

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences biologiques et des sciences
Agronomiques



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de

Master II

Spécialité : Traitement et valorisation des ressources hydriques

Thème

Caractérisation et Valorisation de quatre Sources (Thalla Sahmi, Thalla Boughras, La Fontaine Fraîche, Thalla Tizi Tghidet) des régions de Yakouren et d'Azazga comparé avec l'eau minérale de Lalla Khadîdja.

Réalisé par : M^{elle} Hamoudi Zahia

M^{elle} Sahnoun Zahia

Présenté devant le jury :

Président : M^r BOUDJEMAA S.MAA à l'UMMTO

Promotrice: M^{me} LOUNI D. MAA à l'UMMTO

Co- promoteur: M^r RAHMOUNE Md A.MAA à l'UMMTO

Examineurs: M^{elle} ABDELLAOUI K.MAA à l'UMMTO

M^r BERADJ O. MAA à l'UMMTO

Invité: M^r HADDADI N. INGÉNIEUR DE LABORATOIRE TAKSEBT (SEAAL).

Promotion 2015-2016

Remerciements

Au terme de notre travail, nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères Au bon Dieu pour la patience et la santé qui nous ont été utiles tout au long de notre parcours.

Il nous est agréable de remercier notre promotrice Mme Louni D et notre Co-promoteur Mr Rahmoune Md. A pour nous avoir assuré l'encadrement et le temps qu'ils nous ont consacré, à la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également Mr Boudjmaa qui a bien voulu présider le jury ainsi que Mr Beradj O et Mme Abdelaoui K pour avoir accepté d'examiner notre travail.

On tient aussi à remercier Mme Chikhi en particulier Mr Haddadi et tout le personnel de laboratoire de TAKSEBT (SEAL) pour leur patience et leur aide.

Enfin, en remercie profondément nos chers parents pour leur soutien moral et matériel durant nos études ainsi que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Melle Sahnoun.Z ET Melle Hamoudi.Z

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

À mes très chers parents à qui je dois tous, je les remercie pour leurs encouragements, aide et les sacrifices qu'ils ont fait pour moi que dieu les protèges

À mes chers et adorable sœurs et Frères surtout mon frère Khaled

À mes chers neveux et nièces

À mon binôme Zahia et toute sa famille

À tous ceux qui nous sont chers

À toute la promotion TVRH 2015-2016

S.Zahia <<Dihya>>

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

À mes très chers parents à qui je dois tous, je les remercie pour leurs encouragements, aide et les sacrifices qu'ils ont fait pour moi que dieu les protèges

À mes chers et adorable sœurs et Frères

À ma cher sœur Souad sa fille héba et son mari idir

À mon très cher ami qui a été toujours avec moi ainsi que sa famille

À mon binôme Zahia et toute sa famille

À tous ceux qui nous sont chers

À toute la promotion TVRH 2015-2016

H. Zahia

Sommaire

Partie bibliographique

<i>Introduction générale</i>	1
---	---

Chapitre I : Généralités sur l'eau

1-Définition de l'eau.....	2
2- Le cycle de l'eau.....	2
3- Définition des eaux de surfaces.....	4
4- Définition des eaux souterraines	4
5- Principale différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines	5
6- Les normes de potabilité des eaux.....	6
7-Les paramètres globaux de la qualité des eaux	6
7-1-Les paramètres organoleptiques.....	7
7-2- Les paramètre physico-chimiques.....	7
7-3-Les paramètres de toxicité.....	12
7-4-Les paramètres indésirables	14
7-5- Les paramètres de la pollution organique	15
7-6-Les paramètres bactériologiques.....	16

Chapitre II : Pollutions des eaux et impact sur la santé publique

1-Définition de la pollution	18
2-Les différentes origines de la pollution	18
3- Les principaux polluants des eaux naturelles	19
4- Principales origines de la pollution des eaux souterraines	21
5- Le rôle protecteur du sol.....	22
6- Les principales maladies microbiennes d'origine hydrique	22

Partie expérimentale

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

1-Situation géographique de la grande Kabylie.....	24
2-Situation géographique des régions étudiées.....	24
2-1-Région de Yakouren.....	24
2-2-Région d'Azazga.....	24
3- La géologie	27
4- La végétation	28

5- Etude climatique.....	29
5-1- La température	29
5-2- Les précipitations	30
6- Diagramme ombrothermique de BAGNOULS ET GAUSSEN.....	32
7-Présentation du Parc National du Djurdjura.....	34
7-1-Localisation du parc National du Djurdjura.....	34
7-2-Géologie	34
7-3-Hydrologie	34
7-4-Climat.....	34
7-5-la végétation du Djurdjura.....	34

Chapitre II : Matériels et Méthodes

1-Echantillonnage	36
1-1-Point d'échantillonnage.....	36
1-2- Echantillons destinés aux analyses physicochimiques	36
1-3 -Echantillons destinés aux analyses bactériologiques	37
1-4- Identification, transport et conservation des échantillons	37
2-Matériels et produits utilisés au niveau de laboratoire du la station Taksebt (SEAAL)	38
2-1- Les Matériels utilisés	38
2-2- Les milieux de culture.....	38
3- Les Méthodes d'analyses physico-chimiques	39
3-1- Lecture physique	40
3-1-1- Mesure du pH	40
3-1-2- Mesure de la Turbidité.....	40
3-1-3- Mesure de la conductivité.....	41
3-1-4- Dosage de l'oxygène dissous.....	42
3-1-5- Détermination des matières en suspension à 105 °C	42
3-1-6- Détermination des résidus secs	43
3-2- Spectrophotométrie	43
3-2-1- Analyse des sulfates.....	44
3-2-2- Analyse de Fer total	45
3-2-3- Analyse du manganèse	46
3-2-4- Analyse des nitrites.....	47
3-2-5- Analyse des nitrates	47
3-2-6- Analyse de phosphore réactif (ortho phosphate)	48

3-2-7- Détermination de la teneur en Aluminium, méthode HACH	49
3-2-8- Analyse d'ammonium.....	50
3-2-9- Analyse de potassium	50
3-3- Analyse par spectrophotométrie d'adsorption atomique (SAA).....	51
3-3-1- Définition de spectrophotométrie d'adsorption atomique (SAA)	51
3-3-2- Analyse des Métaux Lourds par (SAA).....	51
3-3- Titrage volumétrique.....	52
3-3-1- Détermination de l'alcalinité de la TA et TAC	53
3-3-2- Détermination de la dureté.....	54
3-3-3- Dosage des chlorures	54
3-3-4- Dosage de calcium.....	55
4- méthode d'analyse bactériologique	56
4-1- Méthode par filtration	56
4-2- Méthode par incorporation.....	58

Chapitre III : Résultats et Discussions

1-Interprétation des analyses organoleptiques.....	60
1-1-Odeur.....	60
1-2-Couleur.....	60
1-3-Turbidité.....	61
2 –Interprétation des analyses physico –chimiques.....	61
2-1- Le potentiel d'hydrogène (pH)	61
2-2- Température	62
2-3- Conductivité	63
2-4- Résidu sec	64
2-5- Les matières en suspension (MES)	64
2-6- L'oxygène dissous.....	65
2-7- Ammonium (NH_4^+).....	66
2-8-Nitrate(NO_3^-).....	66
2-9- Nitrite (NO_2^-).....	67
2-10- Le phosphore (PO_4^{3-}).....	68
2-11- Le fer (Fe^{2+})	69
2-12- Manganèse (Mn)	70
2-13- Sulfate (SO_4^{2-}).....	70
2-14-Aluminium (Al^{3+}).....	71

2-15- Potassium (K^+)	71
2-16-Interprétation des résultats des métaux Lourds.....	72
2-16-1- Cadmium (Cd^{2+})	72
2-16-2- Plomb (Pb^{2+}).....	73
2-17-Résultats et interprétation de la minéralisation globale	74
2-17-1- Dureté totale (TH)	74
2-17-2- TA	74
2-17-3- TAC	76
2-17-4- Calcium (Ca^{2+})	76
2-17-5- Magnésium (Mg^{2+})	76
2-17-6- Les chlorures (Cl^-)	77
3-Interprétation des résultats bactériologiques	78
3-1- Escherichia-Coli.....	78
3-2- Coliforme Totaux	79
3-3- Streptocoque.....	80
3-4- A.S.R.....	81
3-5- Germes à 37°C	82
3-6- Germes à 22°C	83

Conclusion générale	84
----------------------------------	-----------

Références bibliographique

Annexe

RESUMÉ

Liste des abréviations

E. coli : Escherichia coli

MES : Matière en suspension

OMS : organisation mondiale de la santé

Mg/l : Milligramme par litre

Nm : nanomètre

TH :Titre hydrotimétrique

TA : Titre alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

Ed : Edition

NTU : Unité néphélométrique de turbidité

μS/cm : micro siemens par centimètre

BEA : Biliée à l'Esculine et l'Azoture

VF : Viande foie

SAA : Spectrophotométrie d'adsorption atomique

RS : Résidu sec

O.N.M.T.O : Office National de Météorologie Tizi-Ouzou

pH : Potentiel d'hydrogène

Cond : Conductivité

A.S.R : Anaérobies sulfito-réducteurs

M.F.C : Milieu des coliformes fécaux

TTC : Tergitol TétrazoliumChlorure

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydriques

S1: Source Thalla Sahmi

S2: Source Thalla Boughras

S3: Sourcede la Fontaine Fraîche

S4: Source Thalla Tizi Tghidet

NA: Norme Algérienne

Pt Co:Platinum-Cobalt

SEAAL : Société des eaux d'assainissement d'Alger.

UFC : Unité fondamentale des colonies

DBO : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

°F : Degré français

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines	5
Tableau 2 : Classification des eaux selon leur pH	8
Tableau 3: Classe des turbidités usuelles (NTU, néphélométrique turbidité)	9
Tableau 4 : Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée.....	10
Tableau 5: Principales maladies microbiennes d'origine hydrique	22
Tableau 6 : Températures moyenne annuelles en °C (2001-2010).....	30
Tableau 7 : Températures et précipitations moyennes de la région d'étude.....	32

Listes des figures

Figure 1: le cycle de l'eau.....	3
Figure 2 : la situation géographique des régions étudiées.....	25
Figure 3 : les sources étudiées.....	26
Figure 4 : Histogramme des précipitations moyennes annuelles d’Azazga.....	31
Figure 5 : Histogramme des précipitations moyennes annuelles de Yakouren	32
Figure 6 : Diagramme ombrothermique de la commune de Yakouren.....	33
Figure 7 : Diagramme ombrothermique de la commune d’Azazga.....	33
Figure 8 : Schéma des Méthodes d’analyse physico-chimiques.....	39
Figure 9 : Photo de pH mètre.....	40
Figure 10 : Photo de turbidimètre	41
Figure 11 : Photo de conductimètre	41
Figure 12 : Photo de l’Oxymètre.....	42
Figure 13 : Matériel de détermination des matières en suspensions.....	43
Figure 14 : Matériel de détermination des résidus sec.....	43
Figure 15 : Méthode de spectrophotomètre.....	44
Figure 16 : Burette.....	52
Figure 17 : Photo de Rampe de filtration.....	56
Figure 18 : Variation des valeurs de la couleur.....	60
Figure 19: Variation des valeurs de la turbidité.....	61
Figure 20 : Variation des valeurs de pH.....	62
Figure 21 : Variation des valeurs de la température.....	62
Figure 22 : Variation des valeurs de la conductivité.....	63
Figure 23 : Variation des valeurs de RS à 105°C.....	64
Figure 24 : Variation des valeurs de la matière en suspension.....	65
Figure 25 : Variation des valeurs de l’oxygène dissous.....	65
Figure 26 : Variation des valeurs de l’ammonium.....	66
Figure 27: Variation des valeurs de nitrate.....	67
Figure 28: Variation des valeurs de nitrite.....	68
Figure 29 : Variation de phosphore.....	68
Figure 30 : Variation de Fer.....	69
Figure 31 : Variation de manganèse.....	70

Figure 32 : Variation de sulfate.....	70
Figure 33 : Variation de l'Aluminium.....	71
Figure 34 : Variation du potassium.....	72
Figure 35: Variation de Cadmium.....	72
Figure 36 : Variation de plomb.....	73
Figure 37: Variation de la dureté.....	74
Figure 38 : Variation de la TA.....	75
Figure 39 : variation de la TAC.....	75
Figure 40 : Variation du calcium.....	76
Figure 41 : Variation de magnésium.....	76
Figure 42 : Variation de chlorure.....	77
Figure 43 : variation des valeurs de l'E. Coli.....	78
Figure 44 : Photo de l'E. Coli (44°C/24h).....	78
Figure 45 : Les variations des valeurs des Coliformes Totaux.....	79
Figure 46 : Photo des Coliformes Totaux après incubation (37 °C/24h).....	79
Figure 47 : Les variations des valeurs des Streptocoques.....	80
Figure 48 : Photo des Streptocoques dans le milieu SLANETZ et BERTLEY (37°C/48h)...	80
Figure 49 : Photo des Streptocoques dans le milieu B.E.A(44°C/2h).....	80
Figure 50 : Les variations des valeurs des A.S.R.....	81
Figure 51: Photo des A.S.R après incubation à 37°C pendant 24h et/ou 48h.....	81
Figure 52 : Les variations des valeurs des Germes à 37°C.....	82
Figure 53 : Photo des Germes Totaux à 37°C pendant 48h	82
Figure 54: Les variations des valeurs des Germes à 22°C.....	83

Introduction Générale

L'eau est d'une importance biologique capitale, elle constitue un élément essentiel au maintien et au développement de la vie. Elle est à la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole (GERIN *et al*, 2005).

L'eau se trouve presque partout sur Terre, elle le composé essentiel de tous les organismes vivants ainsi que dans les activités humaines et dans le fonctionnement des écosystèmes.

Toutes les eaux naturelles contiennent des sels minéraux, dont les bicarbonates, le sodium, le calcium, le magnésium. Leurs teneurs sont liées à la nature des sols traversés.

Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique. Néanmoins, les terrains traversés influencent fortement la minéralisation. Celle-ci est faible dans les terrains anciens de type granite et schiste, et élevée dans les terrains sédimentaires comme les calcaires. Elles sont pauvres en oxygène dissous et exemptes de matières organiques sauf en cas de pollution (CARDOT, 2010).

L'Algérie se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialité hydrique à cause de sa situation géographique. Les risques d'appauvrissement des ressources en eau sont dus à des éventuelles pollutions, qui commencent à atteindre des proportions inquiétantes notamment dans la région tellienne où se trouve la plus grande partie de nos ressources en eau. Cependant la grande Kabylie regorge d'eau de source avec un potentiel naturel important qui est de 55.97 Hm³ (D H W, 2004).

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce présent travail dont l'objectif est l'évaluation et la valorisation des eaux de sources de deux régions situées à daïra d'Azazga à l'est de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Cette étude est structurée en deux parties, une partie bibliographie scindée en deux chapitres (I, II). Le premier on a rappelé quelques généralités sur l'eau, et le deuxième chapitre s'intéresse à la pollution des eaux et impact sur la santé publique

Quant à partie expérimentale subdivisée en trois chapitres (III, IV, V). Le troisième chapitre étant consacré aux deux régions d'études, le quatrième aux différents matériels et protocoles expérimentaux et le cinquième à l'évaluation et la comparaison des principaux paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau.

Enfin, notre travail se termine par une conclusion générale et des perspectives.

Partie

Bibliographique

Chapitre I

Généralités sur

L'eau

L'eau est une ressource renouvelable car elle participe à un cycle d'évaporation par les rayons solaire, les précipitations et l'écoulement en surface et sous terre constituent les étapes. La source du problème de l'eau est la qualité voire la quantité souvent atteinte de pollution.

1-Définition de l'eau

L'eau, est un des composés chimiques les plus remarquables, elle possède des propriétés physicochimiques inhabituelles (BLIEFERT et *al*, 2008).

Il est toujours en mouvement, se déplaçant autour de la planète et passant sous trois formes (liquide à l'état normal, gazeux en vapeur, solide en glace), parcourt un cycle éternel (Samake H, 2002).

Sa formule chimique «H₂O» formée de deux atomes d'hydrogène accrochés à un atome d'oxygène se présente sous trois formes : l'eau, la glace et la vapeur (ROUX, 1995).



Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore, incolore, claire, de saveur agréable à boire. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques (KETTAB, 1992).

2- Le cycle de l'eau

L'eau est présente en très grandes quantités sur la Terre, la plus grande partie dans les océans. L'eau douce²⁺ présente dans les lacs et rivières, ainsi que dans les eaux souterraines ne constitue qu'un petit réservoir par comparaison avec les océans. Une grande partie de l'eau douce est aussi liée sous forme de glace. L'échange de l'eau entre ces réservoirs détermine le cycle global de l'eau (WERNER STUMM et *al*, 2014).

Ce cycle se déroule dans une enveloppe superficielle de la Terre appelée l'hydrosphère (BARHOUMI-ANDREANI et *al*, 2004).

Le cycle de l'eau est un cycle fermé Fig 1

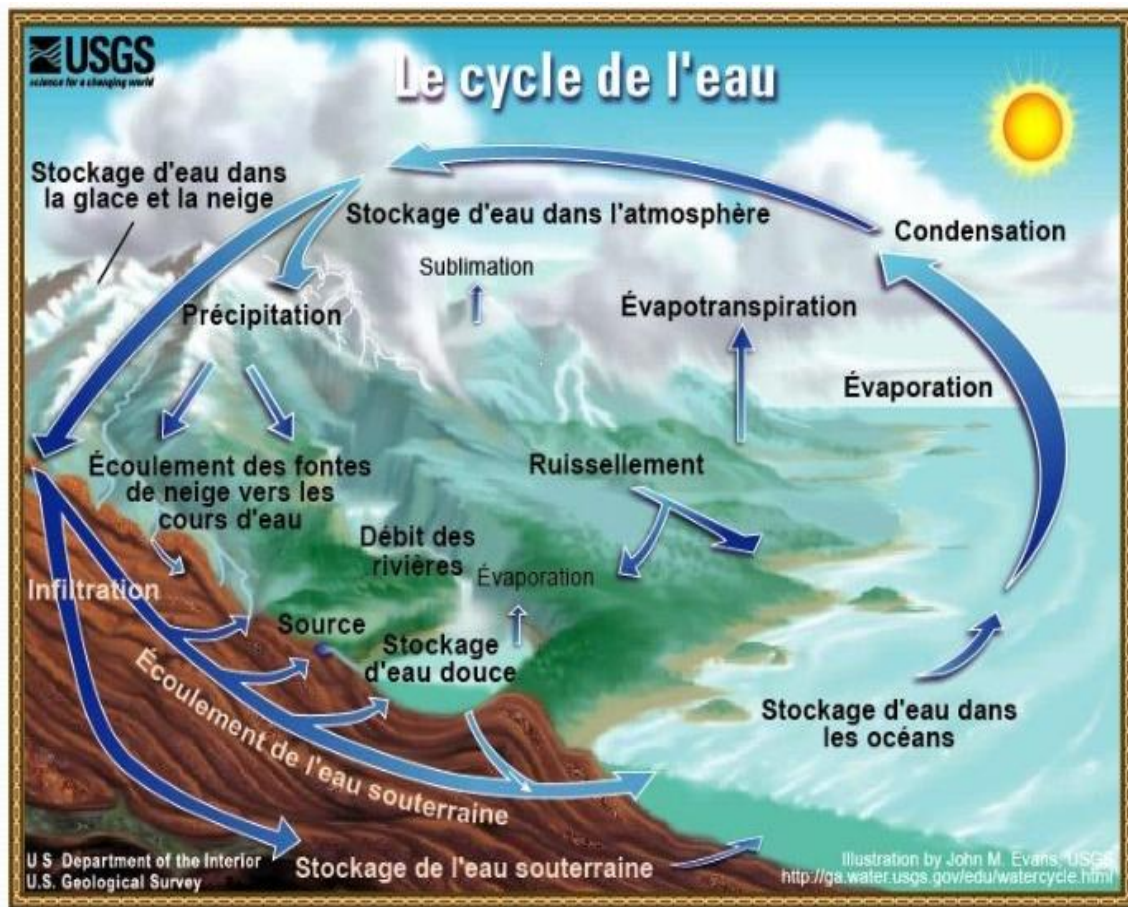


Fig 1: le cycle de l'eau(Site internet).

SAMAKE (2002) rappelle que l'eau en évaporation lente et incessante des fleuves, des lacs et des mers par condensation, se transforme en pluie. Une fraction des eaux de pluie ruisselle à la surface de la terre et va grossir les cours d'eau et les lacs, d'où elle est sujette d'une part à l'évaporation, d'autre part à l'infiltration à travers le sol. Les eaux d'infiltration sont reprises en partie par la végétation, qu'elles alimentent avant d'être rejetées dans l'atmosphère, et en partie s'accumulent dans le sous-sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour, en s'écoulant, donnent naissance aux sources qui émergent à la surface du sol et le cycle recommence.

3-Définition des eaux de surfaces :

Les eaux de surface sont plus chargées de matières en suspension que les eaux souterraines, ainsi que de matières colloïdales, plancton animal et végétal (KETTAB, 1992)

Elles ont deux origines distinctes, nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, ou bien les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues de barrage) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable (DEGREMONT, 2005).

4-Définition des eaux souterraines

Les eaux souterraines proviennent principalement de l'infiltration des eaux superficielles ; d'accroissement de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique dans les cavités Karstiques ou dans les pores du terrain (LOUP, 1974).

L'eau souterraine correctement captée ne comporte généralement pas, ou peu de matières en suspension ou de bactéries, car elle est naturellement filtrée : c'est pour cela que cette ressource est officiellement recommandée depuis près d'un siècle pour l'alimentation en eau potable (COLLIN, 2004).

DES JARDINS (1997) rappellent les principales caractéristiques des eaux souterraines

- Turbidité faible car Les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- Contamination bactérienne faible. Le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matière organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- Température constante, en effet les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- Indice de couleur faible parce que les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, source de couleur.
- Dureté souvent élevée car souvent les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents (Mg^{2+} , Ca^{2+} , etc.) responsables de la dureté.

- Concentration élevée de fer et de manganèse, ces métaux, souvent présents dans le sol sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous.

5-Principales différences entre eaux de surfaces et les eaux souterraines

Les eaux souterraines présentent plusieurs caractéristiques, qui les différencient des eaux de surfaces présentées dans le tableau suivant.

Tab 1 : Principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines (DEGREMENT, 2005)

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant les saisons.	Relativement constante.
Turbidité, matières en suspension	Variable, parfois élevées.	Faible ou nulle.
Couleur	Liée surtout aux (MES).	Liée surtout aux matières en solution et/ou due à une précipitation (fer le plus souvent)
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets etc.	Sensiblement constante ; en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région.
Fer et Mn divalents (à l'état dissous)	Généralement absent.	Généralement présents.
CO ₂	Généralement absent.	Souvent présent en grand quantité.
O ₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation : absent dans le cas d'eaux très polluées	Absence totale la plupart du Temps.
NH ₄	Présent seulement dans les eaux polluées.	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne.

Silice	Teneur en général modérée.	Teneur souvent élevée.
Nitrates	Peu abondants en général.	Teneur parfois élevée.
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays industrialisés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source.	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.
Odeurs	Fréquents.	Rares.
Eléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, Plancton (animal et végétal)	Ferrobactéries et sulfatoréductrices fréquentes
Solvants chlorés	Rarement présent.	Peuvent être présents (pollution de la nappe)

6- Normes de potabilité des eaux

Les normes de la qualité de l'eau de consommation humaine sont des valeurs guides, qu'on ne doit pas dépasser elles sont établies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Elles sont des valeurs calculées avec une grande marge d'incertitude pour chaque substance. Elles sont calculées pour la population la plus sensible, en fonction de la dose journalière de substance tolérable pour un poids corporel donné et pouvant être ingérée quotidiennement toute une vie sans risque sanitaire(MAZZUOLI, 2012).

7-Paramètres globaux de la qualité des eaux

Les quantités physiques de l'eau se basent sur des paramètres qualitatifs relativement facile à déterminer. Ce sont des critères de plus en plus utilisés pour l'amélioration du confort du consommateur.

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

7-1- Paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques comprennent : l'odeur, le goût et la couleur. Ils sont très importants pour la détermination de la qualité de l'eau de consommation (WEINER et MATTHEWS, 2003).

7-1-1-La Couleur

Rejsek (2002) rapporte que la couleur des eaux de surface ou des eaux souterraines est due, généralement, à des substances colorées d'origines variées dont les plus importantes :

- Substances humiques ou fulviques provenant de la décomposition de la matière végétale algues pouvant donner une coloration variable en fonction des pigments qu'elles contiennent substances minérales, en particulier le fer et le manganèse, dont les formes précipitées sont colorées et les rejets industriels, par exemple de teinturerie, pouvant aussi colorer l'eau.

7-1-2-Saveur–Odeur

La saveur et odeur sont deux paramètres qui sont regroupés et font appel aux mêmes types de traitement. L'odeur et la saveur anormales sont dues à des molécules organiques contenues en très faible quantités dans les eaux. Ces molécules peuvent être soit des molécules d'origines naturelles : algue, actinomycètes Soit d'origines de pollutions domestiques ou industrielles (VILAGINÈS,2003).

7-2- Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques représentent des caractéristiques de l'eau, tels que le pH et la température de celle-ci. Ces caractéristiques sont en relation avec la structure naturelle de l'eau.

7-2-1-Minéralisationglobale

La minéralisation est fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Les concentrations en résidus secs sont faibles lorsqu'il s'agit de roches granitiques, de sables siliceux et plus élevées dans le cas de roches sédimentaires. Les eaux fortement minéralisées doivent être préalablement diluées (RODIER et al ,2009).

Les eaux circulant dans un sous-sol sablonneux ou granitique sont acides et peu minéralisées (DEGREMONT, 2005).

7-2-2-Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination de pH (Rodier et al, 2005).

7-2-3-pH

Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène H^+ présents dans une eau (REJSEK, 2002). Il est mesuré par électrode (ou par indicateur coloré-exemple papier pH).

GAUJOUS (1995) rappelle que le PH caractérise l'acidité du milieu, comme suit :

à pH neutre, $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ soit $pH = -\log [H^+] = 7$

à pH acide, $[H^+] > 10^{-7} > [OH^-]$ soit $Ph < 7$

à pH basique, $[H^+] < 10^{-7} < [OH^-]$ soit $pH > 7$

Tab 2 : Classification des eaux selon leur pH (C.I.E, 2005) in (SAIDANI M et KARKARINE S, 2014)

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

7-2-4-Dureté

La dureté de l'eau est due à la présence de calcium et dans une moindre mesure, de magnésium. On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium (SAMAKE, 2002).

Pour caractériser une des propriétés les plus importantes de l'eau on utilise la notion de dureté de l'eau. En relation avec cette notion, on inclut plusieurs concepts. (Perroud, 2001)

Dans l'eau sont déterminés :

Rodier et *al.*(2009) affirment que dans l'eau sont déterminés la dureté totale ou titre hydrotimétrique TH qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne, dureté calcique qui correspond à la teneur globale en sels de calcium et la dureté magnésienne qui correspond à la teneur globale en sels de magnésium.

7-2-5- La 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 matières non dissoutes .Elle est causée dans les eaux, par la présence de matières 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 matières colloïdales d'origine organique ou minérale. (REJSEK,2002).

Tab 3: Classe des turbidités usuelles (NTU, néphélométrique turbidité)
(Rodier, 1984)

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
50<NTU	Eau trouble
NTU	La plupart des eaux de surface en Afrique atteignent ce niveau de turbidité

7-2-6-Conductivité

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et d'en suivre l'évolution (SAMAKE, 2002).

Tab 4 : Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée

Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	Minéralisation de l'eau
$\text{Cond} < 100$	Très faible
$100 \leq \text{Cond} < 200$	Faible
$200 \leq \text{Cond} < 400$	Moyenne
$400 \leq \text{Cond} < 600$	Moyenne accentuée
$600 \leq \text{Cond} < 1000$	Importante
$\text{Cond} \geq 1000$	Elevée

La source : (SAMAKE, 2002).

7-2-7- Minéraux de l'eau

Les eaux naturelles contiennent toujours des sels minéraux et une grande part de l'analyse chimique d'une eau consiste à doser les cations et les anions les plus abondants (TARDAT HENRY, 1992).

7-2-7-1-Cation

➤ Le Calcium

Le calcium est métal alcalin terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il est généralement l'élément dominant des eaux potables (Rodier, 1996)

Dans l'organisme, le calcium de l'eau est peu absorbé, l'apport en calcium nécessaire à l'organisme est surtout apporté par l'alimentation : lait, viande, poisson,... Dans l'eau, le calcium est un composant majeur de la dureté. Les eaux potables de bonne qualité doivent renfermer de 100 à 140 mg/l de calcium (BOUZIANI, 2000).

Le calcium ne se présente que dans les cours d'eau qui s'écoulent au travers de sédiments mésozoïques (sédiment de Trias, Jurassique et Crétacé), les concentrations des cours d'eau qui s'écoulent au travers de roches cristallines sont plus élevées en acides silicique et plus faible en Ca^{+2} (Sigg, 2006).

➤ **Magnésium**

Le manganèse est un oligo-élément indispensable à notre organisme, cet élément ne présente donc aucun danger pour la santé publique.

Suivant son degré d'oxydation, le manganèse se présente sous les formes suivantes :

+2 : Mn II : l'ion manganoux Mn^{+2} sous forme dissoute.

+3 : Mn III : Mn_2O_3 ou sesquioxyde de manganèse qui n'existe que sous forme de précipité.

+4 : Mn IV : l'ion manganique Mn^{+4} sous forme dissoute et le précipité de dioxyde de manganèse MnO_2 .

Dans les eaux naturelles, on rencontre principalement le manganèse bivalent Mn^{2+} et $Mn(OH)^+$ à PH basique. Le composé Mn^{4+} n'est qu'un intermédiaire de réaction (CARDOT, 1999).

➤ **Sodium**

Le sodium est toujours présent dans les eaux naturelles, en proportions très variables. Les eaux traitées par des résines échangeuses d'ions sous forme R-Na peuvent contenir des quantités très importantes de sodium. Aucune norme ne limite la concentration en sodium dans les eaux potables. On peut également signaler que le sodium joue un rôle important en agriculture, pour l'irrigation, du fait de son action sur la perméabilité des sols (TARDAT HENRY, 1992)

➤ **Potassium**

Le potassium beaucoup moins abondant que le sodium est rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l. Il ne présente aucun inconvénient particulier, bien que le K^{40} soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau (TARDAT HENRY, 1992).

7-2-7-2-Anions

➤ **LesChlorures**

Une surcharge en chlorure dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Les directives de l'Union Européenne et de l'O.M.S. précisent qu'au-delà d'une concentration de 200mg/l de chlore (Cl^-), des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (BOUZIANI, 2000).

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieure à 25 mg/L (RODIER et *al*, 2009).

➤ **Les Sulfates**

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours des sulfates, en proportions très variables. Leur présence résulte de la légère solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (TARDAT HENRY, 1992).

Le taux maximum est de 250 mg/l d'eau.

Les concentrations élevées de sulfates peuvent contribuer à la corrosion des systèmes de distribution, surtout avec des eaux faiblement alcalines (SAMAKE, 2002).

➤ **Les Nitrites**

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

Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux.

Les nitrites peuvent provoquer dans certains cas des phénomènes de méthémoglobinisation pouvant aller parfois jusqu'à l'asphyxie chez les bébés nourris au biberon (SAMAKE, 2002)

➤ **Les Nitrates**

Les Nitrates, dont on constate une augmentation générale de la concentration dans les eaux brutes, doivent être éliminés car leur nuisance a été reconnue lorsqu'ils sont présents en grande concentration dans l'eau de consommation. Ils sont à l'origine de la méthémoglobinémie des nourrissons (DEGREMONT, 1989).

7-3- Paramètres de toxicité

Les normes fixées sont sensiblement inférieures aux seuils considérés comme acceptables en toxicologie, c'est pourquoi les teneurs tolérées sont extrêmement faibles. Ces paramètres concernent le plomb et le chrome entre autres.

7-3-1-Le Cadmium

Le cadmium est naturellement présent à l'état de traces dans les roches superficielles de l'écorce terrestre, avec une moyenne de l'ordre de 50ppb. C'est un sous-produit de la métallurgie du zinc et, dans une moindre mesure, de celle du plomb (RAMADE,1979).

Le cadmium fait l'objet d'une attention particulière du fait de sa persistance prolongée et sa grande toxicité vis-à-vis de nombreux organismes vivants même à des très faibles concentrations. C'est dans le milieu aquatique que sa toxicité est la plus évidente (BOUZIANI,2000).

7-3-2-LeMercure

Parmi les métaux lourds, le mercure constitue l'un des risques les plus importants de pollution de l'environnement. Son potentiel d'accumulation dans les coquillages et dans la chair de poisson est considérable (BOUZIANI,2000).

Pratiquement, le mercure peut se trouver dans l'eau, fixé sur les matières en suspension et (ou) à l'état dissous, sous forme de composés organiques et (ou) à l'état minéral (Rodier et *al*, 2009).

7-3-3-L'Arsenic

L'arsenic est un métalloïde souvent rencontré dans les eaux souterraines à des concentrations supérieures aux normes européennes ou américaines (10µg/L). Certains auteurs considèrent qu'actuellement l'arsenic constitue le principal risque lié à l'ingestion d'eau au niveau mondial.

L'arsenic est présent dans les eaux naturelles aux états d'oxydation +3 et +5. Contrairement à la quasi-totalité des métaux lourds, l'arsenic est soluble à toute la valeur pH (Atteia, 2005).

7-3-4-LePlomb

De nombreux sites industriels sont contaminés au plomb, car ce métal a été fort utilisé dans la métallurgie. Actuellement une source importante dans les décharges est constituée par les batteries usagées. Les concentrations de Pb dans l'eau sont étroitement surveillées car sa présence peut conduire au saturnisme. Dans l'eau du robinet, la source principale de plomb est due à la présence de canalisations en plomb (Atteia, 2005).

7-4 -Paramètres indésirables

Paramètres indésirables sont des substances, dont la présence est tolérée en faible quantité. Il existe une réglementation parmi ces substances, on peut trouver des éléments qui ne causent que des désagréments pour l'utilisateur mais d'autres peuvent avoir une incidence sur la santé.

7-4-1-L'Aluminium

L'aluminium vient par ordre d'importance après l'oxygène et le silicium. Lorsqu'il est en solution et en milieu acide, il existe sous forme d' Al^{3+} (Rodier et al, 2009).

L'aluminium est extrêmement résistant à la corrosion dans les eaux très pures. L'aluminium est également sensible à la corrosion microbiologique (DEGREMONT, 1995)

7-4-2-Cuivre

Le cuivre est présent dans l'environnement de manière ubiquitaire. Sa concentration dans l'écorce terrestre est estimée à environ 70 mg.Kg^{-1} .

Le cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et particulièrement de sa conductibilité électrique et thermique (Amiard, 2011).

7-4-3-Le Fer

Le fer est un élément majeur dans la croûte et mineur dans les eaux. Les espèces du fer n'interviendront donc jamais dans la détermination du pH de la solution.

Les concentrations en fer dissous de la rivière sont faibles et il est vraisemblable que cette teneur correspond en fait à du fer colloïdal (Michard, 1973).

7-4-4-Les Fluorures

On considère généralement qu'une faible teneur en fluor dans l'eau (0.4 à 1) mg est favorable à la formation de l'émail dentaire et protège les dents contre la carie (BOUZIANI,2000).

7-5 - Paramètres de pollution organique

Deux méthodes permettant d'évaluer la quantité de matière organique présente dans l'eau sont généralement utilisées : la demande biochimique en oxygène (DBO) et la demande chimique en oxygène (DCO).

Ces deux méthodes se basent sur la différence entre la teneur en oxygène dissous initial et la teneur en oxygène dissous finale, après oxydation de la matière organique présente dans un échantillon d'eau.

7-5-1-Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, etc.) présentes dans les eaux résiduaires (Rodier et *al*, 2009)

7-5-2-Demande biochimique en oxygène(DBO₅)

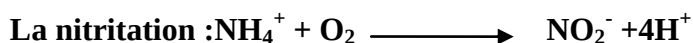
Par DBO₅, on désigne la quantité d'oxygène moléculaire dissoute consommée par les microorganismes pendant une durée d'incubation de 5 jours pour dégrader en oxydant les substances organiques biodégradables contenues dans l'eau et ce, à une température de 20°C (AROUYA, 2011).

7-5-3-L'ammonium NH₄⁺

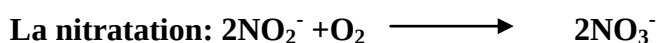
Cet ion qui provient surtout de la décomposition des matières organiques azotées et des industries chimique (engrais et textiles) est le plus important indicateur chimique de pollution ; son rôle ecotoxicologique est prééminent (PESSON, 1980).

Sous forme de gaz qui diffuse facilement à travers les membranes, il est toxique pour les poissons, surtout en milieu alcalin. En milieu oxydant, l'ammoniaque se transforme en nitrites puis nitrates, ce qui induit une consommation d'oxygène (GAUJOURS, 1995)

Suivant les réactions :



Nitrosomonas



Nitrobacter

7-5-4-Phosphates

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence dans les eaux naturelles est liée aux terrains traversés et à la décomposition de la matière organique.

Les valeurs de plus de 0.3 mg /l dans l'eau souterraine ne peuvent résulter que d'une pollution humaine (l'eau de rejets, engrais, détergents.....).

Les normes de l'OMS fixent comme limite 0.5 mg /l.

Pour les hautes eaux il n'y a pas de traces de phosphates par contre pour les basses eaux on enregistre pour quelques stations des teneurs de l'ordre de 0,3 mg /l (Mellal, 2002).

7-6-Paramètres bactériologiques

L'eau ne doit pas contenir de bactéries ou de virus pathogènes. Par contre, les germes banals y sont admis mais en faible quantité. En effet, puisque l'eau est un milieu vivant, une vie bactérienne inoffensive et limitée y est normale.

Les principaux germes recherchés dans l'eau :

7-6-1-Les Salmonella

Les salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogénèse varient énormément : fièvres typhoïdes, salmonelloses systémiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires. Les salmonelles peuvent donc être présentes dans l'eau des égouts agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux potables et les nappes phréatiques, ainsi que l'eau de mer. (Rodier et al, 2009)

7-6-2-Clostridium sulfito-réducteur

Ce sont des bactéries anaérobies strictes, formant des spores de grande résistance, sulfato-réductrices. Clostridium sulfito-réducteur est depuis longtemps recherché dans les eaux comme témoin de pollution fécale, en tant que seule trace d'une contamination ancienne (ROUX, 1989).

7-6-3-Les Coliformes

Les Coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le terme «Coliforme» correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogène, Gram-négatifs, aéro-anaérobies facultatif (RODIER, 2005).

DELLARAS (2007) rappelle que dans la famille des *entérobactéries*, certaines bactéries forment le groupe ancien des coliformes, ayant les propriétés suivantes :

- Ils peuvent se développer en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface équivalents ;
- Ils appartiennent aux genres *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* et *Salmonella*.

7-6-4-Les virus

BLOCK (1982) rappelle que les virus les plus souvent rencontrés dans le milieu hydrique appartiennent aux familles des Picornaviridés, Adénoviridés, Réoviridés, Caliciviridés, Coronaviridés, et Parvoviridés.

Les études virologiques réalisées dans le domaine des eaux ont essentiellement porté sur la recherche et la mise en évidence des virus animaux.

Dans les eaux de surfaces, la concentration virale diminue sous l'effet d'un certain nombre de facteurs naturels physiques ou chimiques : dilution, température, adsorption, oxygénation.

Les quantités de virus retrouvées dans les rivières ou les fleuves sont parfois encore importantes.

7-6-5-Streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux (ou streptocoque du groupe D ou entérocoques) sont des témoins de contamination fécale sensibles, spécifiques et assez résistants (y compris en milieu salé). Ils n'ont pas généralement de pouvoir pathogène important. *Streptococcus faecalis* est omni présent (ubiquitaire) dans le gros, intestin des hommes et des animaux, les égouts, le fumier (GAUJOU, 1995). Norme : absence dans 100ml d'eau (GADIN-GOYON, 2002).

Chapitre II

Pollution des eaux et impact sur la santé publique

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. L'eau est exposée dans la nature à des pollutions de toute sorte et les phénomènes de pollution de l'eau peuvent être observés à différents niveaux.

1- Définition de la pollution

La pollution peut être définie de plusieurs façons. La pollution de l'eau survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en dégrade la qualité. La pollution dans l'eau inclut toutes matières superflues qui ne peuvent être détruites par l'eau naturellement. Autrement dit, n'importe quelles matières ajoutées à l'eau, qui est au-delà de sa capacité à le détruire est considérée comme de la pollution. La pollution peut dans certaines circonstances, être causée par la nature elle-même comme lorsque l'eau coule sur des sols qui ont un taux élevé d'acidité. Par contre, la plupart du temps ce sont les actions humaines qui polluent l'eau (FEPS, 2011).

2-Différentes origines de la pollution

2-1- Pollution d'origine urbaine

Mizi (2006) rappelle que la pollution d'origine urbaine provient des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en ;

- 1- Eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc.
- 2- Eaux "vannes" chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux, constituant un substrat équilibré pour le développement des bactéries.

2-2-Pollution d'origine agricole

La pollution d'origine agricole due à l'entraînement par les eaux fluviales des adjuvants entrant dans la composition de formulation à usages divers (insecticides, fongicides, etc.) (PESSON, 1980).

L'agriculture est responsable d'une des causes majeures de pollution des nappes phréatiques. La source principale vient de l'utilisation intensive d'engrais riches en azote et en phosphore et des pesticides, un problème qui ne se rencontre plus seulement dans les pays

industrialisés, mais également dans les pays en voie de développement. Les niveaux élevés de nitrates et

dans certaines zones, de pesticides dans les eaux souterraines sont clairement liés aux activités agricoles. Cette pollution est généralement aggravée lorsque le sol est perméable et permet donc aux substances chimiques agricoles de migrer rapidement vers les aquifères (QUEVAUVILLER,2010).

2-3- Pollution d'origine industrielle

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes, parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme. Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration (LOUNNAS, 2009)

3- Principaux polluants des eaux naturelles

3-1- Les polluants physiques

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension

3-1-1- Radioactives

La pollution radioactive concerne, d'une part, des émetteurs de rayonnement alpha (^{226}Ra , ^{234}U , ^{238}U), généralement d'origine naturelle et éventuellement présente dans les eaux souterraines de zones géographiques déterminées, granitiques pour le radon. D'autre part, les émetteurs bêta sont en général associés à des activités humaines et la radio-contamination peut provenir de déversements hydriques volontaires ou accidentels, ou de retombées atmosphériques (Festy et al, 2003).

3-1-2- Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau et la troublent. Les MES diminuent la luminosité dans l'eau, donc freinent la photosynthèse. Les espèces végétales se développent plus difficilement, l'oxygène qu'elles produisent diminue dans le milieu et les espèces animales en souffrent

(KOLLER, 2009).

3-1-3- Pollution thermique

La pollution thermique est due au rejet des eaux utilisées pour le refroidissement d'installations industrielles diverses. Cet échauffement engendre de nombreux inconvénients tels que appauvrissement des eaux en oxygène, action stimulante sur la vitesse de multiplication d'algues, croissance de l'activité bactérienne, etc..... (KOLLER, 2009).

3-2- Polluants chimiques

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements des polluants et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. Le plus souvent, ces industries rejettent vers le milieu naturel plusieurs catégories de polluants, dont les plus menaçants sont les métaux lourds. L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture, par diverses catégories d'engrais et de pesticides, est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines (BOUZIANI, 2000).

3-2-1-Hydrocarbures

Les hydrocarbures appartiennent à la catégorie des pollutions chimiques. Elle intéresse d'abord et surtout, les mers, résultant du rejet des résidus pétroliers en haute mer aussi bien que dans les ports et les estuaires.

Sur les eaux de surface, les hydrocarbures créent des taches d'aspect désagréable, formant un film qui empêche la réoxygénation naturelle de l'eau et compromet le pouvoir autoépurant du milieu (COLAS, 1962).

3-2-2-Pesticides

D'une façon générale, on dénomme « pesticides » des composés chimiques organiques qui, par leur propriétés toxicologiques, permettent de contrôler le développement d'animaux ou de plantes considérés, par l'homme, comme nuisibles. Les pesticides comprennent les insecticides, les herbicides, les fongicides L'action toxique des pesticides vis-à-vis des nuisances est liée à leur structure moléculaire et leurs propriétés polluantes aussi, car la toxicité ne se limite malheureusement pas aux seules espèces que l'on désire éliminer. La pollution d'un pesticide dépend de deux facteurs : son efficacité dans l'élimination des espèces indésirables et sa persistance dans le temps, c'est-à-dire sa résistance à la dégradation (DEFRANCESCHI, 1996).

3-2-3- Sels minéraux

Les sels minéraux représentent à la fois par les masses mises en cause et par leurs effets biologiques, des polluants majeurs. Ils nuisent à la potabilité des eaux superficielles et même aux usages industriels si leur concentration est importante (KOLLER, 2009).

3-3- Polluants biologiques

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (baignade, élevage de coquillage). D'après FREDOT (2005) les polluants biologiques se résument comme suit :

3-3-1- Les parasites

-Les protozoaires : dont les kystes contaminent l'eau, en particulier ceux de l'amibe dysentérique qui est responsable comme son nom l'indique de dysenteries.

-Les vers parasites : il s'agit des douves (trématode), du bothriocéphale (cestode), de certains nématodes (Ascaris, Oxyures....)

3-3-2- Les bactéries

Telles que *Escherichia coli* entérotoxique, *salmonellatyphi* et *paratyphi*, *Vibrio cholera*, *shigellasonnei*, *campylobacter jejuni* et *coli*, streptocoques angineux, staphylocoques pathogènes....

3-3-3- Les virus

De nombreux virus peuvent contaminer l'eau. Il s'agit essentiellement du virus de l'hépatite A, du virus de la poliomyélite, d'entérovirus, du virus responsables de gastroentérites aiguës graves (rotavirus et virus de Norwalk).

4- Principales origines de la pollution des eaux souterraines

GAUJOUS (1985) rappelle que la pollution des eaux souterraines est favorisée par certains aménagements et pratiques :

- Mauvaises gestions des eaux de ruissellement.
- Interventions qui favorisent l'infiltration dans la nappe : forage de puits sans précaution, ouverture du gravier, puits perdus (infiltration des eaux usées).

- Modification des pratiques agricoles : remplacement de la prairie par des cultures intensives.

5- Le rôle protecteur du sol

Le sol joue un rôle déterminant dans le devenir des produits phytosanitaires dans l'environnement, ainsi que dans la protection des milieux aquatiques des surfaces et souterraines (GROSCLAUD, 1999).

L'action épuratrice est donc due à la nature même du sol ainsi qu'au rôle joué par les végétaux et les micro-organismes qui lui sont associés (BILLAULT, 1989)

Le passage des eaux de recharge à travers le milieu poreux que constitue le sol déclenche au sein de celui-ci diverses réactions de caractère physique, chimique ou biologique. Ces réactions déterminent la capacité de rétention des contaminants par le sol (FJDJER, 1983).

6-Principales maladies microbiennes d'origine hydrique

6-1-Maladies microbiennes d'origine hydrique

Certains microorganismes véhiculés par les eaux sont pathogènes pour l'homme, ils sont à l'origine de nombreuses maladies infectieuses (DELARRAS, 2003). Les maladies microbiennes, d'origine hydrique, les plus courantes et leur agents responsables sont présentés dans le tableau II.1

Tab 5 : Principales maladies microbiennes d'origine hydrique (DELARRAS, 2003).

Microorganismes	Maladies	Données épidémiologiques mondiales
<i>Campylobacter jejuni</i>	Campylobacteriose	A l'origine de 5 à 14% des diarrhées dans le monde
<i>Chlamydia trachomatis</i>	Trachome	360 million de cas
<i>Cyanobacteria</i> (Cyanobactéries), ex : algues bleues	Intoxication dues à des toxines	Cas avec des eaux de boissons (rapports non confirmés)
<i>Legionella pneumophila</i>	Légionellose	-
<i>Leptospira</i> sp	Leptospirose	-

<i>Salmonella</i> Typhi et Paratyphi A et B	Fièvre typhoïde et paratyphoïde	17 millions de cas par an
<i>Shigella dysenteriae</i> type flexneri	-Dysenterie bacillaire (épidémique) -maladies diarrhéiques (endémiques)	Entre 600000 et 1 million de cas mortels par an en régions tropicales
<i>Shigella sonnei</i>	Infections diarrhéiques	Cas dans les pays industriels
<i>Vibrio cholerae</i>	Cholera	384000 par an
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Entérocolite aigue d'origine alimentaire	
<i>Cryptosporium parvum</i> (parasite intracellulaire)	Diarrhées	0.6 à 4.3% en Amérique du nord 5 à 10 % en Asie, Afrique
<i>Entamoeba histolytica</i> (amibe)	Ambiasse	10% de la population mondiale
<i>Giardia intestinalis</i>	Giardiose	Très répandue sous climats chauds
<i>Ascaris lumbricoides</i> (vers rond nématode)	Ascariase	1 million de cas par an
<i>Dracunculus medienensis</i> (vers rond nématode)	Dracunculose	Plus de 5 millions de cas par an
<i>Onchocerca volvulus</i> (vers rond nématode)	Onchocercose	18 millions de cas par an
<i>Sarcoptes scabiei</i> (acarien)	Gale	300 millions de cas par an
Flavivirus ; virus de la dengue	Dengue et dengue hémorragique	500000 cas de dengue par an
Flavirus : virus de l'encéphalite Japonaise	Encéphalite Japonaise	30000 à 50000 cas signalés en Asie par an
Hépatite A virus : virus de l'hépatite A	Hépatite A	Sévise toute l'année sous climats tropicaux et subtropicaux
Virus de l'hépatite B	Hépatite B	Epidémies en Asie (Inde), en Afrique, au Mexique...

Partie Expérimentale

Chapitre III

Présentation de la zone d'étude

1-Situation géographique de la grande Kabylie

Le massif de la grande Kabylie est situé au niveau de la chaîne Nord tellienne, plus précisément dans le tell septentrional, à une distance de 100Km à l'Est d'Alger, entre les latitudes 36°40' Nord et les longitudes 3°40' Est et 4°35' Est.

Il est limité au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la wilaya de Bejaia, à l'ouest par la Wilaya de Boumerdes et au Sud par la Wilaya de Bouira.

2-Situation géographique des régions étudiées

Les régions étudiées sont situées dans deux zones différentes : Yakouren et Azazga.

2-1-Région de Yakouren

La commune de Yakouren est située à 60 Km du chef-lieu de la Wilaya de Tizi-Ouzou et à environ 10Km au Sud-Est d'Azazga. Elle culmine à une altitude moyenne de 820 m sur une superficie de 79,30 Km², avec une population estimée 12 203 habitants en 2008 soit une densité de 154hab/km², limitée à l'Ouest par la daïra d'Azazga, à l'Est par la Wilaya de Bejaia, au Nord par Akerrou et Ait Chaffa, au Nord –Ouest par la Commune de Zekri, et au Sud par Idjeur et la commune d'Ifigha.

2-2-Région d'Azazga

La commune d'Azazga (chef-lieu de la daïra) s'étale sur une superficie de 77.05 Km² située sur une altitude de 550 m, la ville d'Azazga est à environ 137 Km à l'Est de la capitale Alger, 37 Km à l'Est de Tizi-Ouzou sur l'axe de la route nationale N °12, reliant la Wilaya de Tizi-Ouzou à celle de Bejaia, avec une population estimée à 33 654 habitants soit une densité de 437hab/km² lors du recensement de 2008, alors qu'elle n'était que 401hab/km² en 1998. Elle se répartie en six (06) Villages, neuf (09) hameaux et une zone éparsée.

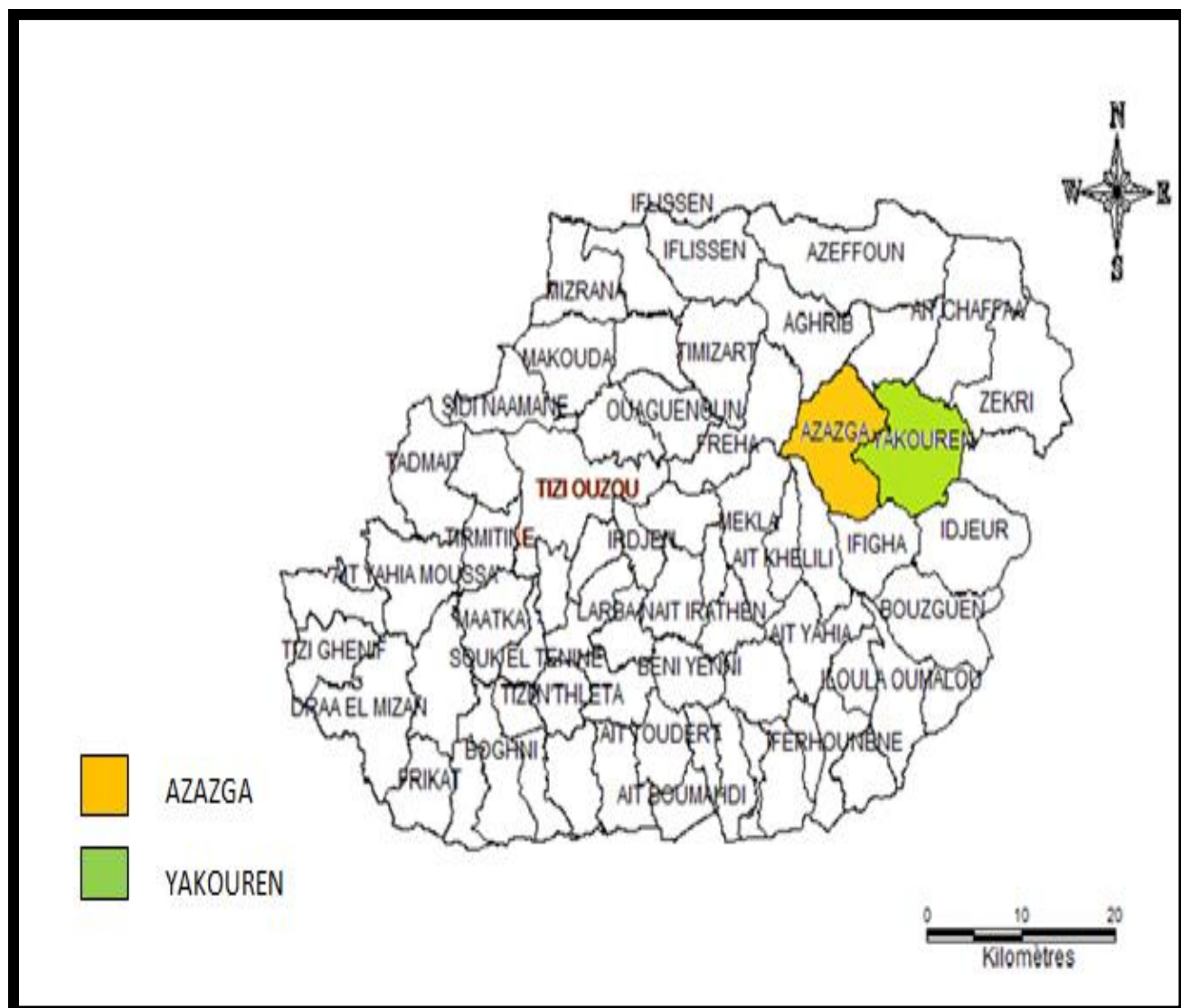


Fig 2: La situation géographique des régions étudiées

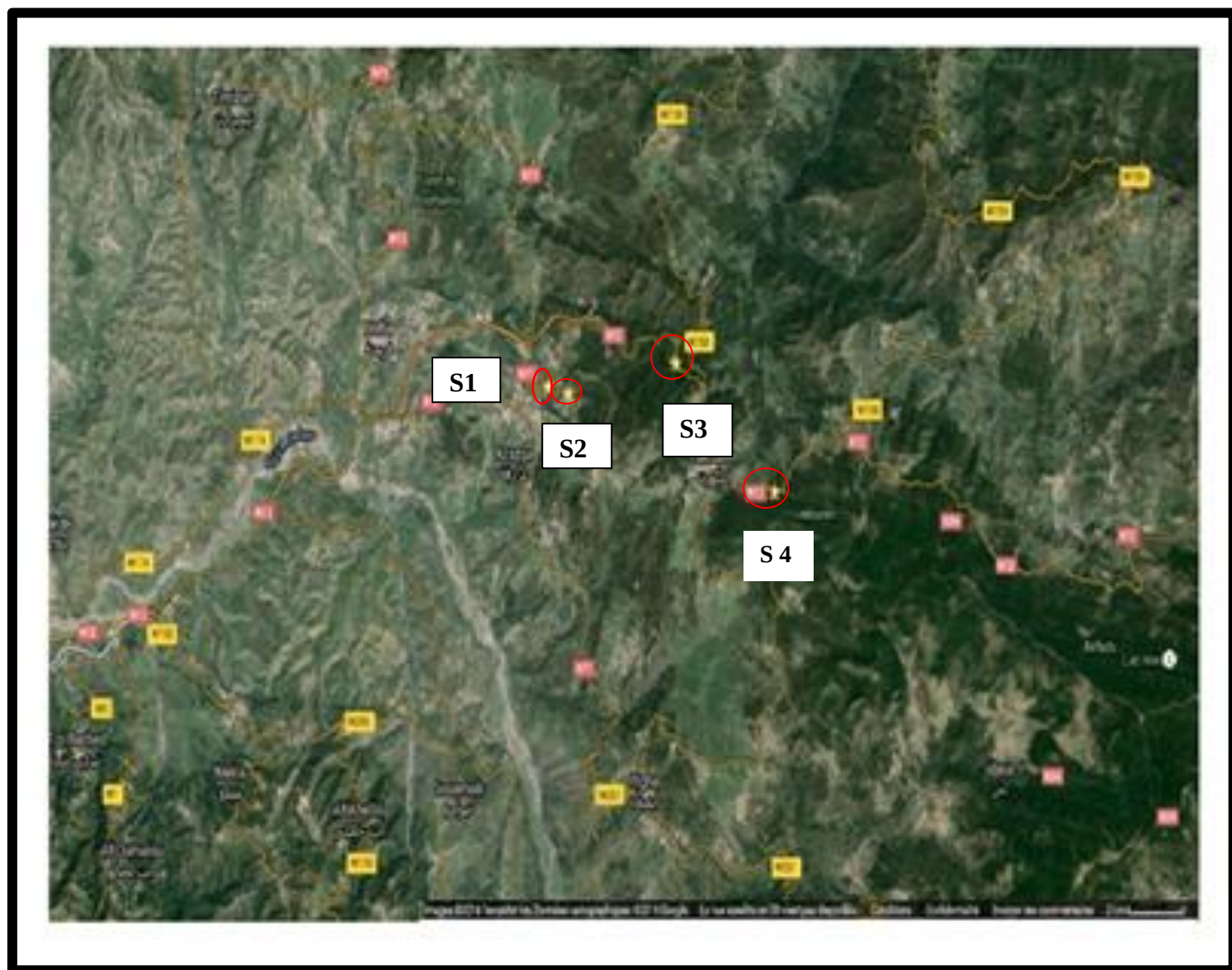


Fig 3 : Les sources étudiées

S₁:Thalla Sahmi

S₂: Thalla Boughras

S₃:La Fontaine Fraîche

S₄:Thalla Tizi Tghidet

3-Géologie

3-1-Région de Yakouren

La région d'étude est constituée principalement par des terrains numidiens et des flyschs Massyliens.

- **Le Numidien** : Du sommet à la base, on distingue essentiellement des grès massifs d'épaisseur de l'ordre de 300 et 500 m qui reposent sur des argiles feuilletées verdâtres d'âge Oligocène.
- **Le Massylien** : est représenté par des flyschs Massylien à plaquettes microbréchiques datés du Campanien.

Du point de vue tectonique, ces formations sont affectées par des failles de direction Est – ouest et Nord –Sud.

3-2-Région d'Azazga :

L'étude géologique de la région d'Azazga, datant de 1987 renseigne sur la structure et les caractéristiques des sols de la région.

Toutefois, les facies existant et leurs principaux caractères lithologiques sont répartis dans l'espace de la manière suivante :

- **Le Flysch Crétacé**

Ce facies occupe la majeure partie des terrains explorés tout au long de la dépression d'Azazga. Il est en partie masqué à l'Ouest par le Miocène et chevauché à l'Est par le Numidien.

- **les argiles Sous Numidien**

Les argiles sous numidien formées à partir des argiles rouges et vertes à bancs décimétriques de Grès datées de l'oligocène. Elles affleurent principalement à l'Est (amont de la ville) et au Nord-Est.

Les Grès Numidien

Ils constituent les principaux reliefs du Djebel Abed à l'extrémité Est de la région.

Des bancs massifs, découpés en panneaux par un système de failles sont visibles immédiatement à l'est de la ville. Ces panneaux sont effondrés par rapport aux numidiens en place (relief de Djebel Abed).

➤ Les Eboulis Numidien

L'unité de flysch de Azazga, composée de deux termes argilo-marneux à petits bancs sont des blocs de Grès de toutes tailles, arrachés au relief de Djebel Abed. Ils ont subi un déplacement pendant ou après leur formation, formant deux unités tectoniques le Grès et l'unité numidienne constituée de l'argile à la base et de Grès (aquitaniens) au sommet.

Ces dernières sont les deux(02) principales unités identifiées dans la région. Elles sont séparées par un contact anormal majeur passant à l'Est de Azazga avec une direction Nord-Sud. Suite à cette tectonique tangentielle, une tectonique cassante marquée par un système de failles verticales découpe les Grès numidiens en panneaux effondrés, par rapport aux Grès du Djebel Abed.

4-Végétation

La zone orientale de Kabylie du Djurdjura est la plus intéressante du point de vue sylvicole, c'est là que se trouvent les plus beaux peuplements d'Algérie.

Durant notre travail les principales espèces forestières rencontrées autour de deux sources de yakouren sont le chêne liège, le chêne zéen et le chêne afares.

Par contre le roseau et le chêne liège sont les plus abondants dans les deux autres sources d'azazga.

La strate arbustive se compose généralement des espèces suivantes :

Erica arborea, *Cytisus triflorus*, *Arbutus unedo*, *Rubus ulmifolius*, *Genista tricuspidata*, *Myrtus communis*, *Calycotome spinosa* et *Phylliria angustifolia*. La strate herbacée est composée essentiellement de graminées, de fougères et lianes (BOUDY, 1955).

5-Etude Climatique

Notre région répond à un climat méditerranéen se caractérisant à l'échelle annuelle par une opposition thermique et pluviométrique, avec un Hiver froid et humide et un Eté chaud et sec. La région d'étude par sa situation géographique est parmi les zones les plus arrosées de l'Algérie du Nord.

En effet, proche de la mer au Nordet massif du Djurdjura au Sud, faisant barrière aux vents humides de la méditerranée, elle offre tous les avantages à une bonne pluviométrie.

5-1-Température

La température de l'eau souterraine est nettement plus constante. Dans les puits profonds, elle ne varie que de 2 à 3°C ; moins la couche aquifère est profonde, plus les fluctuations.

Il est très important de connaître la température de l'eau car celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du Ph (RODIER, 1996).

Les températures de la région d'étude (Azazga et Yakouren) sont très variables : basses en hiver ($< 10^{\circ}\text{C}$) et relativement élevées en été ; plus particulièrement en juillet et Août (25 à 35°C) avec parfois des sommets de 40°C dans la journée. Le tableau 6 représente les températures moyennes mensuelles sur ces années.

Tab 6 : Températures moyenne annuelles en °C (2001-2010) (ONMTO, 2010)

Mois Années	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
2001	10,8	10,3	16,8	15,9	19,1	26,6	28,3	29,1	24,7	23	14	9,2	18,98
2002	9,7	11,4	13,7	15,4	20,1	25,6	26,8	26,3	29,9	20,2	15,2	12,9	18,93
2003	10,1	9,3	13,8	15,7	18,7	27,1	28,8	29,4	23,9	20,4	15,7	10,6	18,63
2004	10,6	12,2	13,6	14,7	16,5	23,8	26,6	27	22,5	25,2	13,3	11,5	18,13
2005	7,4	7,7	12,8	15,5	20,6	25,2	28,3	26,9	23,2	20,5	13	10,6	17,64
2006	9,2	10	14,2	18,3	21,9	24,8	28,8	26,7	23,9	22,3	17,3	12,1	19,13
2007	11,4	13	12,3	15,7	19,5	23,3	27,5	28,1	23,7	19,4	13,6	10,6	18,18
2008	11	12,6	13	16,3	18,8	23,5	27,9	27,8	24,4	19,8	13,5	13,1	18,48
2009	10,8	10,4	12,7	14	21	25,2	29,6	28	22,7	19,2	15,3	15,8	18,73
2010	11,4	12,8	13,7	16,4	17,6	22,6	27,8	27,2	23,6	19,2	14,3	11,2	18,15
Moy	10,24	11	13,66	15,79	19,4	24,77	28	27,7	24,3	20,92	14,52	11,76	18,5

Source : O.N.M.T.O.

D'après le tableau 6 on constate que les températures enregistrées au niveau de la station de Tizi-Ouzou sont variables. Les mois les plus froids sont Décembre, Janvier, Février avec des valeurs inférieures à 12°C, alors que les mois les plus chauds sont Juillet et Août Avec une température moyenne maximale de 27,8°C. Il est nécessaire de noter que ces dernières années, avec les changements climatiques à cause des effets de serre, la température au mois de Juillet et Août peut atteindre 40°C dans la journée.

5-2-Précipitations

Les précipitations représentent l'un des principaux facteurs climatiques. Elles englobent toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface du globe sous forme liquide ou solide (Yakoub, 2005).

Pour l'analyse des précipitations nous avons choisi une période d'observation allant de 2001-2010 pour deux stations Azazga et Yakouren :

-Azazga

Les données pluviométriques qui suivent ont été enregistrées au niveau de la station pluviométrique d'Azazga dont les coordonnées Lambert sont les suivantes :

- X : 649.25 Km
- Y : 383.9 Km

- Z : 430m

Les pluies s'échelonnent sur une période de 5 à 6 mois (Novembre à Avril) avec de fortes intensités en Décembre, Janvier, Février et Mars. La pluviométrie annuelle est de l'ordre de 700 à 1000 mm et peut atteindre jusqu'à 1 500mm d'eau .Le Tableau N°() donne des moyennes pluviométriques.

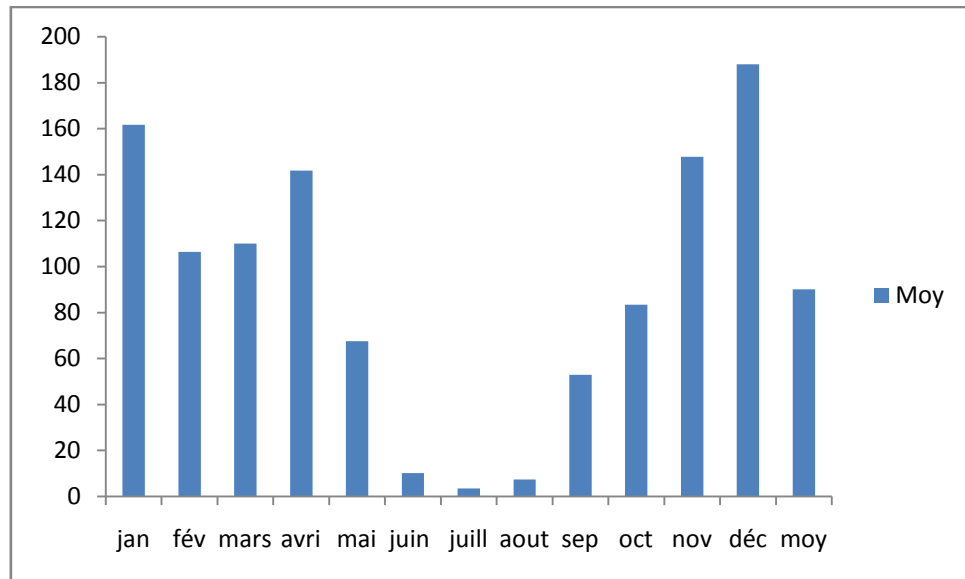


Fig 4 : Histogramme des précipitations moyennes annuelles d'Azazga (2001-2010)

-Yakouren

Les précipitations moyennes annuelles de la région d'étude (2001-2010), sont représentées dans l'annexe I.

La quantité interannuelle des précipitations dans la région d'étude est en moyenne 97.69mm /an pour la période (2001-2010).

La période pluvieuse s'étale sur 6 mois, de Novembre à Avril avec un maximum de 212.75 mm atteint en mois de Décembre. Les précipitations diminuent en été pour atteindre un minimum de 6.21 mm en mois de juillet.

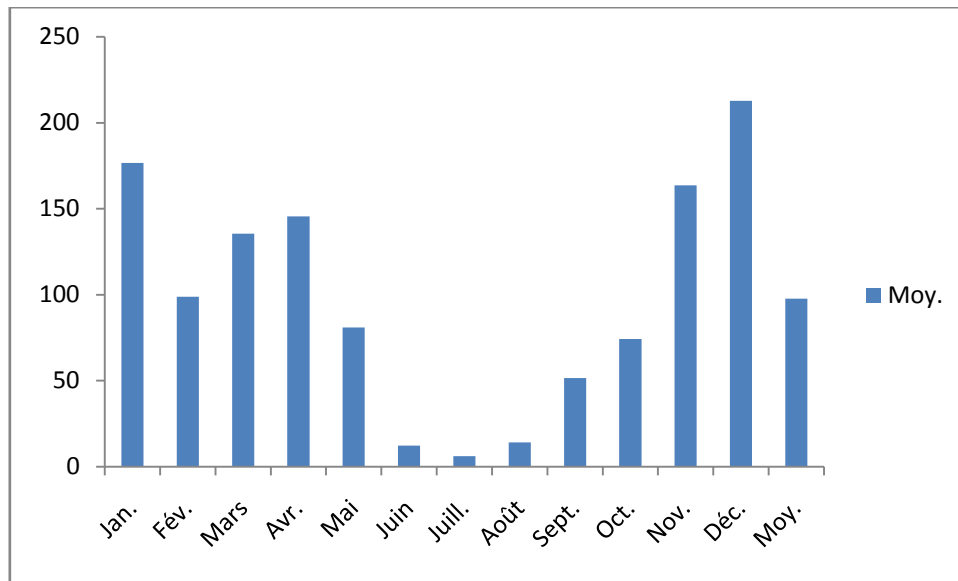


Fig 5: Histogramme des précipitations moyennes annuelles de Yakouren (2001-2010)

6-Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique est élaboré par BAGNOULS et GAUSSEN en 1953. Afin de déterminer l'étendue de la saison sèche et humide, ainsi que leurs durées. Ils ont réalisé un diagramme mettant les données climatiques telles que les températures et les précipitations sur le même graphe, dont le principe est $P=2T$. Le diagramme est défini en fonction de la sévérité, de la sécheresse et le mois le plus sec, suivant la formule ci-dessous :

Si : $P_{\text{moy}} \leq 2T$ donc le mois est sec

$P_{\text{moy}} > 2T$ donc le mois est humide

Les points d'intersection des deux courbes, pluviothermique et thermique délimitent la durée de la saison sèche lorsque $P < 2T$ et l'autre partie correspond à la saison humide.

Tab 7 : Températures et précipitations moyennes de la région d'étude :

Mois	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
$T \times 2 (^{\circ}\text{C})$	20,4	21,94	27,32	31,58	38,76	49,54	56,08	55,3	48,5	41,84	29,04	23,52
P, moy (mm) de yakouren	176,6	98,9	135,49	145,5	80,94	12,25	6,21	14,24	51,57	74,28	163,54	212,75
P, moy (mm) d'azazga	161,75	106,4	110	141,8	67,5	10,12	3,5	7,35	52,95	83,43	147,83	188,03

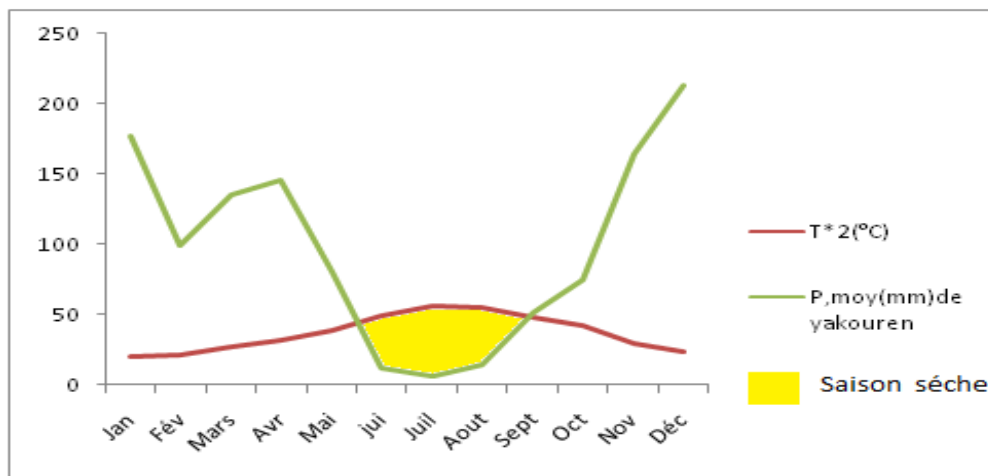


Fig 6 : Diagramme ombrothermique de la commune de Yakouren

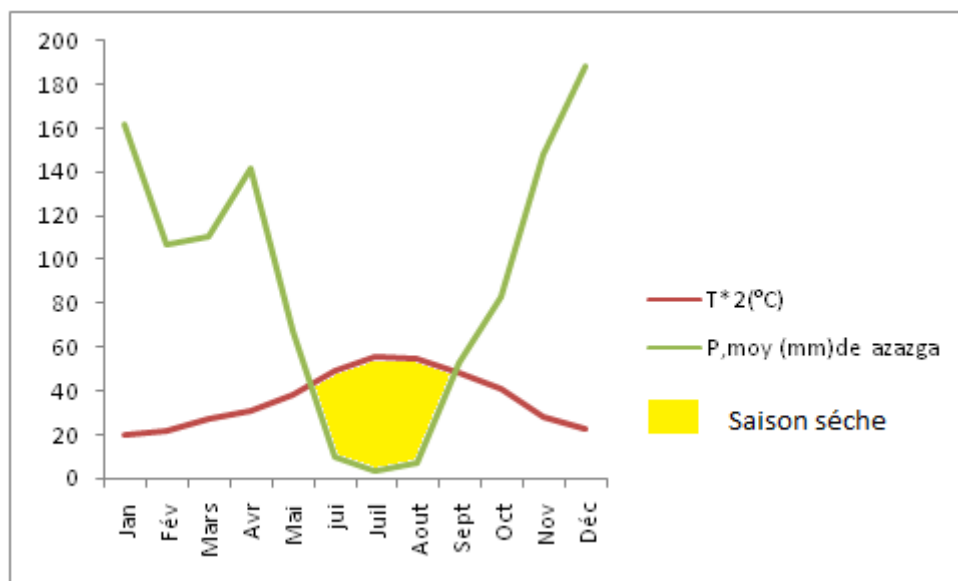


Fig 7 : Diagramme ombrothermique de la commune d'Azazga

La lecture des deux diagrammes ombrothermiques pour les deux régions sont identiques. A partir de la fin du mois de Mai, les précipitations deviennent faibles. Deux saisons contrastées apparaissent avec une saison humide entre le mois de Septembre et le mois d'Avril.

7-Présentation du Parc National du Djurdjura:

7-1-Localisation du parc National du Djurdjura

Le parc national du Djurdjura est situé au nord de l'Algérie, dans l'arrière-pays de la région de la grande Kabylie. Il se trouve à 140 km à l'Est d'Alger et à 50 km au sud du littoral méditerranéen. Il chevauche sur les wilayas de Tizi Ouzou et Bouira. Il est classé par l'UNESCO comme réserve de biosphère et patrimoine naturel de l'Humanité le 15 décembre.

7-2-Géologie

Le massif du Djurdjura est constitué de terrains sédimentaires fortement plissés et fracturés. Le calcaire est l'un des principaux faciès qu'on retrouve dans le Djurdjura (Flandrin, 1952).

7-3-Hydrologie

La région d'étude est caractérisée par un chevelu hydrographique varié comportant de petits ruisseaux (IghzerLahouana, IghzerBounsef,IghzerNassaakâ...) et des Oueds(Assif El Hammam et Thassifh Ath Boudrare). Nous signalons aussi la présence d'un petit barrage qui alimente l'usine hydroélectrique d'Assif El Hammam au Nord du site d'étude. La région possède de nombreuses sources dont le régime d'écoulement est irrégulier. Cette diversité des réseaux hydrographiques confère à la forêt de Darna une grande diversité du relief et une végétation caractéristique (Oubellil, 2011).

7-4-Climat

Le Djurdjura est soumis à un climat de type méditerranéen. Ce milieu forestier de montagne est caractérisé par deux saisons bien tranchées.

- La saison froide coïncidant avec la période pluvieuse.
- La saison sèche coïncidant avec la période chaude dont la durée moyenne est de deux mois.

Au Djurdjura la neige persiste sur les sommets, depuis le mois de Novembre jusqu'à la fin du mois de Mai (Oubellil, 2011).

7-5-la végétation du Djurdjura

Au Djurdjura les forêts sont les principaux pourvoyeurs des conditions de vie. Elles assurent l'habitat, la nourriture et les territoires de nidification pour la faune. Ces forêts sont composées essentiellement de cèdres, chênes verts, d'érables, de pins noirs, de chênes liège,...etc.

Le parc à lui seul, comprend 1100 espèces de spermaphytes dont environ 140 sont rares, 35 sont endémiques, plus de 110 sont des plantes médicinales ou aromatiques.

A celles- ci s'ajoutent 52 lichens et 90 champignons supérieurs.

Chapitre IV

Matériels

et Méthodes

Objectif :

Notre objectif est la caractérisation et la valorisation de quatre sources (Thalla Sahmi, Thalla Boughras) de la région d'Azazga et (Thalla Tizi Tghidet et la Fontaine Fraîche) pour la région de Yakouren en les comparant à l'eau minérale «Lala Khadîdja », et pour cela on a fait des analyses physico-chimique et bactériologique au niveau de laboratoire SEAAAL (TAKSEBT), qui est situé dans la région Oued Aissi. Sa mission est le traitement des eaux de surfaces afin d'être distribuées en eaux potables au consommateur.

1-Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate pour laquelle le plus grand soin doit être apporté. Celui-ci conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui seront donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension,...etc.) Cependant pour avoir des résultats analytiques significatifs, le prélèvement doit être bien conservé jusqu'à son arrivée au labo (RODIER,2005).

1-1-Points d'échantillonnage

Durant notre travail quatre sources situées à de différentes altitudes ont été analysés :

A.Thalla Tizi Tghidet S₄ (1200m)

B.La Fontaine Fraîche S₃(830m)

C. Thalla Boughras S₂(500m)

D. Thalla Sahmi S₁(430m)

L'étude de la qualité de ces sources comporte trois étapes:

- Prélèvement, échantillonnage
- Analyse
- Interprétation

Les techniques d'analyses utilisées sont celles décrites par RODIER, 2009.

1-2- Echantillons destinés aux analyses physicochimiques

Les échantillons sont prélevés de différentes sources ont été effectués directement. On utilise des flacons en plastique (polyéthylène) de capacité (2 litre) sont rincés plusieurs fois avec de l'eau à analyser puis remplis totalement afin d'éviter les réactions d'oxydation. Les flacons doivent être scellés et munis d'une étiquette portant un code pour faciliter leur identification.

1-3 -Echantillons destinés aux analyses bactériologiques

Le récipient utilisé doit assurer une fois bouché, une protection totale contre toute contamination. Il ne doit pas céder à l'échantillon de substances toxiques vis-à-vis des bactéries. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre (500 ml). Avant prélèvement, ces flacons doivent être:

- lavés soigneusement avec un détergent et l'hypochlorite de sodium.
- rincés avec de l'eau du réseau puis avec de l'eau distillée.
- séchés ensuite bouchés et finalement stérilisés.

La stérilisation des flacons se fait dans un autoclave en le maintenant à une température de 120°C, pendant au moins 15 minutes.

Au moment du prélèvement, on laisse donc l'eau couler pendant au moins deux minutes au voisinage d'une flamme on remplit les flacons.

Procéder au flambage du goulot du flacon avant et après remplissage. Eviter de toucher le goulot et de faire tomber le bouchon.

Les flacons sont remplis au 3/4. Ceci afin de maintenir en vie les bactéries aérobies et de pouvoir agiter et mélanger l'échantillon avant analyse. Les prélèvements doivent être scellés et munis d'une étiquette portant le code pour faciliter leur identification (NA 753, 1998).

1-4-Identification, transport et conservation des échantillons

➤ Identification :

Les échantillons prélevés ont été identifiés. Chaque flacon doit porter une étiquette indiquant par l'origine, lieu, et date et heure du prélèvement.

➤ Le transport

Le transport, d'une manière générale, on doit réfrigérer les échantillons à une température de 4°C et à l'obscurité et dans des emballages isothermes, qui permettant d'assurer une conservation satisfaisante de l'échantillon (par exemple en utilisant des blocs réfrigérants ou de la glace fondante) et protégé les échantillons contre les rayonnements solaires.

2- Matériels et produits utilisés au niveau de laboratoire du la station Taksebt (SEAAL)**2-1-Les Matériels utilisés :****❖ Appareillage :**

- Turbidimètre HACH 2100N ;
- Spectrophotomètre de modèle SHIMADZU de type AA6500 ;
- pH Mètre et électrode en verre VWR 710 ;
- Balance analytique (10⁻⁴g) OHAES;
- Étuve réglable à 105°C BINDER ;
- Etuves (22°C, 37°C et 44°C) ;
- Etuves réfrigérées ;
- Chronomètre;
- Dessiccateur ;
- Rampes de filtrations à trois postes ;
- Autoclave ;
- Agitateur magnétique ;
- Barreau magnétique;
- Spectrophotomètre DR 6000 ;
- Oxymétrie OX 4000 L ;
- Bain d'eau thermostaté ;
- Conductimètre terminal 740 INOLAB.

❖ Verrerie et autres matériels :

- Pipettes graduées 1 ml, 2 ml, 5 ml et 10 ml ;
- Béchers, pipettes, erlenmeyers, fioles jaugées, flacons, cuves carrées ;
- Capsule en porcelaine;

2-2- Milieux de culture :**❖ Les germes revivifiables à 22 et à 37°C :**

- Gélose Tryptophane Glucose Extrait de levure (TGEA) ;
- Eau physiologique.

❖ Coliformes totaux et coliformes fécaux :

- Gélose lactosée
- Additif TTC Tergitol (Chlorure de 2, 3 ,5 Triphényl Tétrazolium) ;
- Additif Tergitol 7 (Héptadécylsulfate de sodium) ;

- Milieu M.F.C (milieu des coliformes fécaux) ;
- Bouillon au tryptophane ;
- Réactifs de Kovacs ;

❖ **Streptocoques fécaux :**

- Gélose SLANETZ et BARTELEY ;
- Gélose biliée à l'esculine et l'azoture (BEA) ;

❖ **Bactéries anaérobies sulfito-réducteur :**

- Gélose viande foie (VF) ;
- Additif : -sulfite de sodium :
-alun de fer.

3-Les Méthodes d'analyses physico-chimiques

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.

Méthodes d'analyse

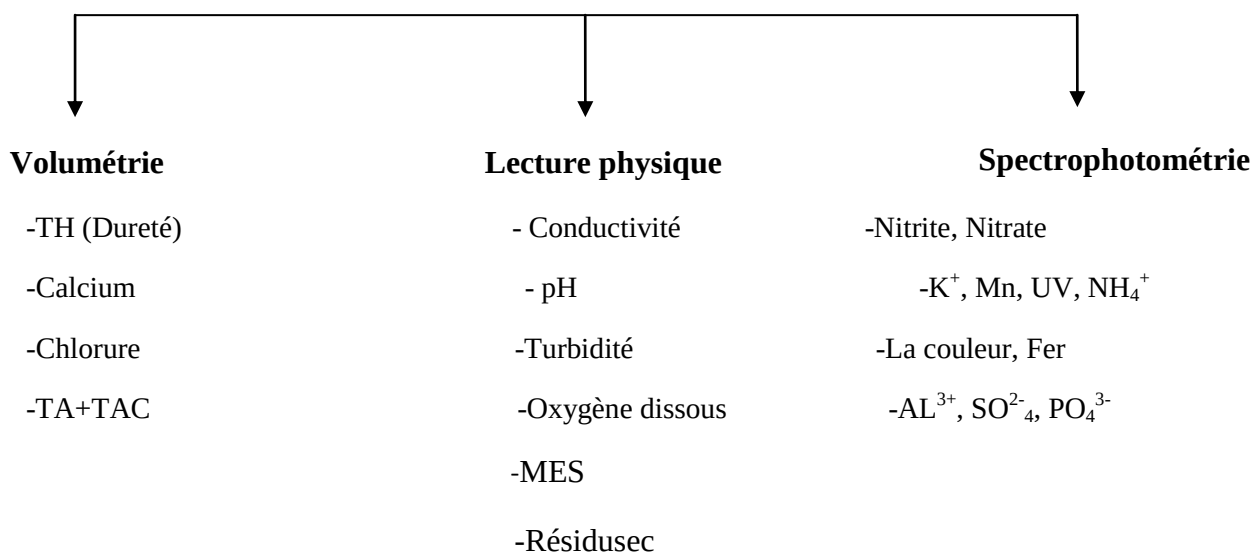


Fig 8 : Schéma des Méthodes d'analyse physico-chimiques.

3-1-Lecture physique :

Pour les paramètres physico-chimiques, on utilise les différents appareils utilisés sont : Le conductimètre, le turbidimètre, le PH-mètre, l'oxymètre, etc. pour analyser l'eau. On met notre échantillon dans l'un de ces appareils, généralement on attend quelques secondes avant que le résultat de notre analyse ne s'affiche sur l'écran, ainsi une lecture physique est faite.

3-1-1-Mesure du pH : méthode électrique avec électrode en verre :**Mode opératoire :**

- Etalonner le pH mètre avec une solution tampon ;
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée ;
- Immerger l'électrode dans l'échantillon ;
- Procéder à une agitation ;
- Faire la lecture après stabilisation du pH à une température de 20° C.



Fig 9 : Photo de pH mètre

3-1-2-Mesure de la Turbidité :**Mode opératoire :**

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier d'essuyage avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

Expression des résultats :

La turbidité d'une eau est exprimée en unité formazine qui correspond à une unité néphélométrie (NTU).



Fig 10: Photo de turbidimètre

3-1-3-Mesure de la conductivité :

Mode opératoire :

- L'appareil utilisé est un conductimètre.
- Etalonner l'appareil avec un seul étalonnage de $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ chaque matin.
- Rincer plusieurs fois la cellule a conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.
- Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer des bulles d'air sur les électrodes.

Expression des résultats : La conductivité d'une eau est exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$



Fig 11 : Photo conductimètre

3-1-4-Dosage de l'oxygène dissous :méthode électrochimique a la sonde

- L'appareil utilise est un oxymétrie.
- L'étalonnage de l'appareil se fait avec de l'eau distillée.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Procéder a une agitation.
- Immerger l'électrode dans l'échantillon.
- Faire la lecture après stabilisation de la valeur de l'oxygène dissous affichée sur l'oxymétrie.



Fig 12 : Photo de l'Oxymètre

3-1-5-Détermination des matières en suspension (MES) à 105 °C :**Mode opératoire :**

Laver le disque de filtration à l'eau distillée pour vérifier les pertes de charges, le sécher dans l'étuve à (150°C), puis le peser à 0.1 mg après passage au dessiccateur. Verser un volume V (100 ml) de l'échantillon sur le filtre précédent, le remettre dans l'étuve à 105°C pendant 4h, laisser refroidir au dessiccateur et le peser à 0.1 mg jusqu'à poids constant.

Expression des résultats :

-La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/l) est donnée par l'expression suivante

$$MES = \frac{M1-M0}{V} * 10^6$$

M0 : masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

M1 : masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V : volume d'eau utilisé (ml).



Fig 13 :Matériel de détermination des matières en suspensions.

3-1-6-Détermination des résidus secs :

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 50 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant 4 heures.
- Laisser refroidir pendant 15 minutes au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

Expression des résultats : $\frac{M1-M0}{v} * 10^6$ en mg/l



Fig 14 : Matériel de déterminations des résidus sec.

3-2-Spectrophotométrie :

C'est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance A ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution à l'aide d'un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de la substance à étudier. Ceci permet d'établir expérimentalement la courbe $A=f(C)$ reliant

l'absorbance et la concentration de la substance étudiée, en effectuant les mesures de A pour diverse concentrations. Cette courbe est une courbe d'étalonnage qui permet ensuite de déterminer la concentration inconnue d'une solution de cette substance par simple mesure de son absorbance et report sur le graphe $A=f(C)$.

Dans notre étude l'appareil utilisé est un spectrophotomètre de type DR6000 qui est fourni avec un ensemble complet de programme d'application et un support multilingue [Mode d'emploi HACH LONGE]. Ce système de menus peut être utilisé pour générer des rapports et des évaluations statistiques, la réalisation des contrôles de diagnostic de l'appareil, ainsi que des courbes d'étalonnage pour chaque paramètre à analyser ce qui permet de fournir des mesures numériques en unités directes de concentration, d'absorption ou de pourcentage de transmission.

Il faut toujours préparer un témoin avec l'eau distillée pour la valeur de référence.

Généralement, on utilise cette méthode pour les paramètres de pollution.

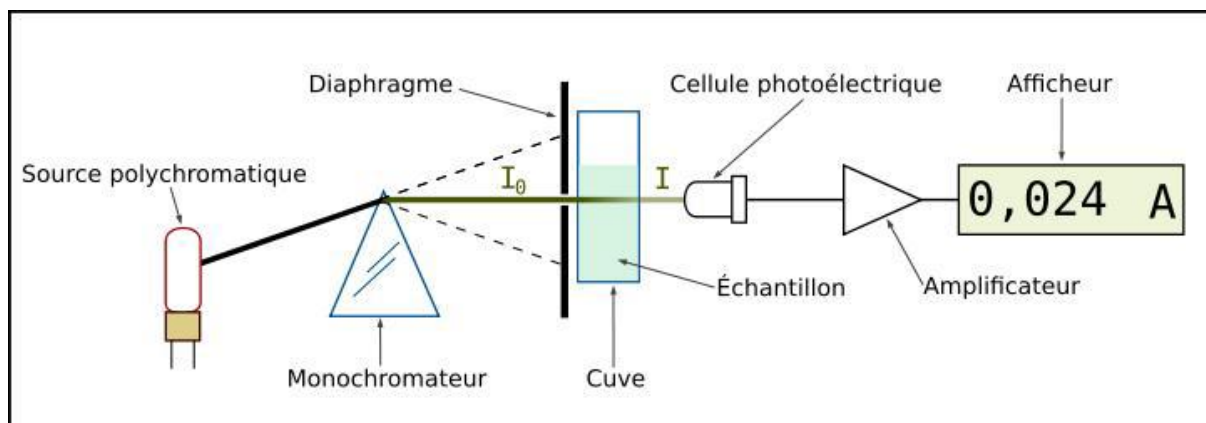


Fig 15 : Méthode de spectrophotomètre

3-2-1-Analyse des sulfates : méthode au sulfa Ver 4 (2-70mg /l)

Réactifs :

-pochette de réactif Sulfa Ver 4 ;

Mode opératoire :

- Sélectionner le programme d'analyse sur le spectrophotomètre ;
- Remplir une cuve carrée jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon ;

- Transférer le contenu d'une pochette de réactif Sulfa Ver 4 dans la cuve ronde. Agiter pour homogénéiser. Une turbidité blanche apparaît en présence de sulfure ;
- Attendre 5 minutes, le temps nécessaire pour la réaction ;
- Préparation du blanc : remplir une cuve avec 10 ml de l'échantillon ;
- Essayer l'extérieur du blanc et introduire dans le compartiment de cuve ;
- Sélectionner sur l'écran : Zéro
- Essayer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et introduire dans le compartiment de la cuve ;
- La lecture est obtenue à 450 nm.

Les résultats sont indiqués en mg/l SO_4^{2-}

3-2-2-Analyse de Fer total : Méthode au Ferro Ver total (0.02-3 mg /l)

Réactifs :

- Pochette de réactif pour fer Ferro Ver ;

Mode opératoire :

- Sélectionner le programme d'analyse sur le spectrophotomètre ;
- remplir une cuve carrée jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon, Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour fer Ferro Ver dans la cuve ronde ;
- Agiter pour homogénéiser ;
- Une coloration orange apparaîtra en présence de fer ;
- Une période de réaction de 5 minutes ;
- Préparation du blanc : remplir une cuve avec 10 ml de l'échantillon ;
- Essayer l'extérieur du blanc et introduire dans le compartiment de cuve ;
- Sélectionner sur l'écran : Zéro ;

-Essayer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de la cuve ;

-La lecture est obtenue à 510 nm.

Les résultats sont indiqués en mg/l Fe.

3-2-3-Analyse du manganèse : méthode au PAN₁(0.006-0.700 mg/l)

Réactifs :

-Réactif de cyanure alcalin.

-Pochettes de réactif à l'acide ascorbique.

-Solution indicatrice de PAN à 0,1 %.

Mode opératoire :

-Sélectionner le programme d'analyse sur le spectrophotomètre ;

-Remplir une cuve carrée jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon ;

- Préparation du blanc : remplir une cuve avec 10 ml de l'eau dés ionisée ;

-Transférer le contenu d'une pochette de réactif à l'acide ascorbique dans chaque cuve ronde ;

-Agiter pour homogénéiser jusqu'à dissolution de poudre ;

-Ajouter 12 gouttes de la solution réactif de cyanure alcalin dans chaque cuve ;

-Agiter doucement pour homogénéiser. La solution peut devenir trouble.

-Ajouter 12 gouttes de la solution indicatrice au PAN à 0.1% dans chaque cuve ;

-Sélectionner sur l'écran : Zéro ;

-Essayer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de la cuve ;

-Les concentrations des échantillons sont données directement par le spectrophotomètre à une longueur d'onde est 560 nm.

-Les résultats sont indiqués en mg/l Mn.

3-2-4-Analyse des nitrites :

Réactifs :

-Pochette de réactif pour nitrite Nitri Ver3 ;

Mode opératoire :

-Sélectionner le programme d'analyse sur le spectrophotomètre ;

-Remplir une cuve carrée jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon,

-Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour nitrite Nitri Ver 3 dans la cuve rond ;

-Agiter pour homogénéiser jusqu'à dissolution de poudre ;

-Une coloration rose se développera en présence de nitrite ;

-La période de réaction 20 minutes ;

-Préparation du blanc : remplir une cuve avec 10 ml de l'échantillon ;

-Essayer l'extérieur du blanc et introduire dans le compartiment de cuve ;

-Sélectionner sur l'écran : Zéro ;

-Essayer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et introduire dans le compartiment de la cuve ;

-La lecture est obtenue à 507 nm.

-Les résultats sont indiqués en $\text{mg/l No}_2^- \text{-N}$.

3-2-5-Analyse des nitrates :

Réactifs :

Pochette de réactif Nitra Ver 6 ;

Pochette de réactif Nitra Ver 3 ;

Mode opératoire :

-Sélectionner le programme d'analyse sur le spectrophotomètre ;

- Remplir une éprouvette graduée de 25 ml jusqu'au trait de 15 ml avec l'échantillon ;
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif Nitra Ver 6 dans l'éprouvette et boucher l'éprouvette ;
- Agiter énergiquement l'éprouvette pendant 3 minutes ;
- Attendre 2 minutes ;
- Transférer avec précaution 10 ml de l'échantillon préparée dans la cuve carrée ;
- Transférer la contenu d'une pochette de réactif Nitri Ver 3 dans la cuve ;
- Agiter doucement la cuve pendant 30 seconde ;
- Une coloration rose apparaîtra en présence de nitrate ;
- Attendre 15 minutes ;
- Préparation du blanc : remplir une cuve avec 10 ml de l'échantillon ;
- Essayer l'extérieur du blanc et introduire dans le compartiment de cuve ;
- Sélectionner sur l'écran : Zéro ;
- Essayer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et introduire dans le compartiment de la cuve ;
- La lecture est obtenue à 507 nm.
- Les résultats sont indiqués en mg/l

3-2-6-Analyse de phosphore réactif (ortho phosphate) : méthode au Phos Ver 3 (acide ascorbique) (0.02-2.50mg/l).

Réactifs :

- Pochette de réactif pour phosphate Phos Ver 3 ;

Mode opératoire :

- Sélectionner le programme d'analyse sur le spectrophotomètre ;
- Remplir une cuve carrée jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon ;

- Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour phosphate Phos Ver 3 dans la cuve rond ;
- Immédiatement boucher la cuve et agiter vigoureusement pour 30 secondes ;
- La période de réaction 2 minutes ;
- Préparation du blanc : remplir une cuve avec 10 ml de l'échantillon ;
- Essayer l'extérieur du blanc et introduire dans le compartiment de cuve ;
- Sélectionner sur l'écran : Zéro ;
- Essayer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et introduire dans le compartiment de la cuve ;
- La lecture est obtenue à 880 nm.
- Les résultats sont indiqués en mg/ l.

3-2-7-Détermination de la teneur en Aluminium, méthode HACH

Réactifs :

- Réactif A en solution (Eau + Ammonium acétate + Méthanol + Sodium acétate)
- Réactif B en poudre (Acide ascorbique + Sodium thiosulfate)

Mode opératoire :

- Prendre 3 ml de l'échantillon (prise d'essai) ;
- Ajouter 2 ml de réactif A;
- Ajouter une pincée de réactif B ;
- La période de réaction 25 minutes ;
- La lecture est obtenue à 620 nm.
- Les résultats sont indiqués en mg/ l.

3-2-8-Analyse d'ammonium :**Réactifs :**

- Pochettes de réactif au cyanurate d'ammoniaque
- Pochettes de réactif au salicylate d'ammoniaque

Mode opératoire :

- Sélectionner le programme d'analyse à la longueur d'onde 655 nm.
- Préparation de l'échantillon : Remplir une cuve de 10 ml avec l'échantillon.
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif au salicylate d'ammoniaque dans chaque cuve. Boucher et agiter jusqu'à dissolution du réactif en poudre.
- . La période de réaction de 3 minutes.
- Lorsque la minuterie retentit, transférer le contenu d'une pochette de réactif au cyanurate d'ammoniaque dans chaque cuve. Boucher et agiter jusqu'à dissolution du réactif en poudre.
- La période de réaction de 15 minutes. Une coloration verte apparaîtra en cas de présence d'azote ammoniacal.

3-2-9 Analyse de potassium :**Réactifs :**

- Potassium Réactif 1
- Potassium Réactif 2
- Potassium Réactif 3

Mode opératoire :

- Remplir l'éprouvette graduée cylindre avec 25 ml d'échantillon.
- Ajouter contenu d'une pochette potassium Réactif 1. Ajouter contenu d'une pochette potassium Réactif 2. fermer et inverser plusieurs fois pour mélanger.
- Ajouter contenu d'une pochette potassium Réactif 3. Boucher et agiter la solution pendant 30 secondes. Une turbidité blanche se former si du potassium est présent.
- Début de l'instrument minuterie. Une réaction de trois minutes période va commencer
- Préparation d'échantillon : Verser au moins 10 ml de la Solution du cylindre dans une cellule.
- La lecture est obtenue à 650 nm.

-Les résultats sont indiqués en mg/L K.

3-3-Analyse par spectrophotométrie d'adsorption atomique (SAA)

3-3-1-Définition

La spectrophotométrie d'adsorption atomique est une méthode très utilisée en analyse chimique pour doser des métaux présents en solution. C'est une méthode de dosage rapide et précis, qui permet la détection d'élément à l'état de traces, même en présence d'autres éléments en forte concentration (MAHUZIEM et HAMON, 1978)

Le principe de base de cette méthode repose sur des mesures d'adsorption d'une radiation lumineuse, réalisées sur une substance ramenée à l'état d'atomes libres.

Cette absorption est proportionnelle à la concentration en métaux contenus dans l'échantillon suivant la loi de Beer Lambert :

$$A = \log I_0/I = K L C$$

Avec:

A: Absorbance

I_0 : Transmittance initial

I: Transmittance finale

L: Longueur de la source d'atomisation maintenue constante $L = 9\text{cm}$

C: concentration de l'espèce à doser (en ppm ou en mg/l)

K : coefficient d'extinction molaire de l'espèce à doser ($\text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)

On a effectué les analyses sur un spectrophotomètre de modèle SHIMADZU de type AA6500 assisté par micro-ordinateur (MAHUZIEM et HAMON, 1978).

3-3-2-Analyse des Métaux Lourds par (SAA)

➤ Dosage du plomb et du cadmium

a) **Définition des métaux lourds** : Métal lourd a une densité supérieure à 5g/cm^3 et dont le numéro atomique à celui du Na ≥ 11 .

b) Principe

Cette méthode physique d'analyse utilise les propriétés qu'ont les atomes neutre d'adsorber à une longueur d'onde un quantum d'énergie.

c) Mode opératoire

Nébuliser l'eau à analyser dans une flamme air acétylène en intercalant de l'eau distillée entre chaque échantillon. Effectuer les lectures au spectrophotomètre d'adsorption atomique avec des longueurs d'ondes.

Cadmium	228.8 nm
Plomb	283.3 nm

3-3-Titrage volumétrique

Une technique d'analyse quantitative qui permet de déterminer la quantité d'une substance nécessaire pour effectuer complètement une réaction chimique donnée. Le titrage consiste à verser à partir d'une burette un volume précis d'une solution dont la concentration est connue dans une solution contenant la substance à doser, de concentration inconnue. La substance contenue dans le titrant réagit de façon continue avec la substance à analyser. Le point atteint quand on a ajouté suffisamment de titrant pour la totalité de la substance à analyser réagisse est appelé **point d'équivalence**. On identifie souvent ce point à l'aide du changement de couleur d'un produit chimique appelé indicateur. Cette méthode nous permet d'analyser :

- **Titre hydrotimétrique (TH) :** titré avec la Solution d'E.D.T.A à 2N.
- **Titre alcalimétrique et le titre alcalimétrique complet (TA, TAC) :** titrer avec le Hcl à 0.02 N.
- **Les chlorures :** Titrer avec Ag NO_3 à 0.02 N jusqu'à coloration rouge brique,
- **Le calcium et le magnésium :** Titrer avec EDTA



Fig 16 : burette

3-3-1-Détermination de l'alcalinité de la TA et TAC**Réactifs :**

- Phénolphtaléine
- Acide chlorhydrique de concentration (HCL) 0.02 N
- Solution de méthylorange

Dosage:**Détermination de TA :**

Prélever dans un erlenmeyer, 100 ml d'eau à analyser. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution de phénolphtaléine. Une coloration rose doit alors se développer dans le cas contraire le TA est nul, ce qui se produit en général pour les eaux naturelles le Ph est inférieur à 8,3. Verser en suite l'acide dans l'erlenmeyer à l'aide d'une burette en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH 8,3). Soit V les millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage.

$TA = O^{\circ}F$ (car il n'y a pas eu de coloration, $PH < 8,3$)

Expression des résultats :

$$TA = V_1 * 10 (^{\circ}f)$$

Détermination de la TAC :

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de méthyle orange et titrer de nouveau avec le même acide Hcl jusqu'à disparition de la coloration bleu verdâtre et apparition de la couleur rose orangé

Expression des résultats :

$$TA = V_2 * 5 (^{\circ}f)$$

3-3-2-Déterminations de la dureté ou titre hydrotimétrique (TH)**Réactif :**

- Solution tampon PH =10.
- EDTA, solution titrée à 20 mmol/l.
- Mordant noir 11, indicateur.

Dosage:

- Dans un erlenmeyer introduire 50 ml d'échantillon à analyser.
 - Ajouter 4 ml de la solution tampon pH 10, et 3 gouttes de l'indicateur au mordant noir 11, la solution se colore en rouge foncé violet.
 - Titrer immédiatement avec l'EDTA tout en agitant constamment.
 - Verser rapidement au début du dosage puis lentement vers la fin.
- Ajouter l'EDTA une goutte à goutte dès que la couleur de la solution commence à virer du rouge et du violet au bleu.

Expression des résultats

La teneur globale en calcium et en magnésium, exprimé en mmole/l est donnée par l'équation suivante:

$$C_{(Ca+Mg)} = \frac{C_1 V_3}{V_0}$$

D'où

C_1 : la concentration de l'EDTA en mmole/l.

V_0 : le volume de l'échantillon (50 ml) (prise d'essai).

V_3 : le volume de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage.

1degré français correspond à 0.1 mmole

3-3-3-Dosage des chlorures : titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (Méthodede Mohr) :

Réactifs :

- solution de nitrate d'argent à 0.02 N ;
- Solution de chlorures à 71 mg/l ;
- Indicateur coloré chromate de potassium(K_2CrO_4)à 10% ;

Dosage:

- prendre 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 gouttes de $K_2Cr_2O_4$ (coloration jaunâtre) ;

- Titrer avec nitrate d'argent (AgNO_3) à 0.02 N jusqu'à coloration brunâtre ;

Expression des résultats : La concentration en chlorure C_{Cl} , exprimée en milligramme par litre, est donnée par

la formule suivante :

$$C_{\text{Cl}} = \frac{(V_s - V_B)C \cdot f}{V_a}$$

V_s : est le volume en millilitres de solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.

V_B : est le volume en millilitre de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage du blanc.

V_a : est le volume en millilitre, de l'échantillon pour l'essai.

C : la concentration réelle exprimée en mole par litre, de la solution de nitrate d'argent, éventuellement corrigée du coefficient correcteur.

f : 35453 (masse molaire du Cl $\times$ 1000).

3-3-4-Dosage du calcium

1 – hydroxyde de sodium NaOH (2 mol/l) :

2- EDTA solution titrée ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2, 2\text{H}_2\text{O}$) : (20 mmole/l)

3-Indicateur coloré ($\text{C}_{30}\text{H}_{26}\text{N}_2\text{O}_{13}$) murexide

Dosage :

-Prendre 50 ml de l'échantillon

-Ajouter 2 ml de NaOH

-Ajouter 0.2 gr de l'indicateur

-Mélanger et doser immédiatement avec de l'EDTA sous agitation jusqu'à obtention d'une couleur bleu.

Expression des résultats

$$[\text{Ca}^{2+}] = C_1 V_3 / V_0 \quad \text{mmole/l}$$

C1 : concentration de l'EDTA en mmole/l

V0 : volume de la prise d'essai en ml

V3 : volume de la solution EDTA utilisé lors du dosage en ml

$$[\text{Ca}^{2+}] = (C_1 V_3) * A / V_0 \quad \text{gr/l}$$

A : masse atomique du calcium (40.08)

4- méthode d'analyse bactériologique

4-1-Méthode par filtration

On procède à la filtration sur membrane de 100 ml d'eau puis la membrane est mise en culture sur une gélose nutritive, avant d'être incubée pour une durée et à température idéale suivant le germe.

Cette méthode nous a permis de dénombrer les entérocoques intestinaux, les coliformes, *E. coli*, et les spores de bactéries anaérobies sulfato-réductrices.

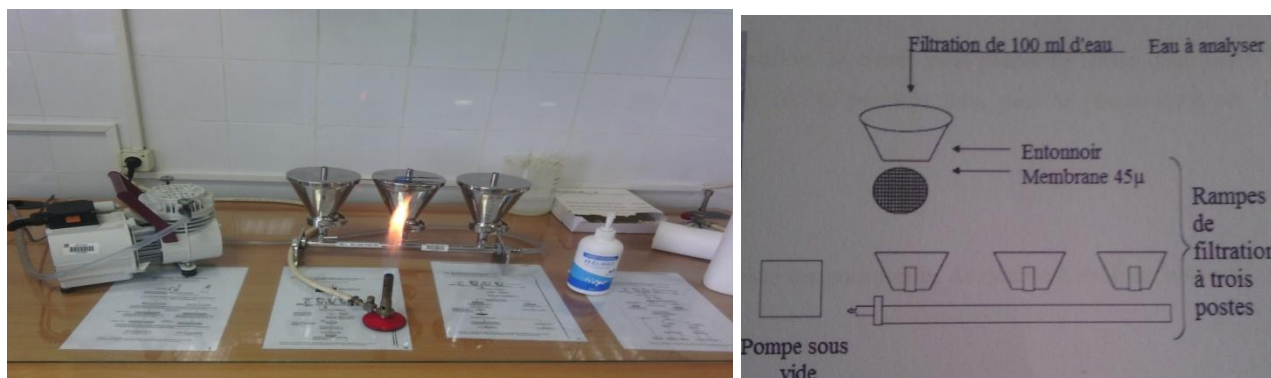


Fig 17 : Photo de Rampe de filtration

I-Dénombrement des entérocoques intestinaux : la méthode est basée sur le principe de la filtration cité au-dessus d'un volume d'un échantillon d'eau (100 ml) à travers une membrane filtrante ayant une grandeur de pore (0.45 µm) suffisante pour retenir les bactéries. Retiré l'entonnoir et transféré immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince stérile en le saisissant par son extrême bord. Placer le filtre sur un milieu sélectif de gélose (SLANETZ et BARTELAY), en prêtant attention à ne pas piéger des bulles d'air. Faire incubé les boîtes 37 °C pendant 48h.

Dénombrement : après incubation les entérocoques intestinaux typiques donnent des colonies bombées de taille moyenne, rouge, marron ou rose au centre ou sur l'ensemble de la colonie.

II-Confirmation et expression des résultats : s'il y'a présence de colonies typiques, transférer le filtre au moyen d'une pince stérile , sans le retourner, sur la boîte de Pétri contenant la gélose B.E.A (Bile Esculine Azoture) qui a été placée au préalable dans l'étuve à $44^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pendant 2 h, retirer la boîte de Pétri et compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'esculine positive. L'expression des résultats se fait en UFC/100ml d'eau.

III-Coliformes et *Escherichia coli* : méthode par filtration sur membrane ;

-Verser stérilement la quantité d'eau désirée (100ml)

-Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile en saisissant par son bord.

-Déposer la membrane sur le milieu M.F.C (milieu de confirmation des coliformes fécaux) en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.

-Incubation à 44°C pendant 24h.

-Après la période d'incubation, on dénombre les colonies caractéristiques (nombre C) qui se présentent sous forme de colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune ou rouge quelle que soit leur diamètre.

-Repiquer 5 à 10 colonies (nombre A) bien déterminées dans trois tubes contenant un bouillon au Tryptophane :

-Incuber à $44 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pendant 24h

-Ajouter 2 à 3 gouttes de réactifs Kovacs qui donne une coloration rouge brique à la surface du bouillon en présence d'Indole.

Expression des résultats :

Calcul de la valeur (a) du nombre de bactéries coliformes ou des *E. coli*, le résultat final sera exprimé selon l'équation suivante :

$$a = \frac{b}{A} \times C$$

A : nombre de colonies repiquées (5 à 10 colonies).

b : nombre de colonies répondant positivement aux critères du test de confirmation.

C : nombre total de colonies caractéristiques (jaune) trouvées dans la boîte.

IV-Spores de bactéries anaérobies sulfato-réductrices : méthode par filtration sur membrane , avant l'analyse il faut sélectionner les spores, en chauffant l'échantillon à $75 \pm 5^{\circ}\text{C}$ dans un bain marie pendant 15 minutes, puis refroidir immédiatement sous l'eau du robinet jusqu'à

température ambiante afin de détruire les formes végétative, puis filtre l'eau au travers d'une membrane de porosité de $0.22\mu\text{m}$ pour la rétention des spores de bactérie, après filtration, enlever la membrane avec une pince stérile et la placer face supérieure tournée vers le bas dans le fond d'une boîte de Pétri en s'assurant qu'il ne reste pas de bulles d'air sous la membrane, en suite verser soigneusement le milieu de culture gélose Viande Foie additionné d'une ampoule de sulfite de sodium et une ampoule d'alun de fer, jusqu'au rebord de la boîte de Pétri. Puis incuber pendant $22\pm 2\text{h}$ (première lecture) et $44\pm 4\text{h}$ (deuxième lecture) à 37°C .

Dénombrement et expression des résultats :

La première lecture doit être impérativement faite pour éviter un développement trop important de bactéries, qui engendre la diffusion des halos et une coloration noire uniforme de la membrane rendant dénombrement impossible en 48 h.

Toute colonie noire d'un halo noir est considérée comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfato-réductrices.

Le résultat est exprimé en nombre de spores de germes anaérobies sulfito-réducteurs dans 100ml d'eau.

V-Dénombrement des coliformes totaux :

-Verser stérilement 100 ml d'eau.

-Après filtration, prélever la membrane avec une pince stérile en saisissant par son bord.

-Déposer la membrane sur le milieu sélectif TTC, en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.

-Incubation à 37°C pendant 24 h.

-Après incubation, on dénombre les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune quelle que soit leur diamètre.

4-2-Méthode par incorporation

La mise en boîte d'un échantillon d'eau d'un volume de 1 ml, auquel on ajoute 15 à 20 ml de la gélose fondue, mélange et laisser solidifier. Le comptage des colonies se fait après incubation pour une durée et à température idéale suivant le germe.

Cette méthode est utilisée pour l'ensemencement des germes revivifiables.

I-Microorganismes revivifiables : le dénombrement se fait une fois par jour comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélose ,T.G.E.A.gélose a la peptone de caséine, au glucose et à l'extrait de levure en utilisant la méthode par incorporation, et incubation d'une boîte de Pétri à une température de 37°C pendant 48h et la deuxième boîte ensemencé à 22°C pendant 72h.

Dénombrement et expression des résultats : retirer les boîtes des étuves et compter les colonies présentes dans chaque boîte, exprimer le résultat en UFC/ml d'échantillon, si les boîtes ensemencées contiennent plus de 300 colonies, exprimer le résultat sous la forme >300 colonies.

Chapitre v

Résultats

Et

Discussion

Les eaux souterraines ont pendant longtemps, été synonymes « eaux propres » répondant naturellement aux normes de potabilité. Les eaux souterraines sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles, néanmoins, de nombreuses nappes sont influencées par la qualité des eaux de surface.

1-Interprétation des analyses organoleptiques

1-1-Odeur

Une sensation perçue par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles (REJESK, 2002). Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition (RODIER, 1996).

1-2-Couleur

Sur la figure 18 on présente la variation de la couleur des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

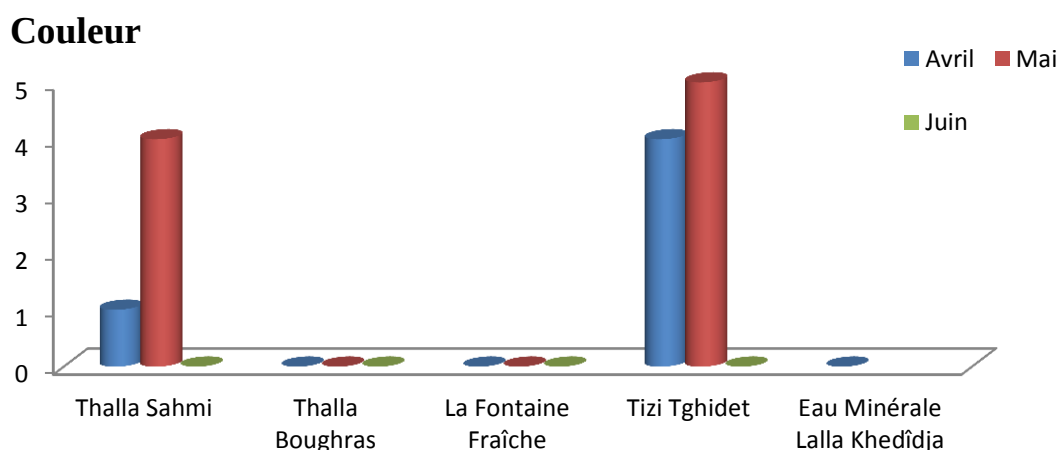


Fig 18: Variation de la couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 μm . 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, 2009).

On a remarqué l'absence de couleur pour Thalla boughras et la Fontaine Fraîche ce qui indique généralement que l'eau de source est une eau limpide, saine, de bonne qualité. Cependant la couleur des deux autres sources reste au-dessous de la norme recommandée

qui est de 15 mg/l Pt Co. Le changement de couleur est dû à la présence de divers colloïdes présents dans les terrains traversés.

1-3-Turbidité

Sur la figure 19 on présente la variation de la turbidité des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

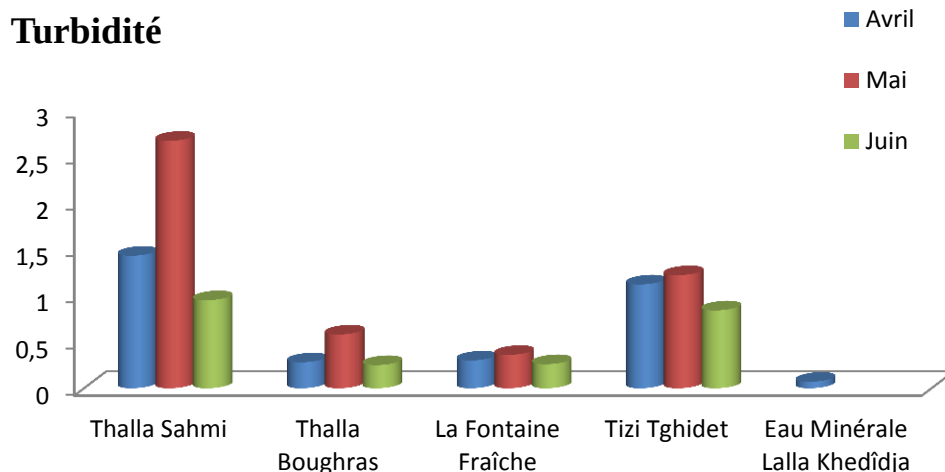


Fig 19: Variation des valeurs de la turbidité

La turbidité est due à la présence des matières en suspension finement divisées dans l'eau, d'argiles, de limons, de grains de silice, de matière organiques, etc. (RODIER, 1984).

Les eaux étudiées sont des eaux claires ; ceci est dû à l'infiltration de l'eau dans le sol. Les valeurs de la turbidité pour les quatre sources sont comprises entre 0.25 et 2.67 NTU. La norme algérienne recommande une valeur limite de 5 NTU au maximum.

2-Interprétation des analyses physico –chimiques

2-1-Le potentiel d'hydrogène (pH)

Sur la figure 20 on présente la variation de potentiel d'hydrogène (pH) des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

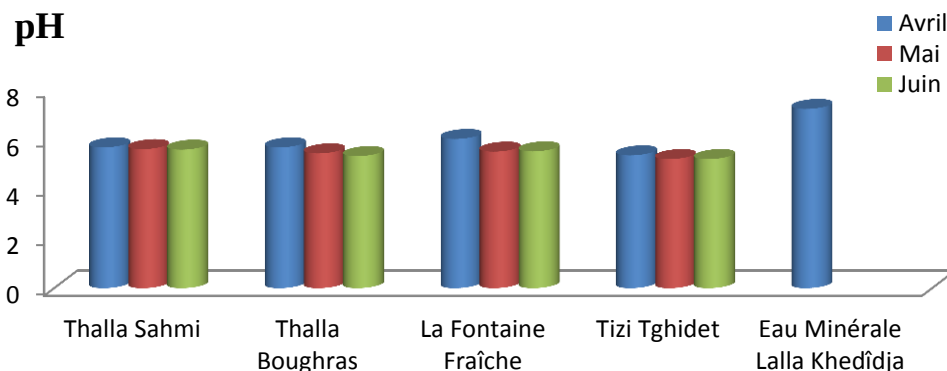


Fig 20: Variation des valeurs de pH

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans les réactions avec le dioxyde de carbone et l'alcalinité.

Les valeurs enregistrées montrent que le pH des eaux étudiées est légèrement acide et compris entre 5.2 et 6.01. Elles sont au-dessous des normes algériennes qui fixent des valeurs de pH entre 6.5-8.5. Leur acidité est due à la nature des terrains traversés.

Le pH d'une eau naturelle dépend de la nature des terrains traversés. Des eaux issues de régions calcaires qui auront un pH plutôt basique à l'inverse des eaux provenant de massifs cristallins auront un pH plutôt acide (Potelon, 1998).

2-2-Température

Sur la figure 21 on présente la variation de la température des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

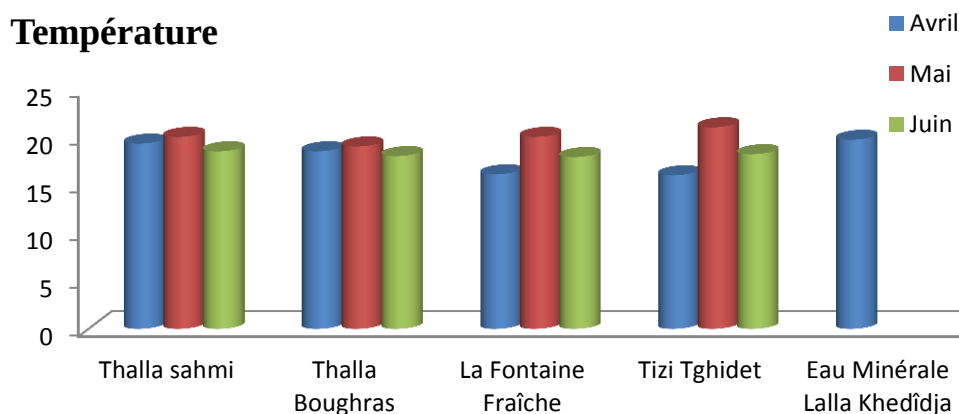


Fig 21 : Variation des valeurs de la température.

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

Les températures enregistrées sont comprises entre 16 et 21°C, les valeurs obtenues sont conformes aux normes algériennes qui est <25°C. En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixées par l'OMS (1994), l'eau est excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C ; elle est passable dans l'intervalle de 22 à 25 °C et médiocre si elle est comprise entre 25 et 30°C (KAHOUL et *al*, 2014).

2-3-Conductivité

Sur la figure 22 on présente la variation de la conductivité des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

Conductivité

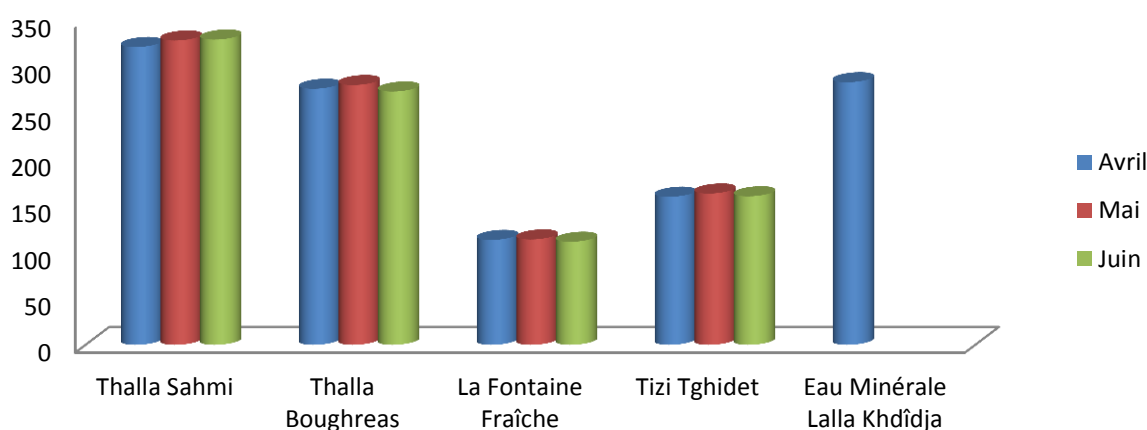


Fig 22 : Variation des valeurs de la conductivité

Selon Rodier (2009), La conductivité permet d'apprécier le degré déminéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante :

- Conductivité égale à 0.05μS/cm: eau déminéralisée ;
- Conductivité de 10 à 80μS/cm: eau de pluie;
- Conductivité de 80 à 100 μS/cm : eau peu minéralisée ;
- Conductivité de 300 à 500 μS/cm: eau moyennement minéralisée ;
- Conductivité de 1000 à 3000 μS/cm : eau saline ;
- Conductivité supérieure à 3000 μS/cm: eau de mer.

Selon les valeurs de la conductivité électrique des eaux étudiées on remarque que la Fontaine Fraîche et Tizi Tghidet sont faiblement minéralisées probablement dû à la nature gréseuse des terrains traversés. Tandis que Thalla Sahmi et Thalla Boughras selon le classement

ci-dessus s'avèrent moyennement minéralisées. En conclusion nos sources sont au-dessous de la norme recommandée qui est $< 2800 \mu\text{S/cm}$

2-4-Résidu sec

Sur la figure 23 on présente la variation de résidu sec des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

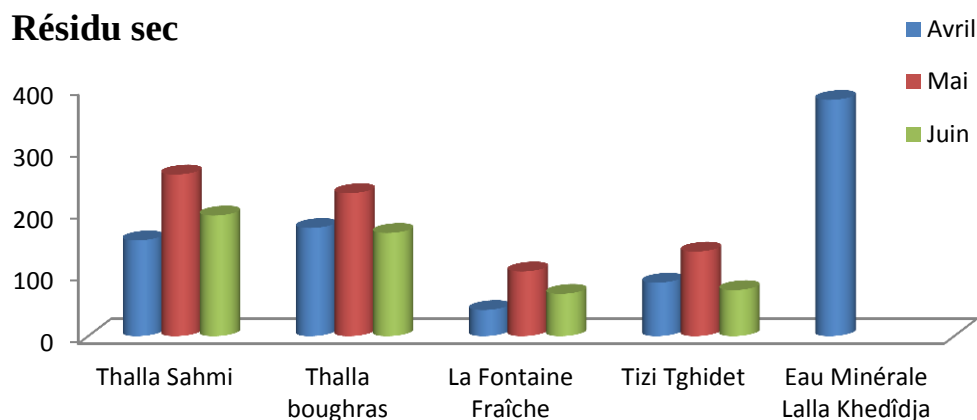


Fig 23: Variation des valeurs de la RS à 105°C

Selon le RODIER (2009) la détermination du résidu de l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspensions non volatiles. Elle permet aussi d'évaluer la minéralisation d'une eau, mais d'une façon différente. Le résidu sec représente le taux des éléments minéraux recueillis après l'évaporation d'un 50 ml d'eau à une température de 105°C. Selon les quantités recueillies, elles sont classées comme suit :

- **plus de 1 500 mg/l** : eau riche en sels minéraux ;
- **entre 500 et 1 500 mg/l** : eau moyennement minéralisée ou oligo-minérale ;
- **entre 50 et 500 mg/l** : eau faiblement minéralisée ;
- **résidu sec $< 50 \text{ mg/l}$** : eau très faiblement minéralisée.

Les concentrations en résidu sec au niveau des quatre sources varient de 42 mg/l et 260 mg/l. en comparant les sources de la zone d'Azazga avec l'eau minérale Lalla Khadîdja elles restent faiblement minéralisées. Les eaux très faiblement minéralisée sont attribuées à la fontaine fraîche et Thalla Tizi Tghidet. Cependant nos sources sont au-dessous de la norme recommandée qui $< 1500 \text{ mg/l}$.

2-5-Les matières en suspension (MES)

Sur la figure 24 on présente la variation des matières en suspension des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

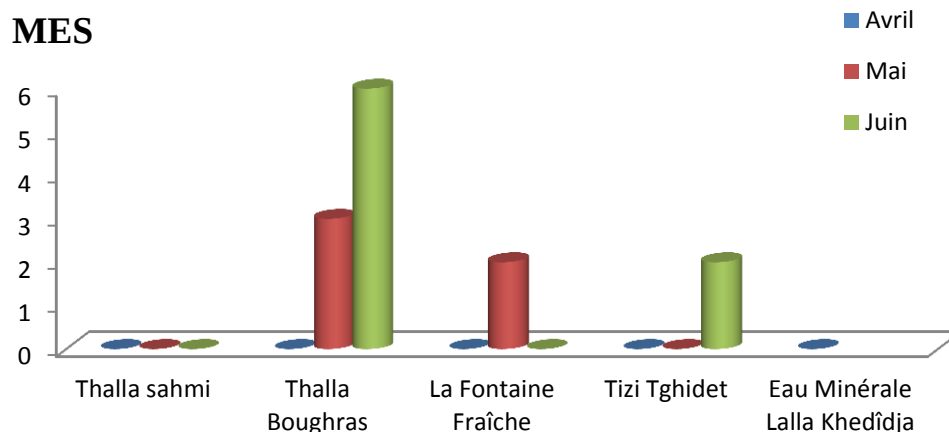


Fig 24 : Variation des valeurs de la matière en suspension.

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sables, boues, particules organiques, plancton, etc.) ; elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux des rejets, etc. (RODIER, 2009). Les valeurs des MES trouvés au niveau des sources étudiées est comprise entre 0 et 6 mg/l.

Il n'existe pas de norme algérienne, ni internationale (OMS) concernant ce paramètre.

2-6-L'oxygène dissous

Sur la figure 25 on présente la variation de l'oxygène dissous des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

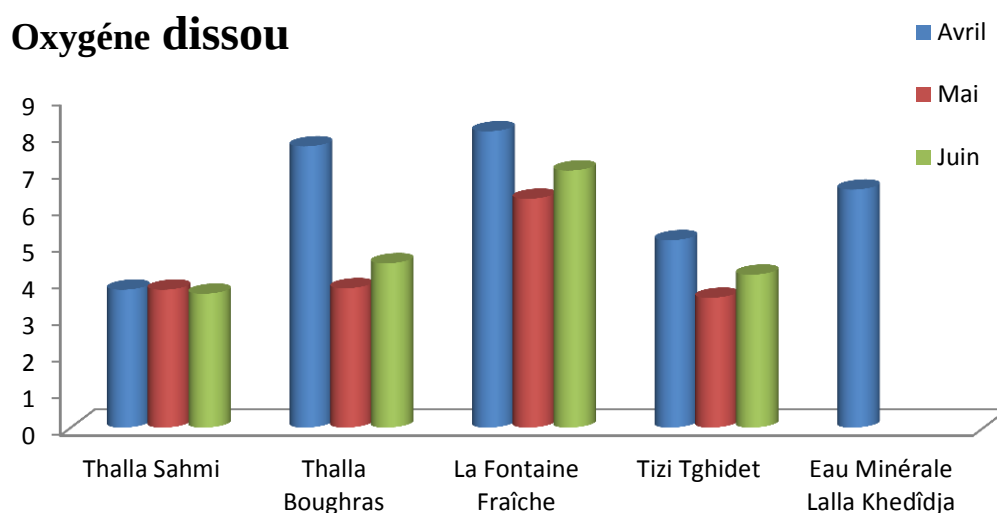


Fig 25 : Variation des valeurs de l'oxygène dissous

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau (Rodier, 2009) il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique.

Les résultats de concentration en oxygène dissous oscillent entre 3,54 mg/l et 8.08 mg/l. Sont conformes à la norme recommandé qui est < 9mg/l.

2-7-L'ammonium (NH_4^+)

Sur la figure 26 on présente la variation d'ammonium des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin)

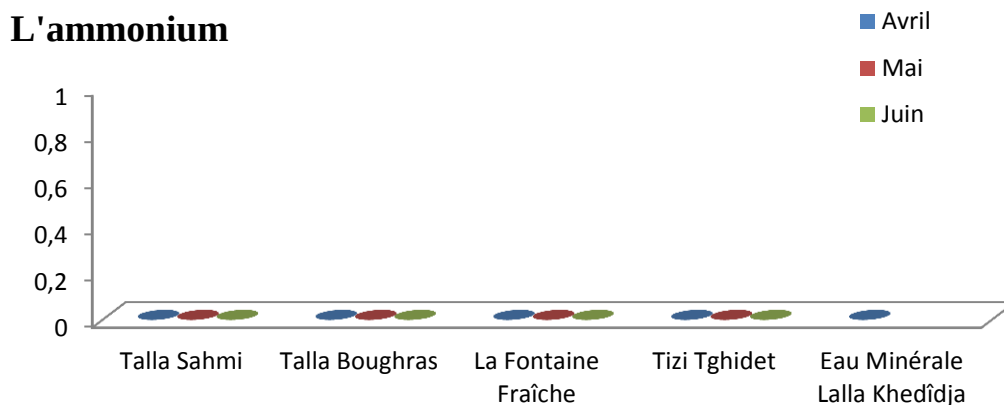


Fig 26 : Variation des valeurs de l'ammonium

La réglementation de notre pays fixe 0.5 mg/L comme teneur limite. L'ammonium n'a pas d'effets sur la santé du consommateur mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution, et provoque des goûts désagréables quand il réagit avec le chlore pour former les chlora-mine.

A propos de nos sources cet élément n'est pas présent.

2-8-Nitrate (NO_3^-)

Sur la figure 27 on présente la variation de nitrate des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

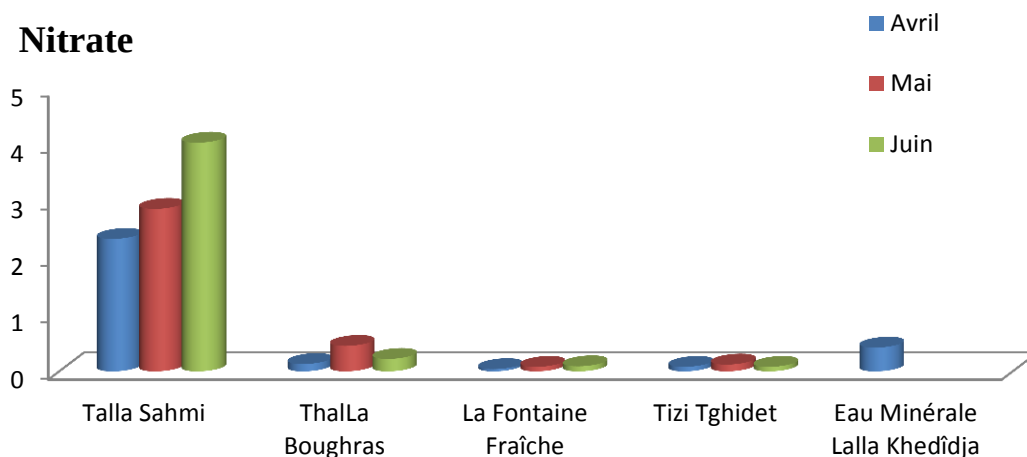


Fig 27: Variation des valeurs de nitrate.

Ils proviennent de la minéralisation de la matière organique. Leur présence en grande quantité est considérée comme une probabilité de pollution due à des rejets domestiques et de l'épandage des engrais ammoniacaux (O.M.S, 1986)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les sources étudiées sont comprises entre 0.04 et 4.04mg/l. D'après le journal officiel et les normes de l'OMS, il est recommandé pour les nitrates, une valeur de 50mg/l dans une eau destinée à la consommation. Les eaux de Thalla Sahmi présente des concentrations relativement importantes en nitrate. L'origine de ces concentrations peut être due à la décomposition des matières organiques, et les eaux usées domestiques car cette source étant située autour des habitations. Cependant elle reste largement inférieure à 50 mg/l la norme recommandée.

2-9-Nitrite (NO_2^-)

Sur la figure 28 on présente la variation de nitrite des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

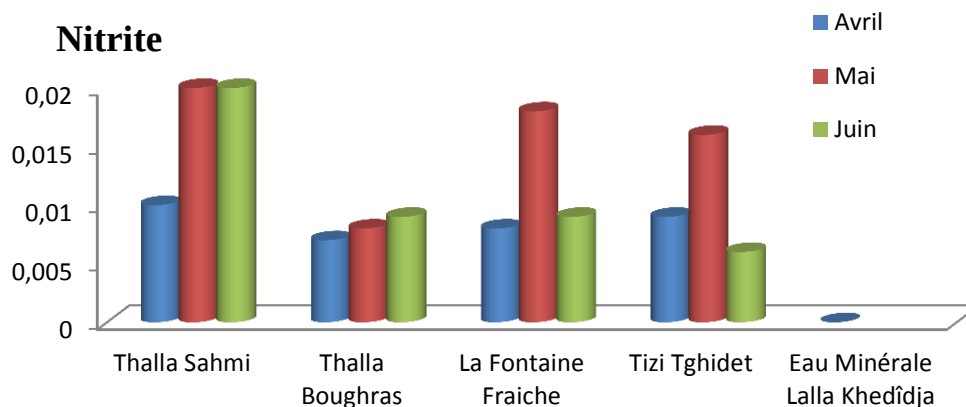


Fig 28 : Variation des valeurs de nitrite

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, leurs présences dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine (GHAZALI et *al.*2013).

Ce qui concerne nos sources les valeurs des nitrites est faible alors nos sources sont conforme à la norme recommandée qui est < 0.2 et sans danger pour la santé humaine.

2-10-Le phosphore (PO_4^{3-})

Sur la figure 29 on présente la variation de fer des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

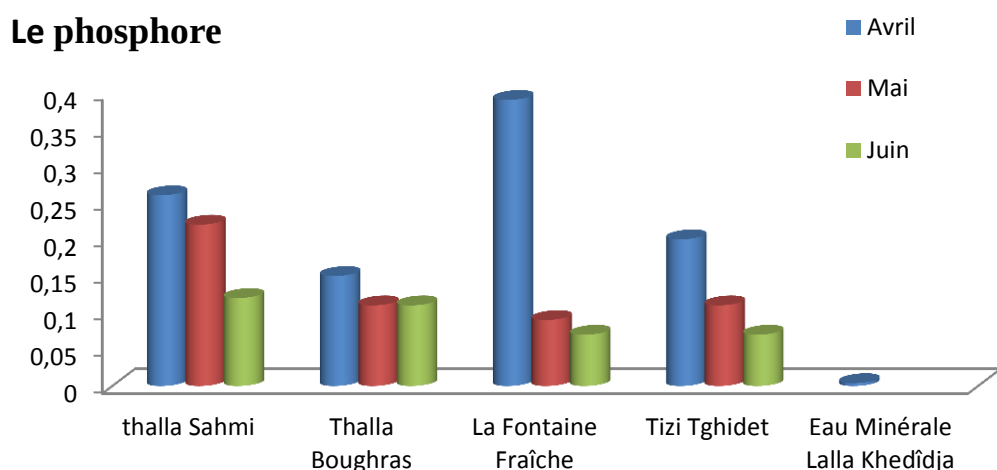


Fig 29 : Variation de phosphore

Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues. Il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les réservoirs, les lacs et les rivières (RODIER, 1996).

Des teneurs supérieures à 0.5 mg/L doivent constituer un indice de pollution. Ce n'est pas le cas pour nos sources étudiées, nous avons trouvé une teneur comprise entre 0.07 et 0.39 mg/L ; Elle est inférieure aux normes prescrites par la réglementation algérienne qui fixent une valeur maximale admissible de 0.5 mg/l.

2-11-Le fer (Fe^{2+})

Sur la figure 30 on présente la variation de fer des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

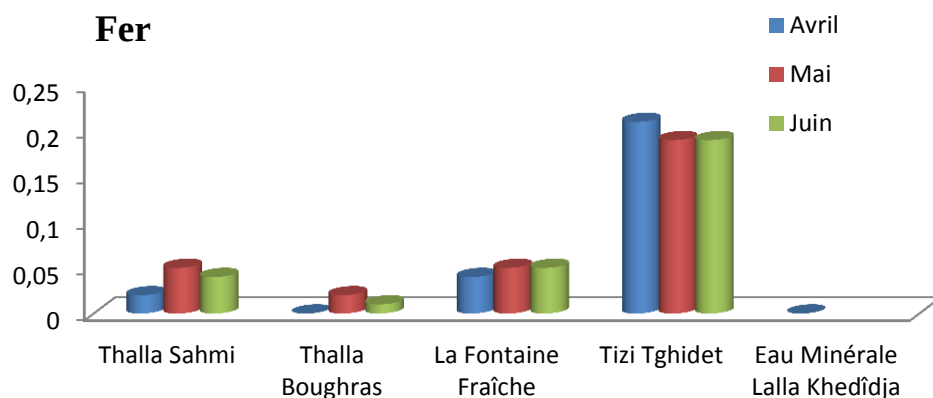


Fig 30 : Variation de Fer

La présence de Fer dans les eaux de sources peut contenir jusqu'à quelques mg/l ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés ou les pollutions industrielles. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau (Rodier, 1996)

La valeur limite donnée par la réglementation Algérienne est de 0.3 mg/L. les résultats obtenus pour nos sources étudiées sont conformes aux normes prescrites. Ces derniers sont compris entre 0.01 et 0.04 mg/l. Cependant en remarque que Thalla Tizi Tghidet est riche en Fer, car elle traverse un sol fersialitique.

2-12-Manganèse (Mn)

Sur la figure 31 on présente la variation de manganèse des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

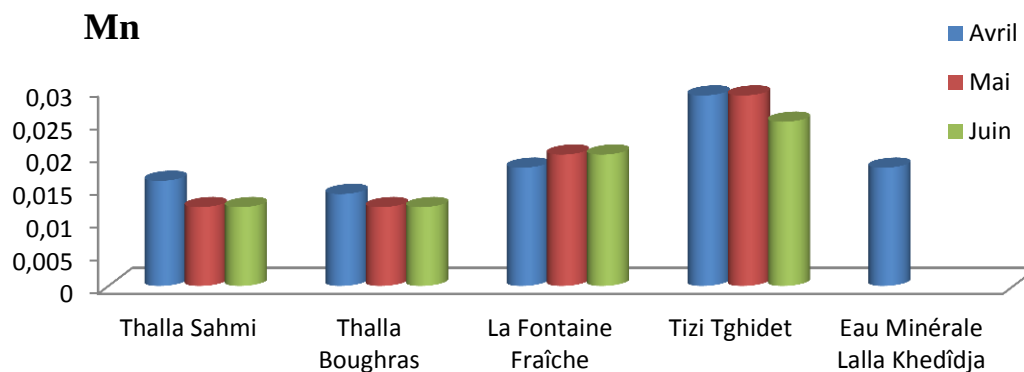


Fig 31 : Variation de manganèse

Les valeurs enregistrées de la concentration en manganèse varient entre 0.012 et 0.02mg/l, ces faibles valeurs peuvent s'expliquer par le fait que les terrains traversés sont pauvres en cet élément. Les concentrations observées sont toutes inférieures à la valeur guide des eaux de consommation recommandée par l'O.M.S qui est de 0.5 mg/l et répond aux normes d'eaux douces de bonne qualité.

2-13-Sulfate (SO_4^{2-})

Sur la figure 32 on présente la variation de sulfate des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

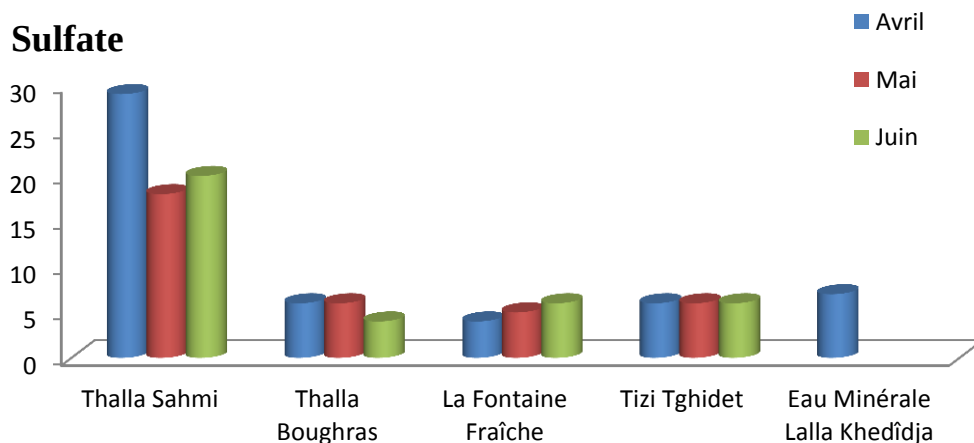


Fig 32 : Variation de sulfate

Selon OMS (1986) les sulfates peuvent provenir des argiles et de l'altération des terrains gypseux et avoir aussi comme origine les matières fécales et les détergents.

Les valeurs des sulfates trouvés au niveau des sources étudiées est comprise entre 5 et 29 mg/l, elle reste inférieure à la concentration maximale admissible décrétée par les normes Algériennes 400 mg/l.

La source Thalla Sahmi étant située entre les habitations, son taux de sulfate reste élevé par rapport aux autres sources.

2-14-Aluminium (Al^{3+})

Sur la figure 33 on présente la variation de l'Aluminium des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

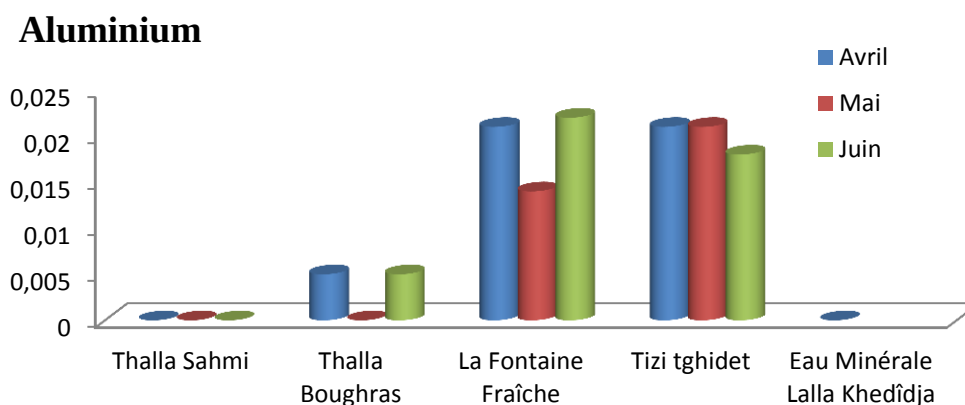
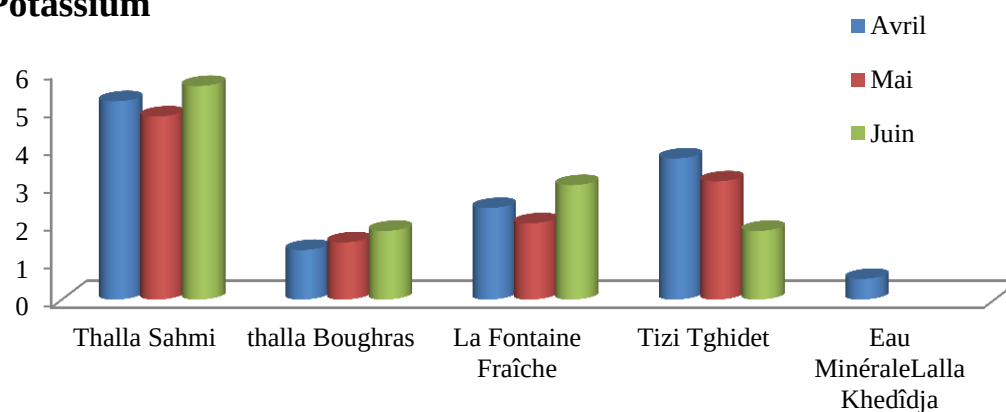


Fig 33 : Variation de l'Aluminium

La concentration maximale admise d'aluminium dans l'eau destinée à la consommation est fixée à 0.2 mg/l par le journal algérien, les valeurs enregistrées d'Aluminium varient entre 0 et 0.022 mg/l d' Al^{3+} qui sont très inférieure à la norme. Le taux d'Aluminium reste en dessous des normes de journal officiel, cependant on remarque que la Fontaine Fraîche et Thalla Tizi Tghidet en contiennent, la teneur reste faible voire nulle pour Thalla Sahmi et eau minérale.

2-15-Potassium (K^+)

Sur la figure 34 on présente la variation de potassium des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

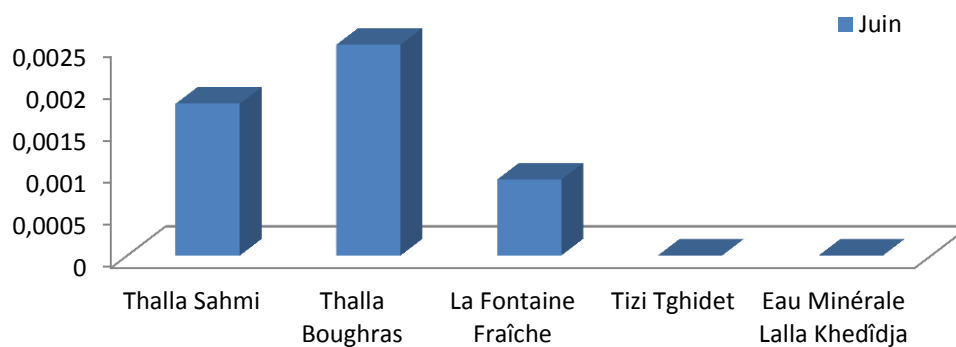
Potassium**Fig 34:** Variation du potassium

La teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 12 mg/l de telles valeurs, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus il est issu naturellement des roches métamorphiques et des argiles. (Rodier, 1996).

Les concentrations en potassium sont relativement faible pour toute les sources, sont comprises entre 1,3 et 5,6 mg/l et l'eau minérale 0,54 mg/l en remarque que la source de Thalla Sahmi riche en potassium par contre les trois autre sources et l'eau minérale sont pauvre avec des teneurs faible en potassium.

2-16-Interprétation des résultats des métaux Lourds**2-16-1-Cadmium (Cd^{2+})**

Sur la figure 35 on présente la variation de cadmium des quatre sources en mois de Juin.

Cadmium**Fig 35 :** Variation de Cadmium

Le cadmium est un métal peu répandu dans la croûte terrestre. Il ne se trouve pas à l'état élémentaire dans la nature, il est généralement présent dans les minerais de zinc ou de plomb (BOUCHESEICHE et *al*, 2002).

Néanmoins, on constate au cours de nos analyse que la source de Thalla sahmi, Thalla Boughras et la Fontaine Fraîche atteintes des traces de cadmium mais sont inférieure à 0.003mg/l. Cependant Thalla de Tizi Tghidet rassemble à l'Eau Minérale qui ne présente aucune concentration en cadmium, ce qui correspond à une eau de bonne qualité, et ceci élimine les désagréments que peut induire cet élément.

2-16-2-Plomb (Pb^{2+})

On présente sur la figure 36 la variation de cadmium des quatre sources en mois de Juin.

Plomb

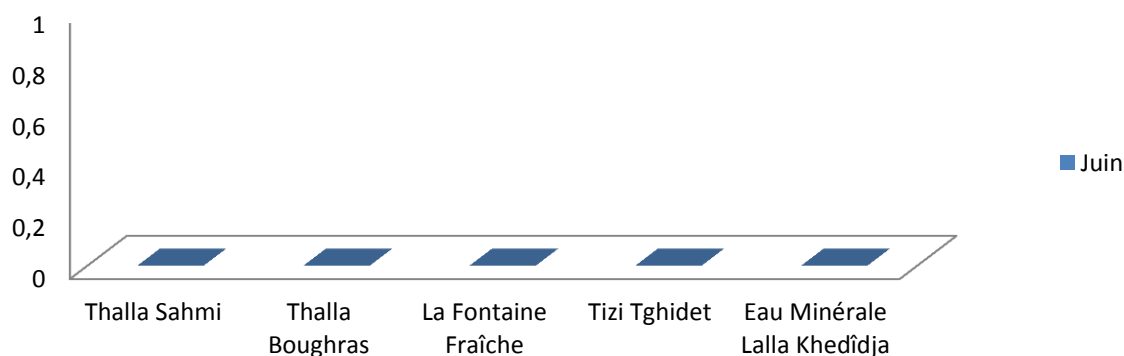


Fig 36 : Variation de plomb

Le plomb est un élément très abondant et largement répandu dans la croûte terrestre, à des teneurs de l'ordre de 13mg/kg, sous forme de dérivés peu solubles. Les sols acides sont généralement moins riches en plomb que les sols alcalins (RODIER et *al*, 2009). Les résultats d'analyses dévoilent que les quatre sources étudiées ne présentent aucune trace de plomb durant les trois prélèvements ce qui est dû à l'absence d'industrie autour de nos sources, la norme (NA) recommandée est <0.01mg/l.

2-17-Résultats et interprétation de la minéralisation globale

2-17-1-Dureté totale (TH)

Sur la figure 38 on présente la variation de la dureté totale (TH) des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

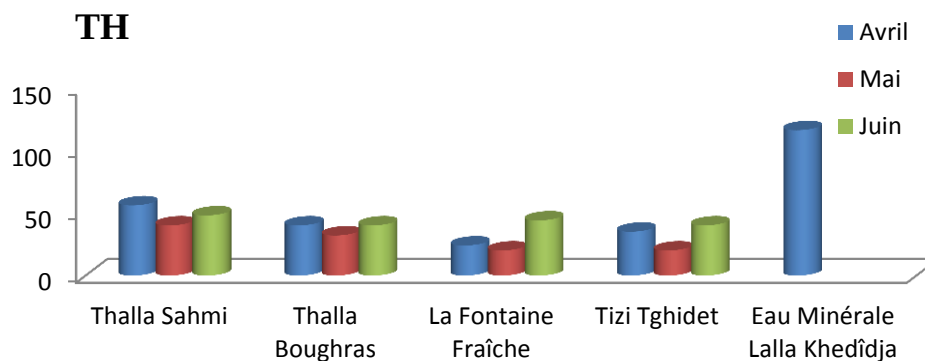


Fig 37 : Variation de la dureté

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et magnésium. (Rodier, 1996).

Il y a trois grandes classes de dureté :

TH <15°F : eau douce.

TH >15°F : eau légèrement douce.

TH >50°F : eau très dure.

Les normes locales (journal algérien 2011) exigent une concentration maximale admissible de 200mg/l. Les valeurs de la dureté obtenues dans les eaux étudiées sont comprises entre 2,0 et 5,6 °F (20 et 56 mg/l de CaCO_3) ce qui montre la bonne de minéralisation de ces eaux ainsi que un caractère marqué d'eau douce, Elle répond aux normes indiquées par la réglementation Algérienne.

$$1^\circ\text{F} = 10 \text{ mg/lCaCO}_3$$

2-17-2-Titre alcalimétrique (TA)

Sur la figure 38 on présente la variation de la TA des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

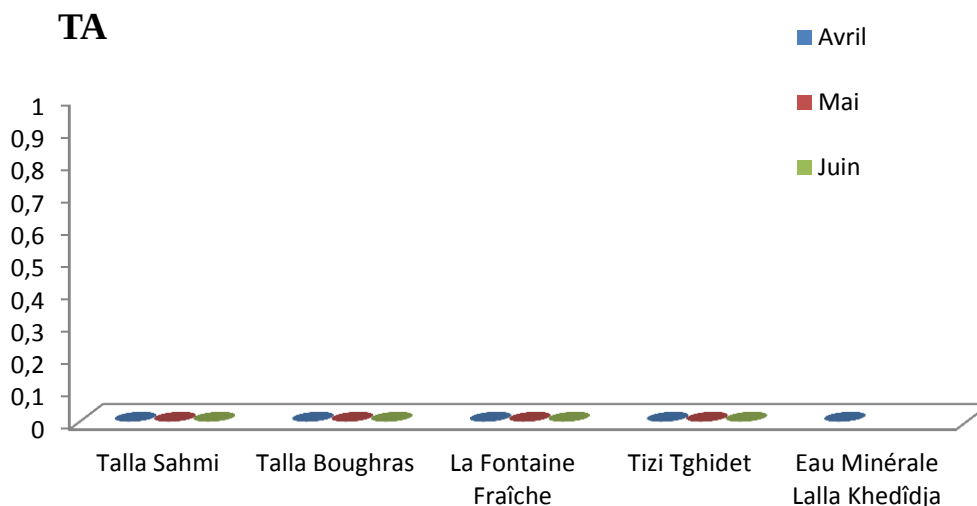


Fig 38: Variation de la TA

2-17-3-Titre alcalimétrique complet (TAC)

On présente sur la figure 39 la variation de la TAC des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin)

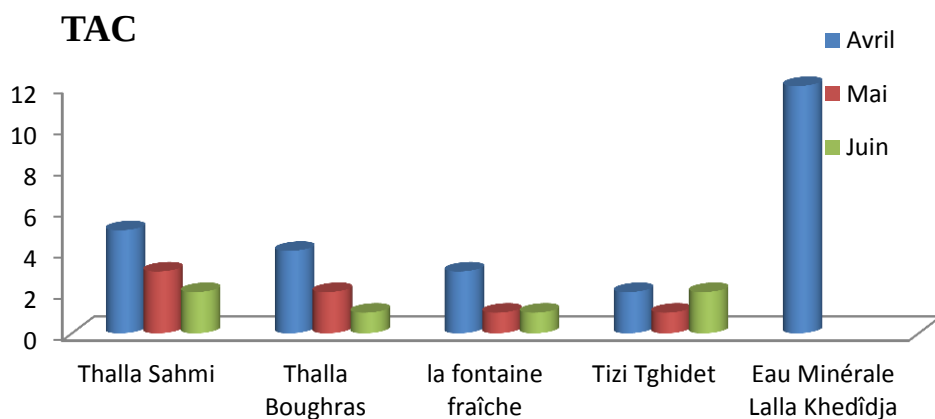


Fig 39 : variation de la TAC

Le Titre Alcalimétrique (TA) et le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) traduisent l'alcalinité d'une eau. Ce sont des paramètres importants pour l'eau distribuée dans la canalisation. La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité de l'eau, puisqu'elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique. D'après les analyses de l'eau nous avons $TH > TAC$, ceci donne une eau hydrogéo-carbonaté calcique (MELGHIT, 2013).

D'après nos analyses au laboratoire on constate l'absence totale de la TA et présences des traces par rapport à la TAC. La norme recommandé $< 500 \text{ mg/l}$.

2-17-4-Calcium (Ca^{2+})

On présente Sur la figure 39 la variation du calcium des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

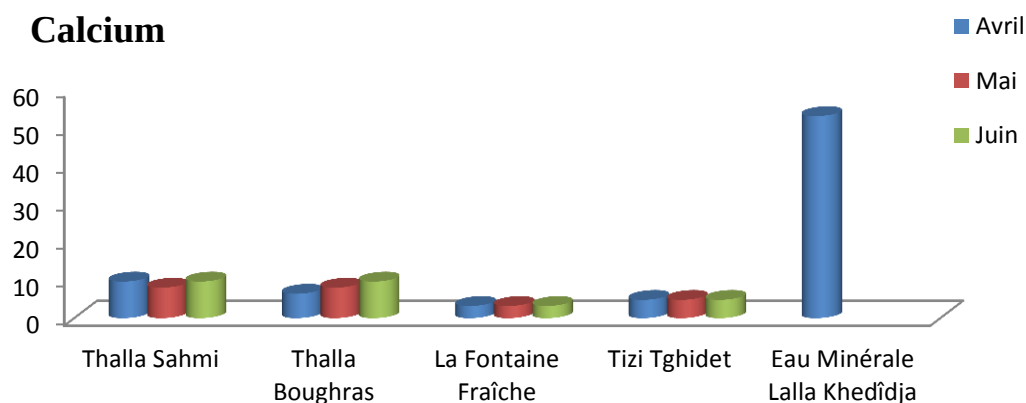


Fig 40: Variation du calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (RODIER *et al*, 2009). Les normes algériennes préconisent une concentration de 200 mg/l comme concentration maximale les résultats de la détermination du calcium pour les quatre sources sont très pauvre en calcium compris entre 3.2 et 9.6 mg/l .et l'eau minéral 53 Mg/l sont proche de la valeur minimale recommandée par l'OMS.

2-17-5-Magnésium (Mg^{2+})

Sur la figure 41 on présente la variation du magnésium des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

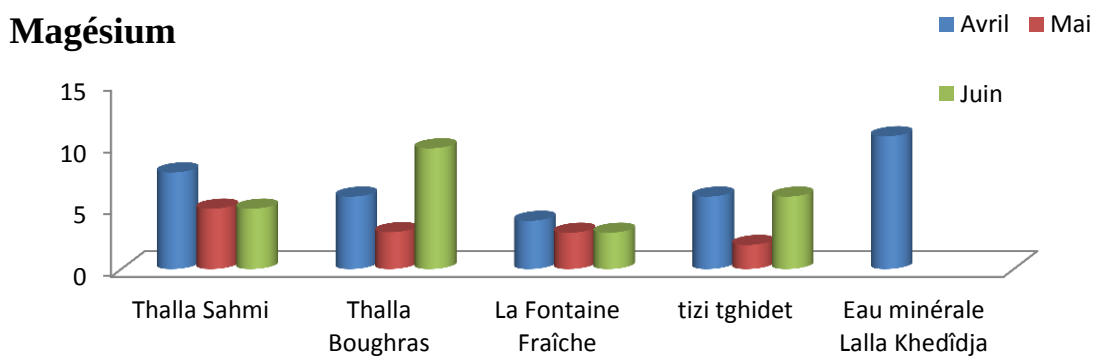


Fig 41: Variation de magnésium

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature. L'ion magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies du jurassique ou du Trias moyen) (RODIER *et al.*, 2005).

Les concentrations enregistrées en magnésium fluctuent entre 1.94 et 7.78 mg/l pour les quatre sources ainsi que celle de l'eau minéral « Lala Khadija » 7 Mg/l sont inférieure aux concentrations admissibles recommandées par l'Algérie et l'OMS (30 à 150 Mg/l).

2-17-6-Les chlorures (Cl⁻)

Sur la figure 42 on présente la variation du chlorure des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

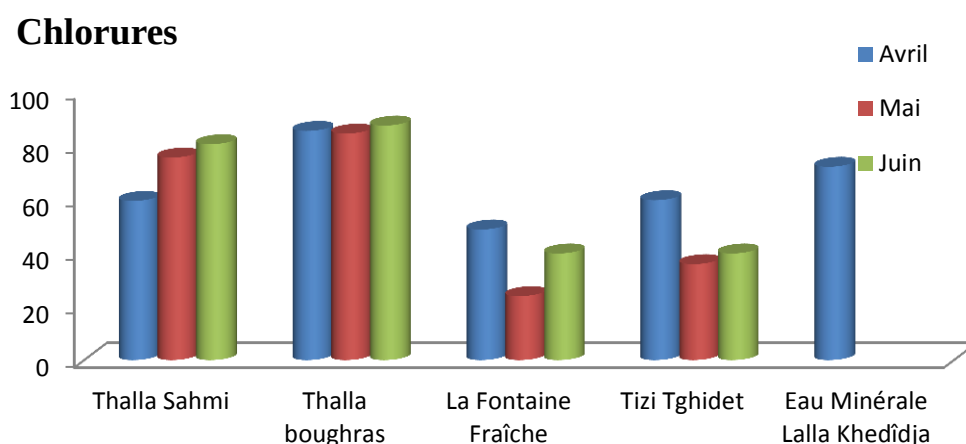


Fig 42 : Variation de chlorure

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l.

La teneur de notre échantillon est comprise entre 23,82 et 59,56 mg/l. Elle reste conforme aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

Selon Rodier *et al.* (2009), les chlorures n'auraient pas d'effets néfastes sur la santé du consommateur car l'équilibre du chlorure se maintient, surtout par l'excrétion de l'excès de chlorures dans l'urine.

3-Interprétation des résultats bactériologiques

3-1-Escherichia-Coli

Sur la figure 43 on présente la variation d'E. Coli des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

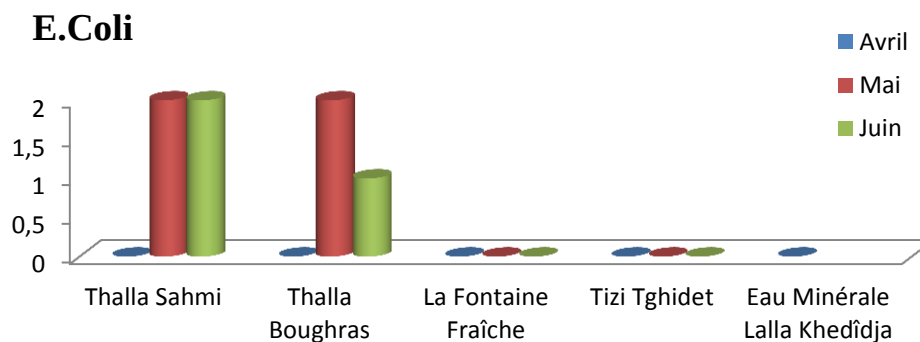


Fig 43 : variation des valeurs d'Escherichia-Coli

E. coli représentent approximativement 10% des micro-organismes intestinaux humaines et animaux, sont considérées comme étant un organisme indicateur de pollution (RODIER et al, 2009). La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence des coliformes fécaux et des coliformes totaux dans (100ml). En ce qui concerne nos sources étudiées, on constate l'absence de E. coli dans la Fontaine Fraîche et Tizi Tghidet par contre présence de E. coli pour Thalla Sahmi et Thalla Boughras (02 c/100ml), peut être expliqué par les rejets domestique déversés par les agglomérations avoisinantes.



Fig 44 : Photo des E. Coli (44°C/24h)

3-2-Coliforme Totaux

Sur la figure 45 on présente la variation des coliformes totaux des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

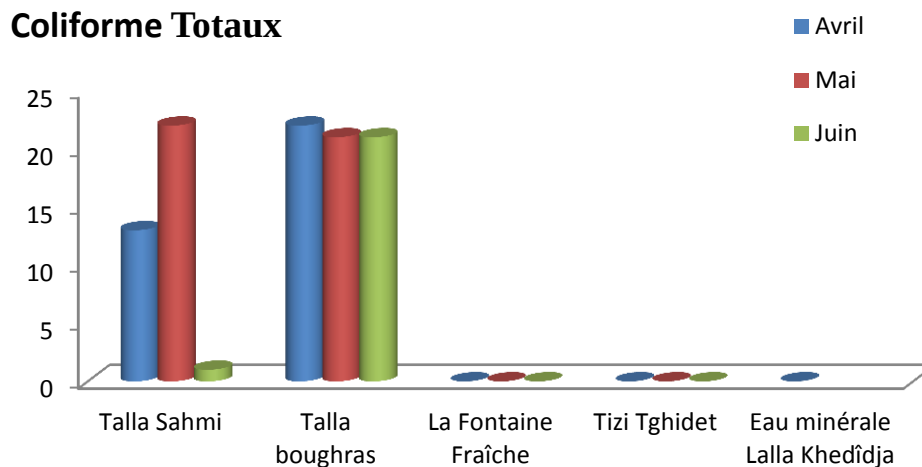


Fig 45: Les variations des valeurs des Coliformes Totaux

Lorsque le nombre des Coliformes totaux est supérieur au nombre des streptocoques fécaux, la contamination est d'origine humaine (Rodier J ,1996).

La charge en coliformes totaux aux niveaux de la source Thalla Sahmi (13 c/100ml) et Thalla Boughras (22c/100ml). Cette charge dépasse la norme qui est ≤ 10 . La forte concentration de ces bactéries indique une contamination fécale, expliqué par la présence des facteurs qui favorisent leur croissance et qui ont comme origines : les rejets domestiques.

L'absence des coliformes totaux dans les autres sources. Cette valeur définit la norme recommandée par l'O.M.S (0/100ml), qui indique que l'eau de ces sources sont des eaux de bonne qualité bactériologique.



Fig 46: Photo des Coliformes Totaux après incubation à 37 °C/24h

3-3-Streptocoque

Sur la figure 47 on présente la variation des streptocoques des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

Streptocoque

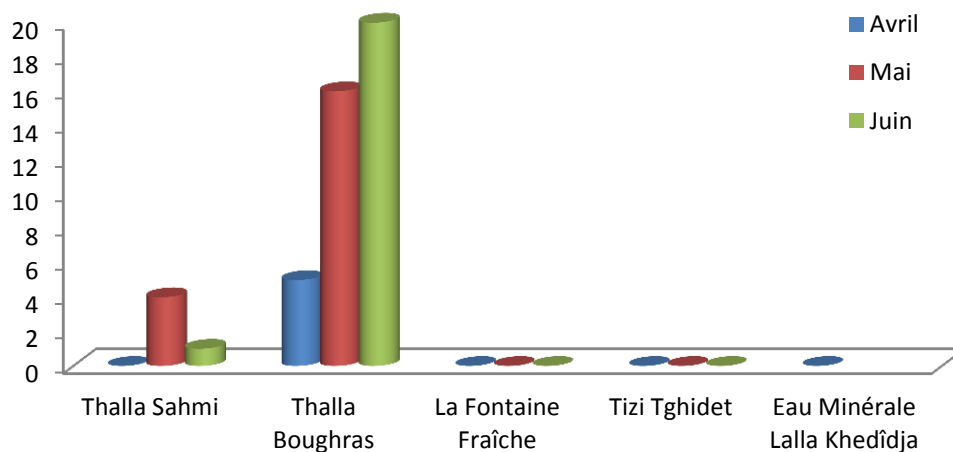


Fig 47 : Les variations des valeurs des Streptocoques

Les streptocoques fécaux sont des espèces commensales de tube digestif de l'homme et des animaux (DELARRAS, 2000). On constate l'absence totale des Streptocoques fécaux pour la Fontaine Fraîche et Tizi Tghidet. Confirmant ainsi les normes de potabilité en relation avec ce paramètre. Par rapport aux autres sources la concentration des streptocoques montre des valeurs élevées étant situées entre les habitations, ces valeurs sont supérieures à la norme algérienne (0c/100 ml). La présence des streptocoques indique une contamination fécale ancienne.

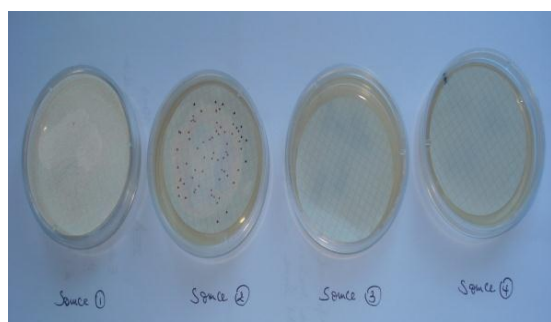


Fig 48 : Photo des Streptocoques dans le milieu SLANETZ et BERTLEY 37°C/48h

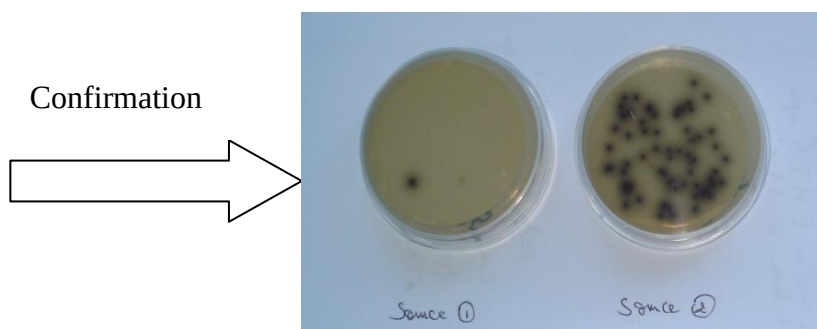


Fig 49 : Photo des Streptocoques dans le milieu B.E.A.(44°C/2h)

3-4-A.S.R

Sur la figure 50 on présente la variation des A.S.R des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

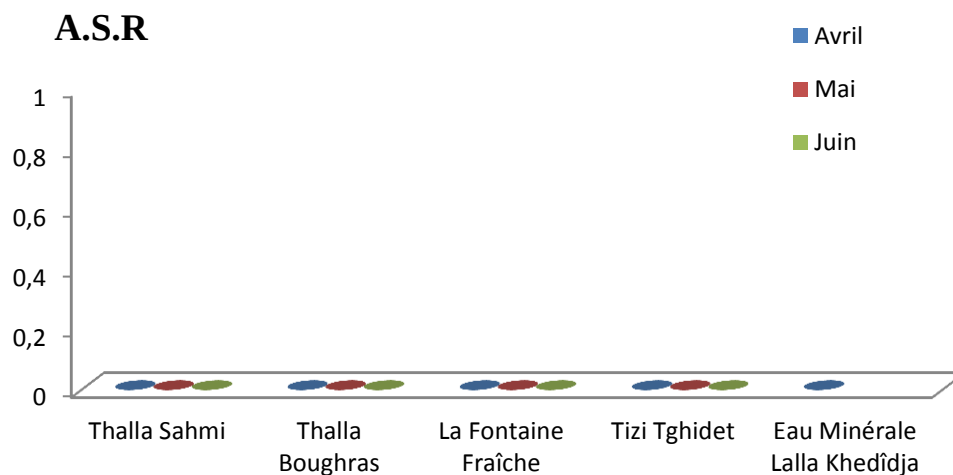


Fig 50 : Les variations des valeurs des A.S.R

Les anaérobies sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale (RODIER et *al*, 2009). Cependant on remarque l'absence de deux formes des anaérobies Sulfito- Réducteurs (sporulées et végétatives) pour les quatre sources étudiées, ce qui correspond aux normes algériennes qui excluent sa présence.



Fig 51: Photo des A.S.R après incubation à 37°C pendant 24h et/ou 48h

3-5-Germes à 37°C

Sur la figure 52 on présente la variation Des germes à 37°C des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

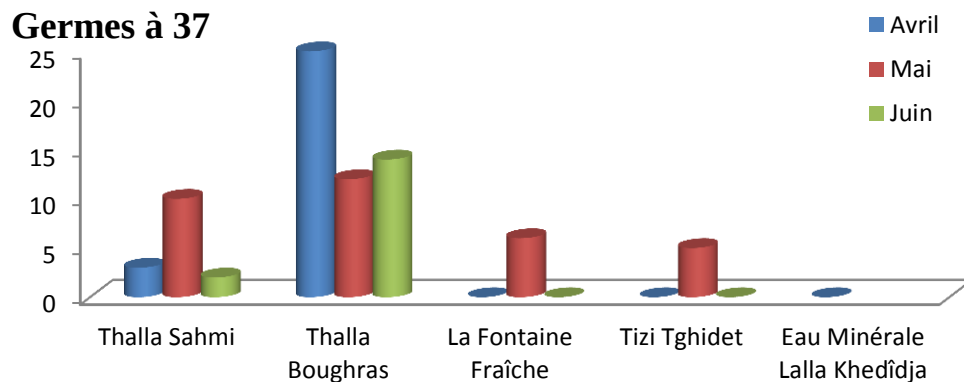


Fig 52: Les variations des valeurs des Germes à 37°C

La concentration des germes à 37°C représentée pour Thalla Boughras (25c/1ml) dépasse la norme (<20). La présence accrue de ces germes traduit une contamination récente et permanente. Cette importante teneur peut être expliquée par le déversement des rejets domestiques et aux rejets des unités polluantes. Cependant pour Thalla Sahmi et les deux autres sources sont en dessous de la norme.



Fig 53 : Photo des Germes Totaux à 37°C pendant 48h

3-6-Germes à 22°C

Sur la figure 54 on présente la variation des germes à 22°C des quatre sources en fonction de trois mois (Avril, Mai et Juin).

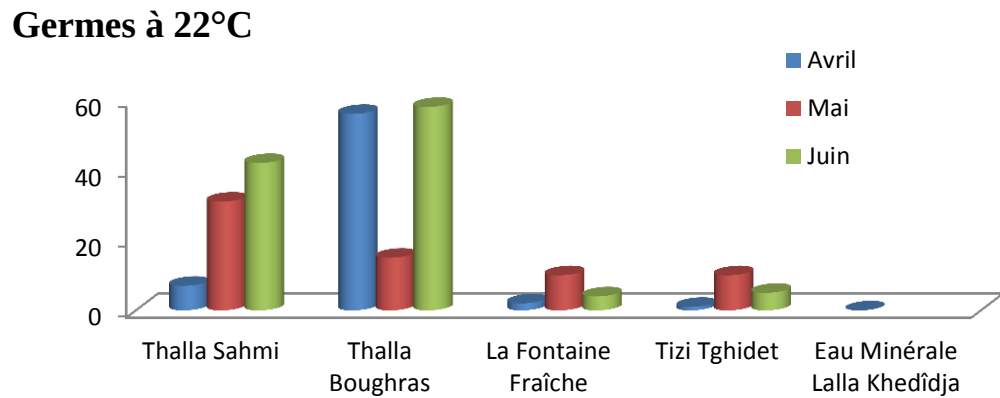


Fig 54 : Les variations des valeurs des Germes à 22°C

La teneur des germes revivifiâbles à 22°C sont en dessous de la norme pour nos sources étudiées. Cependant la stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe de protection. Ils restent toutes fois conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne (<100).

Conclusion Générale

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

L'étude menée au cours de ce modeste travail a pour but la valorisation et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source de deux régions limitrophe <<Yakouren et Azazga >> située à l'est de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Suivant les informations recueillis, le choix des points de prélèvements s'est porté sur quatre sources, à raison de deux sources pour chaque zones. Pour une meilleure appréciation des résultats, les analyses ont été effectuées durant trois périodes considérées comme étant des points critiques où la qualité de l'eau est sujette aux changements.

Les différentes analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire SEAAAL. Nos analyses comptent l'évaluation d'une trentaine d'éléments essentiels pour la définition de la valeur minéralogique de l'eau, la détermination des principaux paramètres de pollution, ainsi que la recherche et le dénombrement de certains groupes de bactéries.

Les résultats d'analyses effectuées nous ont conduit à conclure que :

1. A l'échelle des deux régions, les sources de hauteurs S3 et S4 (Yakouren) présentent, respectivement, des teneurs relativement inférieures en : calcium, magnésium, la dureté, le sulfate, le chlorure, et la conductivité par rapport aux sources de basses altitudes (Azazga).
2. Le phosphore, nitrite et nitrate sont présents en trace et conforme à la norme (OMS) et (NA). L'absence d'ammonium pour les quatre sources est synonyme d'absence de pollution.
3. Le Fer et Al^{3+} présents dans les eaux de Yakouren en quantités supérieures que celles d'Azazga, sont liés à la nature des sols fersiallitiques, tout en répondant aux normes requises.
4. La présence des microorganismes dans les eaux des deux sources Thalla Sahmi (S1) et Thalla Boughras (S2) indique la vulnérabilité de ces dernières et leur manque de protection, de fait qu'elles sont proches des hameaux et des rejets urbains et domestiques. Cette dégradation affecte la qualité de l'eau, par conséquent, la santé des consommateurs.

5. Par contre les analyses bactériologiques effectuées sur les eaux de sources la Fontaine Fraîche (S3) et Thalla Tizi Tghidet (S4) répondent aux normes recommandées, car tous les contrôles sont satisfaisants, ceci est dû essentiellement à la situation géographique des deux sources (en altitude et loin d'agglomérations). Ce qui permet de dire que l'eau de ces deux sources est de qualité bactériologique saine.
6. Cependant le pH légèrement acide et faiblement minéralisées de la source de Tizi Tghidet (Thalla Chinois) peut être valorisé voire même embouteillée pour la consommation des patients ayant des lithiases rénales.

Les perspectives qui ressortent à l'issue de ce travail, sont pour répondre aux questions suivantes :

1. Quelle est l'origine de la contamination bactériologique des sources Thalla Sahmi et Thalla Boughras ?
2. Peut-on installer un système d'épuration de ces sources contaminées si on ne peut pas supprimer la pollution à son origine ?
3. Est-ce que l'évolution de nos analyses peut être différentes en fonction des saisons et quels sont les facteurs biologiques qui influent cette différence ?
4. Est-ce qu'une étude technico-économique approfondie permettra de mieux valoriser les sources Fontaine Fraiche et Thalla Tizi Tghidet ?

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

7. On suggère au pouvoir public de veiller à la préservation de ces sources contre toutes formes de pollution et mieux gérer et protéger les sources par la délimitation des périmètres de protections afin de la valorisation et de la commercialisation.
8. La conception et la mise en œuvre d'un programme de surveillance de la qualité et de l'assurance de la conformité.
9. Le droit des consommateurs à disposer d'informations relatives à la salubrité de l'eau qu'ils consomment.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Arouya K., 2011.** Pollution des eaux : Impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface. Edition universitaires européennes.
2. **Barhoumi-Andreani et al., 2004.** Eau Ressources et Menaces. Edition Chutes d'Iguaçu-Argentine. (Fichier PDF).
3. **Billault C., 1989.** Le rôle épurateur du sol : le sol, l'eau et les polluants.
4. **Bliefert et al ., 2008.** chimie de l'environnement : air, eau, sol, déchet. 2eme édition française. Édition De Boeck université.
5. **Bliefert et Perroud., 2001.** Chimie de l'environnement, Air, Eau, Sols, Déchets.
6. **BLOCK.J.C., 1982.** Analyse virologique des eaux. Technique et documentation. Edition lavoisier TEC & DOC.
7. **Bouchseiche C. Cremille E. Pelte T. et Pojer K., 2002.** Guide technique N°7.pollution toxique et écotoxicologie : notions de base. Ed. AERMC.
8. **Boudy P., 1950.** Economie forestière de nord-africaine. Edition la rose.
9. **Bouziani.M., 2000.** L'eau de la pénurie aux maladies. Edition Iben- Khaldoun
10. **Cardot.C., 1999.**Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Ellipses édition marketing.S.A.
11. **Cardot.C., 2010.** Les traitements de l'eau pour l'ingénieur procédés physico-chimique et biologiques cours et problème résolu, nouvelle édition.
12. **Degremont (mémento technique de l'eau), 1989.** Jérôme Monod. Tome 1. 9^{ème} édition.
13. **Degremont., 1995.** Memento technique de l'eau. Tome 1. 2^{ème} édition.
14. **Delarras. C., 2000.** Microbiologie de l'environnement avec législation, édition Gaétan marin, paris.
15. **Delarras.C., 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux réglementation. Prélèvement, analyse. Édition lavoisier paris.
16. **Delarras. C., 2007.** Microbiologie pratique pour le laboratoire. Edition lavoisier paris.
17. **Des Jardins R., 1997.** Le traitement de l'eau. Edition de l'école polytechnique de montréal.

- 18. Dubois. C et Molard. J., 1999.** Pour une nouvelle politique de l'eau au Québec. Mémoire de vivre en ville présenté à la commission sur la gestion de l'eau au Québec
- 19. Festy.B et al., 2003.** Environnement et santé publique – Fondements et pratiques, Edisem Tec & Doc, Action Vale/Paris.
- 20. Fjldjer F., 1989.** Amélioration de la ressource en eau. Office international de l'eau.
- 21. FPES (Fondation de l'eau potable sûre). 2011.** Traitement des eaux conventionnel : coagulation et filtration (Fichier PDF).
- 22. Fredot., 2005.** Connaissances des éléments : bases alimentaire nutritionnelles et diététique. Edition Lavoisier Tec & Doc paris.
- 23. Flandrin J., 1952.** La chaîne du Djurdjura: monographies régionales. XIXème congrès géologique international (Fichier PDF).
- 24. GADIN-GOYON N., 2002.** Qualité bactériologique de l'eau et impact en élevage bovin laitier thèse université CLAUDE- BERNARD-LYON 1.
- 25. Gaujous D., 1985.** La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. 2^{ème} édition lavoisier TEC & DOC paris.
- 26. Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. 2^{ème} édition. Lavoisier TEC & DOC paris.
- 27. Gerin M et al., 2005.** Environnement et santé publique. Ed Tec & Doc. Edisem.
- 28. Ghazali D et ZAID A., 2013.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source AIN SALAMA –JERRI (REGION DE MEKNES –MAROC). Larhyss Journal. ISSN 1112-3680. © 2013 Tous droit réservés.
- 29. Gil Michard., 1973.** Chimie des eaux naturelles : principes de géochimie des eaux. Edition PUBLISUD paris.
- 30. Gros Claude G., 1999.** L'eau : usage et polluants. Tome 2 Edition INRA Paris.
- 31. Jean Claude Amiard., 2011.** Les risques chimiques environnementaux. Edition lavoisier TEC & DOC paris.
- 32. Jean Claude Roux., 1995.** L'eau source de vie. Edition BRGM.
- 33. Jean Jacques Collin., 2004.** Les eaux souterraines connaissance et gestion. Edition lavoisier TEC & DOC paris.
- 34. Kahoul M et Touhami M., 2014.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (ALGERIE). Laboratoire des sols et développements durable. Faculté des sciences. Université Badji Mokhtar. Annaba

BP12. Algérie. Larhyss Journal. ISSN 1112-3680. N°19. Septembre 2014. © 2014 Tous droits réservés.

- 35. Kettab A., 1992.** Traitement des eaux potables : eaux potables. Edition office des publications universitaires.
- 36. Koller E., 2009.** Traitements des pollutions industrielles, eau, air, déchets, sols, boues. 2^{ème} édition l'usine nouvelle © DUNOD, paris.
- 37. Louis Schriver Mazzuoli., 2012.** La gestion durable de l'eau.
- 38. Lounnas A., 2009.** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station HAMADI-KROMA de SKIKDA, mémoire de magister (fichier PDF).
- 39. Loup J., 1974.** Les eaux terrestres, Hydrologie continentale, Edition Masson et Cie paris. Grenoble.
- 40. Mahuziem G et Hamon M., 1978.** Abrégé de chimie analytique. Ed. Masson, Paris.
- 41. Melghit Meriam., 2013.** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau/Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages hammam Grouz et Haroun. Thèse Magister en Ecologie Option : Gestion des déchets. Université Mentouri.
- 42. Mellal N., 2002.** Etude de la qualité des eaux naturelles du bassin versant du sébaou : Pollution, Protection et Conservation de ces eaux ; thèse de magister en agronomie.
- 43. Mireille Defranceschi., 1996.** L'eau dans tous ces états. Édition marketing S.A.
- 44. Mizi A., 2006.** Traitement des eaux de rejet d'une raffinerie – région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. Thèse docteur d'état. Faculté des sciences département de chimie. Université badji Mokhtar Annaba.
- 45. NA 753., 1998.** Qualité de l'eau- échantillonnage- guide général sur les techniques d'échantillonnage.
- 46. Norme ISO 6058 ., 1984.** Qualité de l'eau – Dosage du calcium-Méthode titrimétrique à l'EDTA.
- 47. Norme ISO 6059 ., 1984.** Qualité de l'eau- Dosage de la somme du calcium et du magnésium-Méthode titrimétrique à l'EDTA.
- 48. O.M.S., 1986.** Directives de qualité pour l'eau de boisson. Volume 2. Critère d'hygiène et documentation à l'appui Genève.
- 49. Olivier Atteia., 2005.** Chimie et pollution des eaux souterraines. Lavoisier. Edition TEC & DOC.Oran.

50. Oubellil D., 2011. Sélection de l'habitat et écologie alimentaire du Chacal

doré *Canis aureus algirensis* dans le Parc National de Djurdjura. Mémoire magister (Fichier PDF).

51. Pesson et al., 1980. La pollution des eaux continentales. Edition © Bordas. Paris.

52. Philippe Quevauviller., 2010. Protection des eaux souterraine législation européenne et avancées scientifiques. Édition Lavoisier.

53. Potelon Jean-Luc., 1998. Le guide des analyses de l'eau potable. Edition : la lettre du cadre territorial.

54. Ramade F., 1979. Ecotoxicologie. 2^{ème} Edition MASSON Paris New York Barcelone Milan.

55. Rejsek F., 2002. Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques. Edition centre régionale de documentation pédagogique d'aquitaine.

56. René Colas., 1962. La pollution des eaux. 1^{er} éditions. Paris.

57. Rodier et al., 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition. © Dunod. Paris.

58. Rodier et al., 2009. L'analyse de l'eau. 9^{ème} Edition. © Dunod. Paris.

59. Rodier. J., 1984. L'Analyse de l'eau : eaux naturelles, eau résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie. 7^{ème} édition. Edition Lavoisier-Tec& Doc.

60. Rodier. J., 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer .Edition Lavoisier Tec & Doc.

61. Roux M., 1989. L'analyse biologique de l'eau. Edition Lavoisier Tec & Doc Paris.

62. Samake H., 2002. Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de BAMAKO. Thèse docteur. (Fichier PDF).

63. Sigg L., 2006. Chimie des milieux aquatiques ; 4^{ème} édition Dunod paris.

64. Tardat-Henry M., 1992. Chimie des eaux. Edition Québec : Griffon d'argile.

65. Vilaginés R. 2003., Eau environnement et santé publique : introduction à l'hydrogéologie .2^{ème} édition. Lavoisier. TEC & DOC paris.

66. WEINER R.F. et MATTEWS., 2003. Environmental engineering. Forth Edition. Ed. Butterworth-Heinemann.

67. Werner Stumm et al., 2014. Chimie des milieux aquatiques. 5^{ème} édition.

68. Yakoub B., 2005. L'eau dans le bassin versant du sébaou et la wilaya de Tizi-Ouzou : évaluation, contraintes et recommandations. Doctorat d'Etat. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.

69. Autres références :

-www.google.dz/search?q=cycle+de+l%27eau&source=&gws_rd=ssl.

-Donnée de la distribution des ressources d'eau (DHW de Tizi-Ouzou).

Annexes

Annexes

Annexes I

Pluviométries moyennes annuelles (2001-2010) de la commune d'Azazga, en (mm)
(ANRHTO, 2010).

Mois Années	Jan.	fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juill.	Aout.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
2001	96,9	67	65,3	56,6	24,1	4	10,5	21,8	22	0,9	64,6	87,3	43,42
2002	365,4	87,3	40,4	292	52,9	0	1,9	1,5	25,8	36,1	271	361,5	127,98
2003	180,8	57,2	47,8	119,2	119,8	10,9	0	6	56,7	81,5	61,2	258,5	83,30
2004	197,6	209	34,1	260,6	5,9	1	2,5	0,3	31,9	35,4	154,1	245,8	98,18
2005	159,5	228,7	39,5	17,5	110,5	1,3	2,4	1,3	55,3	39,8	86,8	154,3	74,74
2006	15	66	362,2	260,6	38,8	12,8	11,3	7,9	72,5	10,3	5,2	193,1	87,98
2007	16	40,1	183,7	73,7	94,4	22,6	6,4	7,8	55,1	365,8	211,3	173,4	104,19
2008	336	67,4	121,9	158	48,1	0,5	0	9,4	50,2	73	317	166,7	112,35
2009	167,6	56,8	117,6	88,1	73,6	28	0	17,5	122,3	58,1	188,1	158,1	89,65
2010	82,7	184,5	87,5	92	106,9	20,1	0	0	37,7	133,4	119	81,6	78,78
Moy	161,75	106,4	110	141,83	67,5	10,12	3,5	7,35	52,95	83,43	147,83	188,03	90,06

Pluviométries moyennes annuelles (2001-2010) de la commune de Yakouren, (mm)
(ANRHTO, 2011)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
2001	97,7	78,6	82,4	68,5	45,6	0,5	28,8	39,6	26,3	1,9	68,3	93,7	52,66
2002	401,5	106,6	56,6	305,2	66,4	0,4	6,5	2,6	16,1	41,8	313,6	383,1	141,70
2003	194,1	69,3	102,6	150,4	188,7	21,8	0,1	4,6	52	107,7	89,1	275,9	104,69
2004	155,2	204,9	53,9	94,7	7,9	1,6	2,7	3,9	28,5	35,3	201,6	276,7	88,91
2005	170,6	206,4	56,1	35	126,1	1,5	0	7,3	46	43,4	112,7	185,5	82,55
2006	19,6	74	454,9	335,7	36,4	18,8	12,9	9,5	57,6	6,9	8,8	197,4	102,71
2007	18,6	31,8	198,2	73,6	84,2	23,5	9,5	10,2	53,4	333,4	181	179,4	99,73
2008	350,8	74,4	114,7	187	65,9	1,3	0,4	19,9	60,3	68,1	281,7	150,4	114,58
2009	175,6	69,4	113,8	99	95,2	37,7	0,9	24,2	109,7	44,9	190,3	193,9	96,22
2010	182,3	73,6	121,7	106,1	93	15,4	0,3	20,6	65,8	59,4	188,3	191,5	93,17
Moy.	176,6	98,9	135,49	145,5	80,94	12,25	6,21	14,2	51,57	74,28	163,54	212,75	97,69

(A.N.R.H.de Tizi- Ouzou)

Annexes

Annexe II

D'après le journal officiel de république algérienne démocratique et populaire correspond au 19 juin 2011.

Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Echelle Pt	200	20
	Odeur (taux dilution à 25°)	—	20	3
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l	600	500
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité de Ph	$\geq 6,5$ et ≤ 9	$\geq 6,5$ et ≤ 9
	Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O ₂	7	< 3
	Demande chimique en oxygène(DCO)	mg/l O ₂	30	—
	Matières en suspension	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/l SO ₄	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O ₂	30	> 70
	Température	°C	25	25
	Ammonium	mg/l	4	0,5
Paramètres chimiques	Baryum	mg/l	1	0,7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0,3
	Fluor	mg/l	2	1,5
	Manganèse	mg/l	1	0,05
	Nitrates	mg/l NO ₃	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
	Arsenic	$\mu\text{g}/\text{l}$	100	10
	Cadmium	$\mu\text{g}/\text{l}$	5	5
	Chrome	$\mu\text{g}/\text{l}$	100	50
	Cuivre	mg/l	2	0,05
	Cyanures	$\mu\text{g}/\text{l}$	100	50
	Mercure	$\mu\text{g}/\text{l}$	10	6
	Plomb	$\mu\text{g}/\text{l}$	50	10
	Sélénium	$\mu\text{g}/\text{l}$	50	10
	Zinc	mg/l	5	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	$\mu\text{g}/\text{l}$	1	0,2
	Hydrocarbures dissous	$\mu\text{g}/\text{l}$	1000	10

Annexes

	Phénols	µg/l	2	0,5
	Agents de surfaces	mg/l	0,5	0,2
	Azote kjeldhal	mg/l	3	1
	Pesticides	µg/l	1	0,5
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100 ml	20	20
	Entérocoques	n/100 ml	10	20
	Salmonelles	–	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml

Les normes de potabilité selon l'OMS en 2006

GROUPE DE PARAMETRE	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physiques	PH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
	Conductivité		pas de norme
	Température		Acceptable
	Turbidité		Non mentionnée
Paramètres organoleptiques	Couleur		Pas de valeur guide
	Goût et odeur		Acceptables
Eléments toxiques	Arsenic (As)	mg/l	0.01
	Cadmium(Cd)	mg/l	0,003
	Chrome Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	mg/l	chrome total : 0,05
	Cyanure (CN ⁻)	mg/l	0,07
	Mercure (Hg)	mg/l	inorganique : 0,006
	Sélénium(Se)	mg/l	0,01
	Plomb(Pb)	mg/l	0,01
	Antimoine(Sb)	mg/l	0.02
	Fer(Fe)		Pas de valeur guide
	Manganèse(Mn)	mg/l	0 ,4
Eléments indésirables	Aluminium(Al)	mg/l	0,2
	Cuivre (Cu ²⁺)	mg/l	2
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.5

Annexes

	Argent		Pas de valeur guide
	Fluorures	mg/l	1,5
	Zinc(Zn)	mg/l	3
	Bore(B)	mg/l	0.5
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P _{1 3}	µg/l	0.1
	Pesticides	mg/l	0.0001
Minéralisation Globale	THM (Trihalométhanes) C Cl ₄	µg/l	4
	CalciumCa ²⁺	mg/l	100
	Chlorures(Cl)	mg/l	250
	Dureté mg/l CaCO ₃	Ppm	200
	Sodium (Na)	mg/l	20
	Potassium (K ⁺)	mg/l	12
Paramètres microbiologiques	Coliformes totaux	nb/100ml	0
	Streptocoques fécaux	nb/100ml	0
	Clostridium Sulfito- Réducteurs	nb/100ml	0
	Staphylocoques pathogènes	nb/100ml	0
	Spores des bactéries	nb/20ml	0
	Vibrions cholériques	nb/10ml	Absence
	Salmonella	nb/5l	Absence

Annexes

Tableau : Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologique pour les quatre sources

Paramètres	Talla Sahmi			Talla Boughras			La Fontaine Fraîche			Talla Tizi Tghidet			Eau Minérale Lalla Khedîdja
	Avril	Mai	Juin	Avril	Mai	Juin	Avril	Mai	Juin	Avril	Mai	Juin	
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	2,34	2,87	4,04	0,13	0,45	0,22	0,04	0,08	0,09	0,08	0,12	0,08	0,42
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,01	0,02	0,02	0,007	0,014	0,018	0,008	0,018	0,09	0,009	0,016	0,006	0
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,26	0,22	0,12	0,15	0,11	0,11	0,39	0,09	0,07	0,2	0,11	0,07	0,004
Fe (mg/l)	0,02	0,05	0,04	0	0,02	0,01	0,04	0,05	0,05	0,21	0,19	0,19	0
Mn (mg/l)	0,016	0,012	0,012	0,014	0,012	0,012	0,018	0,02	0,02	0,029	0,029	0,025	0,018
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	29	18	20	6	6	4	4	5	6	6	6	6	7
AL ³⁺ (mg/l)	0	0	0	0,005	0	0,005	0,021	0,014	0,022	0,021	0,021	0,018	0
K ⁺ (mg/l)	5,2	4,8	5,6	1,3	1,5	1,8	2,4	2	3	3,7	3,1	1,8	0,54
TA (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAC (mg/l)	5	3	2	4	2	1	3	1	1	2	1	2	12
TH (mg/l)	56	40	48	40	32	40	24	20	44	36	20	40	116
Ca ²⁺ (mg/l)	9,6	8	9,6	6,4	8	9,6	3,2	3,2	3,2	4,8	4,8	4,8	53
Mg ²⁺ (mg/l)	7,78	4,86	5,83	5,83	2,97	3,89	3,88	2,92	8,75	5,83	1,94	6,8	7
Cl ⁻ (mg/l)	59,29	75,44	80,41	85,37	84,38	87,36	48,64	23,82	39,71	59,56	35,74	39,71	10,92
E. coli (Colonie)	0	2	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Coliforme Totaux (Colonie)	13	22	1	22	21	20	0	0	0	0	0	0	0
Streptocoque (Colonie)	0	4	1	5	16	20	0	0	0	0	0	0	0
A.S.R (Colonie)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Germes à 37 (Colonie)	3	10	2	25	12	14	0	6	0	0	5	0	0
Germes à 22 (Colonie)	7	31	42	56	15	58	2	10	4	1	10	5	0
RS (mg/l)	154	260	194	174	230	166	42	104	68	86	136	74	187
MES (mg/l)	0	0	0	0	3	6	0	2	0	0	0	2	0
Couleur	1	4	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0
Turbidité (NTU)	1,43	2,67	0,95	0,28	0,58	0,25	0,3	0,36	0,26	1,12	1,22	0,84	0,07
Ph	5,58	5,67	5,6	5,32	5,67	5,43	5,51	6,01	5,5	5,2	5,35	5,2	7,22
Conductivité (µs/cm)	321	328	329	276	280	273	113,1	113,6	111,1	159,6	163,1	160,1	283
T c°	19,3	20,6	18,5	18,5	19,2	18	16,1	20	17,9	16	21,6	18,2	19,7
O ₂	3,76	3,76	3,65	7,67	3,8	4,48	8,08	6,24	7,01	5,11	3,54	4,17	6,49
Cadmium (ppm)	0,0018			0,0025			0,0009			0			0
Plomb (ppm)	0			0			0			0			0

Annexe II

I)-Les quatre sources étudiées

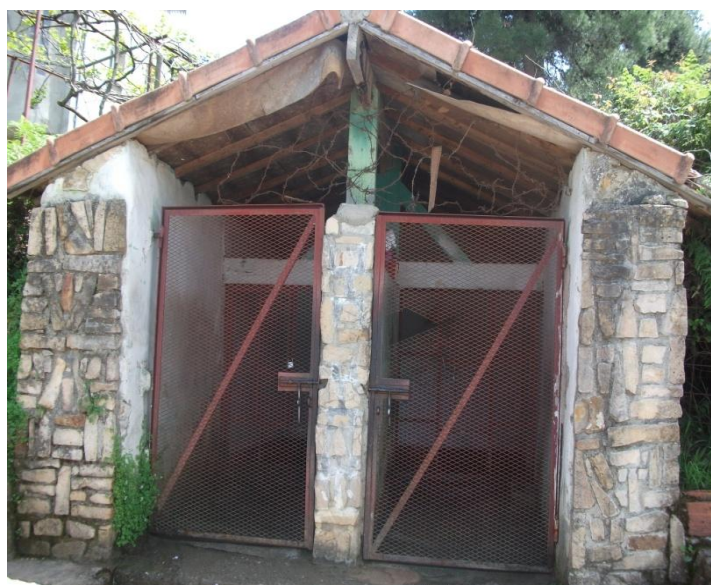


Photo à l'extérieur



Photo à l'intérieur

1)-Thalla Boughras (photo originale)



Photo à l'extérieur

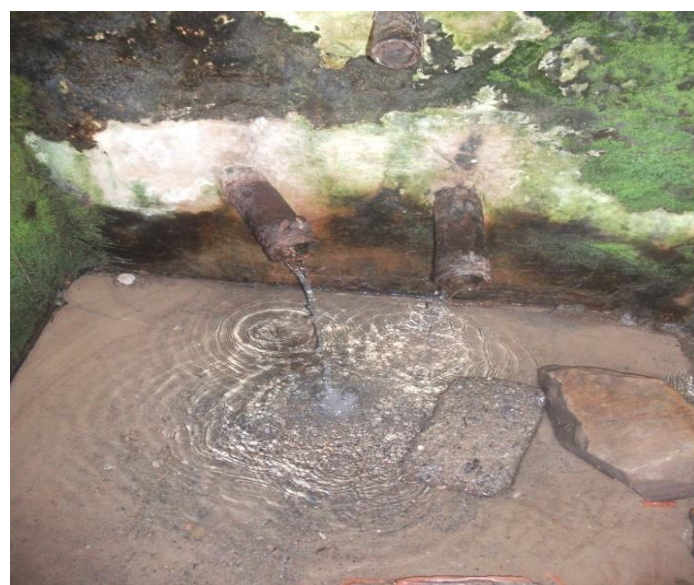


Photo à l'intérieur

2)- Thalla Sahmi (photo originale)



3)- La Fontaine Fraîche (photo originale)



4)-Thalla Tizi Tghidet (photooriginale)

II)-L'eau minérale Lalla Khedîdja

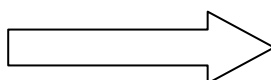


II)- Les analyses physico-chimiques effectuées au niveau de laboratoire SEAAL

1)- Dosage de chlorure



Avant titrage



Après titrage

2)- Dosage de la dureté

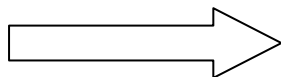


Après titrage

3)-Dosage de calcium



Avant titrage



Après titrage

4)-Dosage de la TAC



Après titrage

5)-Dosage de l'ammonium et nitrite



6)- Dosage de manganèse



Annexes

8)-Dosage de nitrate



9)-Dosage de l'aluminium



10)- Dosage de potassium



III)-matériels de détermination des paramètres microbiologiques.



Réfrigérateur pour milieux de culture

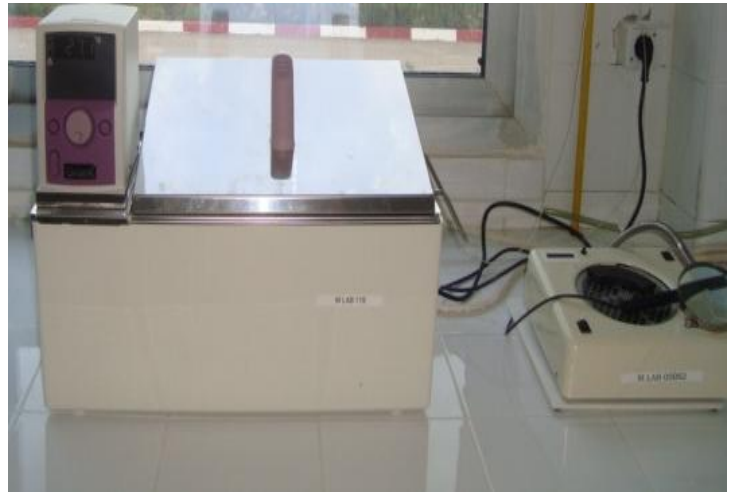


Réfrigérateur pour flacons stériles

Annexes



Autoclave



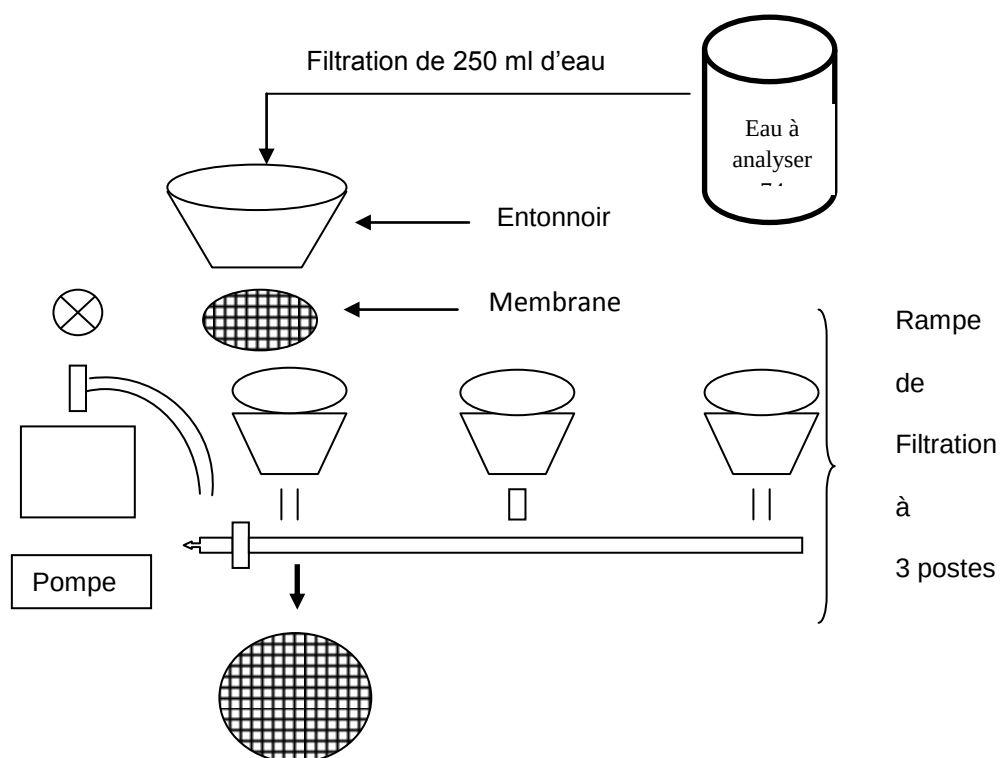
Bains marie

Les méthodes de confirmation



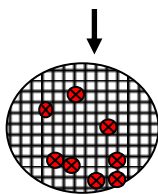
Photo d'Ecoli (après Kovacs)

Confirmation des streptocoques dans la milieu B.E.A



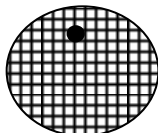
Gélose SLANETZ et BARTLEY

$36 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 44 ± 4 heures



Gélose Bile, Esculine, Azoture

$44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, 2 heures



Compter le nombre de colonies caractéristiques et le rapporter à 100 ou