

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
Faculté des Sciences Biologiques et sciences Agronomiques
Département de Biologie



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme Master en Biologie
Spécialité : Protection de l'environnement

Thème

**Contribution a l'étude des paramètres physico-chimiques et
bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnages de deux sources
d'eau au niveau de deux communes « Ouacif et Ouadhias »**

Wilaya de Tizi Ouzou.

Réalisé par :

Bessalem Zaid

Hassani Safia

Devant le jury :

Présidente : Mme SAHMOUNE. F

Maitre assistante (A) UMMTO

Promotrice : Mme LARDJANE. N

Maitre de conférences(A) UMMTO

Examineur : Mr OUDJIANE. A

Maitre assistant (A) UMMTO

Année universitaire : 2016 – 2017

Remerciement

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

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

*Nous tenons également à exprimer notre immense gratitude envers tous les membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail :
Mme SAHMOUNE, Mr OUDJIANE.*

NOUS TENONS à remercier tout le personnel que nous avons côtoyé durant notre stage au sein de l'ADE pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'ils nous ont fait vivre durant notre période de stage.

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

Merci à tous

ZAID. B

SAFIA. H

Dédicace

Je tiens à dédier ce travail a:

***Ma mère**, qui est la lumière de notre maison ;*

***Mon père**, qui est le guide de réussite dans ma vie.*

Je dédie aussi aux personnes qui sont chères à mon cœur:

Mes chères sœurs:

KARIMA et HAFIDHA

Mes chers frères :

MADJID, BOUSSAD, BELAID, ABEDMALEK et NACER

*A ma grand-mère **MESSAOUDA***

*A ma chère nièce **REBECCA***

*Ma binôme **SAFIA** et sa familles*

ZAID

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

Dédicace

Je tiens à dédier ce travail à:

***Ma mère**, qui est la lumière de notre maison ;*

***Mon père**, qui est le guide de réussite dans ma vie.*

Je dédie aussi aux personnes qui sont chères à mon cœur:

Ma chère sœur:

DJAMILA

Mes chers frères :

SAID, SMAIL et SAMIR

*A ma grand-mère **FATIMA***

*Mon binôme **ZAID** et sa familles*

SAFIA

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

Liste des abréviations

ADE : Algérienne des Eaux.

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de boromocresol.

D/C : double concentration.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tetraacétique.

HCl : acide chlorhydrique.

ISO : Organisation Internationale de standardisation.

MES : Matières en suspension.

MTH : Maladies à transmission Hydrique.

N.A : Norme Algérienne.

NPP : Nombre le Plus Probable.

NTU : Unité de Turbidité Néphalométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

PCA : Plate Count Agar.

pH : potentiel d'hydrogène.

S/D : simple concentration.

T° : température.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TGEA : glucose Tryptone à l'extrait d'agar.

TH : Titre Hydrotimétrique.

UFC : Unité Formant Colonies.

μS : micro siemens.

Liste des figures

Figure 1 : les différents changements d'états de l'eau.....	2
Figure 2 : cycle de l'eau.....	5.
Figure 3 : Localisation dans la source Thala Ainsar (www.google maps.com 2017).....	27
Figure 4 : photo de la source Ainsar.....	28
Figure 5 : Localisation dans la source Thala Kebout (www.google maps.com 2017).....	29
Figure 6 : photo de la source Kebout.....	29
Figure 7 : valeurs de pH enregistrées dans les deux sources	46
Figure 8: valeurs de la température pour les deux sources	47
Figure 9 : valeurs de la turbidité pour les deux sources	48
Figure 10 : valeurs de la conductivité pour les deux sources	49
Figure 11: valeurs de résidu sec pour les deux sources d'eau	50
Figure 12 : valeurs de calcium pour les deux sources d'eau	50
Figure 13 : valeurs de magnésium pour les deux sources d'eau	51
Figure 14 : valeurs de sodium pour les deux sources d'eau	52
Figure 15 : valeurs de potassium pour les deux sources d'eau	52
Figure 16 : valeurs des chlorures pour les sources d'eau	53
Figure 17 : concentration en sulfates pour les deux sources d'eau	53
Figure 18 : valeurs des teneurs en carbonates pour les deux sources d'eau	54
Figure 19: valeurs de la dureté totale pour les deux sources d'eau	55
Figure 20 : valeurs de fer pour les deux sources d'eau	55
Figure 21 : valeurs de l'ammonium et nitrite pour les deux sources d'eau	56
Figure 22 : valeurs de nitrate pour les deux sources d'eau	57
Figure 23 : valeurs de phosphore pour les deux sources d'eau	57
Figure 24 : valeurs de la matière organique pour les deux sources d'eau	58

Tableau 1 : la répartition de l'eau sur le globe	6
Tableau 2 : principales différences entre les eaux superficielles et les souterraines	8
Tableau 3 : les effets des polluants sur la santé humaine	14
Tableau 4 : les maladies d'origines parasitaires par l'eau	18
Tableau 5 : la relation existante entre la minéralisation et la conductivité de l'eau	20
Tableau 6 : le classement de la turbidité usuelle	21
Tableau 7 : Potabilité d'une eau en fonction des résidus secs	22
Tableau 8 : matériel et méthodes utilisé pour les différents paramètres physico-chimique.	32
Tableau 9 : résultats d'analyses bactériologiques de deux sources d'eau	59
Tableau 10 : critères de pureté de l'eau	60

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

Première partie : bibliographique

Chapitre I : Généralité sur l'eau

1- Définition de l'eau.....	2
2- Les trois états de l'eau	2
3- Les changements d'états de l'eau.....	2
4- Les propriétés de l'eau	3
5- L'eau brute	3
6- L'eau potable	4
7- Cycle de l'eau.....	4
8- Répartition de l'eau sur le globe	5
9- Réservoirs de l'eau	6
10- La comparaison entre les eaux de surface et les eaux souterraines	7
11- Les eaux de source	9
12- Les différents types de source	9
13- Traitement de l'eau de source	9
14- Législation de l'eau	10

Chapitre II : Pollution des eaux

1- Définition de la pollution	11
2- Définition de la pollution de l'eau	11

Sommaire

3- Les origines de la pollution de l'eau	11
4- Les différents types de la pollution des eaux	12
5- Effets de la pollution	13
6- Impact de la pollution	14

Chapitre III : l'eau et les maladies

1- Les maladies d'origines hydriques	17
A- Les maladies d'origines bactériennes	17
B- Les maladies d'origines parasitaires	17
C- Les maladies d'origines virales	18
2- La virologie de milieux hydriques	18

Chapitre VI : paramètres et qualités d'une eau potable

1- Les paramètres organoleptiques	19
2- Les paramètres physico-chimiques	19
3- Les minéraux de l'eau	22
➤ Cations	22
➤ Anions	23
4- Les paramètres indésirables	23
5- Les éléments considèrent comme toxiques	24
6- Les paramètres bactériologiques	25

Deuxième partie : partie expérimentale

Chapitre I : matériels et méthodes

1- Présentation des régions d'études	27
A- présentation de la région Ouacif	27
B- présentation de la région Ouadhias	28
2- Echantillonnages	31
3- Matériels et méthodes	32
4- Méthodes d'analyses physico-chimiques	33
A- Méthodes d'analyse de la minéralisation globale	34
B- Méthodes d'analyses des paramètres de pollution	38
C- Méthodes d'analyses des éléments indésirables	39
5- Méthodes d'analyses bactériologiques	41

Chapitre II : résultat et interprétation

1- Les paramètres organoleptiques	46
2- Les paramètres physico-chimiques	46
3- Les paramètres de la minéralisation globale	50
4- Les paramètres indésirables	55
5- Les paramètres de pollution	56
Conclusion.....	58
6- Interprétation des résultats bactériologiques	58
Conclusion	60
Conclusion générale	61

Bibliographie

Annexe

Partie Bibliographique

Introduction Générale

Introduction générale

L'eau fait partie de notre environnement. C'est la substance minérale la plus répandue à la surface du globe, Elle constitue l'hydrosphère. Son volume est estimé à 1370 millions de km³ (DEGREMENT, 1989). L'eau est surtout synonyme de vie biologique. C'est le constituant majeur de la matière vivante. Elle entre en moyenne pour 80% dans sa composition. Chez les animaux supérieurs, le pourcentage d'eau est compris entre 60 et 70 % (DEGREMENT, 1989).

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 milliards de personnes souffrent de maladies liées à la qualité de l'eau telles que les gastroentérites.

En Algérie, les ressources en eau apparaissent limitées, vulnérables et inégalement réparties, à ceci s'ajoute la croissance des besoins.

La wilaya de Tizi-Ouzou a d'importantes potentialités hydriques où dans certaines régions, les eaux souterraines constituent la seule ressource en eau potable 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.

Le présent travail consiste à étudier les paramètres physico-chimiques bactériologiques de deux sources d'eau au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou :

- ❖ Thala Ainser-Timagherasse, Ouacifs ;
- ❖ Thala Kebout, ouadhias.

Le but de cette étude est de contrôler la potabilité de ces sources selon la réglementation Algérienne en vigueur, étant donné qu'une partie de la population la Consomme et la considère comme eau « potable » et « minérale ».

Cette étude est structurée en deux parties :

La partie bibliographique qui comporte quatre chapitres : le premier chapitre rassemble quelques généralités sur l'eau, le second chapitre traite la pollution des eaux, le troisième chapitre décrit les maladies liées à l'eau et enfin le quatrième chapitre est consacré aux paramètres et qualité d'une eau potable.

La partie expérimentale est partagée en deux chapitres ; le premier chapitre est consacré aux matériels utilisés et les méthodes suivies, le deuxième chapitre comporte les résultats obtenus et leurs interprétations. Enfin nous terminons par une conclusion générale résumant les différents résultats et quelques recommandations.

Chapitre I :

Généralités sur l'eau

1-Définition de l'eau

L'eau est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre (PERRY, 1984), c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants, on peut la trouver sous trois formes : liquide, solide ou gazeuse (BERNARD, 2007).

2 -Les trois états de l'eau

L'eau, sous l'action conjuguée de la chaleur et de la pression atmosphérique, change d'état, passant de celui de vapeur à l'état solide ou liquide :

➤ L'état de vapeur (état gazeux) :

Caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas de liaisons entre les molécules, et son indépendantes les unes des autres.

➤ L'état solide :

A basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières.

➤ L'état liquide :

Caractérisé par une forme non définie, les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires (MARSILY, 1995).

3 - les changements d'états de l'eau :

L'eau peut changer d'état selon la température et sous l'action du soleil et du vent.

Le Schéma suivant résume les différents changements d'état possible :

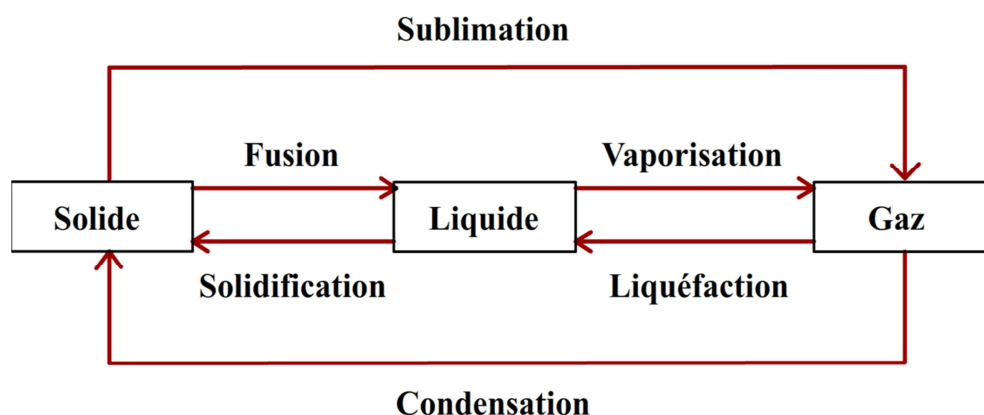


Figure 1 : les différents changements d'état de l'eau.

- ❖ **Fusion** : passage de l'état solide à l'état liquide ;
- ❖ **Vaporisation** : passage de l'état liquide à l'état gazeux ;
- ❖ **Liquéfaction** : passage de l'état gazeux à l'état liquide ;
- ❖ **Solidification** : passage de l'état liquide à l'état solide ;
- ❖ **Sublimation** : passage de l'état solide à l'état gazeux ;
- ❖ **Condensation** : passage de l'état gazeux à l'état solide.

- La vaporisation d'un liquide peut se faire soit de manière progressive et naturelle comme par exemple lors d'une exposition au soleil. On dit alors qu'il y a évaporation. Elle peut également s'obtenir par une élévation rapide de la température qui provoque l'apparition de bulles de gaz. On parle alors d'ébullition ;

-La sublimation et la condensation restent assez rares sur terre mais elles peuvent se produire dans des conditions extrêmes ;

-Le terme condensation peut porter à confusion car il est parfois utilisé aussi pour désigner le passage de l'état gazeux à l'état liquide, on précise alors s'il s'agit de condensation liquide ou de condensation solide.

4 - Les propriétés de l'eau

▪ Les propriétés physiques

-L'eau se trouve sous 3 états :

- ✓ L'état liquide ;
- ✓ L'état solide ;
- ✓ L'état gazeux.

L'eau est incolore, inodore, sans saveur quand elle est pure ;

- Elle peut dissoudre de nombreuses matières pour donner des solutions. Elle repousse presque toutes les substances organiques (huile, pétrole) Pour former des émulsions, En refroidissant, elle augmente de volume.

▪ les propriétés chimiques

Les propriétés de l'eau réside dans les liaisons que les molécules d'eau peuvent former avec ses voisins. Les extrémités proches de l'atome d'Oxygène développent des charges négatives ; les extrémités proches des atomes d'Hydrogène développent des charges positives.

5- l'eau brute

L'eau brute, c'est l'eau qui alimente un dispositif ou une station de production d'eau potable. En termes d'environnement et de service public de l'eau, il s'agit de l'eau captée, puisée ou recueillie qui est acheminée vers une station de traitement, afin de recevoir les traitements la rendant propre à la consommation humaine avant d'être distribuée dans le

réseau d'adduction. Pour le particulier, l'éleveur ou l'agriculteur, l'eau brute est l'eau d'un forage, captage ou puisage qui est employée telle qu'elle pour arroser, irriguer ou abreuver les animaux.

6- l'eau potable

L'eau potable est une eau qui ne doit pas porter atteinte à celui qui la consomme, elle doit répondre à une série de critères définis par l'arrêté du 11 janvier 2007 du ministère de la santé :

- **Paramètres organoleptique** : coloration, odeur, turbidité, saveur ;
- **Paramètres physico-chimique** : en relation avec la structure naturelle des eaux (température, pH, chlorures, sulfates) ;
- **Paramètres chimiques** : substances indésirables, toxiques ;
- **Paramètres microbiologique** : bactéries, parasites.
- **Paramètres micropolluants** : l'eau potable fait l'objet de contrôles sanitaires au point de captage, en production et en cours de distribution.

7- cycle de l'eau

D'après les déplacements de l'eau, dans l'atmosphère à la surface et dans le sous sol de la terre, le cycle de l'eau peut être décomposé en quatre processus distincts : le stockage, l'évaporation, la précipitation et le ruissellement. L'eau peut être stockée temporairement dans le sol, les lacs terrestres pour s'évaporer et se condenser en nuage et retomber sur le continent et les océans, sous forme de précipitation (pluies ou neige) qui finalement, s'écoule et ruisselle peut-être de nouveau stocker ou s'évaporer dans l'atmosphère. Pratiquement, toute l'eau présente à la surface de la terre a parcouru un nombre incalculable, des fois ce cycle au cours des derniers milliards d'années, la création ou la perte d'eau dans ce processus a été infinie.

La figure ci-dessous représente le cycle de l'eau :

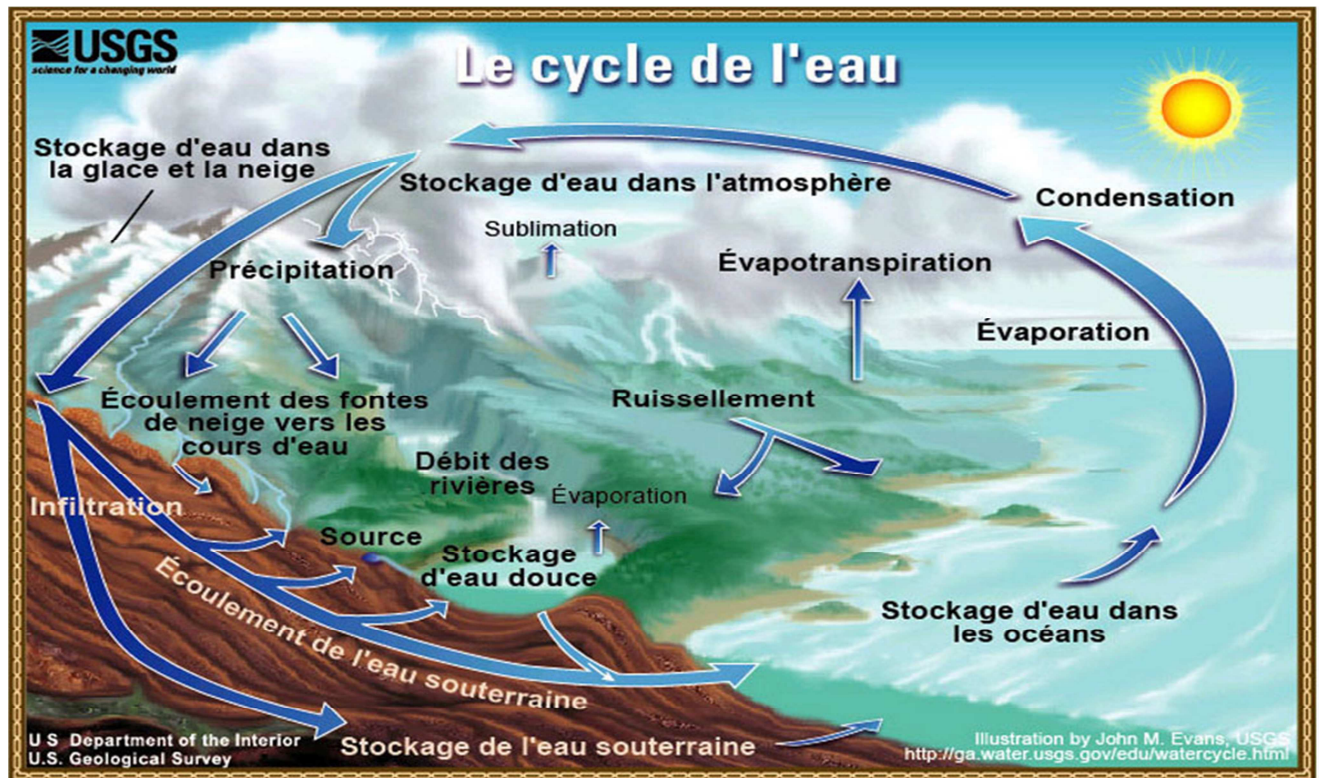


Figure 2 : cycle de l'eau (site internet).

8- Répartition de l'eau sur le globe

L'hydrosphère est formée par les océans qui recouvrent 965 millions de Km² soit $\frac{3}{4}$ de la surface du globe et qui contiennent $1,458 \cdot 10^{21}$ litres de l'eau (VILEGINES, 2003). Malgré le volume colossal d'eau présent dans l'écosphère, seule une faible fraction de ce total est réellement utilisable par l'homme. En réalité, le volume des eaux océaniques représente à lui seul 97 % de l'hydrosphère, les calottes polaires, les banquises et les glaciers renferment sous forme de glace 2% de ce total....

Quand à l'ensemble des eaux continentales de surface (lacs et fleuves), il ne correspond à peine qu'à 0,02% du volume total de l'hydrosphère (RAMADE, 1981).

Les réserves d'eau douce les plus importantes se trouvent donc à l'état solide (environ 80%) ; et sont techniquement inexploitable (REJSEK, 2002).

Le tableau ci-dessous représente la répartition de l'eau sur le globe terrestre (REJSEK, 2002) :

Tableau 1 : la répartition de l'eau sur le globe terrestre (REJSEK ,2002).

Réservoirs	Volume (10^{15} m^3)	% total
Océans	135	97
Glaciers	33	2,4
Eaux souterraines	8	0,6
Lacs	0,1	0,01
Eau dans le sol	0,070	0,01
Eau dans l'atmosphère	0,013	0,001
Eau superficielles	0,0017	0,0001
Eau de la matière vivante	0,0011	0,0001
Totale	1391	100

9- Les réservoirs de l'eau

Les réservoirs disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surfaces stagnantes (lacs, retenus de barrages) ou en écoulement (fleuves) et les eaux de mer :

A- Les eaux de surface

Les eaux de surface comprennent toutes les eaux coulantes, stagnantes ou stockées à la surface. Elles sont d'origine soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux et de rivières, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisé par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation (DEGREMONT, 1989).

B- Les eaux souterraines

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles ont une double appartenance, font parties du cycle de l'eau et du sous-sol.

Les eaux souterraines sont liées aux eaux de surface et s'interpénètrent continuellement dans l'espace et dans le temps à la faveur d'infiltration et de drainage, les eaux souterraines répondent naturellement aux normes de potabilité (BAHIR et MENNANI, 2002).

C- Les eaux de mer

Elle constitue la majeure partie des réservoirs du globe, cependant du fait de sa forte salinité qui se situe entre 34 et 37 g / l (DEGRE MONT ,2005). Les eaux de mer sont des sources d'eaux brute qu'on utilise que lorsqu'il n'y'a pas de moyen de s'approvisionner en eau douce (DESJARDIN ,1997).

10- La comparaison entre les eaux de surface et les eaux souterraines

Les principales différences entre les eaux de surface et les eaux provenant des sols sont résumé dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Principales différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines (DEGREMONT, 2005).

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable (saisons)	Plutôt constante
Turbidité / MES vraies ou colloïdales	Variable (parfois élevée / crues, rejets de carrières, fortes pluies)	Faible ou nulle sauf en pays karstique et en pays crayeux
Couleur	Dépend essentiellement des MES, des acides humiques, tannins, etc. et des algues	Dépend des acides humiques ou des précipitations Fe - Mn
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares sauf H ₂ S
Minéralisation globale / Salinité	Variable (précipitations rejets, nature des terrains traversés, etc.)	Généralement plus élevée que celle mesurée dans les eaux de surface sur le même territoire
Fe et Mn divalent dissous	Généralement absents sauf dystrophisation des eaux profondes	Présents
CO₂ agressif	Généralement absent	Présent souvent en quantité
O₂ dissous	Variable (proche de la saturation dans les eaux propres / absent dans les eaux polluées)	Absent
H₂S	Absent	Présent
NH₄	Seulement dans les eaux polluées	Présence souvent sans rapport avec une pollution bactérienne
Nitrates	Variable (généralement absent, parfois en quantité dans les zones d'excédent azoté)	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur généralement modérée	Teneur élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Surtout présents dans les eaux des régions industrialisées	Absents sauf suite d'une pollution accidentelle
Solvants chlorés	Généralement absents	Présents en cas de pollution de la nappe
Éléments vivants	Virus, bactéries, algues, protistes, etc. / Présence d'organismes pathogènes toujours possible	Ferro bactéries et sulfatoréductrices fréquentes
Eutrophie	Possible, davantage si les eaux sont chaudes	Non

11- les eaux de source

Les eaux de sources sont des eaux qui contrairement aux eaux minérales, doivent répondre à l'émergence, aux critères de potabilité et ne peuvent subir aucun traitement (DEGREMONT, 1989). Selon le décret exécutif N° 04-195 du 15 Juillet 2004 article 2 chapitre 1 de la législation algérienne, une eau de source est une eau d'origine souterraine, apte à la consommation humaine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution.

12- Les différents types de source

Les principaux types de source sont les suivants :

❖ Source d'affleurement

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un cheptel de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie (VILAGINE, 2000).

❖ Source de déversement

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau).

Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités (BONNIN, 1982).

❖ Sources d'émergence

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction du sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner ,généralement leur débit est faible (GOMELLA. et GUERREE, 1980)

13-Traitement de l'eau de source

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

14-Législation de l'eau

Dans le cadre du développement durable, l'Algérie s'est intéressée, ses dernières années, aux problèmes des eaux et leur contamination .pour une meilleure protection et une rassurante gestion des ressources hydrique, l'Algérie a établi des lois, des décrets, des ordonnances et des arrêtés, parmi ces textes on peut cités :

a-Testes législatifs :

- ❖ Loi n°83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux.
- ❖ Ordonnance n°96-13 de 15 juin 1996 modifiant et complétant le n° 83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux.
- ❖ Loi n° 05-12 du 04 Aout 2005 relative à l'eau (183 articles).

b-Testes réglementaires :

- ❖ Décret exécutif n°96-472 du 18 décembre 1996 portant création du conseil national de l'eau (J.O n°83 /96) ;
- ❖ Décret exécutif n°01-101 du 21 avril 2001 portant création de l'Algérienne des eaux (J.O n°24/2001) ;
- ❖ Arrêté du 17 novembre 2001 portant approbation de l'organisation interne de l'établissement public « Algérienne des eaux » (J.O n°04/2002) ;
- ❖ Arrête du 19 novembre 2001 portant approbation de l'organisme interne de l'établissement public « office national de l'assainissement » (J.O n° 04/2002) ;
- ❖ Décret exécutif n°93-160 du 10 juillet 1993 règlementant les rejets d'effluents liquides industriels (J.O.n°46/93) ;
- ❖ Décret du 29 janvier 1994 portant définition des eaux thermales et règlementant leur protection, leur utilisation et leur exploitation (J.O n°7/94) ;
- ❖ Arrêté interministériel du 26 Mai 1996 portant création, organisation et fonctionnement du comité national de lutte contre les maladies à transmission hydrique(J.O.n°81/96) ;
- ❖ Décret exécutif n°04/196 du 27 Joumad El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source.

Chapitre II :

Pollution des eaux

Chapitre II : pollution des eaux

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est une interface entre l'air et le sol et elle subit donc les dégradations de ces deux milieux (BOUZIANI, 2000).

Les plus graves phénomènes de pollution constituent, en règle générale, quand on se place à l'échelle globale une menace souvent potentielle, susceptible d'entraver dans un avenir plus ou moins proche l'activité humaine (DEFRANCESH, 1996).

1-Définition de la pollution

La pollution est toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles, d'une perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de matière ou encore de l'introduction d'espèces exotique dans une biocénose naturelle (RAMADE, 2005).

2-Définition de la pollution de l'eau

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

L'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).

3-Les origines de la pollution de l'eau

Suivant l'origine de substances polluantes, on distingue (GOUJOUS, 1995) ;

a- La pollution domestique

Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station de dépuración (GOUJOUS, 1995).

La pollution domestique se caractérise par :

- Des germes fécaux ;
- Des fortes teneurs en matières organiques ;
- Des sels minéraux (azote, phosphore) ;
- Des détergents.

b- La pollution industrielle

Elle est provoquée par les rejets d'eau résiduaux d'origine industrielle susceptible de contenir une infinité de substances plus ou moins biodégradables (TARDAT, 1992 ; GOUJOUS, 1995). Les polluants d'origines industrielles sont très variés selon le type d'activité ; substances organiques ou de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux, métaux lourds. Ces produits sont exceptionnels mais trop souvent chroniques dans le cas des fuites de réservoirs ou de canalisation (BEAUCHAMP, 2006).

c- La pollution agricole

La pollution d'origine agricole est étendue dans l'espace et dans le temps, elle est chronique et concerne de grandes surfaces. En effet, les pratiques actuelles de cultures et de l'élevage influencent fortement le régime et la qualité des eaux (RAMADE, 1992). L'utilisation massive des engrais et des produits chimiques de traitement des plantes détruit la vie dans les rivières et les rend impropres à la consommation humaine, et par fois animale. Dans le cadre de leurs activités, les agriculteurs utilisent des produits contenant des substances toxiques, qui sont principalement épandus sur les parcelles pour la protection de leurs cultures, ces engrais chimiques (nitrates et phosphates) altèrent la qualité des nappes souterraines, qu'ils atteignent par l'infiltration des eaux (RAMADE, 1994 et DEFRANCESCHI, 2001).

d- La pollution naturelle

Des phénomènes naturels sont aussi à l'origine de pollution comme : les éruptions volcaniques, les épanchements sous marin d'hydrocarbures, le contact avec des filons géologique (métaux, arsenic), les sources thermo minérale... (GOUJOURS, 1995).

4- Les différents types de pollution des eaux

a- La pollution physique

Elle est essentiellement industrielle, secondairement domestique, on peut distinguer trois types de polluants ayant un caractère physique : les polluants mécaniques, les polluants thermiques et les polluants atomiques (AROUYA, 2011).

❖ Polluants thermiques

La pollution thermique est représentée par des rejets d'eaux chaudes provenant des systèmes de refroidissement des centrales nucléaires et électriques ce qui provoque un réchauffement considérable des eaux (BELLAN ET PERS, 1994). Le réchauffement est toujours de 6 à 7 °C au minimum et peut avoisiner 10°C.

❖ Polluants radioactifs

La source majeure réside dans les rejets chargés d'éléments radioactifs issus d'explosion d'armes nucléaires et des résidus utilisant l'énergie atomique (BELLAN et PERES, 1994). Les radio-isotopes peuvent exercer leurs effets nocifs directement par le rayonnement ionisant mais aussi par leur accumulation dans des organismes marins (AROUYA, 2011). Ainsi dans certaines algues, le facteur de concentration peut atteindre 10^5 à 10^6 fois la radioactivité de l'eau (COLAS, 1976).

Chapitre II : pollution des eaux

b- La pollution chimique

Elle est due essentiellement aux rejets industriels qui apportent de grandes quantités de substances chimiques, perturbant aussi l'équilibre de l'écosystème aquatique (AROUYA, 2011). Certains de ses produits, entre autres les métaux lourds, sont non biodégradables et peuvent occasionner des intoxications chez l'homme (AROUYA ,2011).

Les polluants chimiques peuvent avoir aussi pour origine :

- Les eaux usées qui sont habituellement chargées de détergents et d'autres substances à usage domestique ;
- Les eaux de ruissellement, issues de terrains agricoles, et qui sont souvent chargées de pesticides et de divers produits chimiques à usage phytosanitaire (BRISOU et DENIS ,1978).

c- La pollution organique

Les origines de la pollution organique sont multiples, les sources principales étant les rejets des agglomération urbaines, les industries alimentaires et agricoles (laiteries, conserveries,tannerie,etc...)(PESSON et *al* .,1978).

Les apports de matières organiques agissent sur les organismes, la production des biocénoses et le vieillissement des plans d'eau (PESSON et *al*, 1978).

d- La pollution microbiologique

La pollution microbiologique des eaux se traduit par une forte contamination par de nombreux agent pathogènes, bactéries et virus. Elle soulève dans bien des cas de redoutables problèmes d'hygiènes publiques qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers monde (RAMADE, 2005).

5- Effet de la pollution

a- Exposition humaine et risque sanitaires :

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, des algues. Le risque microbien est de loin plus évident à l'échelle mondiale (DEGREMENT, 1989). Le tableau ci-dessous représente les effets de la pollution sur la santé :

Chapitre II : pollution des eaux

Tableau 3 : les effets des polluants sur la santé humaine (DEGREMENT, 1989).

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 bleu 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

b- Effet sur la nature

On les observe dans plusieurs domaines, notamment dans les mers, où nous pouvons observer parfois des marres noirs et aussi dans les lacs et les rivières où la mort des poissons suite à l'intoxication due aux lessives ou à des rejets industriels portent atteintes aux écosystèmes aquatiques.

6-Impact de la pollution

Une eau résiduaire urbaine ou industrielle peut engendrer suivant la nature et la concentration de ses constituants un certain nombre d'effets sur le milieu récepteur à savoir la faune, la flore et l'homme. Par ces rejets, l'homme introduit dans le milieu récepteur des éléments nouveaux qui peuvent modifier le fonctionnement de l'écosystème. L'impact d'un rejet peut ainsi être défini, selon CHOCAT (1997), comme la part spécifique de responsabilité de ce rejet dans la modification du milieu.

a- Impact sur la qualité des eaux

➤ Impact sur la qualité des eaux de surface

Selon ANDER et CLANDE (1993), la pollution d'un cours d'eau par les matières organiques biodégradables donne lieu à une prolifération bactérienne par conséquent il a une forte absorption d'oxygène, ce qui donne des effets dommageable à l'écosystème aquatiques (cas d'un rejet en lac ou dans un barrage).

La pollution thermique a aussi un rôle prépondérant sur les eaux superficielles. Une augmentation de la température peut affecter la totalité de l'écosystème en provoquant la disparition à long terme des espèces sensibles et la persistance d'autres espèces tolérantes mais moins nobles.

Le déversement des eaux usées, domestiques et industrielles ainsi que l'activité agricole, produit un apport très important en azote et en phosphore, ces deux derniers, en association, accélèrent le phénomène d'eutrophisation des cours d'eaux ceci peut modifier ces équilibres de façon temporaire ou permanente, en favorisant ou en inhibant la croissance de certains organismes.

➤ Impact sur la qualité des eaux souterraines

La pollution des eaux souterraines se caractérise par l'absence d'effets écologiques et esthétiques, son importance est directement liée à l'utilisation de l'eau pour l'AEP comme pour les usages industriels ou agricole. Il s'agit donc d'une pollution très « discrète » mais très persistante et ses conséquences doivent envisager sur le très long terme (GOUJOURS, 1995).

Cette pollution est plus inquiétante, sachant que les nappes constituent une source importante d'eau potable (CHOCAT, 1997), et selon le même auteur, les nappes ont touchées par des pollutions diffuses et chroniques notamment par l'infiltration des eaux usées ainsi que les eaux de ruissellement, qui lessivent les surfaces urbaines et agricoles. La contamination des nappes phréatiques par les micro-organismes altère sa qualité et provoque des impacts directs ou indirects sur le consommateur.

b- Impact sur l'homme

➤ L'effet indirect

Certaines substances ingérées par les êtres vivants, se concentrent dans les tissus par bioaccumulation, puis se transfèrent le long de la chaîne trophique, avec l'augmentation de sa concentration d'un niveau à un autre (bioamplification). L'homme se situe au sommet de la chaîne trophique, il est affecté par ces substances toxiques ce qui provoque des intoxications aiguës ou chroniques et par fois mortelles.

➤ L'effet direct

L'effet direct peut se manifester par la consommation directe de cette eau, qui contient des organismes pathogènes (bactéries, protozoaires, virus...), et donc provoque des maladies qui s'appellent maladies à transmissions hydriques (MTH).

Chapitre III :

L'eau et les maladies

Les maladies à transmission hydriques (MTH) regroupent plusieurs pathologies dont l'élément commun est le mode de contamination de l'eau.

L'ampleur et la persistance de ces maladies sont directement liées aux conditions d'hygiène du milieu général.

1- Les maladies d'origine hydriques

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie, Elle véhicule en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et protistes en tout genre, qui y vivent et s'y développent (RODIER, 1999).

a- Les maladies d'origine bactériennes

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne, qui sont :

- ✓ Le choléra (*vibrio cholerae*) ;
- ✓ La fièvre typhoïde et gastro-entérite (*salmonella typhi* et *E. coli*) ;
- ✓ Schigellose (*shigella* spp) ;
- ✓ La tuberculose (*mycobacterium tuberculosis*).

b- Les maladies d'origine parasitaires

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

Le tableau ci dessous représente les infections d'origine parasitaire transmises par l'eau (REJSEK, 2002) :

Tableau 4 : les maladies d'origine parasitaire transmises par l'eau (REJSEK, 2002).

Type d'organisme	Nom	Maladies	Type de contamination
Protozoaire	<i>Amibe</i>	Amibiase.	Ingestion des Kystes
Protozoaire	<i>Cryptospridium parvum</i>	Gastro-entérite.	Ingestion
Protozoaire	<i>Giardia lamblia, intestinals</i>	Gastro-entérite.	Ingestion des Kystes
Protozoaire	<i>Plasmodium</i>	Paludisme.	Piqûre d'Anophèle
Protozoaire	<i>Trypanosome</i>	Maladie du sommeil	Piqûre par Glossine
Helminthe	<i>Anguillule</i>	Anguillulose.	Contact ou Ingestion
Helminthe	<i>Ankylostoma doudinale</i>	Ankylostomose	Contact
Helminthe	<i>Fasciola hepatica</i>	Douve du foie	Ingestion
Helminthe	<i>Filaires</i>	Filariose	Ingestion
Helminthe	<i>Ver de Guinée</i>	Dracunculose	Ingestion de crustacés

c- Les maladies d'origine virale

Aux cotés des maladies d'origine bactérienne, nous avons des maladies virales, on peut citer :

- La poliomyélite ;
- Les hépatites virales et entérovirus.

2- La virologie des milieux hydriques

Il est possible d'admettre avec FOLIGUET que les virus isolés des eaux ont des Caractéristiques telles qu'ils peuvent être considérés comme une entité propre dénommée hydro virus (FOLIGUET, 1982). Il est essentiel de bien différencier la notion de danger et la notion de risque. Le danger concerne les effets toxiques susceptibles d'être induits par un agent éventuellement toxique.

Le risque est la probabilité d'apparition de ces effets en fonction des conditions d'exposition au danger (PFOHL-LESZKOWICZ, 1999).

Chapitre VI :

Paramètres et qualités d'une eau potable

Une eau est dite potable quand elle satisfait un certain nombre de paramètres la rendant propre à la consommation humaine. Les paramètres de qualité d'une eau sont les paramètres organoleptiques, les paramètres physico-chimiques et les paramètres bactériologiques. L'OMS a établi pour chaque paramètre des recommandations qui doivent être adoptées dans chaque pays en fonction de l'état sanitaire et des considérations économiques du pays en question pour aboutir aux normes réglementaires nationales. Pour l'Algérie l'eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux normes adoptées par l'OMS.

1- Les paramètres organoleptiques

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sur un risque pour la santé (GENOUDET, 2001).

a- Couleur

La couleur d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution, Elle est dite apparente, quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration, les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (RODIER, 2005). La couleur peut être due à certaines impuretés minérales (fer...), mais le plus souvent, à certaines matières organiques dissoutes (acide humiques). La source de la couleur doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire.

b- L'odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matière organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme : L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ; la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (RODIER., 2005).

c- Goût et saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (RODIER, 2005).

2- Les paramètres physico-chimiques

a- Minéralisation globale

La minéralisation totale est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Elle est en fonction de la géologie des terrains traversés (RODIER, 2005).

Les eaux circulant dans un sous-sol sablonneux ou granitique sont peu minéralisées, tandis que celles circulant dans des sous-sols à roches sédimentaires le sont nettement plus (DEGREMENT, 2005).

b- Température

La température est un facteur écologique important pour la vie aquatique. Elle est également importante pour certains usages industriels (refroidissement) et pour l'eau potable (VALIRON, 1989). Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissouts, donc sur la conductivité électrique dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leurs origines est moins profonde (RODIER, 1996).

c- Potentiel hydrogène (pH)

L'eau naturelle pure est neutre. Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entraînement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre (RODIER, 2005). Un pH élevé conduit à des dépôts de tartre dans les circuits de distributions. Au-dessus de pH 8, il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination bactérienne par le chlore. Par ailleurs la chloration diminue le pH (RODIER, 1996).

d- Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique, elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobile dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissouts et de leur concentration (REJESK, 2002). Selon RODIER la conductivité constitue un critère d'appréciation de la minéralisation globale d'une eau.

Le tableau 5 représente l'indication la relation existante entre la minéralisation et la conductivité d'une eau (RODIER, 1996) :

Tableau 5 : la relation existante entre la minéralisation et la conductivité de l'eau (RODIER, 1996).

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
Cond < 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation très faible
100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < cond < 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation faible
200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < cond < 333 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne
333 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < cond < 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation accentuée
666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < cond < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation importante
Cond > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation forte

e- Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute. Elle est causée, dans les eaux par la présence de matière en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut-être due également à la présence de matière colloïdale d'origine organique ou minérale (argiles fines, kyste de protozoaires, bactéries, macromolécules, ...).

Le tableau 6 représente le classement de la turbidité usuelles (NTU : nephelometric turbidity unit) (REJESK, 2002) :

Tableau 6 : le classement de la turbidité usuelles (NTU : nephelometric turbidity unit) (REJESK, 2002).

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

f- Dureté

Selon RODIER (1996), la dureté est un caractère lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et magnésium et que les eaux provenant de terrains calcaires et surtout des terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevées susceptible d'atteindre 1g/l de CaCO_3 , par contre les eaux en provenance de terrains cristallins, métamorphique ou schisteux auront des duretés très faibles.

g- Matières en suspension

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau (SATIN. et SELMI, 1999).

La présence des matières en suspension augmente la turbidité de l'eau et diminue sa transparence (RODIER, 2005).

h- Résidu sec à 105°C

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux), obtenues après une évaporation d'eau. Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût.

Le résidu sec à 105°C, est déterminé par la relation suivante :
 $(\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) - 1/2 [\text{HCO}_3^-]$

Tableau 7 : Potabilité d'une eau en fonction des résidus secs (RODIER et *al*, 2009)

Résidu sec (mg/l)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

3- Les minéraux de l'eau**➤ Cations****❖ Calcium (Ca^{2+})**

Le corps humain comprend une moyenne de 1,2 kilogramme du calcium essentiellement dans le squelette (MERCIER, 2000). L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140mg/l de calcium (RODIER, 2005).

Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. par contre, les eaux douce peuvent entrainer des problèmes de corrosion des canalisations (GOUJOUS, 1995).

❖ Magnésium (Mg^{2+})

Eléments indispensable à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites, basaltes, argiles...) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté totale, le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (KEMMER, 1984).

❖ Sodium (Na^+)

C'est un métal alcalin, son origine peut être :

- ✓ Naturelle (mer, terrain salé, ...);
- ✓ Humaine (10 à 15g NaCl dans leur urines / jours);
- ✓ Industrielle (potasse, industrielle pétrolière).

Les eaux très riche en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (RODIER, 2005).

❖ Potassium (K^+)

Le potassium est principalement présent dans les roches ignées et dans les argiles. Malgré son abondance, le potassium est généralement peu concentré dans les eaux naturelles, dans les minéraux argileux, cette particularité s'explique par la difficulté de mobilisation de l'ion K^+ . Dans les eaux souterraines ; la concentration en potassium ne dépasse généralement pas 10mg/l (CHERY, 2006).

➤ Anions**❖ Chlorures (Cl^-)**

Les chlorures des eaux ont généralement des teneurs variées. Elles sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Elles peuvent également provenir d'une pollution organique par les pesticides organochlorés et les détergents. Habituellement, la teneur en ions chlorures des eaux naturelles est inférieure à 5mg/l, mais dans certaines régions, la traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles jusqu'à 1000 mg/l (RODIER, 1996). Selon l'OMS, les teneurs en chlorures des eaux potables devraient être comprises entre 25 et 200 mg/l. Les valeurs relevées dans les barrages varient de 0 à 45mg/l, ainsi elles obéissent aux normes de potabilité.

❖ Sulfates (SO_4^{2-})

Ils peuvent provenir des argiles et de l'altération des terrains gypseux, et avoir comme origine les matières fécales et les détergents. On les trouve dans l'eau de consommation surtout sous forme de sulfates calciques.

A des fortes concentrations, les sulfates peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez l'enfant), et conférer à l'eau un goût désagréable (DEGREMENT, 1989).

❖ Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les nitrates. Elles proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques.

❖ Nitrates (NO_3^-)

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

Matières organiques et microorganismes → ammoniaque → nitrites → nitrates.
(SAMAKE, 2002).

4- Les paramètres indésirables**❖ Fer (Fe^{2+})**

Le fer contenu dans les eaux superficielles peut avoir une origine tellurique. Le plus souvent, il provient du lessivage des terrains et de pollutions minières ou métallurgiques. Il se trouve de manière plus importante dans les eaux souterraines car le fer est un élément de la

croûte terrestre. Le fer sous forme de pyrite FeS_2 est couramment associé aux roches sédimentaires déposées en milieu réducteur, marnes et argile, et aux roches métamorphiques.

❖ Cuivre (Cu)

Dans les eaux souterraines, les teneurs normales en cuivre sont en-dessous de 0.005 mg/l. Le cuivre peut présenter des concentrations élevées provenant d'installations en cuivre, constatée essentiellement dans l'eau stagnante. (C.I.E, 2005).

❖ Zinc (Zn)

Le zinc présente une concentration dans les eaux souterraines inférieure à 0.01 mg/l. Une teneur supérieure à 10mg/l est possible dans l'eau stagnante provenant d'installations domestiques galvanisées neuves. (SAMAKE, 2002).

❖ Aluminium (Al^{3+})

L'aluminium est très répandu sur terre et trouve son origine dans les roches, les sols et les industries (métallurgie, industrie de l'aluminium...).

❖ Phosphate (Po_4^{3-})

Les phosphates font parties des anions facilement fixés par le sol. Leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés, à la décomposition de la matière organique et aux rejets urbains. Des teneurs supérieures à 0,5mg/l doivent constituer un indice de pollution (RODIER, 1996).

Le phosphore contribue à l'eutrophisation phénomène évolutif au cours duquel le milieu s'enrichit en matière nutritive d'une manière excessive, et par voie de conséquence en algues et en phytoplanctons.

5- Les éléments considérés comme toxiques

Selon DEGEMENT (2005), les éléments considérés comme toxiques dans ses eaux destinées à la consommation humaines sont :

❖ Plomb (Pb)

Le plomb est un métal qui peut provenir du sol, des rejets industriels (peintures, gaz d'échappement des voitures). 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 nourissants et les jeunes enfants.

❖ Arsenic (As)

L'Arsenic est naturellement présent dans certaines eaux, il est à l'origine de cancers cutanés et peut être d'autres formes de cancers, voir de problèmes cardiovasculaires ; sa teneur admissible dans les eaux de consommations est de 10µg/l.

❖ Sélénium (Se)

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

❖ Fluor (F)

La teneur en fluor dépend beaucoup du temps de contact de l'eau avec les minéraux fluorés de l'aquifère. Elle est plus élevée dans les nappes captives. Dans la nappe de la craie, l'ion F⁻ est fourni principalement par les minéraux phosphatés (apatites). Sa teneur ne doit pas excéder 1,5mg/l (BEAUCHAMP, 2001).

6- Les paramètres bactériologiques

L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de microorganisme pathogène, agents d'infections humaines redoutables. Ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons et des algues (HASLAY et LECCLER, 1993).

❖ Les germes totaux

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies, leur présence est indicatrice de pollution bactérienne, leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau, destinée à la consommation humaine (BOURGEOIS et al., 1991). Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (RODIER, 2005).

❖ Les coliformes

Les coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*.

Le terme « coliforme » correspond aux organismes en bâtonnets, non sporogène, Gram-négatifs, oxydase négatif, aéro-anaérobies facultatif, capable de fermenter le lactose (et mannitol) avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37 °C.

Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux, et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de première importance (RODIER, 2009).

❖ Escherichia- coli

Escherichia- coli est un hôte normale de l'intestin. On peut le retrouver au niveau des diverses muqueuses chez l'Homme et les animaux. E. coli n'existent pas normalement dans l'eau et le sol. Leur présence est considérée comme signe de certaines pollutions fécales récentes d'où l'intervention immédiates est exigée.

❖ Streptocoques fécaux

Sous la dénomination générale de «Streptocoques fécaux», il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield (RODIER, 2005). Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles. (BOURGEOIS, 1991).

❖ **Clostridium sulfito- réducteurs**

Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (ARMAND ., 1996). Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure. La forme sporulée des Clostridium sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (BOURGEOIS 1991).

❖ **Staphylocoques pathogène**

Ce sont des bactéries qui appartiennent a la famille des Bacillaceae, les infections engendrées par cette espèce sont dues, principalement, a des souches de S. aureus, mais aussi a des autres espèces de staphylocoques d'origine humaine, parfois pathogènes opportunistes (S.epidermidi, S.saprophyticus...) : infection cutanées, infection septicémique redoutable, infections liés a la consommation d'eau et d'aliment contaminés (DELARRAS, 2003).

❖ **Salmonelles**

Les salmonelles sont des entérobactéries lactose négatifs, bacilles à gram négatif, anaérobies facultatifs habituellement mobiles. Les salmonelles se cultivent bien dans des milieux nutritifs ordinaires et donnent des colonies de 2 à 3 mm de diamètre. Les salmonelles sont présentes dans l'intestin de l'Homme et des animaux et présentent des variations importantes de pathogénicité en fonction de la nature de l'hôte.

❖ **Vibrions**

Les vibrions font partie de la famille de vibrionaceae. Dans les pays ou le cholera a pratiquement disparu, il est rare que la recherche du vibron cholérétique dans les eaux d'alimentation présente un intérêt. Leur recherche se fait uniquement en cas de présence d'un cas suspect (DELARRAS, 2003).

Partie Expérimentale

Chapitre I :

Matériels et méthodes

1-Présentation des régions d'étude**A- Source Thala Ainser, ouacif****❖ Situation géographique**

Ouacif est une daïra rurale d'Algérie située au sud de la wilaya de Tizi Ouzou est limitrophe de la wilaya de Bouira. Elle se situe à flanc de la montagne du Djurdjura, culminant à 2308 mètres au lieu dit « la main du juif », sa population est estimée à 26741 habitants, et est composée de 28 villages, elle est située à la partie sud du chef lieu de la wilaya de Tizi Ouzou à 35 km. La daïra ouacif est subdivisée en trois communes : Ait Toudert, Ait Boumehdi et ouacif, elle est limitée de :

- ✓ L'est par la commune d'Iboudrarene ;
- ✓ L'ouest par les ouadhias ;
- ✓ Nord par Beni yenni ;
- ✓ Sud par le massif de Djurdjura.

Les figures 3 et 4 présentent les photos de la source Thala Ainser :

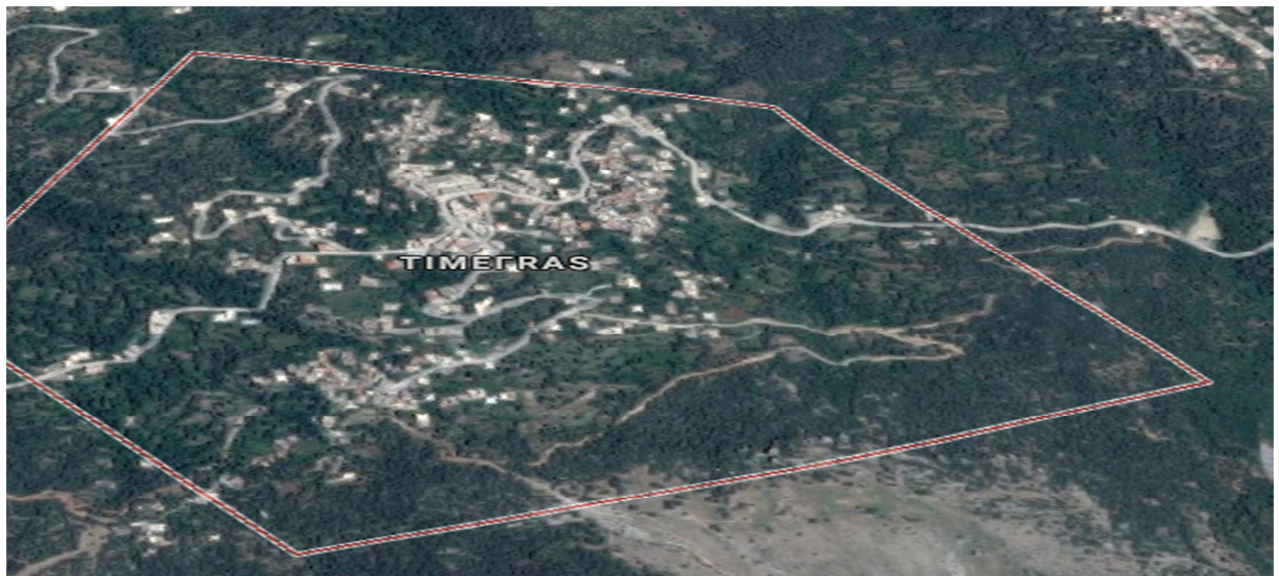


Figure 3 : Localisation dans la source Thala Ainser (www.google maps.com 2017)



Figure 4 : photo de la source Ainsers Ouacif (photo originale, 2017)

❖ Situation topographique

La daïra d'ouacif est située dans une zone de montagne présentant un relief accidenté boisé et située au pied du massif du Djurdjura à l'aval de l'agglomération d'Ait Boumehdi.

Le site urbain de Larbaa des Ouacifs occupe le prolongement de la vallée de l'Oued Assif Larbaa. Cet emplacement est très enclavé par le flanc abrupt des djebels qui descendent vers le Nord faisant ainsi la continuité des massifs montagneux de LALLA KHEDIDJA.

❖ Situation climatique

Le climat de la région est de type méditerranéen subhumide, caractérise par ses étés chauds et ses hivers pluvieux et humides ainsi qu'une fréquente de neige en hiver à partir de 800 mètres d'altitude.

B- Source Thala Kebout, Ouadhias

❖ Situation géographique

La daïra de Ouadhias est située à 35 Km au Sud de Tizi Ouzou sur une superficie 139,5400 Km² avec une population 55377 habitats (hab).

Elle est composée de quatre communes :

- Agouni Guehrane ;
- Ait Bouadou ;
- Tizi N'Tleta ;
- Ouadhias.

Elle est limitée comme suit :

- A l'est par la commune d'Ouacif et Ait Toudert ;
- A l'ouest par les communes de Tizi N'Tleta et Ait Bouadou ;
- Au Sud par la commune d'Agouni Gueghrane et le massif du Djurdjura ;
- Au Nord par la daïra de Beni Douala dont la commune d'Ait Mahmoud.

Les figures 5 et 6 présentent les photos de la source Thala Kebout :



Figure 5 : Localisation dans la source Thala Kebout (www.google maps.com 2017)



Figure 6: photo de la source Ainser Kebout (photo originelle, 2017)

❖ Situation topographique

Constituée de collines faisant partie du massif central de Kabylie d'altitude moyenne de 300 m à 600 m , ou s'éparpiller de crête en crête de gros villages qui représentent en partie les origines de la population de la zone de Ouadhias , tel que Ighil Imoula , Ait Abdelmouméne, Taguemounte El Djedid et les villages d'Iouadhiène.

❖ Situation climatique

La région jouit d'un climat méditerranéen de type subhumide caractérisé par ses étés chauds et secs et ses hivers pluvieux et humides ainsi qu'une fréquente chute de neige à partir de 800 m d'altitude.

Les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques d'une eau constituent une base essentielle pour juger de sa qualité, quelle 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.

2- Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté car il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

L'échantillonnage s'est effectué :

- Le 01/03/2017 à 07h30mn pour la source de Thala Ainser, Ouacif ;
- Le 05/03/2017 à 08h30mn pour la source de Thala Kebout, Ouadhias ;
- Le 12/06/2017 à 08h00mn pour la source de Thala Ainser, Ouacif ;
- Le 12/06/2017 à 09h10mn pour la source de Thala Kebout, Ouadhias.

A- Echantillonnage physico-chimique

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.

B- Echantillonnage bactériologique

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.

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.

Présentation du laboratoire de l'ADE

Le laboratoire central de l'ADE, est localisé au niveau de l'unité de Tizi-Ouzou, sa mission est l'autocontrôle, c'est-à-dire contrôler les eaux distribuées sur le plan physico-chimique et bactériologique en se référant aux méthodes normalisées.

3- Matériels et méthodes

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

Tableau 8 : Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.

Paramètres mesurés	Méthode	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 à flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre410)
Sodium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre410)
Fer	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Aluminium	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Matières Organique	Méthode a chaud en milieu acide	/

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 lactosé 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 lactosé à l'acide de sodium à simple et double concentration (milieu de Roth), pour les streptocoques fécaux ;
- ✓ Bouillon lactosé à l'éthyle de violet et à l'acide de sodium (EVA), pour confirmer la présence de streptocoques fécaux (ANNEXE 02).

4-Méthodes d'analyses physicochimiques

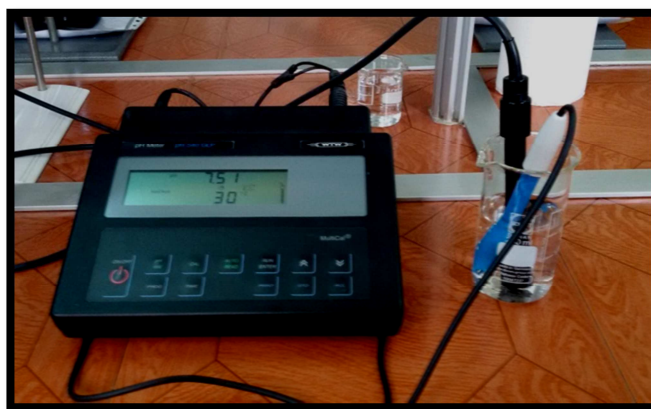
La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et d'éventuels éléments traces. La conductivité, la température et le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.

❖ Mesure de la température

La température de l'eau est mesurée sur site avec un thermomètre précis, gradué au 1/10 de degré, la lecture est faite après une immersion de 10 minutes.

❖ Mesure du potentiel d'hydrogène

La mesure du pH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé. L'électrode a été d'abord étalonnée dans une solution tampon de pH égale à 7 et à 4 puis introduit dans l'eau à analyser.



❖ Mesure de la conductivité

La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration, nature des ions, de la température et la viscosité de la solution. La conductivité d'une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m), est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre (µS/cm).



❖ 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, remplies avec de l'eau à analyser. La mesure est effectuée en laissant l'appareil se stabiliser. Les résultats sont exprimés en unité de turbidité néphélométrique (NTU).



A-Méthode d'analyse de la minéralisation globale

1-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).

2- 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 phénolphthaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO_3^{2-} .

✓ Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de solution phénolphthaléine, une couleur rose doit se développer (Dans le cas contraire le TA est nul).



3- 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 hydrogencarbonates dans l'eau.

✓ Mode opératoire

Dans un erlenmayer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de méthyle orange, on titre ensuite avec l'HCl jusqu'au virage du jaune au jaune orange.



4- 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 éthylène 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 erlenmayer 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.



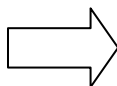
5- Dosage du calcium

✓ 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

Dans un erlenmayer de 250ml, on prélève 10ml d'eau à analyser, on ajoute 0.4ml de solution NaOH et une pincée de murexide, puis on titre par la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au pourpre.



6- Dosage du 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 :

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

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

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

C_{Ca} : teneur en calcium.

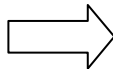
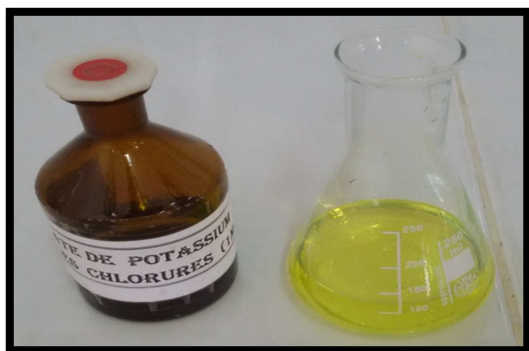
7- Dosage des chlorures (méthode de Mohr)

✓ 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.



8- Dosage du sodium

Peser 2,54g de NaCl, 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, et ça doit afficher « 10 » faire passer ensuite l'échantillon. Si la concentration en sodium dépasse 10 mg/l procéder à la dilution de l'échantillon.

9- Dosage du potassium

Dissoudre 1.907 g de KCl dans un litre d'eau distillée. Cette solution a ainsi une concentration égale à 1000 mg/l de potassium. A partir de cette solution préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l. Faire passer au photomètre à flamme la solution de 10 mg/l trois fois, et ça doit afficher « 10 » faire passer ensuite les échantillons. Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/l procéder à la dilution de l'échantillon.

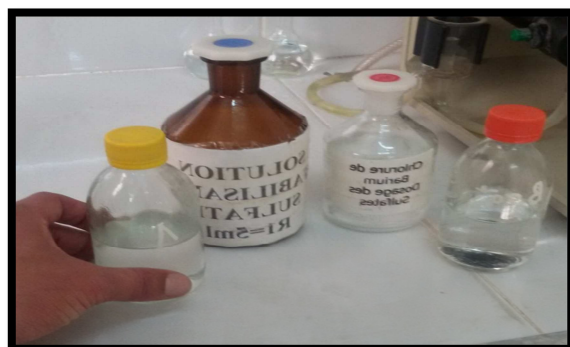
10- Dosage des ions sulfates

✓ 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 1mn, puis passé au spectrophotomètre à $\lambda=420$ nm.



B- Méthode d'analyse des paramètres de pollution

1-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, ajouté 4 ml du réactif coloré et mélangé, il y'aura l'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 $\lambda = 655 \text{ nm}$.



2-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. La lecture est obtenue à 540 nm .

✓ 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 NO_2^- , mesurer l'absorbance de chaque étalon a la longueur d'onde $\lambda = 540 \text{ nm}$.



3- 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 diméthyl -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 spectrophotomètre a une longueur d'onde $\lambda=324\text{nm}$



4- 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, ajouté 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de réactif mélanger dans une fiole, incuber pendant 10 min. L'apparition d'une coloration bleue indique la présence des phosphates. Mesurer l'absorbance a 880 nm.



C-Méthodes d'analyse des éléments indésirable

1- Dosage de fer

✓ Principe

Addition d'une solution de phénantroline-1.10 a une prise d'essai et effectuer la mesure photométrique du complexe rouge- orange à une longueur d'onde de 510 nm. Le complexe fer (phénantroline-1.10 est stable dans l'intervalle de pH de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer.

✓ 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.



2- Dosage de la matière organique

✓ Principe

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

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

✓ Mode opératoire

Mode opératoire

Introduire 25 ml d'échantillon dans un bécher de 100 ml. Ajouter 5 ml d'acide sulfurique et mélanger en agitant doucement. Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition. Ajouter 5 ml de la solution étalon 2 millimoles/l de permanganate de potassium et démarrer le chronomètre et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes. Après 10 min, ajouter à l'aide d'une pipette 5 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 millimoles/l et attendre que la solution se décolore.

Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la coloration rose pale à venir). Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrant de permanganate de potassium 2 millimoles/l jusqu'à une coloration pale persistant environ 30s. Noter le volume V1 de permanganate consommé.

Effectuer parallèlement à la détermination, un essai a blanc en utilisant le même mode opératoire, mai en remplaçant la prise d'essai par 25 ml d'eau distillée. Noter le volume V0 de solution de permanganate consommé.

Au blanc titré, ajouter 5 ml de la solution d'oxalate de sodium 5 millimoles/l. Réchauffer la solution une a deux minutes et titré avec le permanganate 2 millimoles/l jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant 30 s. Noter le volume V2 de solution de permanganate consommé.

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

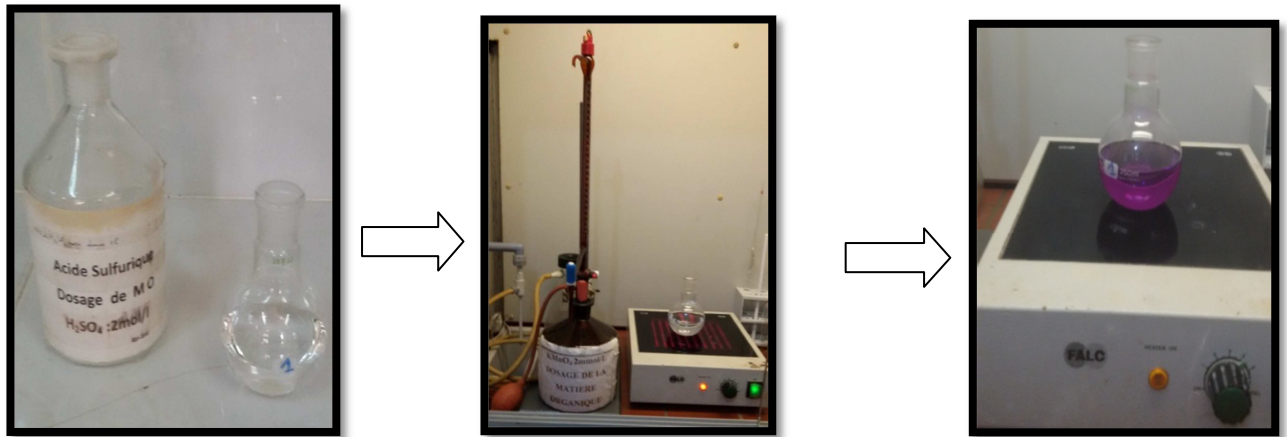
$$IMn = \frac{v1-v0}{v2} * f$$

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

V1 : Volume, en millimètres, 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.



5 -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.

A -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). Se 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. (ANNEXE 01)

Mise en culture

- On prend deux boîtes de pétri stériles et on note sur chaque boîte la date et la température d'incubation ;
- Près d'un bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boîte ;
- On fait couler la gélose TGEA préalablement fondue à 45 °C ;
- On agite doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène;
- On incube une boîte à 37 °C pendant 48 heures et l'autre à 22 °C pendant 72 heures.



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.



B -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 thermotolerants 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 thermotolerants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique de NPP, se fait en deux étapes consécutives (ANNEXE 03) :

❖ 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

On ensemence :

- 05 tubes **de 10 ml** de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 01 tube **de 10 ml** de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 01 tube **de 10 ml** de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures (ANNEXE 01).



❖ Lecture

Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent :

- Un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune ;
- Un dégagement de gaz dans la cloche ;
- Evaluer le nombre de coliformes.

❖ Test confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermotolerants parmi lesquels *E. coli*. La mise en évidence et le dénombrement d'*E. coli* sont effectués 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 24 heures à 44 °C, sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble ;
- Un dégagement gazeux.
- Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E. coli* Après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovac.



➤ 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 obtenus 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 à bouts arrondi stérile, sur la surface d'une plaque de gélose Rapide Coli (RC) préalablement préparé. Cette dernière sera incubée 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.

C - 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 par son action bactériostatique et favorise la culture des streptocoques fécaux.

✓ Mode opératoire

On ensemence :

- 05 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (D/C) avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 01 tube de 10 ml bouillon de Rothe (S/C) avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 01 tube de 10 ml de bouillon de Rothe (S/C) avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- On incube à 37 °C à 48 heures ;
- Les tubes positifs présentent un trouble et sont présumés contenir des entérocoques. Ceux-ci seront obligatoirement soumis au test confirmatif sur bouillon de Litsky (ANNEXE 01).



❖ 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 du 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.



Chapitre II :

Résultats et Interprétations

Les eaux souterraines ont pendant longtemps, été synonymes « eau propre » répondant naturellement aux normes de potabilité. Afin de pouvoir classer l'eau des deux sources en se basant sur la variation des différents paramètres physico-chimiques et bactériologique, nous avons exploité les résultats des analyses réalisées durant deux saisons en 2017.

Les analyses permettent aussi de déterminer la concentration de certaines substances qui rendent ces eaux suspectes ou impropres à la contamination.

1- Les paramètres organoleptiques

➤ Odeur

L'eau étudiée est inodore, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition et de protozoaires.

➤ couleur

L'eau de la source est toujours limpide, ceci indique probablement l'absence des ions métallique fer ferreux (Fe^{2+}) et fer ferrique (Fe^{3+}), qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'eau, voire aussi les divers colloïdes.

2- les paramètres physico-chimiques

➤ le potentiel d'hydrogène (pH)

La figure 7 représente les valeurs du pH pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

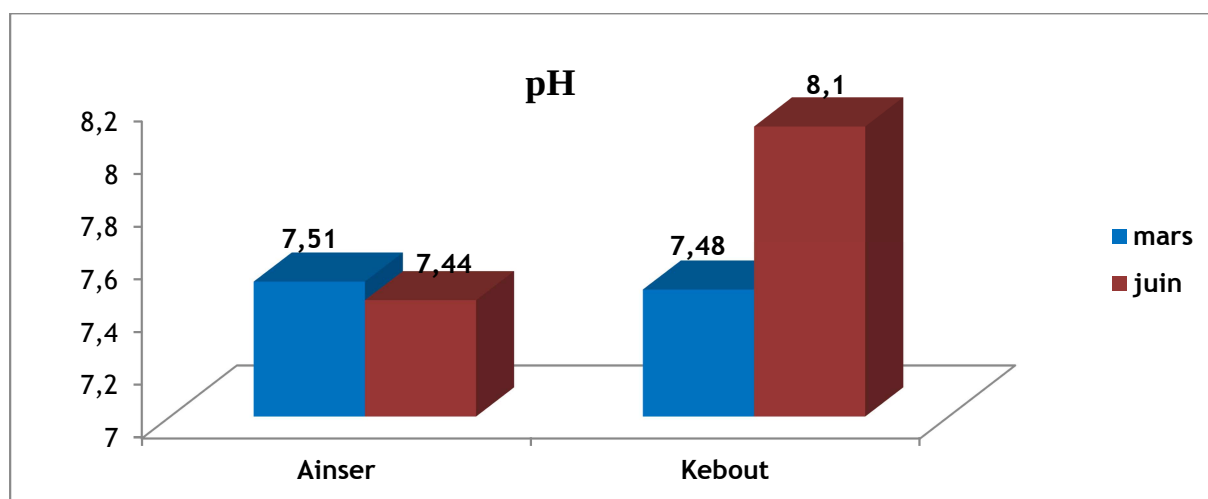


Figure 7 : Valeurs du pH enregistrés dans les deux sources d'eau sur deux périodes.

Le pH de l'eau de la source Ainser est neutre et stable durant les deux périodes, il se situe dans la limite requise pour l'eau de consommation [6,5 – 8,5]. Les valeurs du pH sont

relativement élevées, durant les deux périodes par rapport à la source Kebout ; ce qui explique la nature calcaire de la région (RODIER, 2009). Les valeurs du pH enregistrées en mois de juin sont relativement élevées par rapport à celles du mois de mars ce qui pourrait être liée à la température d'analyse, selon Rodier(1996) toute augmentation de température entraine une augmentation du pH.

➤ La température

La figure 8 représente les valeurs de la température pour les deux sources en deux périodes :

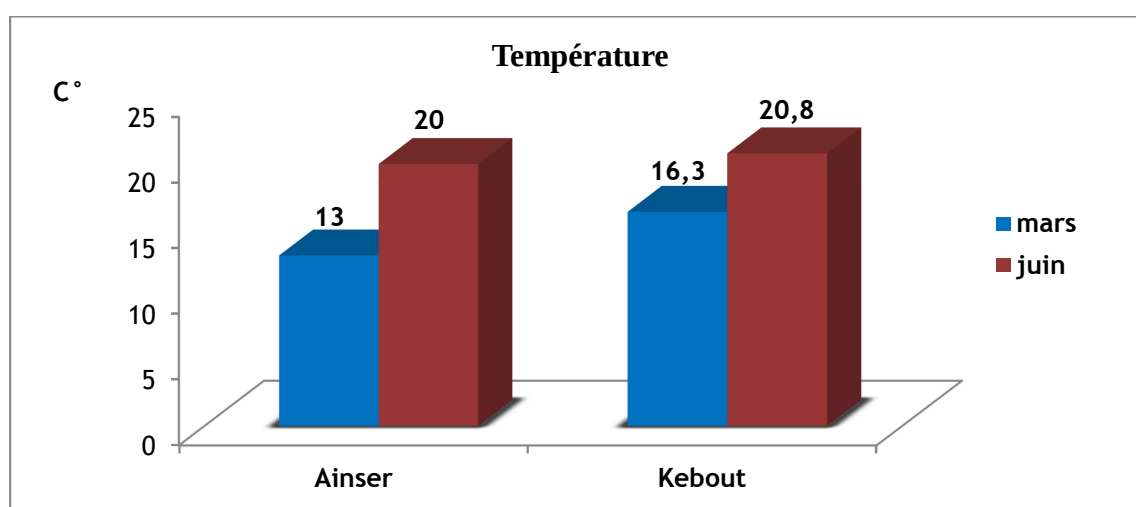


Figure 8 : Valeurs de la température pour les deux sources d'eau sur deux périodes

Nous constatons une variation de la température de l'eau selon la saison ; baisse en mois de mars et régulière en mois de juin, donc la température de l'eau suit celle de l'air.

La figure 8 montre que la température des deux sources varie entre les saisons d'échantillonnage dans un intervalle assez important allant de 13 à 20 °C pour la source Ainsar et de 16,3 à 20,8 °C pour la source Kebout. De telles valeurs sont conformes aux normes fixées par l'O.M.S 1986 (25° C) et aux normes algériennes (30 °C).

➤ La turbidité

La figure 9 représente les valeurs de la turbidité en NTU

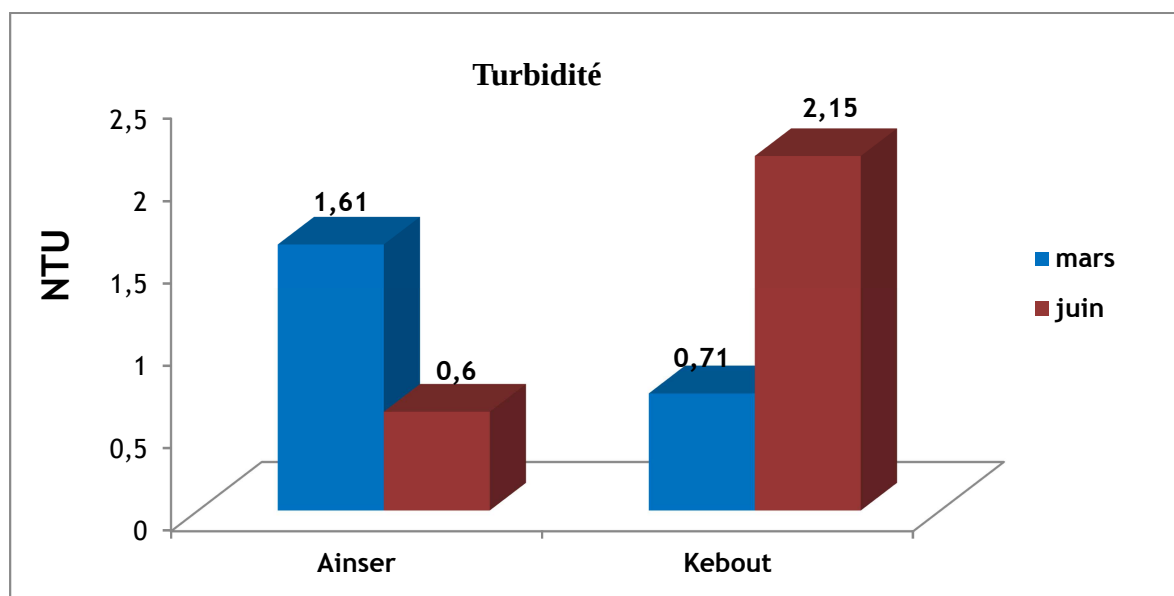


Figure 9 : Valeurs de la turbidité pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau donc elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organismes microscopiques...etc.), selon la norme algérienne qui fixe la turbidité à 5 NTU, l'eau de la source Ainser a une faible turbidité puisque les valeurs varient entre 0,6 -1,61 NTU et cela serait dû à la filtration de l'eau dans le sol, donc se sont des eaux claires (REJSEK, 2002)

Pour la source Kebout nous avons constaté que la turbidité est nettement inférieure au mois de mars (0,71 NTU) par rapport au mois de juin (2,15 NTU) qui peut être en rapport avec l'emplacement géographique de cette source, et aussi que la période de sécheresse qui influence la transparence de l'eau chargée en matière non dissoute.

➤ **La conductivité**

La figure 10 représente les valeurs de la conductivité en ($\mu\text{s}/\text{cm}$) à 25°C , pour les deux sources d'eau sur deux périodes .

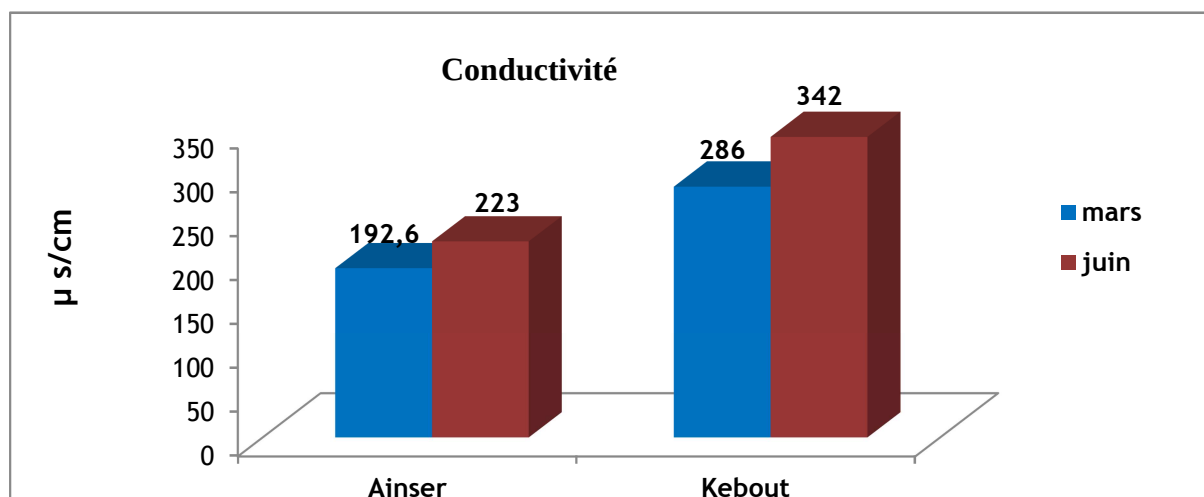


Figure 10 : les valeurs de la conductivité pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

La conductivité dépend de la concentration en substance dissoutes correspond aux substances minérales. Plus l'eau est riche en sel minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. Cette dernière modifie la viscosité de l'eau.

Les valeurs de la conductivité électrique des deux sources enregistrées sont relativement élevées en mois de juin par rapport à celle du mois de mars ce qui est lié à la température qui favorise la stabilité des sels et des gaz et par conséquent la minéralisation de cet eau brute et sa conductivité. Les teneurs de la conductivité relevées pour la source Kebout se situe entre 286 et 342 $\mu\text{s}/\text{cm}$ selon les critères d'appréciation globale de la qualité de l'eau on qualifie ces eaux brutes d'eau à minéralisation moyenne, contrairement à la source Ainser qui est une eau peu minéralisée.

➤ Résidu sec à 105°

La figure 11 représente les résultats enregistrés du Résidu sec de deux sources d'eau sur deux périodes.

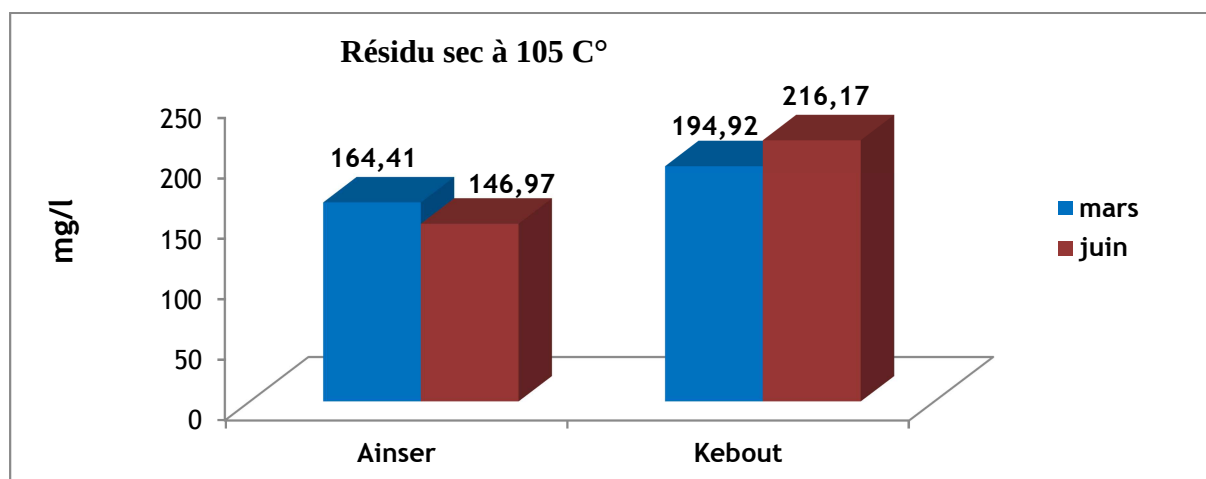


Figure 11: Valeurs des Résidus sec en mg/l pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

Les valeurs de la teneur du résidu sec obtenue sont relativement plus élevée au niveau de la source Kebout par rapport à la source Ainser mais ces valeurs reste inférieure à 500 mg/l ce qui rend ces eaux brutes d'une bonne potabilité (RODIER ,2005).

3- les paramètres de la minéralisation globale

➤ Le calcium (Ca^{2+})

La figure 12 représente les valeurs de la dureté Calcique en mg/l pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

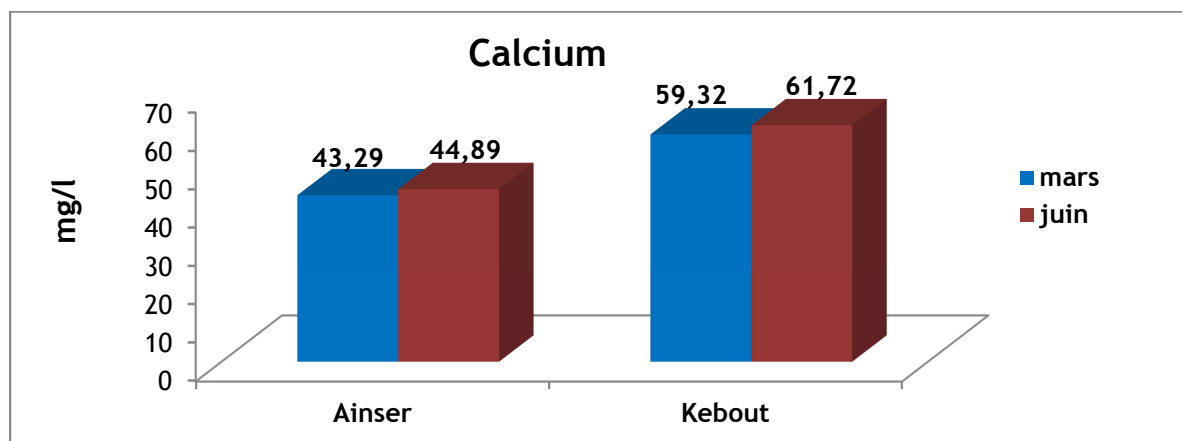


Figure 12 : les valeurs du calcium pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

Les teneurs en Ca^{2+} montrent que les eaux de deux sources présentent une grande stabilité de la concentration en calcium durant les deux périodes.

Les résultats de la détermination du calcium ont montré que les deux sources présentent une dureté calcique inférieure au niveau guide pour les deux périodes d'analyse [200 mg/l].

➤ Magnésium (Mg^{2+})

La figure 13 représente les teneurs en magnésium pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

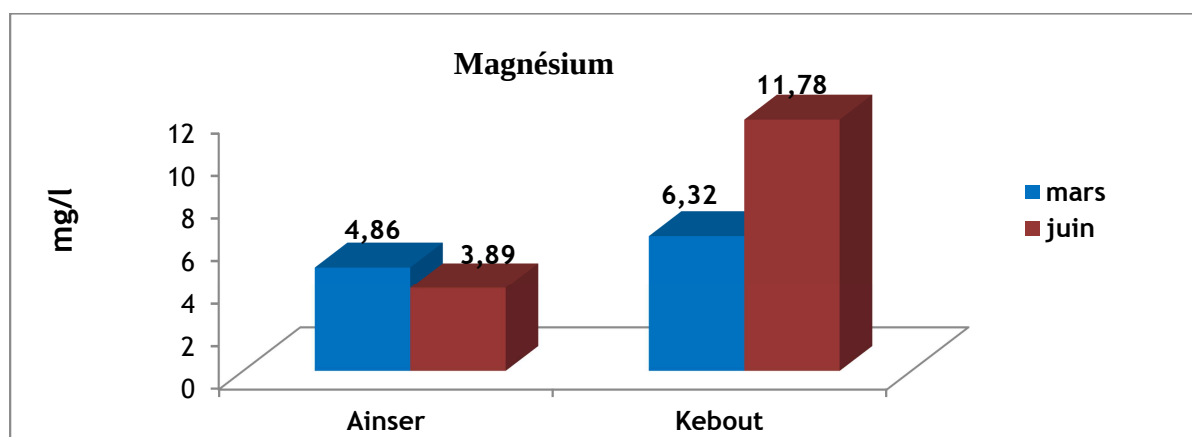


Figure 13 : les valeurs du magnésium pour les deux sources d'eau sur deux périodes

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Les valeurs du magnésium enregistrées pour la source Ainser sur les deux périodes varient entre 3,89 et 4,86. Pour la source Kebout les valeurs enregistrées sur les deux périodes sont comprises entre 6,32 et 11,78. Ces valeurs sont inférieures aux concentrations admissibles recommandées par l'Algérie et l'OMS [30- 150 mg/l], ceci est en rapport avec l'écoulement rapide des eaux de surface et la nature calcaire du terrain traversées. (RODIER, 2005).

➤ Sodium (Na^+)

Le sodium est un élément essentiel pour maintenir l'équilibre d'hydratation du corps. Il est donc indispensable d'en consommer en quantité suffisante. La figure 14 représente les valeurs du Sodium enregistrées pour les deux sources d'eau. Les valeurs de Na^+ enregistrées durant les deux périodes pour les deux sources de montagne sont très pauvres.

Elle présente des teneurs très faibles pour les deux périodes [3 – 6] qui sont aux dessous des concentrations minimales recommandées par l'Algérie et l'OMS [20 – 200 mg/l]. Cette eau brute est recommandée plus pour les sujets hypertendus qui suivent un régime hyposodique.

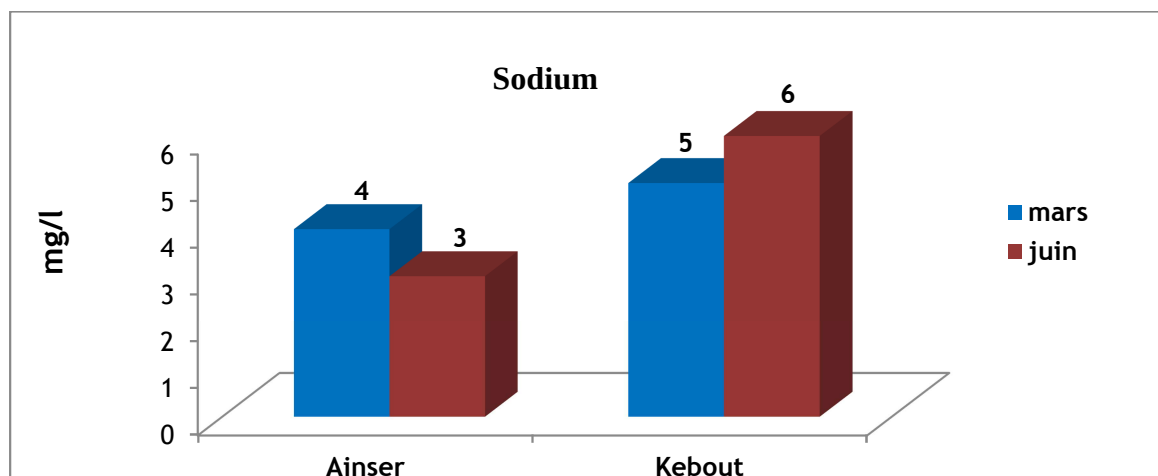


Figure 14 : les valeurs de sodium dans les deux sources d'eau sur deux périodes.

➤ **Potassium (K^+)**

La figure 15 représente les valeurs du potassium en mg/l pour les eaux de source sur deux sources .

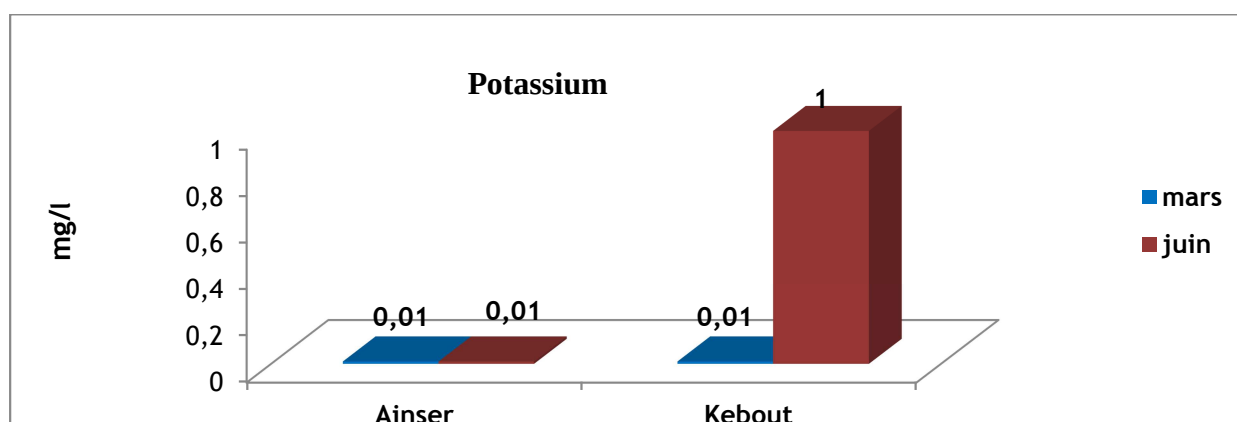


Figure 15 : les valeurs de potassium pour les deux sources d'eau sur deux sources.

L'analyse des eaux de deux sources durant les deux périodes révèle des valeurs très pauvres en K^+ et qui sont au dessous des concentrations minimales admissibles recommandées par l'OMS 10 mg/l.

➤ **Chlorures (Cl^-)**

La figure 16 représente les valeurs du chlorure pour les eaux de source sur deux périodes

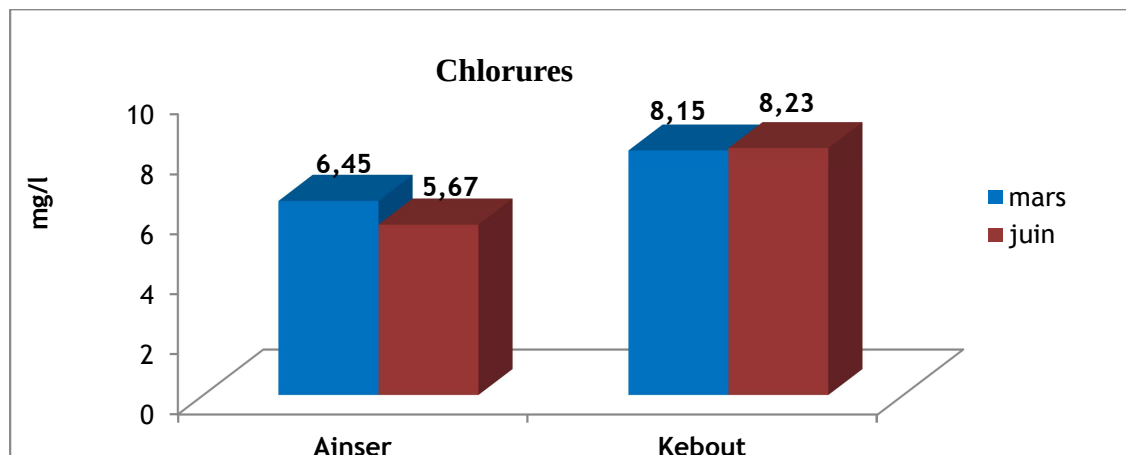


Figure 16 : Valeurs des chlorures pour les deux sources d'eau.

Les chlorures interviennent dans la désinfection de l'eau, les valeurs enregistrées pour les chlorures (figures 14) sont assez stable durant les deux périodes, avec des teneurs très faibles [6 -8,23] au dessous des normes recommandées par l'Algérie [200- 550 mg/l] et l'OMS [25 - 200 mg/l]. Ces teneurs sont en relation avec la nature du terrain traversé de l'eau infiltré et le court temps de contact avec les roches. Ces deux sources sont pauvres en chlorures (REJESK, 2002).

➤ **Le sulfate (SO_4^{2-})**

Les résultats de dosage des sulfates sont représentés dans la figure 17.

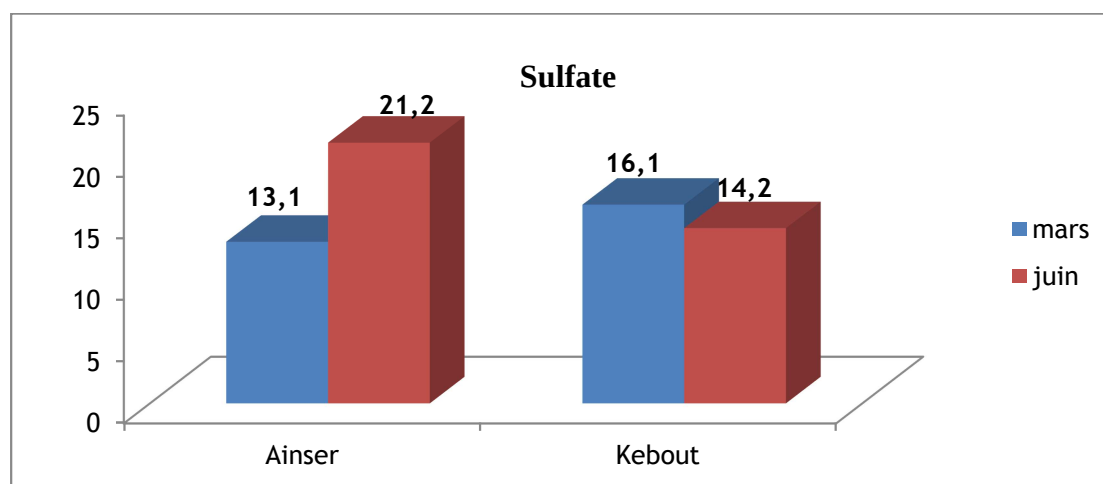


Figure 17: Concentration en sulfates pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

Les résultats d'analyse montrent des teneurs en sulfate très faible, qui varient entre 13,1 et 21,2. Ces valeurs sont inférieures à la valeur guide, recommandée par l'Algérie pour l'eau potable [200 – 400 mg/l].

➤ Les bicarbonates (HCO_3^-)

La figure 18 représente les valeurs des Bicarbonates en mg/l enregistrées pour les deux sources sur deux périodes :

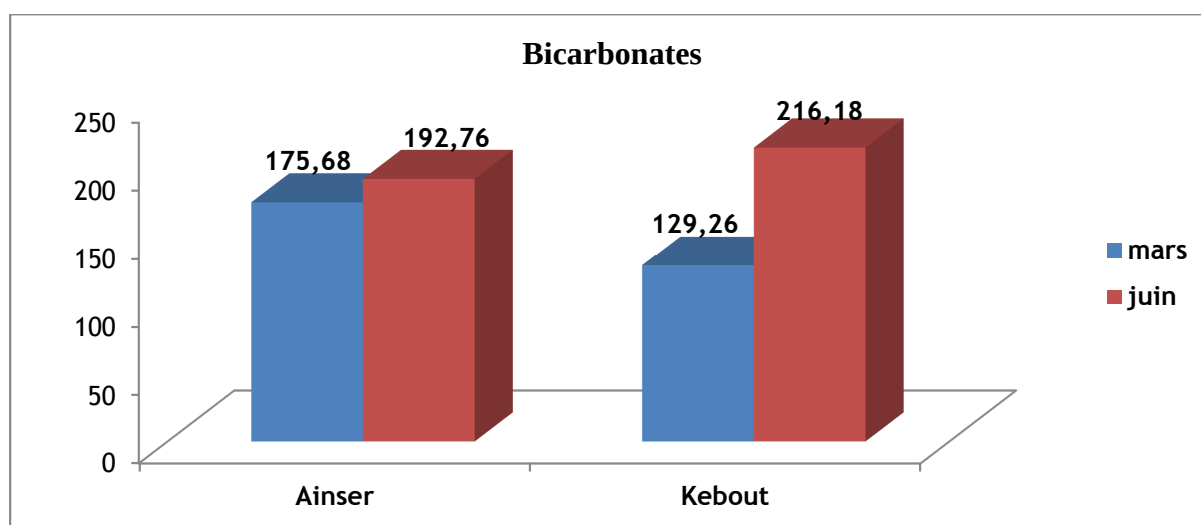


Figure 18 : Valeur des teneurs en carbonates pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

La présence de bicarbonate dans l'eau dépend de plusieurs paramètres tel que le pH, la température. Les teneurs en bicarbonate de deux sources sont relativement stable durant les deux périodes, et les valeurs enregistrées au niveau de la source Kebout sont relativement plus élevées que celle de la source Ainser, cela dépend du terrain traversé et sur tout du pH qui est alcalin dans la source Kebout.

Les bicarbonates n'ont aucun effet sur la santé, il n'y a pas de valeur limite.

➤ 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, 2009).

La figure 19 représente l'histogramme des valeurs de la dureté totale en mg/l CaCO_3 :

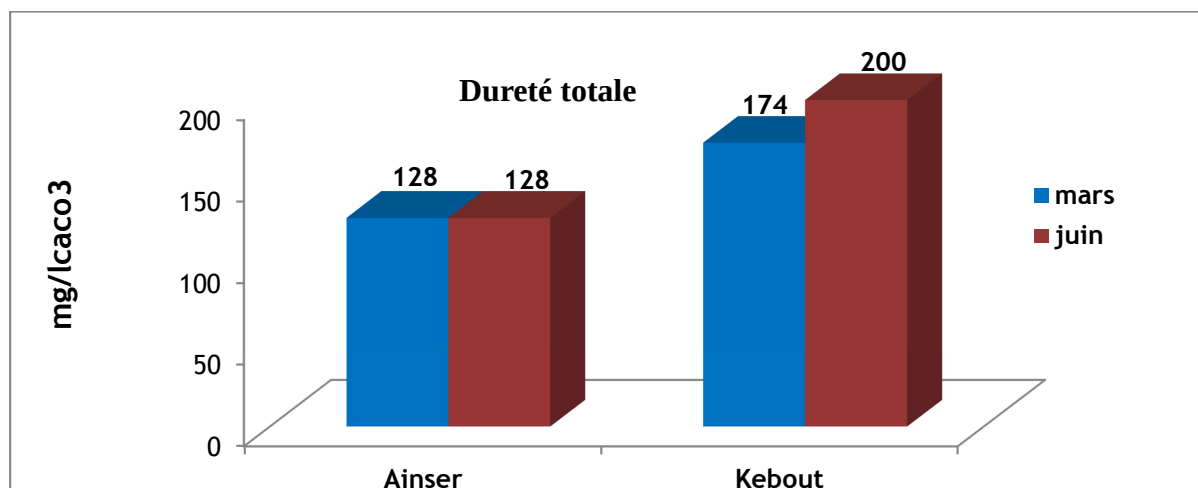


Figure 19 : Valeurs de la dureté totale pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

La dureté totale est définie par la présence des ions de Co_3^{2-} , et Mg^{++} dans l'eau.

Les valeurs enregistrées pour la source Ainser (128 mg/l CaCO_3) et la source Kebout 174,200 mg/l CaCO_3 qualifient l'eau brute de bonne en moyennement douce, selon les normes indiquées par la réglementation Algérienne de [200- 550mg /l].

4- Les paramètres indésirables

➤ Le fer (Fe^{2+})

La figure 20 représente les valeurs du Fer en mg/l pour les deux sources sur deux périodes :



Figure 20 : Valeurs du Fer pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

Le fer est un élément de croute terrestre sa présence dépend des conditions physiques et hydrologiques. Les valeurs enregistrées pour les deux sources sont stables et inférieures à 0,1 ce qui correspond à une eau de bonne qualité et ceci élimine les désagréments qui peut induire cet élément.

5- les paramètres de pollution

➤ L'ammonium (NH_4^+) et Les nitrites (NO_2^-)

La figure 21 représente les valeurs de l'ammonium et les nitrites de deux sources sur deux périodes.

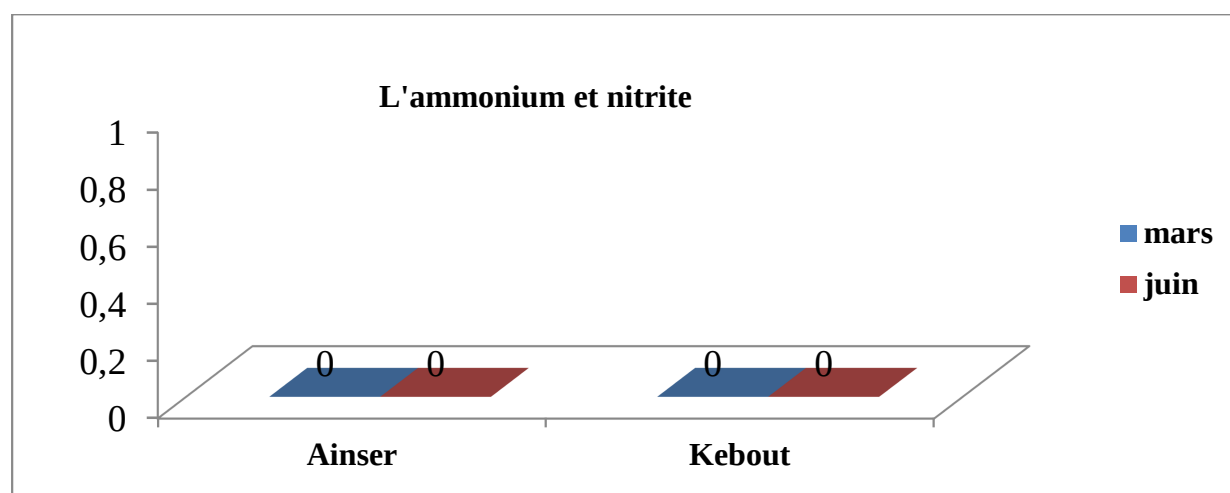


Figure 21 les valeurs de l'ammonium et nitrite pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

Les résultats des analyses ont révélé l'absence d'ammonium et de nitrate dans les deux sources et durant les deux périodes.

➤ Les nitrates (NO_3^-)

La figure 22 représente les valeurs de nitrate de deux sources sur deux périodes:

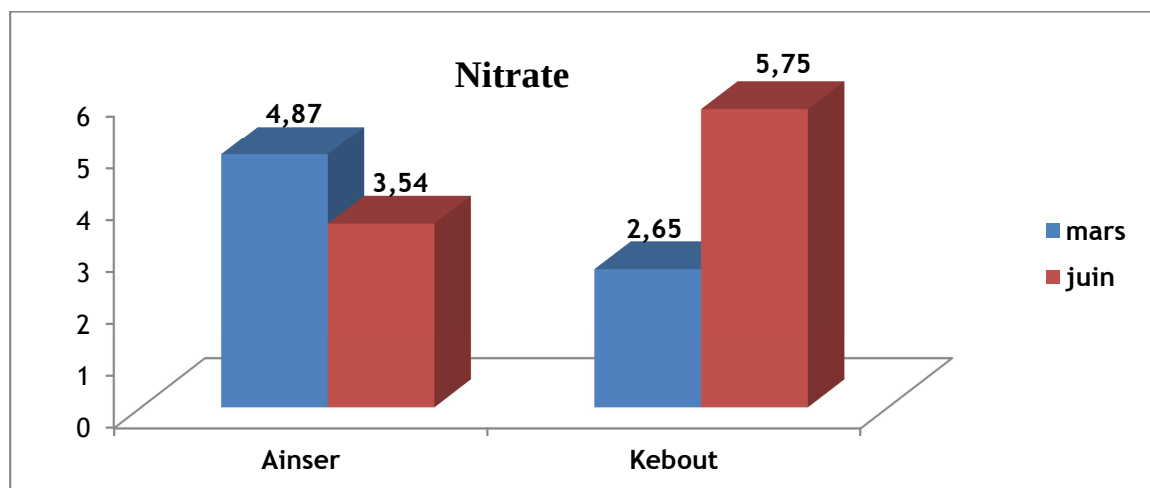


Figure 22 : valeurs de nitrates pour les deux sources d'eau sur deux périodes.

Les valeurs des nitrates enregistrées pour les nitrates pour les deux sources sont de loin inférieures aux valeurs minimales admissibles des eaux potables recommandées par l'Algérie [25-50 mg/l], ce qui signifie que ces deux sources sont bien entretenues et protégées.

➤ les phosphates (PO_4^{3-})

La figure 23 représente les valeurs de phosphate de deux sources sur deux périodes .

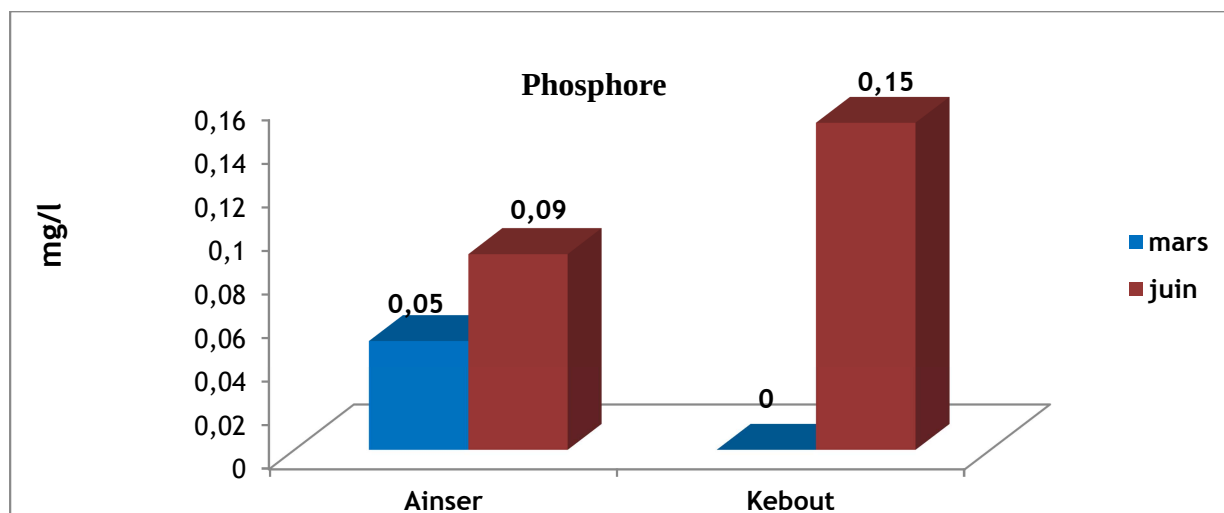


Figure 23 : valeurs de phosphore pour les deux sources d'eau.

Des teneurs supérieures à 0,05 mg doivent constituer un indice de pollution ce n'est pas le cas pour nos eaux brutes analysées, ou nous avons constaté une teneur comprise entre

[0.05- 0.15mg/l] qui reste largement inférieur aux normes prescrite par la réglementation algérienne qui fixent une valeur maximal admissible de 0,5 mg/l.

❖ les matières organiques

La figure 24 représente les valeurs de la matière organique de deux sources sur deux périodes :

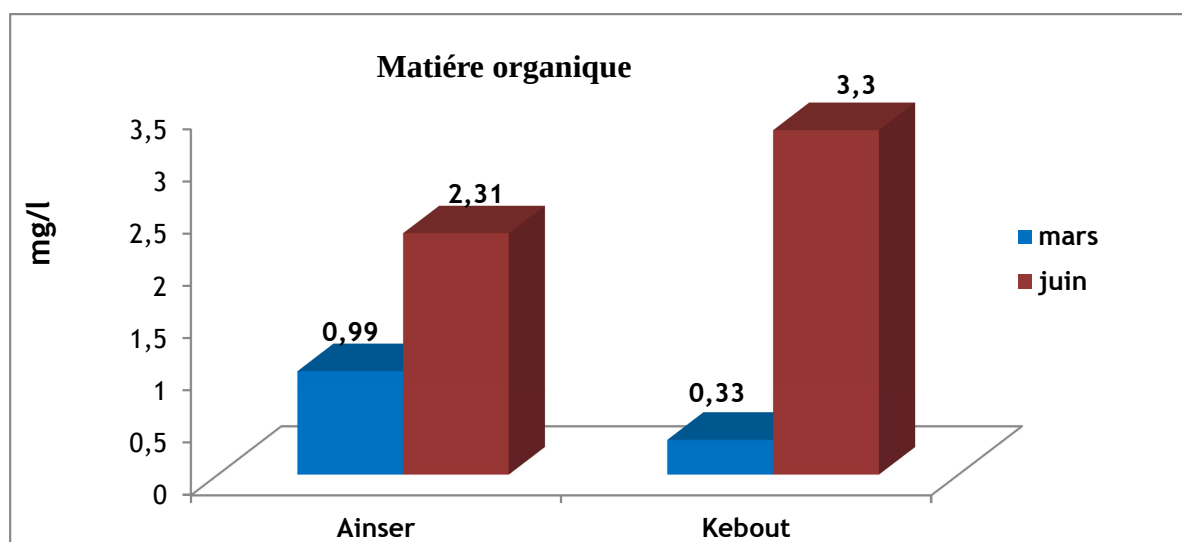


Figure 22 : Valeurs de la matière organique pour les deux sources d'eau sur deux périodes

Les valeurs enregistrées de la matière organique sont inférieure à 10 mg/l pour les deux sources aux mois de mars ; par contre nous avons noté une augmentation des valeurs au cours du mois de juin qui témoigne une contamination microbienne ou autre.

Conclusion

Les résultats d'analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux de deux sources, nous ont permis de conclure que la situation géographique de ces dernières peut avoir une influence sur les teneurs des éléments constitutifs de l'eau. Ceci pourrait être du à la géologie du sol.

6- Interprétation des résultats bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'ADE, et consistent en recherche des germes, Coliformes totaux, fécaux et des Streptocoques fécaux. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 9: Résultats des analyses bactériologique des deux sources d'eau.

Germes	Source Ainser		Source Kebout		Norme algérienne
	Mars	juin	Mars	juin	
Coliformes totaux (c/100ml)	02	14	240	1100	50
E. Coli (c/100ml)	00	00	12	240	20
Streptocoques fécaux (c/100ml)	00	00	96	150	20
Germe totaux ;					
A 37 °C (c/ml)	<01	/	250	/	10
A 22 °C (c/ml)	250	/	>300	/	100

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 d'analyse bactériologiques effectuées sur les eaux de la source Ainser montre qu'une période de pluie pourra drainer des microorganismes et provoque une augmentation des germes dans l'eau, mais ce nombre s'anéantit par la suite. Ce nombre de germes totaux révélé a 22°C à 250 UFC/ml qui est inférieur à 1 mg/ml à 37 °C nous permet de la classer selon les critères de pureté de l'OMS 2006 en eau pure.

Pour la source Kebout les valeurs enregistrées dépassent la norme qui est supérieur à 300 germes /ml à 22 C° et dépasse aussi la norme qui est supérieur à 250 germes/ml à 37) °C.

Le tableau suivant représente les critères de pureté de l'eau :

Tableau 10 : critères de pureté de l'eau (OMS, 2006)

Nombre de germes par ml d'eau	Qualité de l'eau
0-10	Exclusivement pure
10-100	Très pure
100-1000	Pure
100-10 000	Médiocre
10 000-100 000	Impure
Supérieur à 100 000	Très impure

Les coliformes totaux retrouvés au niveaux de la source Ainser varient entre (2-14 c/100ml), mais qui reste inférieure aux normes prescrites par la réglementation algérienne qui est inférieure 50 c /100 ml.

Nous avons constaté l'absence totale d'*E. Coli* ; de streptocoque qui témoigne, l'absence de contamination fécale, donc l'eau de la source Ainser est pure et bonne pour la consommation.

Les résultats de différentes analyses bactériologiques effectuées sur les eaux de la source Kebout durant les deux périodes d'analyses indiquent la présence simultanée de tous les germes et les bactéries recherchés et présentent une flore totale très abondante qui s'accroît en période chaude (mois de juin).

La présence de ce nombre important de germe et de bactérie pathogène (*E. Coli* ; streptocoque) est un indicateur de contamination fécale qui pourrait être causé par les matières végétales ou pollution urbaine ou domestique.

Donc l'eau de la source Kebout est impropre à la consommation et présente un danger sur la santé publique. Cette eau est polluée et non potable.

Conclusion

Les Coliformes totaux parmi lesquels *E. coli*, représentent approximativement 10 % des micro-organismes intestinaux humains et animaux ils sont considérés comme étant des organismes indicateurs de pollution.

La forte charge en bactéries et germes pathogènes pour l'eau de source de Kebout peut s'expliquer par :

- L'absence du périmètre de protection ;
- Les matières végétales ou une pollution biologique d'origine urbaine ou domestique (les eaux usées) ;
- L'élévation de température qui favorise la croissance des microorganismes.

La qualité bactériologique de cette eau est impure, avec une présence d'une contamination fécale importante, ce qui fait que cette source est impropre à la consommation, et représente un danger sur la santé des habitants.

Les résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur les eaux de sources Ainser répond aux normes recommandées, car tous les contrôles sont satisfaisants, ceci est du essentiellement à la situation géographiques de cette source .Ces résultats nous laisse dire que l'eau de la source Ainser est de qualité bactériologique saine donc potable.

Conclusion Générale

Conclusion

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

Notre étude porte sur l'évaluation de la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique des eaux de deux sources dans des régions différentes : Ainser et Kebout situées dans la wilaya de Tizi-Ouzou destinées à la consommation humaine.

Les différents résultats nous ont permis de conclure que :

- ✓ Sur le plan physico-chimique l'eau de la source Kebout est une eau qui présente une minéralisation élevée comparée à l'eau de la source Ainser. Ce qui se traduit, d'ailleurs, par une plus forte présence de résidus secs ;
- ✓ L'eau de la source Kebout est plus dure que l'eau de la source Ainser mais toutes les deux sont pures en magnésium et la teneur de ce dernier se situe au-dessous des normes fixées par l'O.M.S ;
- ✓ Sur le plan pollution organique, les deux sources ne présentent ni pollution ammoniacale ni pollution nitrrique ;
- ✓ L'analyse bactériologique a permis de montrer que la source Ainser est de bonne qualité, en revanche l'eau de la source Kebout est une eau de mauvaise qualité due à la présence des coliformes, streptocoques, E. Coli. et les germes ;

La forte prolifération des microorganismes dans l'eau de la source Kebout indique la vulnérabilité de cette dernière et le manque de protection, de fait qu'elle soit proche des habitations et des rejets domestiques. Cette dégradation affecte la qualité de l'eau, par conséquent, la santé des consommateurs.

Pour préserver les eaux des sources nous recommandons :

- ✓ La conception et la mise en œuvre d'un programme de surveillance de la qualité et de l'assurance de la conformité ;
- ✓ De sensibiliser les populations contre les eaux non-contrôlées et leur expliquer les risques éventuels ;
- ✓ D'organiser des unités de contrôle pour la totalité des eaux consommées par les populations ;
- ✓ D'améliorer les réseaux d'évacuation des eaux usées ;
- ✓ De mettre les canalisations en PVC.

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

Références Bibliographiques

« A »

Anonyme., 2002. Cahier technique de stage XXI Normes de qualité d'une eau de boisson. ADE de Tizi-Ouzou (2002).

C.I.E. (2005). Centre d'information sur l'eau disponible sur internet:www.Cieau.com.

Anonyme., 2006. OMS. Organisation Mondiale de la santé. Directives de qualité pour l'eau de boisson. (2006).

ANDRE C et CLANDE T., 1993. Elément d'hydrologie : 1^{ère} Ed, Revue et corrigée.

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-Bouzguene » Mémoire de master protection de l'environnement Faculté des Sciences biologiques et des Sciences agronomiques UMMTO.70p.

AROUYA K., 2011. Pollution des eaux. Edition universitaires européennes, p 26-27.

« B »

BAHIR M et MENNANI A., 2002. Problématique de la gestion des eaux souterraines au Maroc. Estudios, Edition Maroc. 104p.

BERNARD C., 2007. Introduction a l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar. llc. 382p

BELLAN G et PERES J., 1994. La pollution des mers.3^{ème} Edition, presses universitaires de France, collection que sais-je ? 127p.

BEAUCHAMPS J., (2006). Qualité et pollution des eaux souterraines, l'université de Picardie Jules V^{ème}. Thèse de doctorat. 335 p.

BONNIN J., 1982. Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles. P : (23-33).

BOURGEOIS C.M., MESCLE J. Fet ZUCCA J., 1991. Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1 .Edition: Lavoisier .Tec et Doc .Pp: 260- 261.

BOUZIANI M., (2000). L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. Ibn Khaldoun. Algerie.195p.

BRISOU J et DENIS F., 1978. Hygiène de l'environnement maritime. Edition Masson, Paris,197p.

« C »

CHERY L., (2006). La qualité des eaux souterraines : Méthode de caractérisation des états de référence des aquifères français. Edition brgm. Paris. 238p

CHOCAT B., 1997. Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement : Edition Tehnique et Documentation, Paris.1136p.

COLAS R., 1976. La pollution des eaux .collection que sais-je P.U.F 4^{ème} édition.253p.

COLLIN J., 2004.les eaux souterraines, connaissances et gestion. Edition BRGM,HERMANN, Editeurs des sciences et des arts. p (01-150).

« D »

DEFRANCESCHI M., 1996. L'eau dans tous ses états. Edition Marketing S.A, Paris.365p.

DEGREMONT., 1989. Mémento technique de l'eau Tome I et II : Edition, Cinquantaire, Paris. 137p.

DEGREMONT., 1989. . Mémento technique de l'eau, 2^{ème} édition. Lavoisier. Tec et Doc.592p.

DEGREMONT., 2005. Mémento technique de l'eau. Tome I. 10^{ème} édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris. 105p.

DELARRAS C. ,2003. Surveillance Sanitaire et Microbiologique des Eaux : Réglementation. Prélèvement., Analyse 225p.

DESJARDINS., 1997. Le traitement des eaux 2^{ème} Edition de l'école polytechnique de Montréal. ISBN 978-2-553-00643-2. 304p.

« F »

FOLIGUET J., 1982. Journal water research.1982.

« G »

GENOUTDET., 2001. L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale. 100P

GOMELLA G et GUERREE H., 1980. Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Tome 1:La distribution.3^{ème} édition Eyrolles. Pp21-22.

Références Bibliographiques

GAUJOU D. (1995). La pollution des milieux aquatiques. Aide –mémoire. 2^{ème} édition. Tec et Doc. Lavoisier, Paris. 220p.

« H »

HASLAY C. et LECELER H., 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Tec et Doc .Lavoisier . Paris : Pp101-107.

« K »

KEMMER F., 1984. Manuelle de l'eau .Edition : Lavoisier technique et documentation. Lavoisier, Paris Pp: 95- 96-112.

KENNETH.M., 1976. Biologie de la pollution. Librairie Vuibert. Paris. 132p.

« L »

LUNC J et LAGRADETTE M., 2004. L'eau potable et l'assainissement. Edition Johannes. Paris. 48p.

«M »

MARSILY G., 1995. L'eau. Collection Dominos, Edition: Flammarion .128p

MERCIER J. ,2000. Le grand livre de l'eau. Edition: La reconnaissance du livre. Renaissance Du Livre. P 91.

«P»

PERRY J., 1984. Microbiologie : cours et question de révision. Edition Dunod. Paris. 880p

PFOHL A et LSZKOWICZ., (1999). Schwartzbrod. Institution. Faculté de pharmacie Nancy France. Source. 87p.

PESSON P., et al., 1978, la pollution des eaux continentales. Edition Bordas Paris, p197

«R»

RAMADE F., 1981. Ecologie des ressources naturelles. Ecologie appliquée et sciences de l'environnement 4^{ème} Edition. MASSON. 322p.

RAMADE F., 1992. Précis d'écologie. Edition. Ediscience internationale. 300p.

RAMADE F., 2005. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Edition. Ediscience international. Paris, France.

Références Bibliographiques

REJESK F., 2002. Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Série sciences et techniques de l'environnement. Edition Scérén.360p.

REJESK F., 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollution :Edition MASSON.

RODIER J., 1999. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 7^{ème} édition: Dunod, Paris. .1381p .

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

RODIER J., 1996. L'analyse de l'eau, eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer. Édition DUNOD, Paris. 1383p

RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et BRUNET R., (2009). L'analyse d'eau. 9^{ème} Edition Dunod, Paris. 1526 p

« S »

SATIN M. et SELMI B., 1999. Guide technique de l'assainissement. 2^{ème} édition: Moniteur. 75p.

SAMAKE H., 2002. Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001. Thèse de doctorat .Mali.77 p.

SARI H., 2014.Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen).mémoire de Master. Université ABOU-BEKR BELKAID Tlemcen. Sciences des aliments. P 92.

«T»

TARDAT., 1992.Chimie des eaux .Ed Le griffon d'argile.536p.

«V »

VILAGINES R., 2000. Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. Edition: Tec et Doc. Lavoisier. 198 p.

VILAGINES R., 2003. Eau, environnement et santé publique : introduction a l'hydrogéologie. 2^{ème} édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris. P 3-187.

VALIRON F., 1989. Gestion des eaux : alimentation en eau, assainissement. Edition PENPC (presses de l'école nationale des ponts et chaussées).506p.

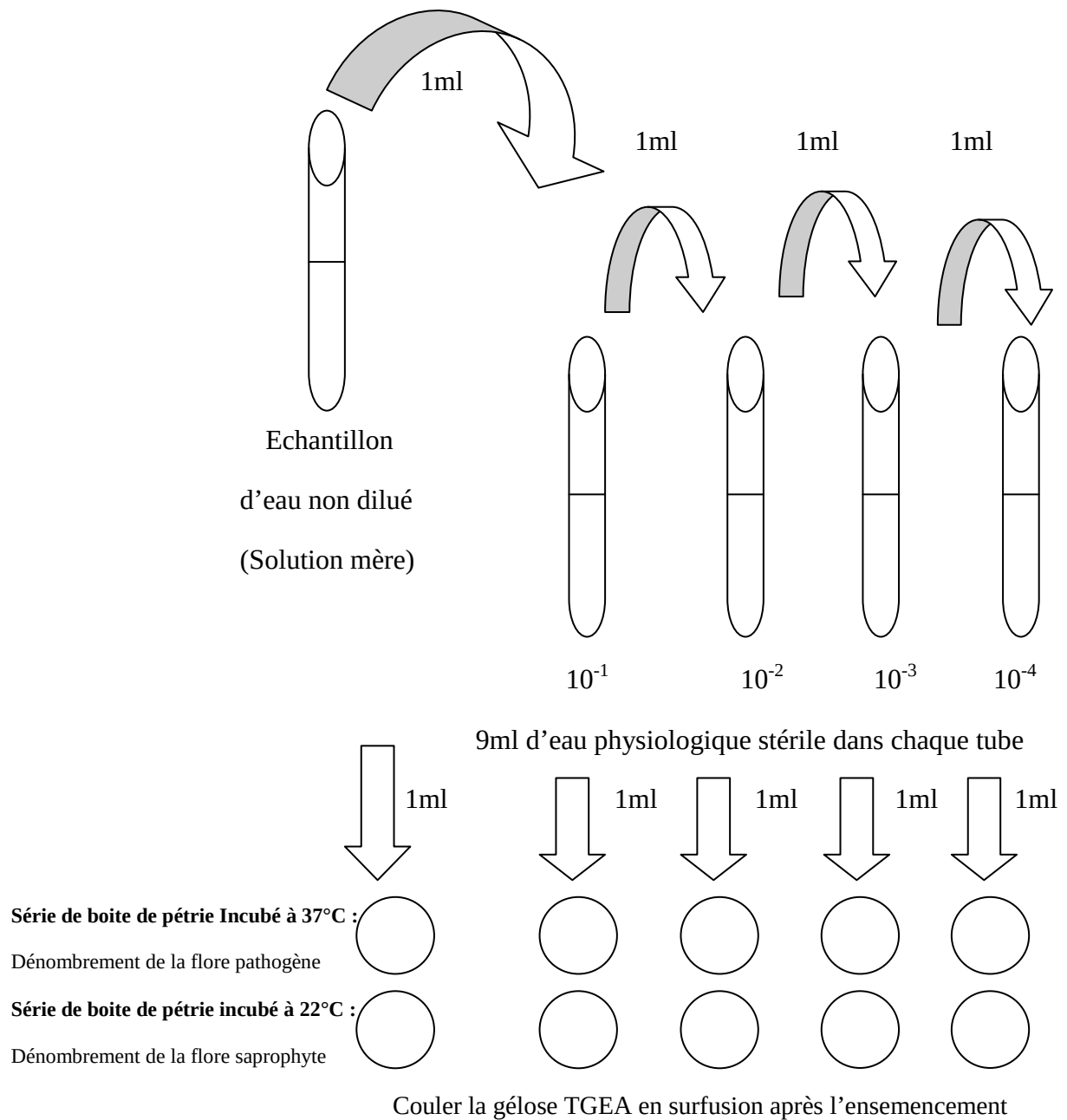
« W »

[www.traitement –eau.ooreka.fr](http://www.traitement-eau.ooreka.fr).

[www.les agent de l'eau.fr](http://www.les-agent-de-l'eau.fr)

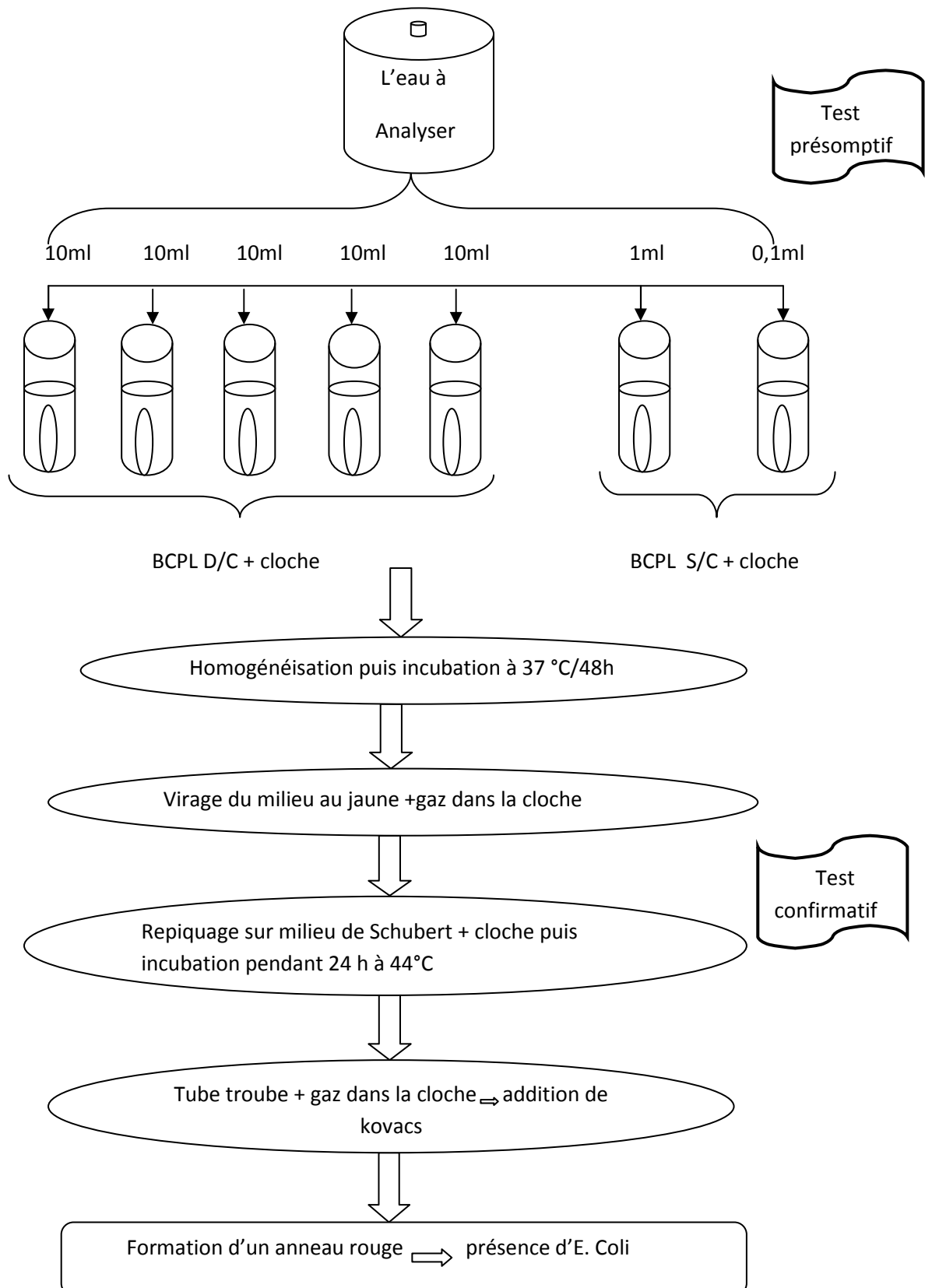
[www.article.eau-Final](http://www.article.eau-final) (introduction aux thématiques de l'eau).

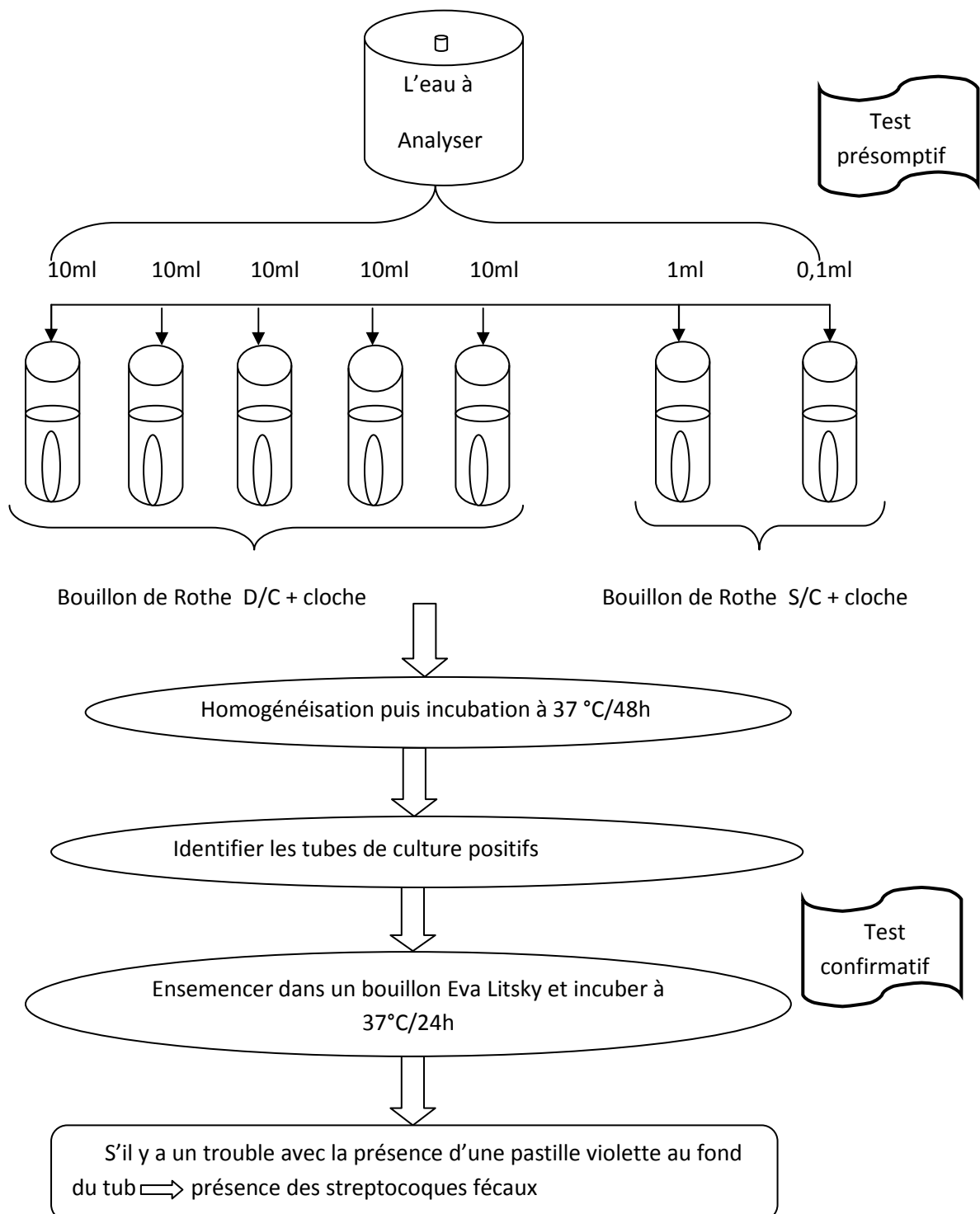
Annexes

Annexe N°01 : Schémas des modes opératoires bactériologiques**A- Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiâbles à 22°C et 37°C**

B- Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes

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



C- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Annexe N°02 : Composition des milieux de cultures**A- Tryptophane Glucose Extrait d'Agar (TGEA)**

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

B- 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 10 min

C- Bouillon lactosé au propre de Bromocresol (BCPL)**1- Double concentration**

Extrait de viande de bœuf	6g
Peptone	10g
lactose	10g
Pourpre au bromocresol	0,06g
Eau distillée	1000ml
ph	6,7
autoclavage	120°C/min

2- Simple concentration

Extrait de viande de boeuf	3g
Peptone	5g
lactose	5g
Pourpre au bromocresol	0,03g
Eau distillée	1000ml
pH	6,7
Autoclavage	120°C/min

D- Milieu rapide coli (RC)

En gramme par litre d'eau distillée

Peptone bactériologique	3,0g
Chlorure de sodium	5,0g
Tampon phosphaté	4,9g
Pyruvate solide	1,0g
tryptophane	1,0g
sorbitol	1,0g
Mélange chromogénique	0,36g
Tergitol 17agar bactériologique	0,1g
pHfinal 25°C	10g

E- Bouillon lactosé à l'azide de sodium : milieu Rothe**1- Double concentration**

Peptone	40g
glucose	10g
Chlorure de sodium	10g
Phosphate bi potassique	5,4g
Phosphate mono potassique	5,4g
Azide de sodium	0,4g
Eau distillée	1000ml
pH	6,8- 7
Autoclavage	121°C pendant 15mn

2- Simple concentration

Peptone	20g
glucose	5g
Chlorure de sodium	5g
Phosphate bi potassique	2,7g
Phosphate mono potassique	2,7g
Eau distillée	1000ml

PH	6,8 – 7
autoclavage	121°C pendant 15 min
F- Bouillon lactosé à l'ethyle violet et azide de sodium :milieu litsky	
Tryptone	20g
Glucose	5g
Chlorure de sodium	5g
Phosphate bi potassique	2,7g
Phosphate mono potassique	2,7g
Azide de sodium	3g
Ethyle violet	0,0005g
Eau distillée	1000ml
pH	6,8- 7
Autoclavage	121°C pendant 15min

ANNEXE N°03: Table MAC CREDY

Nombre le plus probable et intervalle de confiance 5-1-1

dans le cas du système d'ensemencement

Nombre de tube donnant une réaction positif sur			N.P.P dans 100ml	Limite de confiance a 95 %	
5 tubes de 10ml	1 tube de 1ml	1 tube de 0,1 ml		Limite inferieur	Limite supérieur
0	0	0	2	0	5,9
0	1	0	2	0,050	13
1	0	0	2,2	0,050	13
1	1	0	4,4	0,52	14
2	0	0	5	0,54	19
2	1	0	7,6	1,5	19
3	0	0	8,8	1,6	29
3	1	0	12	3,1	30
4	0	0	15	3,3	46
4	0	1	20	5,9	48
4	1	0	21	6,0	53
5	0	0	38	6,4	330
5	0	1	96	12	370
5	1	0	240	12	3700