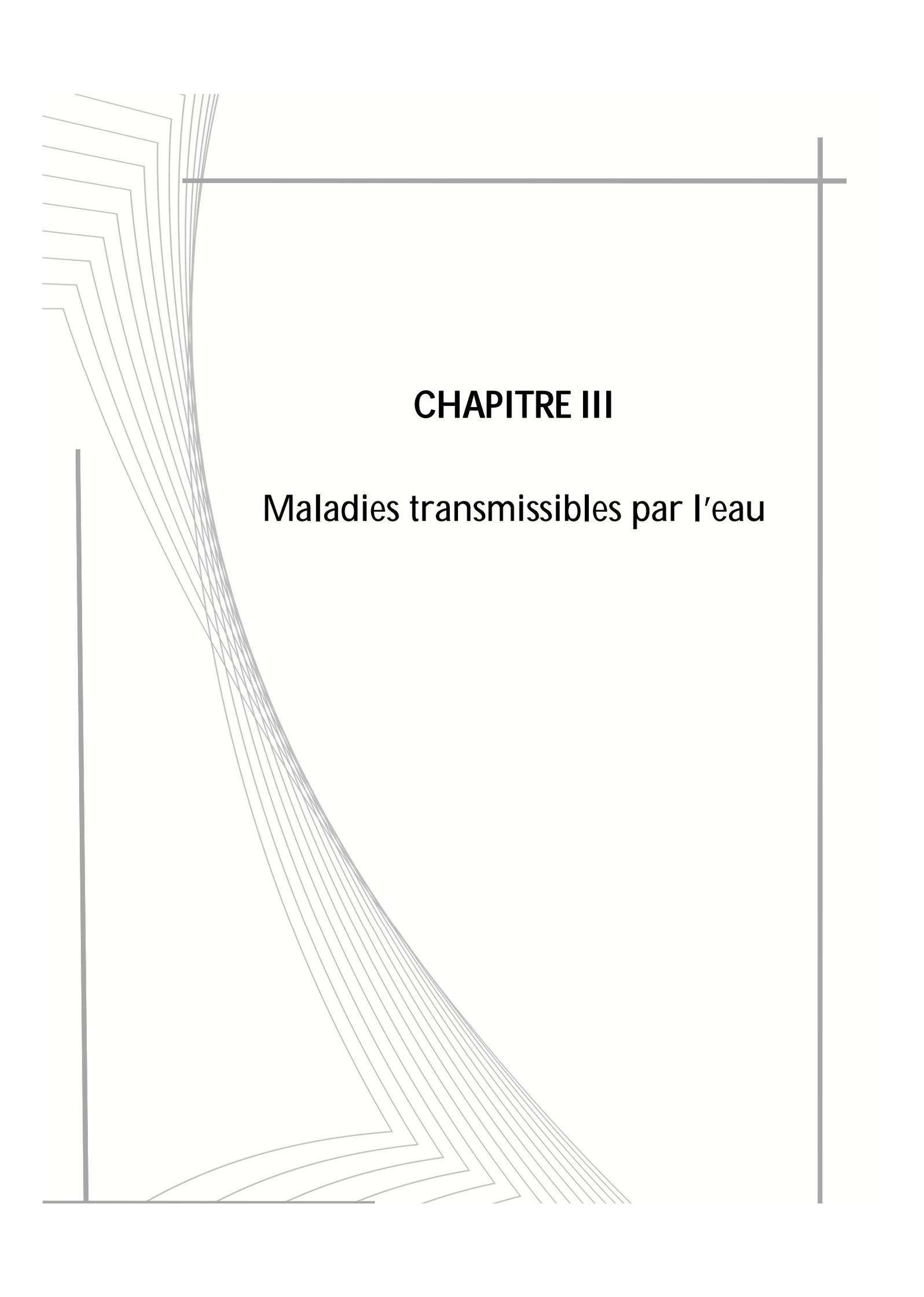
Polluants	Effets sur la santé
Matières en suspensions	Transportent des polluants et augmente donc le risque de contamination de l'homme.
Pollution organique	Favorise le développement d'organismes pathogènes.
Azote (nitrate, phosphore)	Maladies bleue chez les enfants.
Métaux	Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés arsenic, nickel et chrome également considérés comme cancérigènes.
Pesticides	Effets neurotoxiques (troubles de la reproduction) mutagènes et cancérogènes.

II.4.2. Impact sur l'environnement

La pollution des eaux conduit à des altérations physico-chimiques des biotopes. Il en résulte des bouleversements biocénotiques qui transforment entièrement la structure de la communauté vivante. Selon Ramade (2000), l'impact des eaux usées sur la faune se manifeste par la diminution de la diversité spécifique, le polluant élimine un nombre important d'espèces, tandis que les espèces tolérantes à la pollution se mettent à pulluler.

L'impact des polluants hydriques sur la flore est différent d'une espèce à une autre. Les espèces végétales les plus sensibles sont caractérisées par un taux de mortalité très élevé

dès le contact avec des polluants (il s'agit surtout d'espèces bio-indicatrices de pollution) (Ramade, 1992).



CHAPITRE III

Maladies transmissibles par l'eau

Introduction

Les maladies transmissibles par l'eau apparaissent lors de la dégradation des conditions d'hygiène et des contrôles sanitaires. Ces maladies peuvent être causées par un bon nombre de micro-organismes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les vers parasites (Roland, 2003 in Chougar, 2015). Actuellement, on remarque que les maladies liées à l'eau sont de plus en plus répandues et qu'elles présentent des variations considérables sur le plan de leur nature et de leur mode de transmission.

Bouziani (2000) les répartir en trois catégories :

- Les maladies à transmission hydrique causées par les micro-organismes fécaux-oraux et les substances toxiques ;
- Les maladies à support hydrique dues aux organismes aquatiques (Bilharziose) ;
- Les maladies transmises par de nombreux vecteurs vivants dans l'eau (moustiques, mouche tsé-tsé...etc), dont les plus graves affections sont représentés par le paludisme et la fièvre jaune.

III.1. Maladies d'origine hydrique

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent (Rodier, 1999).

III.1.1 .Maladies d'origine bactérienne

Certaines espèces de bactéries ont un pouvoir pathogène vis-à-vis de l'homme, ces bactéries sont avec les amibes, les principales responsables des maladies diarrhéiques, qui provoquent chaque année la mort de millions de personnes et touchent particulièrement les enfants (Vilagnes, 2003).

III.1.2 .Maladies d'origine parasitaire

On distingue deux types différents d'organismes impliqués dans ces infections : les protozoaires et les helminthes (tableau 8).

Tableau 8 : infection d'origine parasitaire transmise par l'eau (Rejsek, 2002).

Type d'organisme	Nom	Maladie	Type de contamination
Protozoaire	Amibe	Amibiase	Ingestion des kystes
Protozoaire	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Gastro-entérite	Ingestion
Protozoaire	<i>Giardia lamblia</i> , intestinales	Gastro-entérite	Ingestion des kystes
Protozoaire	Plasmodium	Paludisme	Piqûre d'Anophèle
Protozoaire	Trypanosome	Maladie du sommeil	Piqûre par Glossine
Helminthe	Anguillule	Anguillulose	Contact ou ingestion
Helminthe	<i>Ankylostoma duodenale</i>	Ankylostomose	Contact
Helminthe	<i>Fasciolahepatica</i>	Douve du foie	Ingestion
Helminthe	Filaires	Filariose	Ingestion
Helminthe	Ver de Guinée	Dracunculose	Ingestion de crustacés

III.1.3.Maladies d'origine virale

Les virus responsables d'infection hydriques sont excrétés dans les selles d'individus infectés. Il a été démontré que plus de 130 virus pathogènes, que l'on peut dénommer virus entériques, peuvent être éliminés dans les fèces humaines (Rejsek, 2002). Il est possible d'admettre (Foliguet, 1982) que les virus isolés des eaux ont des caractéristiques, telles qu'ils peuvent être considérés comme une entité propre dénommée hydro-virus.

L'importance du milieu hydrique comme voie de transmission de maladies à virus est en pratique relativement difficile à cerner du fait, d'une part, de la sous-estimation des résultats des analyses virologiques dues au faible rendement des techniques analytiques d'extraction et de concentration des virus, d'autre part, des limites des méthodes épidémiologiques. En ce qui concerne la surveillance du milieu hydrique, celle-ci, pour être efficace, elle devrait évoluer et être fondée non plus sur l'isolement des bactéries témoins de

contamination fécale mais sur la mise en évidence d'un indicateur véritablement spécifique d'une contamination virale (Schwartzbrad, 1991) (tab 9).

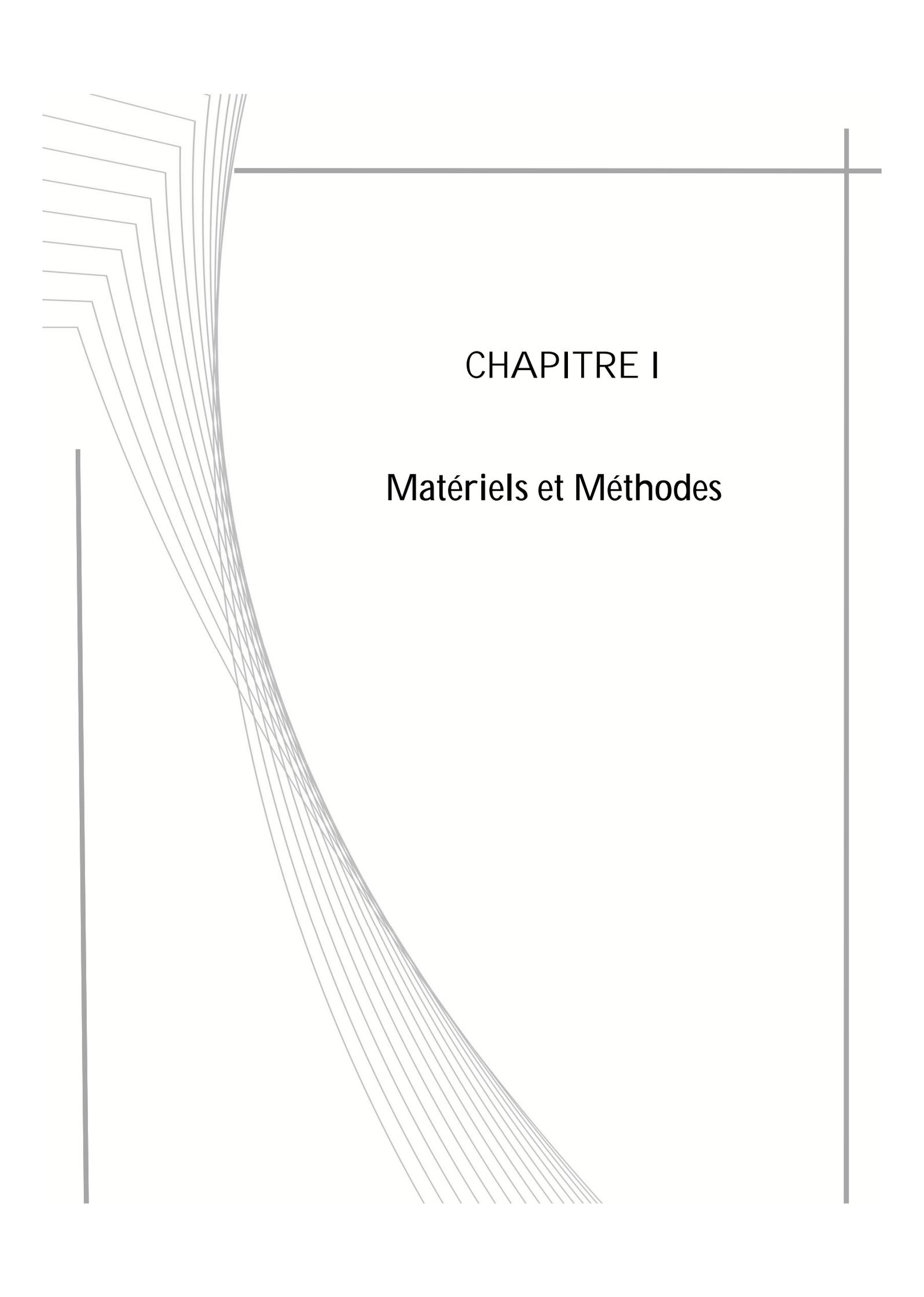
Tableau 9 : Principales maladies à transmission hydrique (Khimoud et Khennanen 2011 ; Lekhal et Mazouzi, 2009 ; Roland, 2003).

Organisme		Maladies	Principaux sires atteints
Bactéries	Shigella	Shigellose (dysenterie bacillaire)	Système gastro-intestinal
	<i>Salmonella typhi</i>		Intestin
	<i>Salmonella choleraesuis</i>	Fièvres typhoïdes	Système gastro-intestinal
	<i>Salmonella enteritidis</i>	Fièvres entériques	Système gastro-intestinal
	<i>Escherichia coli</i>	(inflammation de la muqueuse intestinale)	Intestin
	<i>Vibrio cholerae</i>		Système respiratoire, foie, rate.
	<i>Francisella tularensis</i>	Gastro-entérites	
	<i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i>	Choléra Tularimie Leptospirose	Ganglions lymphatiques (foie).
Virus	Entérovirus	Poliovirus	Moelle épinière, méninges.
		Coxsackievirus	Cœur, muscles.
		Echovirus	Méninges.
	Adénovirus	Réovirus	Intestin.
		Virus A de l'hépatite	Pharynx.
		Virus gastro-entérique	Appareil respiratoire et digestif.
		Foie.	
		Système gastro-intestinal.	
		Maladies respiratoires.	
		Diarrhée.	
		Hépatite infectieuse.	
		Gastro-entérites.	

Protozoaire	<i>Entamoebahistolytica.</i> <i>Naegleragrubera.</i> <i>Giardia lamblia.</i>	Amibiase. Méningite encéphalique amibienne.	Système gastro-intestinal. Système nerveux central. Intestin.
Vers parasitaires	<i>Ascaris lumbricoide.</i> <i>Schistosomamansoni.</i> <i>Schistosomajaponica.</i> <i>Schistosomahaematobium.</i> <i>Necatoramericanus.</i> <i>Ankylostomaduodenale.</i> <i>Diphyllobothriumlatum.</i> <i>Ecinococcus.</i> <i>Echinigranulosus.</i> <i>Anisakis S p.</i>	Acariose. Schistosomiose. Ankylostomiose. Diphyllbothriose. Echinococcose. Anisakiose.	Tube digestif. Reins, intestin, foie. Système gastro-intestinal. Système gastro-intestinal. Foie et poumons. Système gastro-intestinal.



PARTIE 2
PARTIE EXPERIMENTALE



CHAPITRE I

Matériels et Méthodes

I. Présentation des régions d'études

I.1. Source Thala Oumazar

I.1.1. Situation géographique

La source Thala Oumazar se situe dans la commune d'Ait Toudert dans la partie sud de la wilaya de Tizi-Ouzou. Cette commune relève de la daïra des Ouacifs. Elle est délimitée comme suit :

- Au Nord : par la commune de Beni Yenni et Ouadhias ;
- A l'est : par la commune d'Agouni Gueghrane ;
- A l'ouest : par la commune d'Ait Boumehdi.

La source Thala Oumazar se situe sur l'axe routier qui relie le village Tigouasaft et l'agglomération urbaine d'Ait Abdelouhab (figure 5).



Figure5 : Carte géographique de la source Thala Oumazar (www.google Earth.com 2017)



Figure 6 : Photo de la source Thala Oumazar (photo originelle, 2017)

I.1.2. Situation topographique

La commune d'Ait Toudert est caractérisée par trois ensembles topographiques distincts dont l'aspect montagneux est dominant :

- Une zone de plaine dans la partie centrale de la commune, dont l'altitude est inférieure à 400 m ;
- Une zone de piémont centre dont l'altitude est comprise entre 400 et 800m c'est d'ailleurs dans cette zone de piémont que se trouve la source Thala Oumazour dont l'altitude est de 650 m ;
- Une zone de montagne représentée par les monts du massif du Djurdjura dont l'altitude est comprise entre 800 et 1500 m au Sud-Ouest de la commune.

I.1.3. Cadre climatique

Le climat de la commune d'Ait Toudert est typiquement méditerranéen à caractère montagneux. Il est conditionné par la nature du relief où l'on enregistre un hiver froid et pluvieux avec une moyenne annuelle des précipitations de 930 mm au niveau des piedmonts (zone où se localise la source de Thala Oumazar) et un été chaud et sec avec des vents dominant de régime Ouest et Nord-Ouest (PDAU de la commune d'Ait toudert).

I.1.4. Couvert végétal

En amont de la source Thala Oumazar, on distingue un couvert végétal de type forestier, constitué d'espèce appartenant au groupement de chêne vert (*Quercus ilex*)

caractérisé par une formation en maquis recouvrant presque totalement le sol, ce sont pour la plupart des espèces pérennes sempervirents. Nous signalons qu'il n'y a aucune habitation ou agglomération sur le versant en amont de la source qui pourrait la souiller.

I.1.5. Cadre géologique

La source ThalaOumazar traverse des terrains de schistes et de grès micacés qui occupent une bande étroite qui s'allonge du centre de la commune vers l'est, ce sont des terrains de nature siliceuse, constitués de cristaux de quartz intimement soudés.

I.2. Source Thala Toulmouts

I.2. 1. Situation géographique

La source Thala Toulmouts se situe dans la commune de Tizi-Rached et plus précisément dans la zone industrielle de Oued Aissi qu'elle est située sur la route d'Azazga à une dizaine de kilomètres à l'Est de Tizi-Ouzou. La source Thala Toulmouts fait intersection entre la route qui mène vers Tala Amara (commune de Tizi Rached) et la route qui mène vers Tizi-Rached (figure 7).

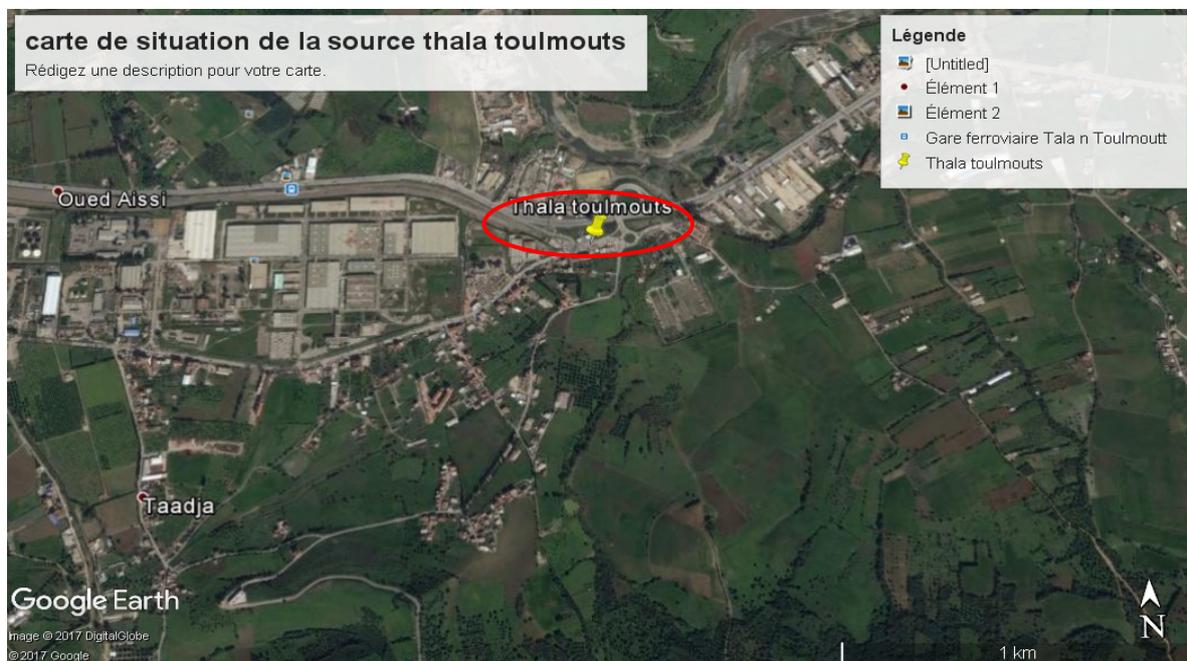


Figure7 : Carte géographique de la source de Thala Toulmouts (www.google Earth.com 2017)



Figure 8 : photo de la source Thala Toulmouts (photo originelle, 2017)

La commune de Tizi-Ouzou, chef lieu de wilaya est entourée globalement par :

- Le Nord : La daïra de Ouaguenoun ;
- Le Sud : La daïra d'Ait Douala et Maâtkas ;
- L'Est : La daïra de Tizi-Rached. Et LarbaaNathIrathen ;
- L'Ouest : La daïra de Tizi Ouzou.

I.2. 2. Situation topographique

D'un point de vue topographique, la source Thala Toulmouts est située géomorphologiquement dans la dépression de l'Oued Sébaou dont les pentes varient entre 3% et 40%, la source elle-même se localise au piedmont du versant Nord de Tala Amara dont la pente n'excède pas les 25%.

I.2. 3. Cadre climatique

Le climat de la commune de Tizi-Ouzou répond au climat méditerranéen avec un été chaud et sec et un hiver froid et humide, c'est une région qui est située dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux. On enregistre des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 789,69 mm (Anonyme, 2017), dont la plus grande partie tombe en hiver, les températures moyennes annuelles tournent au tour de 22,8 °C.

I.2. 4. Couvert végétal

La végétation est un facteur déterminant en hydrologie, elle influence le ruissellement superficiel et l'infiltration des eaux dans le sol, comme située en basses altitude, au niveau de la source on rencontre beaucoup plus le maquis de gradé à base de *Calycotome Spinosa* et d'*Oleastre (Olea europea)* et notamment des formations herbacées qui caractérisant les prairies de la dépression du Sébaou.

I.2. 5. Cadre géologique

En région de la kabylie constitue un tronçon important de l'orogénèse alpin de l'Afrique du Nord, la source Thala Toulmouts est située dans le miocène post nappes qui affleure dans une zone synclinale s'étendant sur près de 80 km d'Ouest en Est.

C'est une formation conglomératique et grés-marneuse qui repose en discordance sur le socle métamorphique.

L'eau de la source ThalaToulmouts traverse exclusivement des terrains argilo-marneux dont la perméabilité est faible (Yakoub, 2005).

Les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques d'une eau constituent une base essentielle pour juger de sa qualité, qu'elle soit brute ou traitée, destinée à la consommation humaine ou à des usages particuliers. L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser.

II. Echantillonnage

Nous avons pris un flacon traité à l'acide nitrique, puis rincé abondamment à l'eau distillée est égoutté puis fermé. Le maintien d'une atmosphère humide permet, par rinçage du flacon au moment du prélèvement, d'éliminer une contamination éventuelle du flacon. Pour les lavages, nous avons évité l'emploi des détergents susceptibles d'introduire des phosphates.

Au moment du prélèvement, nous avons rincé de nouveau trois fois avec l'eau à analyser puis rempli jusqu'au bord .

L'échantillonnage s'est effectué en deux périodes différentes pour deux sources d'eau :

- Le 27/11/2016 pour la source de Thala-Toumouts commune de Tizi-Rached et pour la source de thala Oumazar commune d'Ait-Toudert ;
- Le 22/05/2017 pour la source de Thala Oumazour et Thala Toumouts.

II.1. Echantillons destinés aux analyses physicochimiques

Les échantillons sont recueillis dans des bouteilles en plastique (polyéthylène) de 1.5 litre, rincées préalablement avec l'eau distillée, et qui sont de nouveau rincées trois fois avec de l'eau à analyser au moment du prélèvement puis, remplis jusqu'au bord pour empêcher toute pénétration de l'air.

II.2. Echantillons destinés aux analyses bactériologiques

Les prélèvements sont effectués dans des conditions aseptiques. Les flacons utilisés sont en verre de 250ml, soumis à un lavage et une stérilisation préalable. Les flacons sont remplis au 5/6 de leurs volumes pour maintenir en vie les bactéries aérobies. Pour chaque prélèvement, tous les flacons et toutes les bouteilles portent une étiquette où sont mentionnées les indications suivantes :

- Le nom de la source ;
- La date et l'heure du prélèvement.

II.3. La conservation et le transport des échantillons

Le transport des échantillons s'est fait dans une glacière à une température d'environ 4°C afin de maintenir la composition initiale de l'échantillon, et empêcher la multiplication des germes.

L'analyse bactériologique doit être réalisée dans un délai maximal de 8 heures après le recueil de l'échantillon, car la variation de ce dernier est susceptible de modifier la population bactérienne.

III. Matériel et Méthodes

L'analyse des différents échantillons a été effectuée au niveau du laboratoire central de l'Algérienne des eaux (ADE), localisé à Tizi-Ouzou, sa mission de contrôler les eaux distribuées sur le plan physico-chimique et bactériologique, en se référant aux méthodes normalisées.

Les matériels et les méthodes utilisés pour doser les paramètres physico-chimiques sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau 10: Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.

Paramètres mesurés	Méthodes	Appareillage
pH	Potentiométrique	pH Mètre WTW pH 450GLP Multical
Turbidité		Turbidimètre HACH 2100N
Conductivité		Conductimètre
Alcalinité	Volumétrique	/
Dureté	Titrimétrie	
Calcium	Titrimétrie à l'EDTA	/
Magnésium	/	/
Chlorure	Mohr	/
Ammonium	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrates	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrites	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Sulfates	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Phosphates	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Potassium	Spectrophotométrie d'émission a flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre410)
Sodium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Spectrophotomètre d'émission a flamme (Sherwood flamme photomètre410)
Fer	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Aluminium	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Matières organique	Méthode a chaud en milieu acide	/

III.1. Milieux de culture

Les milieux de culture sont servis pour l'isolement des germes :

- Gélose, Tryptophane, Glucose, Extrait de levure (T.G.E.A) pour la numération des germes totaux ;
- Bouillon lactose au Pourpre de Bromo Crésols (B.C.P.L) à simple et double concentration, pour les coliformes ;
- Milieu indole manitol (milieu de SEHUBERT) pour *Escherichia coli* ;
- Bouillon lactose à l'acide de sodium à simple et double concentration (milieu de Roth), pour les streptocoques fécaux ;
- Bouillon lactose à l'éthyle de violet et à l'acide de sodium (EVA), pour confirmer la présence de streptocoques fécaux.

III.2. Méthodes d'analyses physico-chimiques

Les méthodes de dosage utilisé en analyse de l'eau font presque toujours intervenir des réactions chimiques, soit pour le dosage, soit pour purifier l'échantillon. La conductivité, la température et le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.

➤ Mesure de potentiel d'hydrogène pH

C'est la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des H^+ présent dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique.

➤ Mesure de la conductivité électrique

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 de la viscosité de la solution. Elle est mesurée par un conductimètre.

➤ Mesure de la température

L'opération consiste à prélever un volume d'eau et plonger immédiatement le thermomètre. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes.

➤ Mesure de la turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute (limon, argile, algue, grain de silice...). Elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé néphélométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplis avec de l'eau à analyser. La mesure est effectuée en laissant l'appareil se stabiliser. Les résultats sont exprimés en unité de turbidité néphalométrique (NTU).

III.3.Méthode d'analyse de la minéralisation globale

❖ Dosage de l'alcalinité

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser deux niveaux de pH 8.3 et 4.3 de volume d'eau à analyser en présence d'indicateur coloré. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

❖ Dosage du titre alcalimétrique (TA)

Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCl), dilué en présence de la phénophtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate « CO_3^- ».

Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on prélève 100 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de solution phénophtaléine, une couleur rose doit se développer (Dans le cas contraire le TA est nul).

❖ Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)

Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide (HCl), dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.

Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on prélève 100 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de méthyle orange, on titre ensuite avec HCl jusqu'au virage du jaune au jaune orange.

❖ Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

Principe

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide ethylene diamine tétraacétique (EDTA). L'indicateur utilisé est le noir ériochrom, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium.

Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser, on chauffe au bain marie à une température d'environ 60°C puis on ajoute 0,5 ml de la solution tampon (pH=10) et 3 gouttes d'indicateur coloré, ensuite on titre avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu.

❖ Dosage des ions calcium

Principe

Titration 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 bleu.

Mode opératoire

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N et une pincée d'indicateur HSN (Murexide). Bien mélanger le tout. Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement.

Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette. La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

❖ Dosage des ions de magnésium

Principe

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne, qui est donnée par la formule suivante :

$$C_{Mg}(\text{mg/l}) = C(\text{Ca+Mg}) - C_{Ca}$$

C_{Mg} (wig/l) : teneur en magnésium (mg/l) ;

$C_{(ca+Mg)}$: teneur globale en calcium et en magnésium ;

C_{ca} : teneur en calcium.

❖ Dosage des chlorures

Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Mode opératoire

Dans un erlenmayer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser, puis on ajoute 3 gouttes de chromate de potassium à 10%, on titre avec le nitrate d'argent (AgNO_3) jusqu' au virage au rouge brique.

❖ Dosage du sodium et potassium

Lorsqu'une solution est pulvérisée dans une flamme, l'eau ou le solvant s'évapore, les sels et leur produit de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux. Ceux-ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme, leur retour à l'état fondamentale s'accompagne de l'émission d'une radiation de fréquence caractéristique de l'élément mis en solutions et dont l'intensité est en fonction de sa concentration (Rodier, 2005).

- **Dosage du sodium**

Peser 2,54g de NaCl ayant séché pendant une heure dans une étuve à 105°C, le dissoudre dans l'eau distillée et compléter à un litre. Cette solution a une concentration de 1000 mg/l de sodium et conservée. Par dilution, préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l. Faire passer au photomètre à flamme la solution de 10 mg/l trois fois, cela doit afficher «10» faire passer ensuite l'échantillon.

Si la concentration en sodium dépasse 10 mg/l procéder à la dilution de l'échantillon.

- **Dosage du potassium**

Dissoudre 1.907 g de KCl ayant séché à 105°C pendant une heure dans un litre d'eau distillée. Cette solution a ainsi une concentration égale à 1000 mg/l de potassium. A partir de cette solution préparée quotidiennement une solution de 10 mg/l, on fait passer au photomètre à flamme la solution de 10 mg/l trois fois, et cela doit afficher « 10 » faire passer ensuite les échantillons.

Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/l alors on procède la dilution de l'échantillon.

- ❖ **Dosage des ions sulfates**

Principe

Les ions sulfates de l'échantillon réagissent avec le baryum du sulfate pour former un précipité de sulfate de baryum.

Mode opératoire

Prendre 100 ml d'eau à analyser et ajouter 5 ml de la solution stabilisante. Ajouter 2 ml de chlorure de baryum. Agiter pendant 1 mn, puis passer au spectrophotomètre à $\lambda=420\text{nm}$.

III.4.Méthode d'analyse des paramètres de pollution

- ❖ **Dosage d'ammonium**

Principe

La mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Mode opératoire

Prendre 40 ml de l'échantillon, ajouter 4 ml du réactif coloré et mélanger, il y'aura apparition d'une coloration jaune. Ajouter 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser, puis ajouter 2 ml d'eau distillée. Après une heure de réaction, s'il y aurait apparition d'une coloration verdâtre, mesurer l'absorbance en ions d'ammonium a $\lambda = 655 \text{ nm}$.

❖ Dosage des ions nitrites

Principe

Le nitrite présent dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Ce dernier se combine à l'acide chromo tropique pour produire un complexe de couleur rose dont l'intensité est directement proportionnelle à la concentration de nitrite dans la solution.

Mode opératoire

Introduire 50 ml d'échantillon, ajouter 1ml du réactif mixte et attendre au moins 20 minutes. L'apparition de la coloration rose indique la présence des ions NO_2^- , mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde $\lambda = 540 \text{ nm}$.

❖ Dosage des ions nitrates

Principe

Le nitrate présent dans l'échantillon réagit avec l'acide chromo tropique en condition fortement acide pour former un produit jaune.

Le dosage se base sur la réaction des nitrates avec le diméthyl-2,6 phénol en présence des acides sulfurique et phosphorique, avec production du nitro-4 dimethyl -2,6 phénol.

Mode opératoire

Introduire 35 ml du mélange acide dans une fiole puis ajouter 5ml de l'échantillon et 5ml de diméthyl-2,6 phénol. Mélanger soigneusement le contenu et laisser reposer pendant 10 min. L'apparition de la coloration jaune indique la présence des NO_3^- , la concentration en nitrate est la valeur donnée par le spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 324 \text{ nm}$.

❖ Dosage de phosphate

Principe

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.

Mode opératoire

Introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de réactif mélangé dans une fiole, incubé pendant 10 min. L'apparition d'une coloration bleue indique la présence des phosphates. Mesurer l'absorbance à une longueur d'onde $\lambda=880$ nm.

III.5.Méthodes d'analyse des éléments indésirables

❖ Dosage du fer

Principe

Le fer réagit avec la phénantroline-1.10 (indicateur) du réactif pour développer une coloration orange proportionnelle à la concentration de fer.

Mode opératoire

Prendre comme prise d'essai, 50 ml ; dans une fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement.

Ajouter 2.0 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5. Ajouter 2.0 ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité. Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible à 510 nm.

❖ Dosage de la matière organique

Principe

Chauffage de 100 ml d'échantillon en présence de 20 ml de permanganate de potassium et de 20ml d'acide sulfurique pendant 10 minutes.

Réduction d'une partie de permanganate par les matières oxydables présentes dans l'échantillon.

Détermination de l'excès de permanganate par addition de 20 ml de la solution d'oxalate, suivi par un titrage de l'oxalate en excès par le permanganate de potassium.

Mode opératoire

Prendre 100 ml d'échantillon dans un ballon de 250 ml, ajouter 20 ml d'acide sulfurique 2 mol/l et mélanger en agitant doucement.

Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition, ajouter 20 ml de la solution étalon 2 millimoles/l de permanganate de potassium.

Démarrer le chronomètre et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes, après 10min, ajouter à l'aide d'une pipette 20 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 millimoles/l et attendre que la solution se décolore.

Retirer alors le ballon de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier.

Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrante de permanganate de potassium 2 millimoles/l jusqu'à une coloration rose pâle persistant environ 30 s. Noter le volume V_1 de permanganate consommé.

Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée. Noter V_0 de solution de permanganate consommé.

Conserver le blanc titré pour la vérification du permanganate de potassium :

-Au blanc titré, ajouter 20 ml de la solution d'oxalate de sodium 5 millimoles/l. Réchauffer la solution une à deux minutes à environ 90°C et retirer avec le permanganate 2 millimoles/l jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant environ 30 s.

-Noter le volume V_2 de solution de permanganate consommé, qui devrait être entre 19 et 21 ml. Dans le cas contraire, réparer une solution titrante de permanganate de concentration 2 millimoles/l et refaire l'analyse. Si le problème persiste refaire la solution mère de permanganate 20 millimoles/l.

Calcul :

Indice de permanganate, **I Mn**, exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$IMn = \frac{V_1 - V_0}{V_2} * f$$

V₀ : Volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc ;

V₁ : Volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai ;

V₂ : Volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante ;

F: facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre.

III.6.Méthodes d'analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques effectuées comportent la recherche des germes suivants :

- Les germes totaux ;
- Les coliformes totaux et fécaux ;
- Les streptocoques fécaux.

III.6.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

Cette méthode consiste en la recherche et dénombrement des micro-organismes viables par comptage des colonies après incubation à 22°C et à 37°C.

Les milieux les plus utilisés pour le dénombrement sont le milieu PCA (Plate Count Agar) ou TGEA (Tryptone Glucose Extrait de Viande Agar). Ce sont des milieux ordinaires.

Mode opératoire

Le principe des dilutions

- Agiter vigoureusement le flacon contenant la solution mère et prélever 1ml d'échantillon à l'aide d'une pipette graduée, dans la zone d'asepsie ;
- Ouvrir le tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, flamber l'ouverture, y introduire le volume prélevé sur la paroi sans toucher le liquide (dilution au 1/10). Eviter tout contact entre la pipette contenant l'inoculum et le diluant stérile. Flamber et refermer le tube ;
- Agiter ce tube, prélever 1ml et verser dans un autre tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. L'opération est renouvelée en changeant de pipette et en versant

de nouveau 1ml dans un nouveau tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la concentration en bactéries devienne relativement faible. Homogénéiser les tubes entre chaque dilution.

Mise en culture

- En zone stérile, ensemercer en masse deux séries de boîtes de pétri en versant 1ml d'inoculum et de ses dilutions décimales successives ;
- Couler la gélose TGEA maintenue en surfusion mais légèrement refroidie ;
- Homogénéiser avec des mouvements circulaires. Laisser refroidir la gélose sans bouger en zone stérile ;
- Incuber une série de boîte de pétri durant 24 heures à 37°C (recherche des germes pathogènes) et l'autre série durant 72 heures à 22°C (recherche des germes saprophytes).

Lecture

Compter les colonies en marquant chaque colonie sur le fond de la boîte avec un marqueur indélébile. On considère que les colonies sont dénombrables si leur nombre est compris entre 30 et 300. Les résultats sont exprimés en nombre des UFC (unité formant colonie) par 1ml.

III.6.2. Recherches et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La recherche de la présence de bactéries fécales permet d'évaluer la qualité sanitaire globale. Les coliformes fécaux ou thermotolérants constituent un bon indicateur de contamination des eaux par les matières fécales. Cette recherche se pratique en deux méthodes :

Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable(NPP)

La recherche et le dénombrement des coliformes, coliformes thermotolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique de NPP, se fait en deux étapes consécutives :

➤ Test présomptif

Un dénombrement présomptif des coliformes totaux est réalisé sur bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL). Cette méthode est sensible mais peu spécifique.

Mode opératoire

- Ensemencer une série de 9 tubes contenant le milieu BCPL (avec cloche de Durham), dont 3 tubes avec 1 ml d'eau non diluée, 3 tubes avec 1 ml de la dilution 10^{-1} et 3 tubes avec 1 ml de la dilution 10^{-2} ;
- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois

- Un dégagement gazeux ;
- Un trouble microbien accompagné d'un virage de l'indicateur coloré, le BCP a sa teinte acide jaune (témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu) ;
- Evaluer le nombre de coliformes.

➤ Test confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermotolérants parmi lesquels *E. coli*. La mise en évidence et le dénombrement d'*E. Coli* sont effectuées à partir des tubes positifs (BCPL) par le test de Mackenzie.

Mode opératoire

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse à boucle dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Lecture

Après l'incubation durant 48 heures à 44°C, sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble ;
- Un dégagement gazeux.

Méthode par filtration sur membrane

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des coliformes et des *Escherichia coli* éventuellement présents dans l'échantillon d'eau à analyser, par comptage des colonies obtenues en milieu solide après 24h à 48h d'incubation à 37°C, puis à 44°C.

La recherche des coliformes par cette méthode nécessite une préparation au préalable qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Stériliser l'entonnoir ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen ;
- Les refroidir tous de suite après, avec l'eau à analyser ;
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité de 0,45 µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser ;
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince a bouts arrondi stérile, sur la surface d'une plaque de gélose Rapide Coli (RC) préalablement préparé. Cette dernière sera incubé à 37 °C pendant 24h, voire 48h.

Après incubation, les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des coliformes qui portent une coloration rouge et celles ayant une réaction négative à l'oxydase, mais positive à l'indole, sont des *E. Coli* elles portent ainsi une coloration bleu.

III.6.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les principes généraux de la méthode sont ceux décrit précédemment pour la colimètre en milieux liquide. Cette recherche se pratique en deux étapes : test présomptif sur bouillon de Roth, test confirmatif sur bouillon de Litsky en cas d'obtention d'un résultat positif dans le premier test.

➤ Test présomptif

Le test présomptif est réalisé à l'aide de milieu Roth. La forte nutritivité du milieu est due à la présence d'une forte proportion de polypeptone ainsi que le glucose. L'acide de sodium inhibe la croissance des microorganismes à Gram négatif par son action bactériostatique et favorise la culture des streptocoques fécaux.

Mode opératoire

- Ensemencer une série de 9 tubes contenant le milieu de Rothe: dont 3 tubes de Rothe avec 1 ml de la solution mère, 3 autres tubes de Rothe avec 1 ml de la dilution 10^{-1} et enfin les 3 dernier tubes de Rothe avec 1 ml de la dilution 10^{-2} ;
- Incubation à 37 °C pendant 48h ;
- Les tubes positifs présentent un trouble et sont présumés contenir des entérocoques. Ceux-ci seront obligatoirement soumis au test confirmatif sur bouillon de Litsky.

➤ Test confirmatif**Mode opératoire**

- On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Litsky à l'éthyle- violet d'acide de sodium ;
- On incube à 37 °C pendant 24 heures ;
- La sélectivité du milieu est due à la présence d'éthyl-violet et d'acide de sodium qui inhibent la croissance des bacilles à Gram négatif et des microorganismes sporulés à Gram positif contaminants.

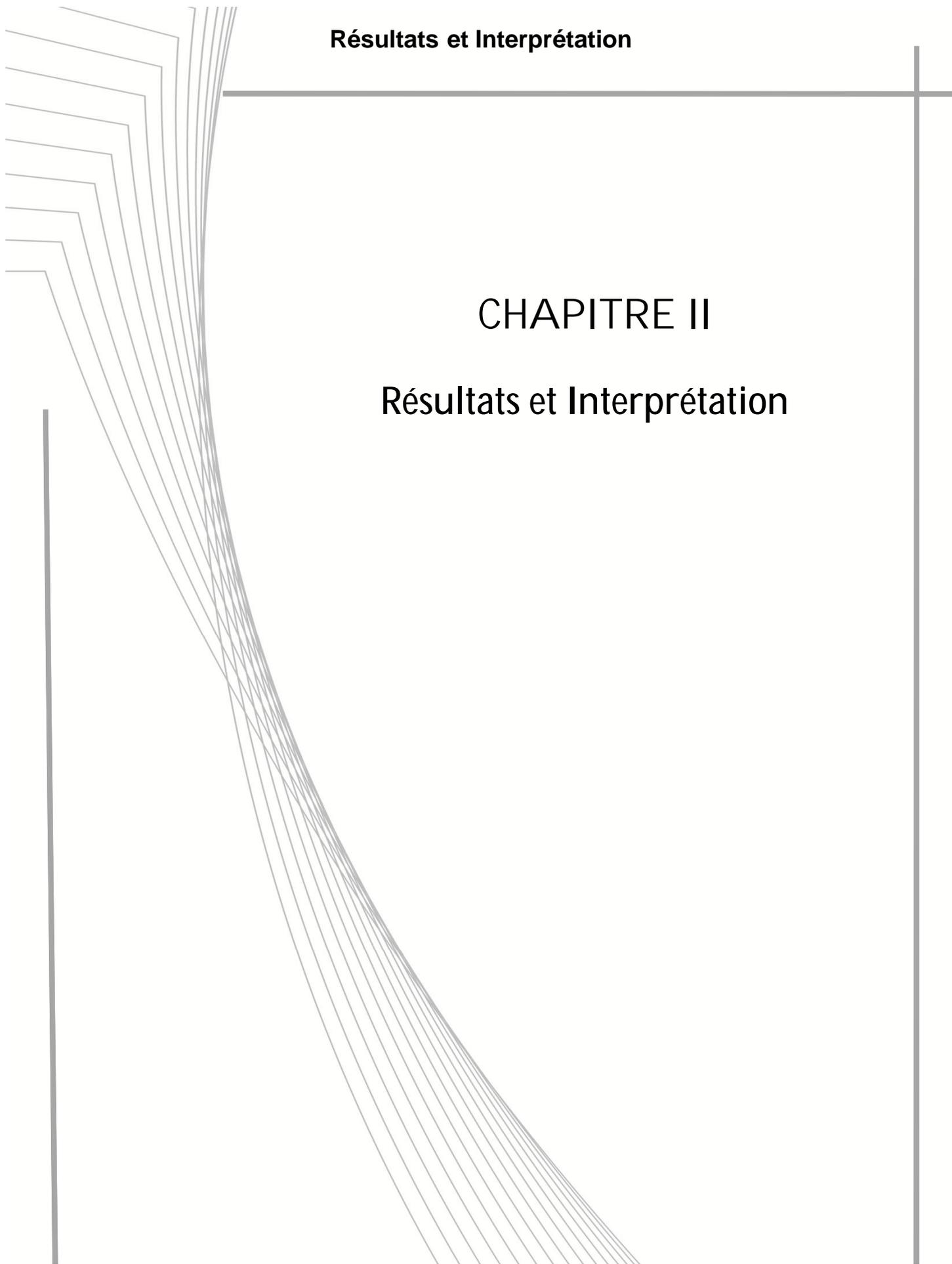
Lecture

L'apparition d'un trouble avec une pastille violette au fond du tube traduit la présence de streptocoques fécaux.

Résultats et Interprétation

CHAPITRE II

Résultats et Interprétation



I. Interprétation des résultats physico-chimiques

I.1. Analyses physico-chimique

- **Le pH**

Le potentiel d'hydrogène est l'un des paramètres d'appréciation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau dont l'importance est déterminée en partie par la nature des terrains traversés.

Sa connaissance est importante dont la mesure ou il conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimique et bactériologiques.

Le pH indique la concentration en ions H_3O^+ présent dans l'eau. Généralement, les eaux naturelles ont un pH assez stable de 6.5 à 8 .La figure 09 montre que l'eau des deux sources présente un pH proche de la neutralité très stable puisque nous n'avons pas enregistré une différence de pH entre les deux périodes d'échantillonnage. Les valeurs se situent dans les limites requises pour les eaux de consommation (selon les normes algériennes et de l'O.M.S : 6.6 et 8.5).

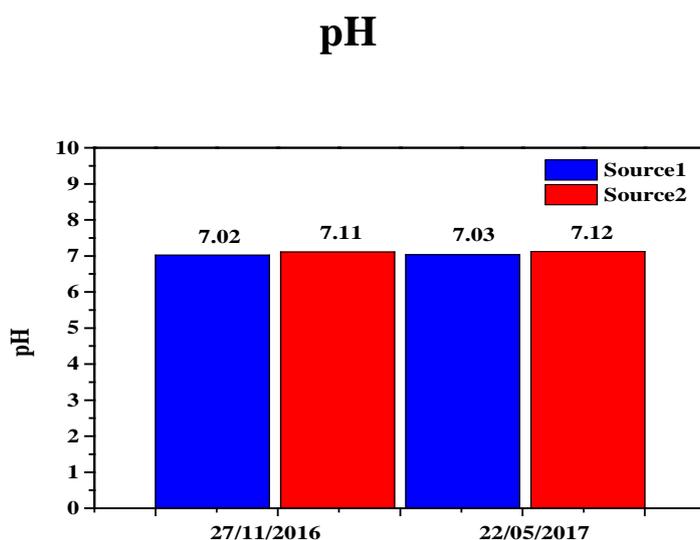


Figure 09 : Valeurs du pH enregistré dans les deux sources d'eau en deux périodes
(source1 : Thala Toulmouts, source2 :Thala Oumazar).

- **La conductivité**

La conductivité renseigne sur la concentration en sels dissous. Elle nous renseigne sur la minéralisation globale d'une eau qui dépend de la température et de la nature des terrains traversés. Son intérêt est de déceler les variations de composition pouvant survenir suite à l'infiltration d'eaux superficielles souvent polluées.

Pour nos deux sources étudiées (figure 10), on remarque que la conductivité de Thala Toulmouts est plus élevée que la conductivité de Thala Oumazar, il y'a une grande différence, qui passe du simple au double entre les deux sources, la valeur moyenne est de 808 $\mu\text{s/cm}$ pour la source Thala Toulmouts et de 450 $\mu\text{s/cm}$ pour la source Thala Oumazar. Par contre, il n'y a pas une différences significatives entre les deux périodes d'échantillonnage.

On déduit que la source de Thala Toulmouts est plus minéralisée que la source de Thala Oumazar.

Toute fois, les valeurs enregistrées se situent dans les normes algériennes recommandées par les eaux de consommations fixées à 2800 $\mu\text{s/cm}$.

Conductivité

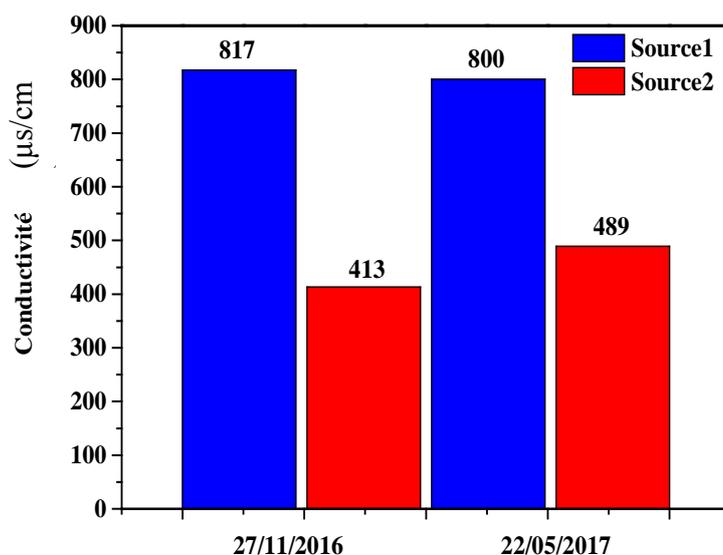


Figure 10: Valeurs de la Conductivité pour les deux sources d'eau sur les périodes (source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

- **La température**

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux, qu'elles soient superficielles ou souterraines. Il est indispensable de connaître la température exacte de l'eau car c'est un facteur qui intervient dans la répartition de l'édifice biologique et qui agit sur les réactions physico-chimiques, en particulier la solubilité de l'oxygène qui diminue quand la température augmente.

La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. Pour qu'une eau soit désaltérante, sa température doit se situer entre 8 et 15 °C (Rodier, 1996).

La figure 11 montre que la température des deux sources varie entre les saisons d'échantillonnage (Automne et printemps) dans un intervalle assez importante allant de 13.3 à 22.3 °C pour la source de Thala Toulmouts et de 17.5 à 22.6° C pour Thala Oumazar. De telles valeurs sont conformes aux normes fixées par l'O.M.S 1986 (25° C) et aux normes algériennes (30° C)

Température

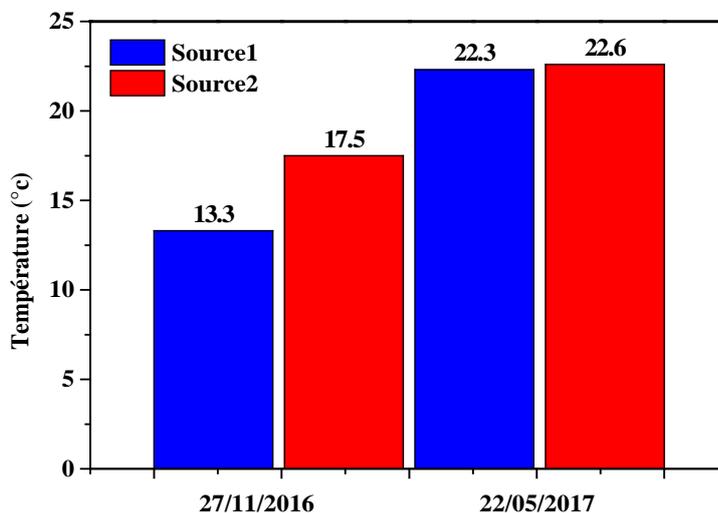


Figure 11: Valeurs de la température pour les deux sources d'eau en deux périodes (source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

- **La turbidité**

La mesure de la turbidité permet de donner des informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, colloïdes, etc.).

Selon la norme algérienne qui fixe la turbidité à 5 NTU, l'eau des deux sources ont une faible turbidité. Pour la source de Thala Toulmouts, on remarque que la turbidité n'a pas changé, elle est fixée à 0.13 NTU pour les deux périodes, par contre pour la source de Thala Oumazar pour la première période on a eu une turbidité de 0.79 NTU, et qui est passé à 0.53 NTU en période 2 comme le représente la figure 12. Cette différence est due à la décantation des matières en suspension des particules charriées pendant la période pluviale.

La valeur de la turbidité de la source de Thala Toulmouts n'a pas changé elle est due au fait que la source soit aménagée et à sa situation.

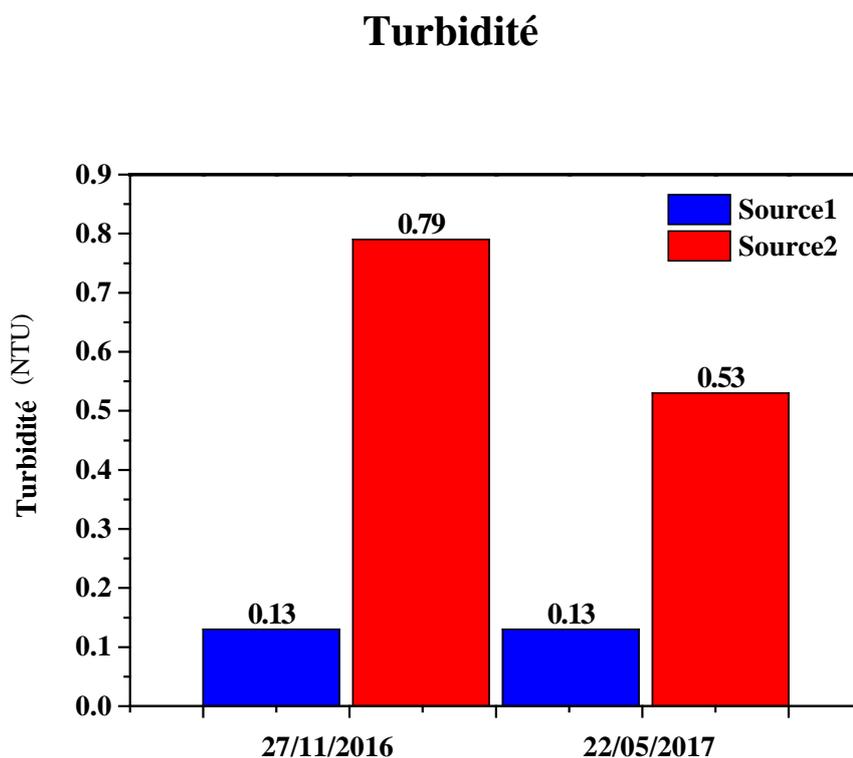


Figure 12: Valeurs de la Turbidité pour les deux sources d'eau sur deux périodes

(source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

- **Résidu sec a 105° C**

La détermination du résidu sec de l'eau permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes en suspension non volatil. Elle permet aussi d'évaluer la minéralisation d'une eau.

Les résultats indiqués Ci-dessous (figure13) révèlent une légère augmentation des résidus secs à 105 °C entre l'eau de la source Thala Toulmouts à savoir 534.14 mg/l de résidu sec au niveau de Thala Toulmouts contre seulement 273.14 mg/l pour la source Thala Oumazar pour la période d'automne, ce qui reste d'ailleurs presque stable en saison printanière. Cette forte concentration en résidus secs au niveau de Thala Toulmouts est probablement due aux minéraux rapportés par l'eau qui traverse des terrains fortement minéralisés. Ces valeurs enregistrées au niveau de Thala toulmouts se corrèlent très bien à la forte conductivité de cette eau. Par contre l'eau de Thala Oumazar n'enregistre que 273.14 mg/l de résidus secs en automne. En terme de potabilité en fonction des résidus secs, l'eau de Thala Oumazar est une eau d'excellente qualité selon la norme O.M.S 1986, elle a un taux inférieure à 300 mg/l de résidus secs. L'eau de Thala Toulmouts, toujours en terme de potabilité en fonction des résidus secs, est une eau de qualité passable puisque la concentration en résidus secs (R.S) est légèrement supérieur à 500 mg/l (Rodier et *al.*,(2009).

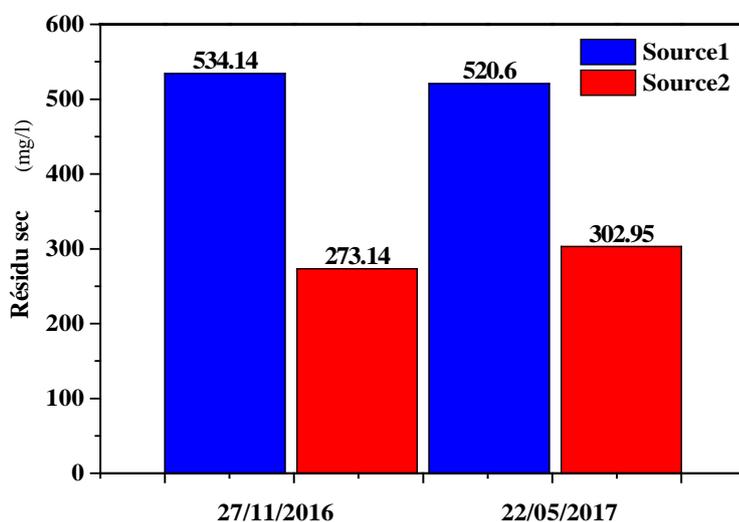


Figure 13: Valeurs des résidus sec pour les deux sources d'eau sur deux périodes

(source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

II.1. Les paramètres de la minéralisation globale

- **La dureté calcique et dureté magnésienne**

Le calcium et le magnésium se rencontrent dans presque les eaux naturelles et ils contribuent à la dureté de l'eau (Potelon et Zysmane, 1998)

La dureté calcique

Les figures 14 et 15 montrent que la source Thala Toulmouts est riche en calcium avec une concentration de 124.25 mg/l en automne et 121.84 mg/l au printemps ce qui montre une certaine stabilité du calcium entre les deux périodes. La dureté calcique pour cette source reste dans les normes fixées par la législation algérienne qui indique une concentration de 200 mg/l de calcium comme concentration maximale. La source de Thala Oumazar, quant à elle, indique une valeur moyenne de la dureté calcique avec une concentration de 79.36 mg/l de calcium en automne et 74.55 mg/l au printemps. L'eau de Thala Oumazar est une eau moins dure par rapport à celle de Thala Toulmouts. Les deux périodes d'échantillonnage ne présentent aucun effet sur la variation de cet élément au niveau des deux sources.

La dureté magnésienne

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. La valeur de magnésium (figures 14 et 15) enregistrés est égale à 17.99 mg/l pour la source de Thala Toulmouts et 11.67 mg/l en source de Thala Oumazar en période automnale, elle est égale à 14.1 mg/l pour la source de Thala Toulmouts et 20.91 mg/l pour la source de Thala Oumazar en période printanière ce qui est inférieur aux concentrations recommandées par l'Algérie et l'O.M.S [30 – 150 mg/l]. Ceci est en relation directe avec l'écoulement rapide des eaux de surface et la nature calcaire des terrains (Rodier, 2005).

Dureté calcique et dureté magnésienne

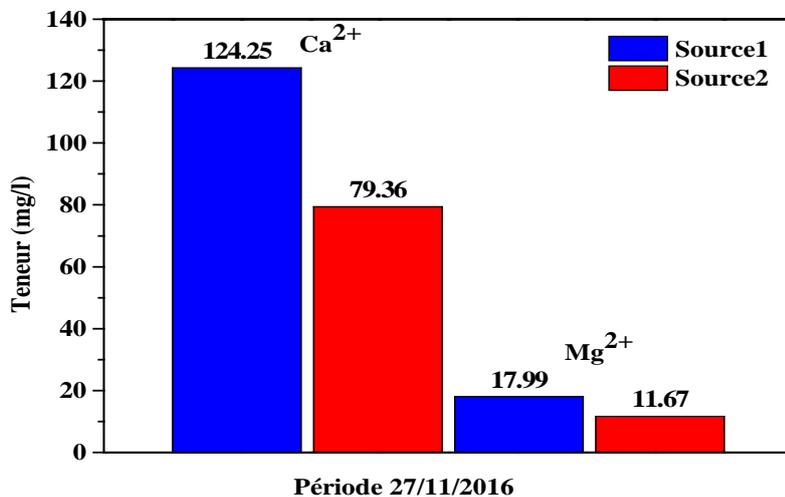


Figure 14 : Valeurs de la dureté calcique et magnésienne pour deux sources d'eau durant la première période (source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

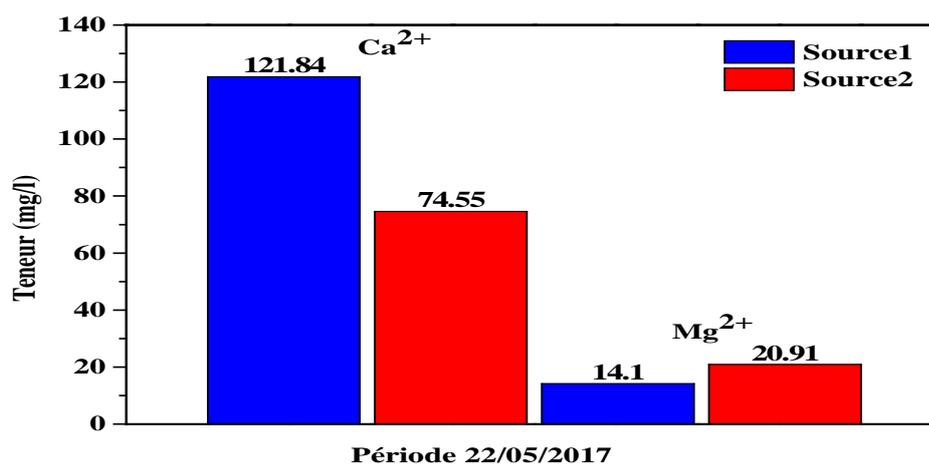


Figure 15 : Valeurs de la dureté calcique et magnésienne pour deux sources d'eau durant la deuxième période (source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

- **Le sodium**

Le sodium est un élément essentiel pour maintenir l'équilibre d'hydrations du corps. Il est donc indispensable d'en consommer en quantité suffisante mais pas en excès.

Il reste l'élément constant dans l'eau à cause de sa grande solubilité. Il provient du lessivage du dépôt en surface et dans le sol des sels tels que les chlorures de sodium, les silicates de sodium, etc.

Nous avons enregistré (figure 16) une valeurs de 35 mg/l de Na^+ en automne et 50 mg/l en printemps pour la source de Thala Toulmouts, l'eau de cette source présente des concentrations conformes aux normes algériennes et l'O.M.S [20-200 mg/l]. La variation de la concentration en cet élément entre l'automne et le printemps peut s'expliquer par le manque de précipitation au mois de Mai (deuxième échantillonnage) ce qui a conduit à la concentration du sodium. Quant à l'eau de la source Thala Oumazar nous avons enregistré des valeurs très faibles en sodium, qui sont au dessous de la norme algérienne et de l'O.M.S. Ces valeurs sont comprises entre 8 mg/l et 11mg/l .

Sodium

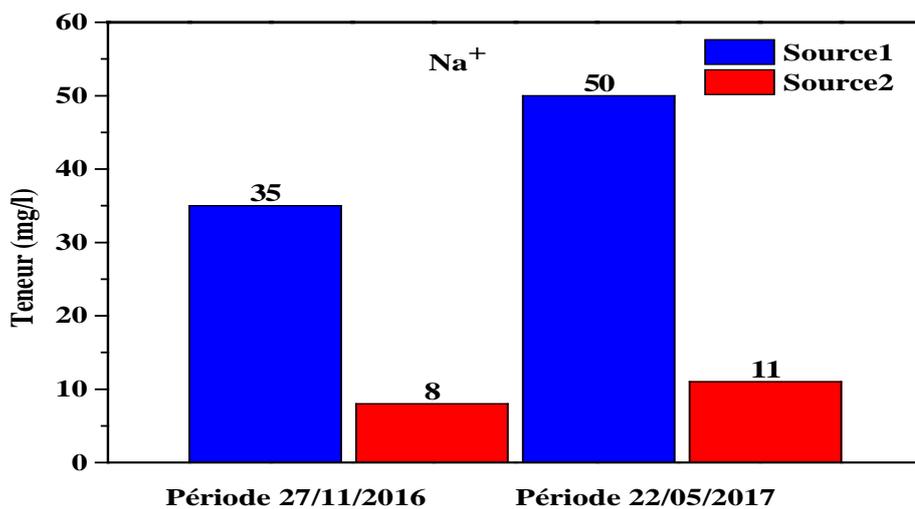


Figure 16 : Valeurs du sodium dans les deux sources d'eau sur les deux périodes

(source1 : Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

- **Le Potassium (K^+)**

La concentration en potassium est assez faible dans la plupart des eaux naturelles non polluées.

Les valeurs du potassium enregistrées (figure 17) pour les deux sources : Thala Toulmouts et Thala Oumazar variaient entre 1 et 2 mg/l et elles restent inchangées entre les deux périodes. Ces concentrations sont au dessous des concentrations minérales admissibles recommandées par les normes algériennes et l'O.M.S (10 mg/l).

L'O.M.S affirme que le potassium a faible dose ne présente pas de risque significatif sur la santé publique et que les besoins de l'organisme sont facilement fournis par l'apport alimentaire. Ces faibles concentrations en potassium montrent aussi que les deux sources ne sont pas polluées par les engrais phosphatés qui pourrait provenir du lessivage des sols agricoles.

Potassium

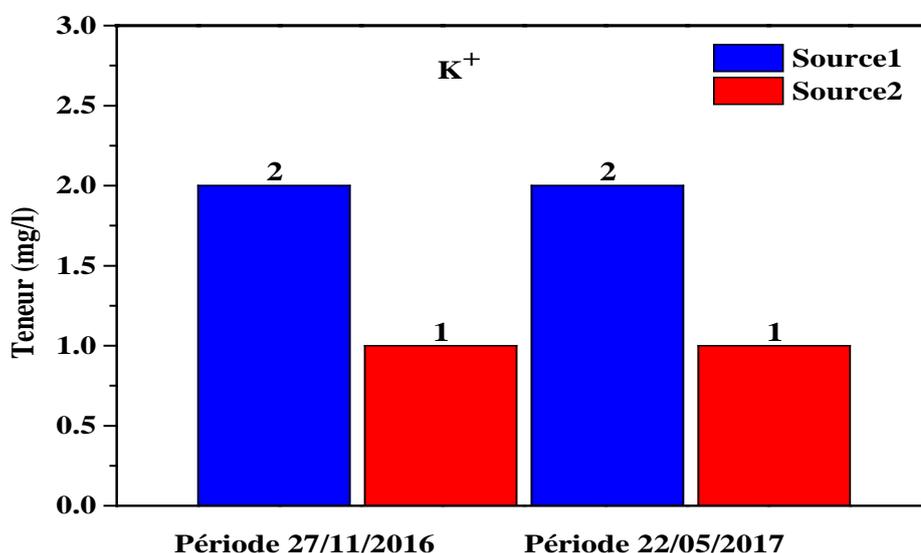


Figure 17 : Valeurs du potassium dans les deux sources d'eau en deux périodes
(source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

- Les chlorures

Les chlorures interviennent dans la désinfection de l'eau. A teneur élevée les chlorures ne présentent aucun risque sur la santé publique mais donnent à l'eau un goût désagréable mais qui peut être moins marquant en présence du calcium et du magnésium. La réglementation algérienne propose une valeur guide de 200 mg/l et fixe une valeur limite de 500 mg/l.

Les eaux des sources échantillonnées présentent des teneurs faible en chlorure par rapport à la valeur guide algérienne à savoir une valeur comprise entre 54.46 mg/l et 67.01 mg/l à la source de Thala Toulmouts et une valeur comprise entre 9.5mg/l et 13.33 mg/l au niveau de la source Thala Oumazar (Figure18). Les teneurs en chlorures au niveau de la source Thala Toulmouts restent conforme aux normes fixées par l'O.M.S [25 – 200 mg/l] ,par contre l'eau de la source Thala Oumazar est très pauvre en chlorures ce qui pourrait la rendre vulnérable au développement des micro-organismes.

Chlorure

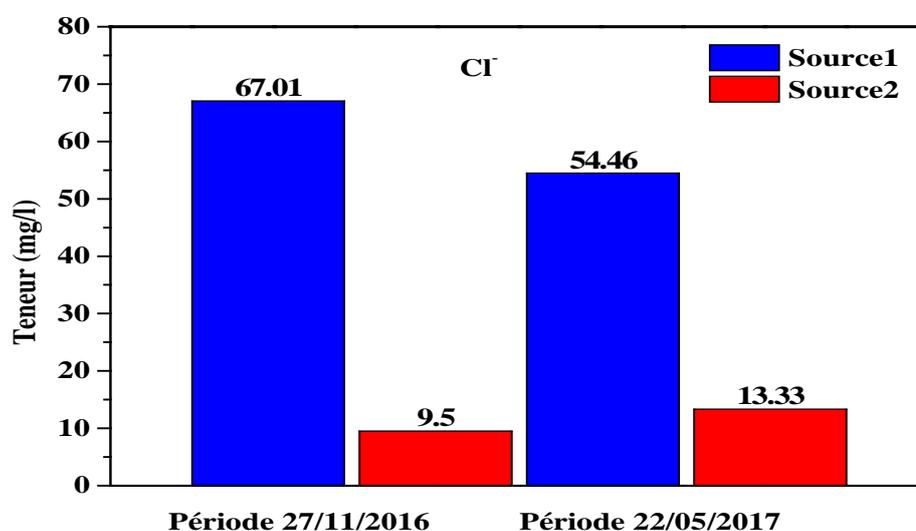


Figure 18 : Valeurs des chlorures dans les deux sources d'eau sur deux périodes

(source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

- Les Sulfates

Les sulfates peuvent avoir un effet purgatif et entraîner une déshydratation et une irritation gastrique à grandes doses. Ils donnent un mauvais goût à l'eau et peuvent entraîner des effets de corrosion des canalisations.

Les sulfates peuvent avoir une origine météorologique et peuvent aussi provenir de l'activité agricole (pollution) ou biologique naturelle.

Les eaux des sources de Thala Toulmouts et de Thala Oumazar présentent respectivement des teneurs comprises entre 65 mg/l et 59.4 mg/l pour la première source et entre 16.5 mg/l et 27.7 mg/l pour la deuxième source (figure19).

Ces valeurs sont inférieures à la valeur guide recommandée par l'Algérie pour l'eau potable [200 – 400 mg/l] mais pour la source Thala Toulmouts ces valeurs sont admissibles selon l'O.M.S mais non admissibles pour la source Thala Oumazar.

Sulfates

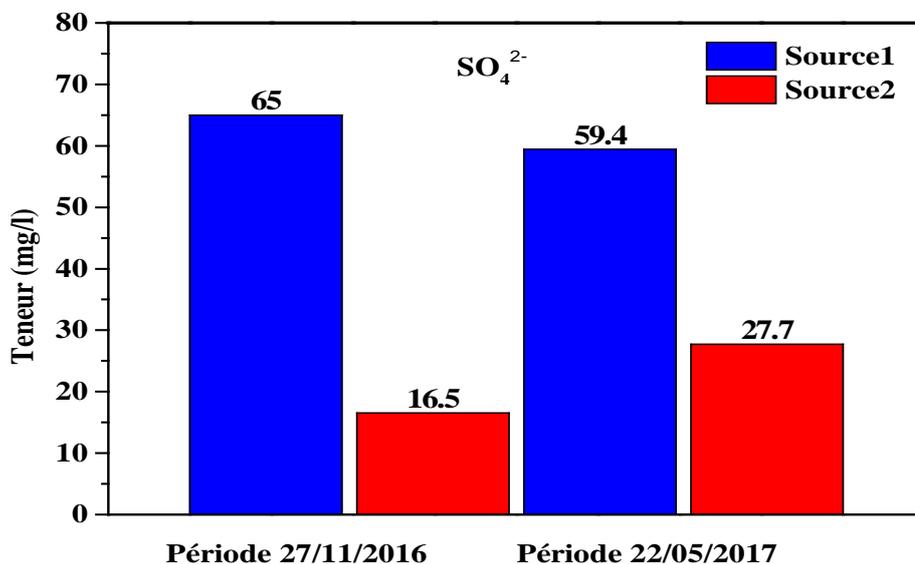


Figure 19 : Concentration en sulfates pour les deux sources d'eau sur deux périodes

(source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

- Les bicarbonates (HCO_3^-)

La présence de bicarbonates (HCO_3^-) dans l'eau dépend de plusieurs autres paramètres comme le pH, la température, la présence de CO_2 dans l'eau et de la nature des terrains traversés par l'eau.

Les mesures algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quelque soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

Nous remarquons que les valeurs des bicarbonates sont les plus élevées par rapport aux autres minéraux dans les deux sources étudiées (figure 20). Le taux élevé de bicarbonates pour la source Thala Toulmouts qui dépasse 400 mg/l pour les deux saisons peut s'expliquer par la nature des terrains qui est marno-argileuse (Dépression de Sébaou) est donc riche en carbonates du calcium. Par contre la source Thala Oumazar, à faible minéralisation, présente des teneurs faibles en bicarbonates comparés à l'eau de source de Thala Toulmouts.

Bicarbonates

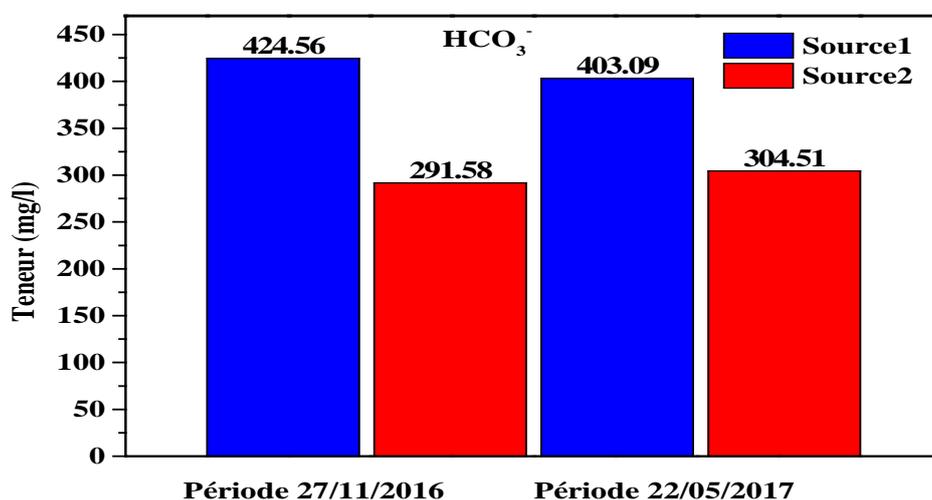


Figure 20 : Valeurs des teneurs en carbonates pour les deux sources d'eau en deux périodes (source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

- **La dureté totale**

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (Rodier et *al.*,2009).

La figure 21 montre une dureté totale qui varie entre 362 mg CaCO₃/l et 384 mg CaCO₃/l pour l'eau Thala Toulmouts ce qui la qualifie d'une eau très dure selon la classification des eaux en fonction de leur dureté totale (Rodier et *al.*,2009).

L'eau de la source de Thala Oumazar est d'une dureté moyenne et reste beaucoup moins dure que l'eau de Thala Toulmouts. D'après les résultats obtenus, nous constatons que ces deux sources répondent aux normes indiquées par la réglementation algérienne [100 à 500 mg/l de CaCO₃], donc elles sont conformes aux critères de potabilité de l'eau de boisson.

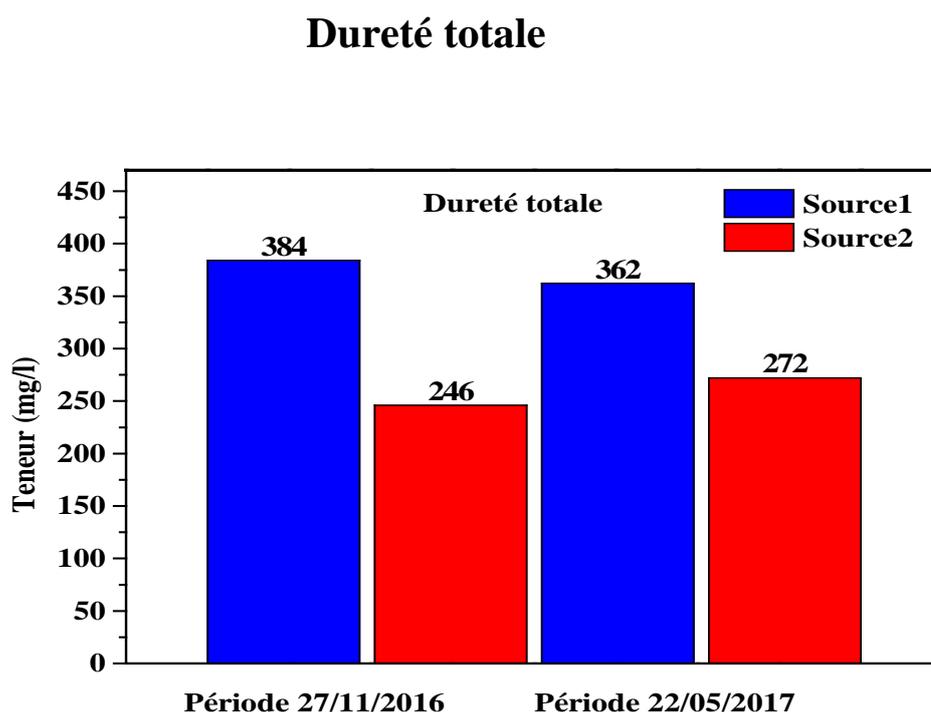


Figure 21 : Valeurs de la dureté totale pour les deux sources d'eau en deux périodes

(source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

I.3. paramètres indésirables

- **Fer ferreux (Fe^{2+})**

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les eaux en conditions habituelles, c'est-à-dire à un pH qui varie entre 4.5 et 9, le fer soluble est présent généralement à l'état ferreux.

L'excès de fer ne présente pas une toxicité particulière pour l'organisme, mais il peut provoquer bien des problèmes de coloration de l'eau.

Les résultats obtenus (figure 22) pour nos deux sources étudiées montrent des teneurs en fer comprises entre 0.04 mg/l et 0.06 mg/l pour l'ensemble des deux sources et qui restent invariables avec la saison d'échantillonnage.

Ce sont donc des teneurs très faibles ce qui prescrit largement les eaux de ces deux sources dans les normes de potabilité algériennes qui est de 0.3 mg/l de fer comme valeur limite.

Le Fer

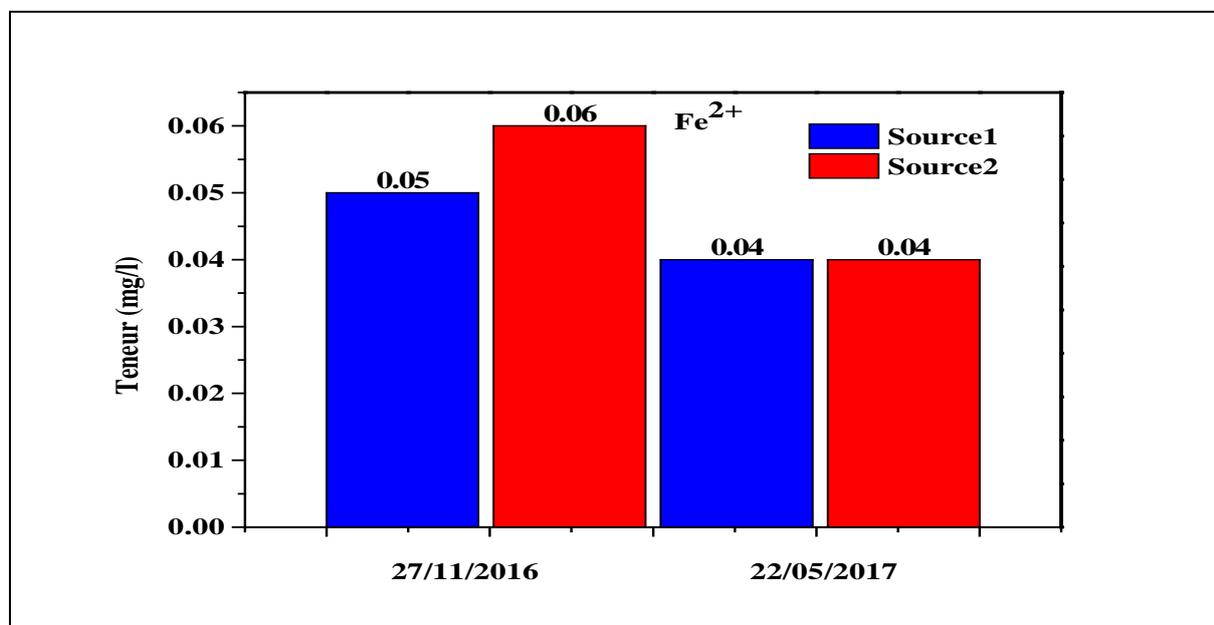


Figure 22: Valeurs du Fer pour les deux sources d'eau sur deux périodes
(source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

I.4. Les paramètres de pollutions

Les figures 23 et 24 représentent les paramètres de pollution dans les eaux des deux sources pour les deux périodes d'échantillonnage (Novembre 2016 et Mai 2017).

- **L'ammonium (NH_4^+)**

Les eaux des deux sources contiennent quelques traces (0.01 mg/l) d'ammonium durant la deuxième période d'échantillonnage. Ce qui exclut la présence de pollution ammoniacale.

L'ammonium provient principalement de la décomposition des protéines naturelles contenues dans le phytoplancton et les micro-organismes.

Il peut être aussi de l'apport de défluent urbain et des rejets agricoles. La réglementation algérienne fixe 0.5 mg/l comme teneur limite en ammonium dans les eaux potables.

- **Les nitrites (NO_2^-)**

Les nitrites sont des indicateurs de pollution. Elles constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium (NH_4^+) et les nitrates (NO_3^-), elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates. Les résultats d'analyses dévoilent que les sources de Thala Toulmouts et Thala Oumazar ne présentent aucune trace de nitrites pour les deux périodes. Ce qui confirme des eaux non polluées au niveau des deux sources étudiées.

- **Les nitrates (NO_3^-)**

Les nitrates et nitrites sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, il est oxydé en nitrites par les bactéries de genre *Nitrosomonas* puis en nitrates par les bactéries du genre *Nitrobacter* (Anonyme, 2003).

La toxicité des nitrates résulte de leur réduction en nitrites. Pour les nitrites les résultats des analyses montrent leur absence dans les eaux étudiées. Pour ce qui est des nitrates leur présence au niveau des deux sources résulte de la décomposition des matières organiques et minérales, néanmoins les figures 23 et 24 nous renseignent que l'eau de Thala Oumazar est beaucoup moins riche en nitrates que l'eau de Thala Toulmouts. Ce qui est dû

au fait que la source Thala Oumazar est située au pied de la montagne du Djurdjura, donc moins vulnérable à une éventuelle pollution entraînée par les eaux de ruissellement des montagnes environnantes.

Globalement, les résultats obtenus sont dans les normes algériennes et de l’O.M.S qui fixent une teneur de 50 mg/l de nitrates comme limite supérieure.

Paramètres de Pollution

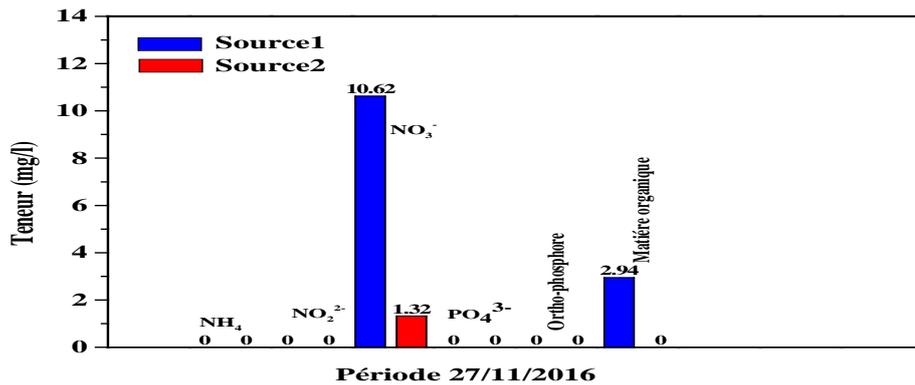


Figure 23 : Résultats des paramètres de pollution durant la première période d’échantillonnage (source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

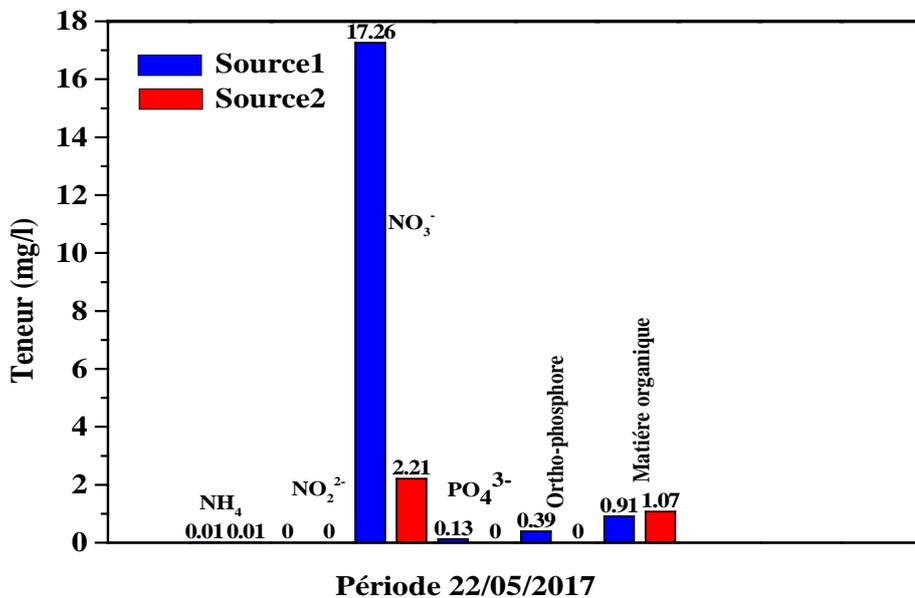


Figure 24 : Résultats des paramètres de pollution durant la deuxième période d’échantillonnage (source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

- **Les phosphates**

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique, tous les échantillons analysés mentionnent des teneurs nulles en phosphates sauf au niveau de la source Thala Toulmouts en deuxième période d'échantillonnage où l'on enregistre une présence de phosphates sous forme de traces (0.13 mg/l).

La valeur de plus de 0.13 mg/l de phosphates dans l'eau souterraine de Thala Toulmouts durant la deuxième période, ne peut résulter que d'une pollution humaine (l'eau de rejets, engrais...etc.). Les normes de l'O.M.S fixent comme limite supérieure la valeur de 0.5 mg/l. Ceci nous renseigne sur l'absence de toute pollution organique au niveau de nos sources.

- **Matières organiques oxydables en milieu acide**

C'est un test qui permet d'évaluer la quantité de matière organique et des substances réductrices oxydables présentes dans l'eau.

Une eau est dite très pure pour une teneur en matière organiques inférieure à 1 mg/l.

Selon la classification de Rodier (2006) :

- Une eau est dite potable pour des teneurs comprises entre 1 et 2 mg/l ;
- Une eau est dite suspecte pour des teneurs comprise entre 2 et 4 mg/l ;
- Une eau est mauvaise pour des teneurs supérieures à 4 mg/l.

Les résultats d'analyses effectués (figures 23 et 24) montrent que l'eau de la source Thala Oumazar se caractérise par une absence totale en matière organique en période d'automne et une faible teneur en matière organique de l'ordre de 1.07 mg/l en mois de Mai (2^{ème}), nous pouvons dire que c'est une eau potable et pure.

L'eau de la source Thala Toulmouts, par contre montre une présence de matière organique surtout en automne (1^{ère} période) qui est de l'ordre 3 mg/l. Toute fois la teneur en matière organique au niveau de l'eau de cette source, diminue jusqu'à atteindre 0.91 mg/l en printemps (en mois de Mai), ce qui la classe comme une eau suspecte et donc exposée à une pollution organique.

I.5. Classification de deux sources d'eau sur deux périodes d'échantillonnage

Classification selon Stabler

D'après Stabler, la comparaison de deux eaux en vue de leur classification se fait en comparant les teneurs des cations entre eux et des anions entre eux.

Les figures 25 et 26 montrent les valeurs des cations et des anions au niveau des eaux des deux sources étudiées pour les deux périodes d'échantillonnage. De cette comparaison, il en ressort que la teneur en Calcium (Ca^{2+}) est la plus élevée parmi les cations considérés pour les deux sources. Pour les anions c'est la teneur en bicarbonates qui est la plus élevée pour les deux sources étudiées. Cette comparaison montre que les eaux des deux sources (Thala Toulmouts et Thala Oumazar) se classent dans la catégorie des eaux bicarbonatées calciques.

Les figures ci-dessous montrent les valeurs moyennes des cations et les anions en deux périodes :

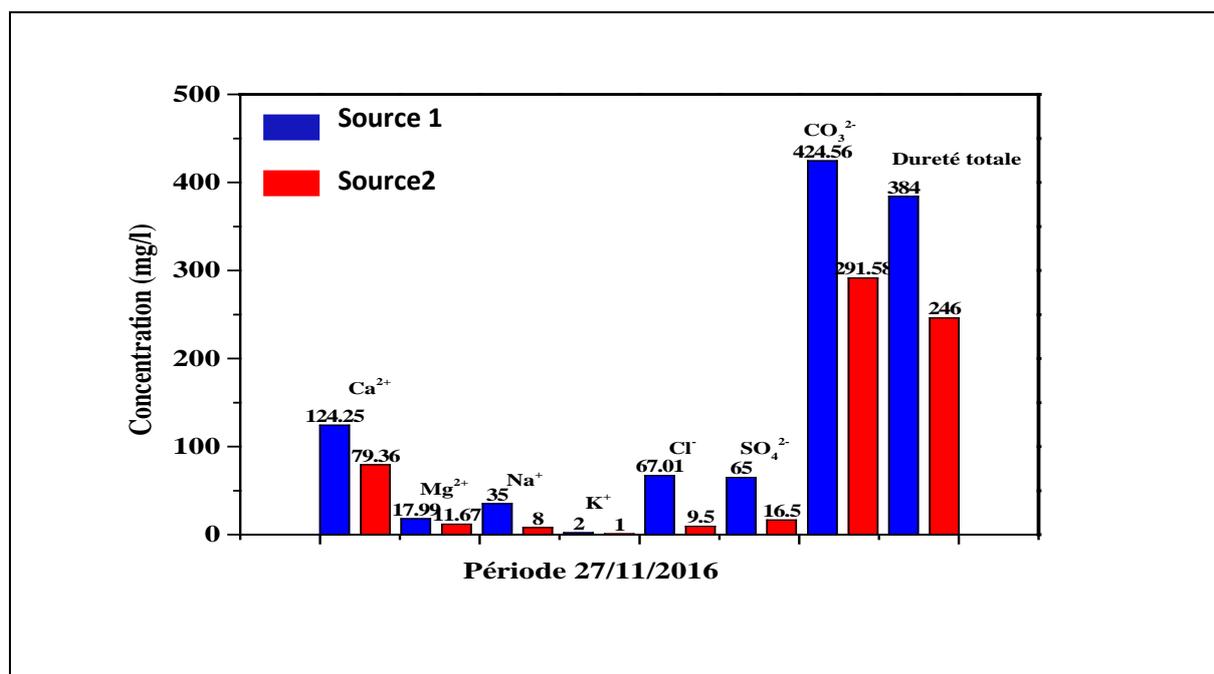


Figure 25 : Classification des eaux selon Stabler pour la première période

(source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

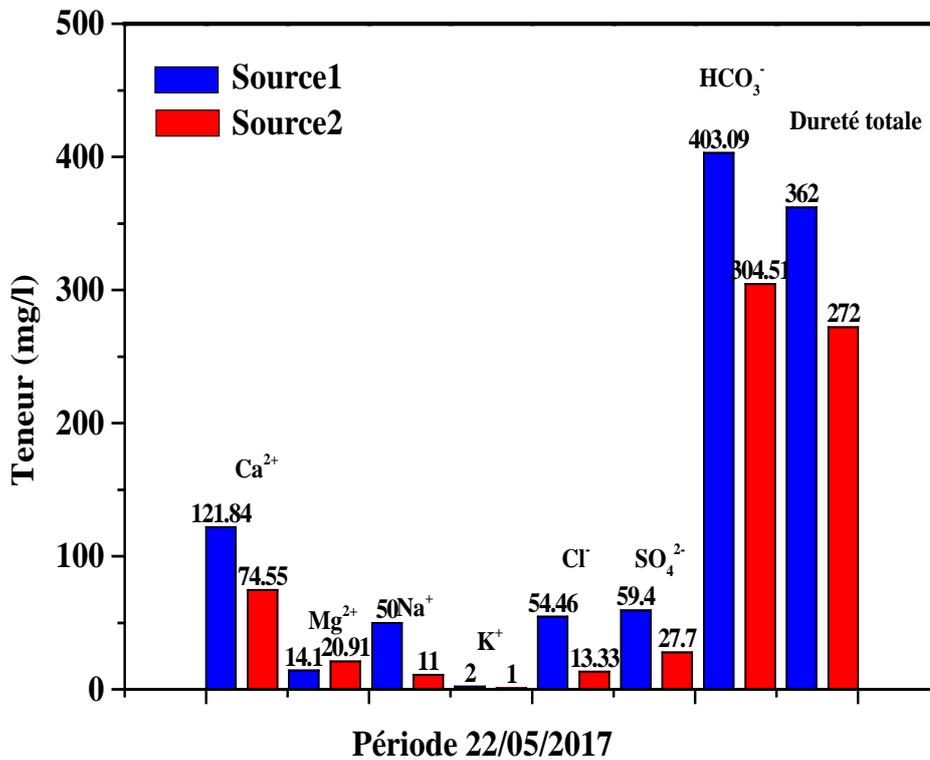


Figure 26 : Classification des eaux selon Stabler pour la deuxième période (source1 :Thala Toulmouts ,source2 :Thala Oumazar).

Conclusion

Les résultats d’analyses physico-chimiques effectués sur les eaux des deux sources, nous ont permis de conclure que la situation géomorphologique et surtout géologique de ces dernières peut avoir une influence sur les teneurs en éléments constitutifs de l’eau. La nature géologique des terrains traversés par les eaux des deux sources est à dominance calcaire ce qui a permis de les classées comme des eaux bicarbonatées avec une prédominance du carbonate du Calcium.

II. Interprétation des résultats bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de bactériologie des aliments, des eaux et de l’environnement de l’institut Pasteur d’Algérie, et constituent en la recherche des coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Résultats des analyses bactériologiques des deux sources d’eau sur deux périodes.

Germes		1 ^{er} Partie (27-11-2016)		2eme période (26-05-2017)		Normes Algérienne
		Source de Thala Toulmouts	Source de Thala Oumazar	Source de Thala Toulmouts	Source de Thala Oumazar	
Coliformes Totaux (C/100ml)		00	04	00	00	00
E-coli (C/100ml)		00	04	00	00	00
Streptocoques Fécaux (C/100ml)		00	04	00	01	00
Germes Totaux	37°C (C/100ml)	00	05	10	195	10
	22°C (C/100ml)	00	300	-	-	100

(-) : Absence

• Les coliformes totaux

Les résultats d’analyses nous ont permis d’enregistrer la valeur de quatre colonies par 100 ml (4/100 ml) de coliformes totaux pour la source Thala Oumazar en automne (1^{er} prélèvement) alors que pour le 2^{ème} prélèvement (printemps) nous n’avons pas enregistré des colonies de coliformes totaux dans la même source. Ceci peut être expliqué par le manque de pluies en Novembre 2016 , ce qui s’est traduit par un faible débit de la source et ce qui nous laisse soupçonner une présence d’une contamination fécale au niveau de la source Thala Oumazar. Les résultats dévoilent une absence totale de coliformes totaux à la source de Thala Toulmouts ce qui montre que l’eau de cette source est conforme aux normes algériennes.

- ***Escherichia Coli***

Les résultats d'analyses font apparaître une présence de colonies d'*E-Coli* au niveau de l'eau de la source Thala Oumazar (4/100ml) pour le premier prélèvement ce qui soupçonne d'une contamination fécale probable. Cependant, dans le deuxième prélèvement, nous enregistrons une absence totale de colonies d'E-Coli au niveau de la même source. Par contre l'eau de la source Thala Toulmouts n'est pas contaminée par E-Coli.

L'eau de la source Thala Toulmouts est conforme aux normes algériennes par contre l'eau de Thala Oumazar reste douteuse d'un point de vue bactériologique notamment en ce qui concerne E-coli du moins pour le premier prélèvement.

- **Les streptocoques fécaux**

Les résultats d'analyses indiquent la valeur de 04 /100 ml pour le premier prélèvement qui diminue à 01/100 ml dans le deuxième prélèvement pour la source Thala Oumazar. Ces valeurs dépassent de peu les normes algériennes ce qui confirme la présence d'une contamination bactériologique fécale.

Nous constatons toujours une absence totale de streptocoques fécaux pour la source Thala Toulmouts (0 /100 ml) Confirmant ainsi la potabilité de l'eau de cette source indemne de toute pollution fécale.

- **Les germes totaux**

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs, vis-à-vis de toute pollution microbiologique ; celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne.

Les résultats obtenus sont compris entre 00 à 10/100 ml pour le premier et le deuxième prélèvement au niveau de Thala Toulmouts à 37°C. Pour la source Thala Oumazar la variation est beaucoup plus importante entre les deux prélèvements, elle se situe entre 05 et 195 /100 ml à 34 °C.

Globalement le dénombrement de germes totaux à 37°C révèle une eau conforme aux normes de potabilité pour l'eau de la source Thala Toulmouts alors qu'il révèle une eau de qualité douteuse pour la source Thala Oumazar.

Le tableau suivant représente la classification bactériologique des eaux selon l’Institut Pasteur :

Tableau 12 : Classification bactériologiques des eaux selon l’Institut Pasteur d’Algérie, (1977).

Coliformes	E-Coli	Streptocoques fécaux	conclusion
-	-	-	Eau de bonne qualité bactériologique : potable
+	+	-	Eau de mauvaise qualité bactériologique: non potable
+	-	+	Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable
+	-	-	Eau de qualité bactériologique suspecte : consommation déconseillée

(-) : absence ; (+) : présence

Conclusion

Selon la classification bactériologique des eaux de l’Institut Pasteur d’Algérie (1977) (tableau 12) nous pouvons dire que suite à l’absence de coliformes totaux, de *E-coli* et de streptocoques dans les deux prélèvements réalisés au niveau de la source Thala Toulmouts, l’eau de cette dernière est de bonne qualité bactériologiques et elle est donc potable, alors que l’eau de la source Thala Oumazar est d’une eau de qualité bactériologique suspecte et sa consommation est déconseillée.

Résultats et Interprétation

CONCLUSION

Conclusion

L'objectif de cette étude est l'analyse physico-chimique et bactériologique de deux sources d'eau naturelles, l'une située dans la commune de Tizi ousou (Thala Toulmouts), l'autre est située dans la commune d'Ait Toudert (Thala Oumazar).

L'analyse des différents échantillons a permis de tirer les constatations suivantes :

- Sur le plan physico-chimique l'eau de la source de Thala Toulmouts est une eau qui présente une minéralisation élevée comparé à l'eau de la source de Thala Oumazar. Ce qui se traduit, d'ailleurs, par une plus forte présence de résidus sec ;
- L'eau de la source de Thala Toulmouts est plus dure que l'eau de Thala Oumazar mais toute les deux sont pures en magnésium et la teneur de ce dernier se situe au dessous des normes fixées par l'O.M.S.
- La teneur en chlorures est inférieure aux normes algériennes au niveau de l'eau de Thala Oumazar, ce qui la rend plus vulnérable à une éventuelle pollution par les micro-organismes que Thala Toulmouts. Les sulfates restent aussi manquants, avec des teneurs inférieures aux normes fixées par l'O.M.S, dans l'eau de Thala Oumazar contrairement à l'eau de Thala Toulmouts.
- Sur le plan pollution organique, les deux sources ne présentent ni pollution ammoniacale ni pollution nitrique. Par contre l'eau de la source de Thala Oumazar est plus riche en nitrite que celle de Thala Toulmouts mais sans dépasser les valeurs limites fixées par la réglementation algérienne ;
- Nous n'avons enregistré aucune pollution organique au niveau des deux sources dont le prélèvement d'automne. Toutefois, l'eau de Thala Toulmouts montre une certaine pollution organique dans le deuxième prélèvement (mois de Mai). Ce qui peut la classer comme eau suspecte et exposée à la pollution organique ;
- Selon les classifications de Stabler, les eaux des deux sources se classent dans la catégorie des eaux bicarbonatées calcique ;

- Selon la classification bactériologique des eaux de l'Institut Pasteur d'Algérie l'eau de la source de Thala Toulmouts n'a révélé aucune présence de calcaire de coliformes totaux, d'*Escherichia coli* ni de streptocoque pour les deux prélèvements effectués. Ce qui la classe comme eau de bonne qualité bactériologique et elle est donc potable selon la réglementation algérienne. Alors que l'eau de la source de thala Oumazar est une eau de qualité bactériologique suspecte et sa consommation est déconseillée selon nos deux prélèvements effectués en deux périodes différentes.



Référence bibliographiques



Référence bibliographiques

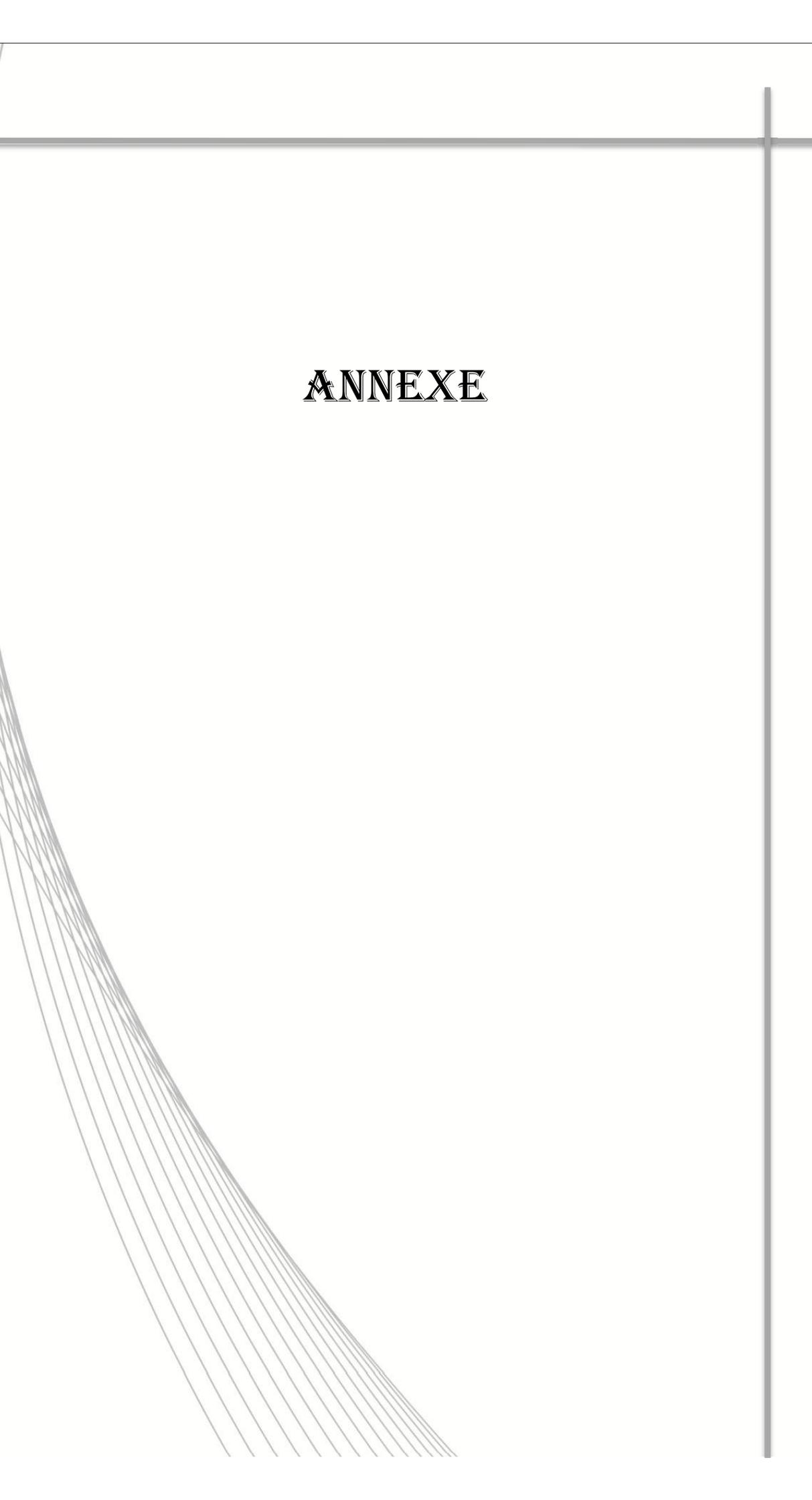
- **Anonyme, (2007) :** -Contraintes et perspectives des aménagements hydroagricoles et antiérosifs en Algérie. Bulletin de recherches n° 12 I.N.R.F. 55 p.
- **Anonyme, (2017) :** [www.google](http://www.google.com) image. un.aquifere.com.
- **Ait Abdelaziz F. (2016) :** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes « Abi Youcef-Yakouren-Bouzuene » Mémoire de master protection de l'environnement Fac. Sciences biologiques et des sciences agronomiques UMMTO.70p.
- **Apfelbaum M. (1999) :** -Dietétique et nutrition. Edition Masson. PP : 97-99 ; 104 – 105, 335.
- **Beauchamps J. (2006) :** -Qualité et pollution des eaux souterraines, l'université de Picardie Jules V^{ème}. Thèse de doctorat .335 p.
- **Boeghin J.C., (2001) :** - Techniques d'ingénieur, environnement. Edition : Techniques d'ingénieur, Paris. Pp : 110 – 111.
- **Bourgois CM. et Leveau JY., (1991) :** Technique d'analyse et de contrôle dans l'industrie agroalimentaire. Volume 3 ; Edition Lavoisier, Paris.
- **Bouziati M., (2000) :** -L'eau, de la pénurie à la maladie. Ed. Ibn Khaldoun. Algérie .195 p.
- **Chery L., (2006) :** La qualité des eaux souterraines : Méthodes de caractérisation des états de référence des aquifères français. Ed. brgm, Paris
- **Chougar L., (2015) :** -Traitement physique chimique et bactériologique de l'eau d'alimentation de la commune de Beni Douala. (T.Ouzou). Mem de Master. Univ. Mouloud Memmeri Tizi-Ouzou. 60p.
- **CIE, (2005) :** -Centre d'information sur l'eau disponible sur internet www.Cieau.com.89p.
- **Collin J.J. (2004) :** Les eaux souterraines. Edition Belin, pp : 56 -59.
- **CosandeyC., (2003) :** -Les eaux courantes. Edition Belin. Pp : 56-59.
- **De Marsily et Ghislain, (2006) :** - Les eaux continentales. Edition EDP Sciences n°25, académie des sciences. Apport sur la science et la technique n°25.pp :207.
- **De Franceschi M. (1996) :** -L'eau dans tous ses états. Edition Marketing S.A, Paris. 365 p.
- **Degremant, (1989) :** -Memento technique de l'eau. Tome I et II. Ed., Cinquantenaire, Paris.137 p.
- **Degremont, (2005) :** -Memento technique de l'eau. Tome I. 10^{ème} édition. Ed. Lavoisier, Paris.105 p.
- **Degremont, (1978) :** Memento technique de l'eau Tome I et II. ED. Cinquantenaire, Paris.155 p.
- **DellarasC.v (2007) :** -Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Ed. Lavoisier, Paris. 225 p.
- **Dupont A., (1978) :** -Hydraulique urbain. Ed. Eyrolles, Paris.267 p.
- **Dupont A., (1986) :** Hydraulique urbain, hydrologie et traitement de l'eau. 6^{ème} édition Tome I. Ed. Eyrolles, Paris.150 p.

- **Ferron A., (1976) :** -Bactériologie à l'usage des étudiants en médecine. 8^{ème} édition. Ed. Crouan et Rogue, France.118p.
- **Foliguet J., (1982):-**Journal water search.
- **Gaujous D., (1995) :** -La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire : 2^{ème}édition Ed. Tech. Et Doc. Lavoisier, Paris.220 p.
- **Grosclande G., (1999) :** - L'eau, milieu naturel et maître. Editions INRA, Paris. Pp : 1-11.
- **Hillel D., (1998) :** -L'eau et le sol : Principe et processus physiques. 2^{ème}édition. Ed. Academia Lauvain – la – neuve, France.237 p.
- **Hasley C. et Leclere H, (1973) :** -Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Technique et Documentation – Lavoisier, Paris. Pp : 98, 191, 193.
- **Khimoud R. et Khennane H., (2011) :** Analyse physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de Sébaou. Mém. Ing. En Ecologie végétale et environnement. Uni. Mouloud Mammeri. 52 p.
- **Ladjel N., et Gheddachi K., (2008) :** -Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique des sources émergentes au voisinage du contact socle-couverture sédimentaire de la région de Souama – Ait Yahia. (Est de la grande kabylie, Algérie). Mem. d'ing. d'Etat. Univ Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou. 78p.
- **Lekhal H. et Mazouzi N., (2009) :** Analyse physico-chimiques et bactériologique de l'eau du barrage de Draa El Mizane. Mém. Ing en biologie. Ecologie végétale et environnement. Uni. Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. pp 32-78.
- **Leyral G, (2000) :** Microbiologie et toxicologie des aliments. Hygiène et sécurité alimentaire. 3^{ème} Edition Doin, Paris. Pp : 243,258.
- **Loup J.(1974) :** - Initiation aux études de géologie. Les eaux terrestres, l'hydrologie continentale. Edition Masson et Cie, Paris. Pp : 5-7.
- **Morlot M., (1996) :** -Aspect analytiques du plomb dans l'environnement. Ed. Lavoisier Tec. Et Doc, Paris.
- **O.M.S, (2006) :** -Lignes directrices en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, la sécurité en matière d'eau potable, 3^{ème} édition, Genève.
- **O.M.S, (1986) :** -Directrices de qualité pour l'eau de boisson. 1^{ère}édition, Genève, pp: 16.
- **Potelon J. et Zysman K., (1998) :** -Le guide des analyses d'eau potable, Edition la lettre du cadre territoriale.220p.
- **Ramade F., (1992) :** Précis d'écotoxicologie. Ed. Masson, Paris.378 p.
- **Ramade F., (1994) :** -Elément d'écologie : écologie fondamentale. Ed.science internationale, Paris.245 p.
- **Ramade F., (2000) :** -Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. Dunod, Paris.370p.
- **Ramade F., (2005) :** -Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed. Ediscienceinternatinnale, Paris.528 p.
- **Ramade F., (1998) :** Dictionnaire encyclopédique de l'eau. Édition Edi science international,Paris.487 p
- **Ramband A. et Delattre J.M., (1992):** -Les eaux conditionnées. Edition technique et Documentation, Lavoisier, Paris.278 p.

- **Rejsek F., (2002) :** -Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Série science et techniques de l'environnement Ed. Scérén. France. pp : 138-142.
- **Rodier J., (1984) :** -L'analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer, Ed. Bordas, Paris. 228 p.
- **Rodier J., (2005) :** -L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8^{ème} Edition Dunod, Paris. 275 p.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N. et Brunet R., (2009) :** -L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition, Ed. Dunod, Paris.
- **Roland V., (2003) :** -Eau, environnement et santé publique introduction à l'hydrologie 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris. 192 p.
- **Roux J.C., (1975) :** -Traitement des eaux. Editions. BRGM, Orléans, France. Pp : 8 – 16.
- **Roux M., (1987) :** - L'analyse biologique de l'eau. Edition Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. Pp : 78, 85, 91, 93.
- **Saidi s., (2014) :** -La qualité des eaux du sous bassin versant de l'oued aissi. Mem. d'ing. Uni. Mouloud Mammeri Tizi-ouzou, 169p.
- **Schwartzbrod L., (2000) :** Virus humains et santé publique, conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues résiduaires en conchyliculture. Thèse de doctorat. Nancy, France. 265 p.
- **Singleton P., (1997) :** -Bactériologie. 4^{ème} édition Edi. Dunod, Paris. 182 p.
- **Smake H., (2002) :** - analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamaks durant la période 2000 – 2001. Thèse.
- **Vilagnés R., (2003) :** -Eau, environnement et santé publique 2^{ème} édition Technique et Documentation, paris. Pp : 20 – 21, 34.

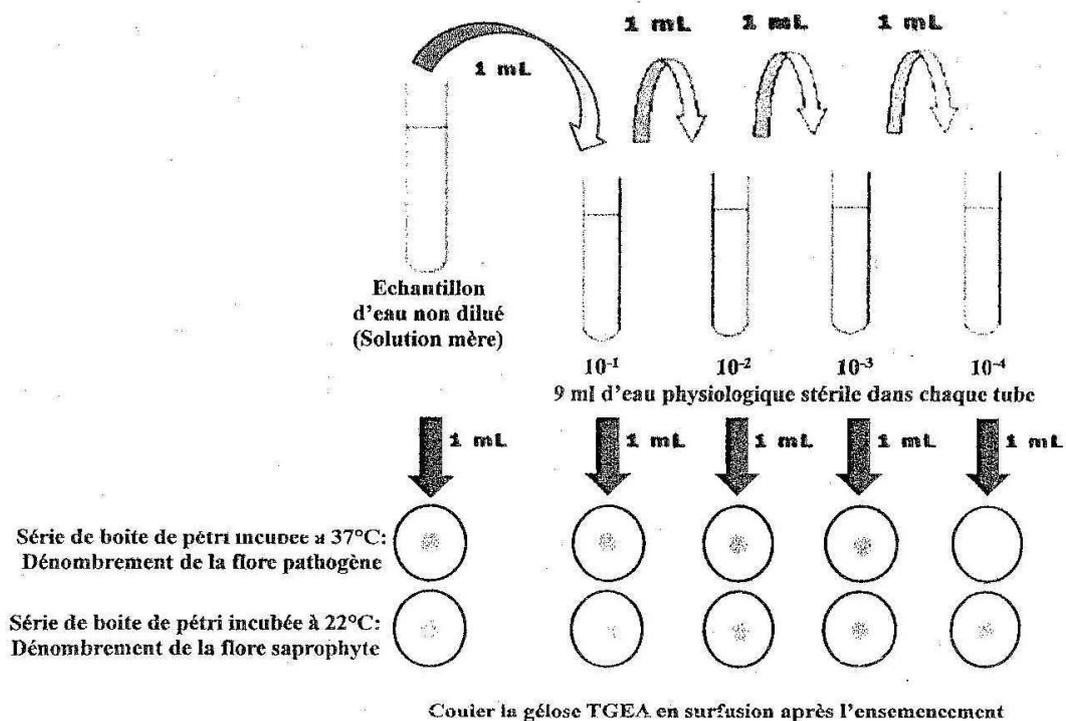


ANNEXE



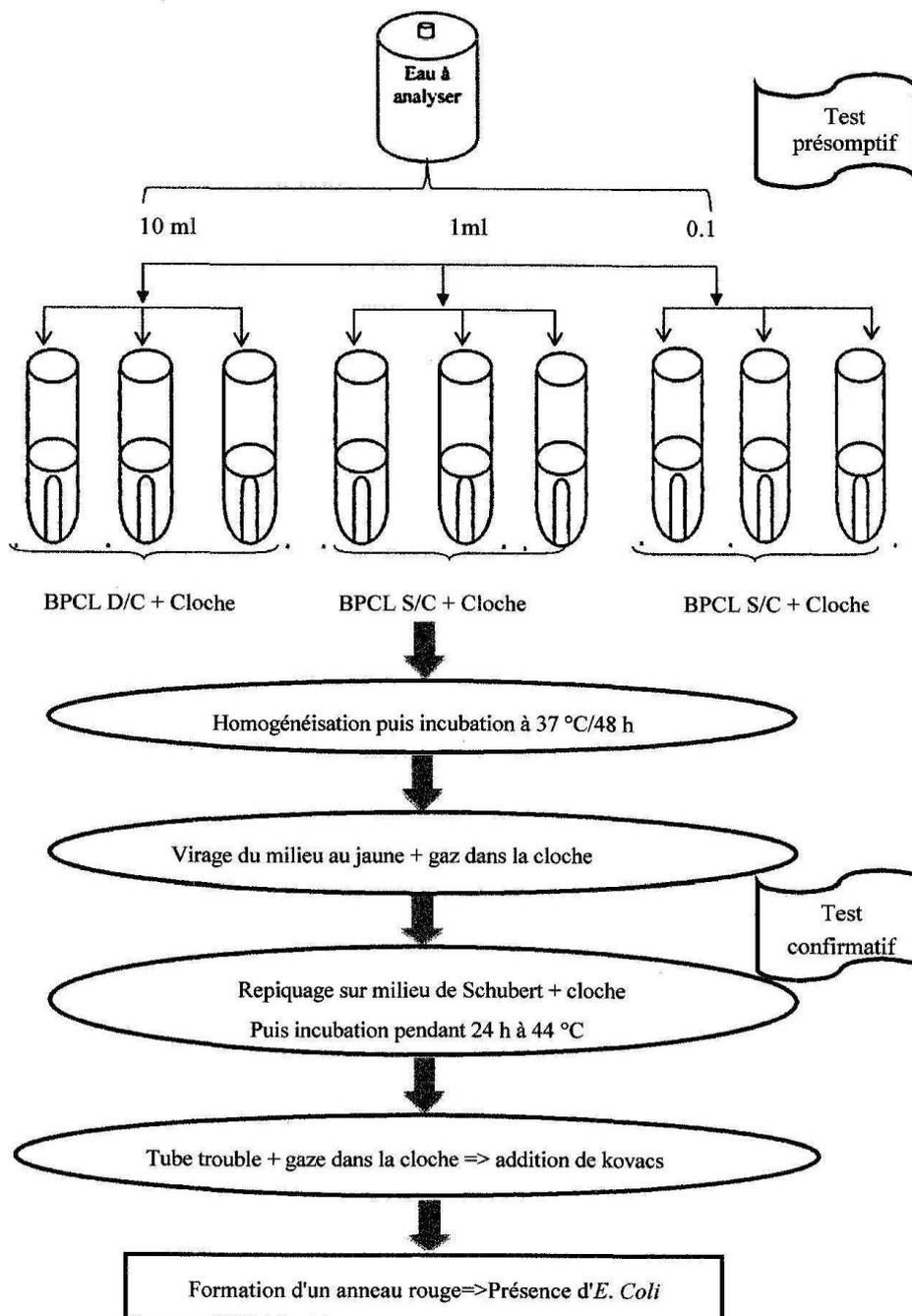
Annexe 1 : Schémas des modes opératoires bactériologiques

1. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22°C et 37°C

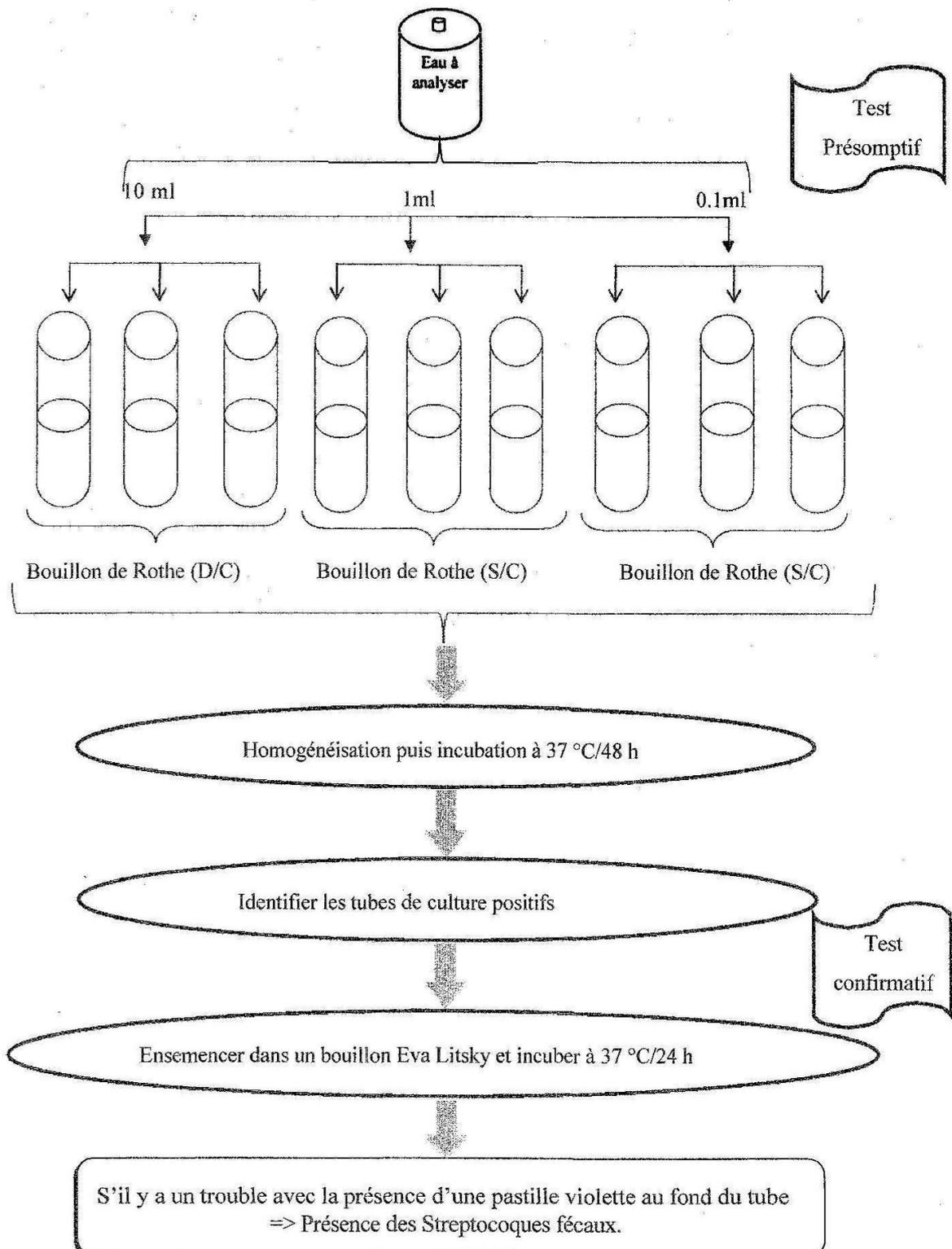


2. Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes

Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP)



3. Recherche et dénombrement des streptocoque fécaux



Annexe 2 : Composition des milieux de cultures

1- Tryptophane Glucose Extrait d'Agar (TGEA)

Tryptophane	5g
Glucose	1g
Extrait de levure	2,5g
Eau distillée	1000ml
pH	7,21
Autoclavage	120°C pendant 15min.

2- Milieu indole mannitol : Schubert

Tryptone	0,2g
Sulfate de magnésium	0,7g
Acide glutamique	0,2g
Sulfate d'ammonium	0,4g
Citrate de sodium	0,5g
Chlorure de sodium	2,0g
Mannitol	7,5g
Eau distillée	500ml
Tampon phosphaté	500ml
pH	7,2
Autoclavage	115°C pendant 10min.

3- Bouillon lactosé au propre de Bromocresol (BCPL)