

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université « Mouloud MAMMERY » de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences biologiques et agronomiques
Département de biologie animale et végétale



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN
BIOLOGIE

SPECIALITE : **Protection de l'environnement**

Thème

**Contribution à l'étude des paramètres physico-
chimiques et bactériologiques de trois sources
d'eau de deux communes « THALA-ATHMAN
Et YAKOURENE »
Wilaya de Tizi-Ouzou**

Réalisé par :

ILTACHE Lynda

Présenté devant le jury

M^{me} SAHMOUNE F.	Présidente de Jury	Maître assistante (A) UMMT-O.
M^{me} LARDJANE N.	Encadreur	Maître de conférences (A) UMMT-O.
M^r SAOUDI R.	Examineur	Maître de conférences (B) UMMT-O.
M^{me} TALEB K.	Examinatrice	Maître de conférences (B) UMMT-O.

Promotion 2014-2015

Remerciements

Avant tout je remercie **Dieu** tout puissant de m'avoir donné santé, sérénité afin de réaliser ce modeste travail...

Au terme de ce travail, je tien à remercier ma familles et ami(e)s respectifs, qui m'ont toujours soutenues, épaulées et qui ont cru en moi.

Je tien à remercier tout particulièrement ma promotrice : Mme Lardjane. N d'avoir accepté de m'encadrer. Je salut sa patience, sa rigueur, son implication exemplaire et surtout sa disponibilité pour mon travail ;

A Mme Sahmoune .F, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance ;

J'adresse également mes sincères remerciements à Mr Sadoudi. R et Mme Taleb. K , pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi à : Mr FERRAT S., chef de laboratoire central de l'ADE de Tizi-Ouzou, de m'avoir accordé l'accès au laboratoire dont la direction lui est confiée ; mais aussi à Mme KHETTAB O., Mme METAHRI Z., Mme MOULA S., Mme FETTAH F., Mme LADJEL, Mme BEN SAID C. et Mme SABER L.

A l'ensemble des enseignants que j'ai eu durant tout mon parcours universitaire ; et l'ensemble du personnel travaillant à la bibliothèque de biologie et agronomie ;

Enfin, il m'y est fort agréable d'exprimer mes remerciements les plus sincères aux nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la bonne réalisation de ce travail...

Dédicaces

*I*l me tient à Cœur de dédier ce modeste travail à ceux qui m'ont donné la vie source de mon courage et mon inspiration, mes très chers **parents** pour tous les sacrifices qu'ils ont fournis pour moi et pour mes études.

A ma promotrice, M^{me} Ardjane. Nadia.

A mes chères frères : Sofiane, Malik, Anis, Nabil, ET Zoheir et sa femme Nesrine

A ma très chère sœur : Katia.

A mon petit ange : Mirale- Sara, et sa maman Assia.

A mes adorables copines que j'adore énormément : Samia, Melissa, Wissem, Tinhinane, Hakima ainsi que pour Nabila et Ranida (Rinade) pour leur aide précieuses.

En fin, à tous les étudiants de la promotion protection de l'environnement 2014-2015, que Dieu les bénisse et les mette sur la voie de la réussite...

Lynda

Liste des abréviations

°F : Degré français.

ADE : Algérienne Des Eaux.

ASR : Anaérobies Sulfito-Réducteurs.

BCPL : Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol.

CSR : *clostridium* sulfito-réducteurs

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

ISO : Organisation Internationale de Standardisation.

MES : Matières en Suspension.

MTH : Maladies à Transmission Hydrique.

N.A : Norme Algérienne.

NPP : Nombre le Plus Probable.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PCA: Plate Count Agar.

Pt/ CO: Platine cobalt

RC: Rapide Coli.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TDS: Solides Glucose Extrait.

TGEA : Tryptophane Glucose Extrait d'Agar.

TH : Titre Hydrotimétrique.

UFC : Unité Formant Colonies.

VF : Viande-Foie

Liste des figures

Figure 1 : Les trois états de l'eau	4
Figure 2 : Cycle de l'eau	4
Figure 3 : Répartition de l'eau sur terre	6
Figure 4 : la carte géographique de la wilaya de Tizi-Ouzou	32
Figure 5 : Carte géographique de la Fontaine Fraiche	34
Figure 6 : Carte géographique d'Ait Bouhouni (Yakourene).....	34
Figure 7 : Carte géographique d'Ainser Akdhim (Thala-Athman).....	35
Figure 8 : Diagramme de Piper	48
Figure 9 : variation des valeurs de la turbidité	55
Figure 10 : variation des valeurs de pH.....	56
Figure 11 : variation des valeurs de la conductivité.....	57
Figure 12 : variation des valeurs de la température.....	58
Figure 13 : variation des valeurs de la Dureté totale	59
Figure 14 : valeur de la dureté calcique et dureté magnésienne.....	60
Figure 15 : variation des valeurs du Fer	61
Figure 16 : variation des valeurs du sodium.....	61
Figure 17 : variation des valeurs du Potassium.....	62
Figure 18 : variation des valeurs du Chlorures.....	63
Figure 19 : Résultats obtenus lors du dosage des sulfates.....	64
Figure 20 : Résultats des paramètres de pollution.....	65
Figure 21 : Résultats d'analyse de la matière organique	66
Figure 22 : résultats d'analyses des résidus secs à 105°	67
Figure 23 : Classification des eaux selon Stabler	68
Figure 24 : Diagramme de piper des trois sources d'eau	70

Liste des tableaux

Tableau 1 : provenance de l'eau potable en France	4
Tableau 2 : comparaison entre les eaux de surface et les eaux souterraines	8
Tableau 3 : principales maladies d'origine bactérienne	17
Tableau 4 : Principales maladies d'origine parasitaires	18
Tableau 5 : Principales maladies d'origine virales	18
Tableau 6 : classes de turbidité usuelles NTU	22
Tableau 7 : Classification des eaux selon la conductivité	23
Tableau 8 : Plage de valeurs du Titre Hydrométrique	24
Tableau 9 : Potabilité d'une eau en fonction des résidus secs	25
Tableau 10 : Relation entre la conductivité et la minéralisation des eaux naturelles	25
Tableau 11 : les paramètres indésirables et leurs effets	30
Tableau 12 : Matériel et méthode utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques	38
Tableau 13 : la potabilité en fonction des résidus secs	67
Tableau 14 : résultats des analyses des Microorganismes Revivifiables	71
Tableau 15 : résultats des analyses bactériologiques	71
Tableau 16 : Interprétation des résultats bactériologiques des eaux selon l'Institut Pasteur	72

Sommaire

Partie bibliographique

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles.

I-1- Propriétés de l'eau	3
I-2- Eau brute	3
I-3- Eau potable	3
I-4- les trois états de l'eau	4
I-5-Cycle de l'eau	5
I-6-Répartition de l'eau sur terre	5
I-7- les réservoirs de l'eau	6
I-8-comparaison entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines	7
I-9-les sources	9
I-10-qualité des eaux	9

Chapitre II : Pollution des eaux

I-1-Définition de la pollution	11
II-2-Pollution de l'eau	11
II-3-Principales origines de la pollution de l'eau	11
II-4-Les différentes formes de la pollution	12
II-5-Les différents types de pollution	13
II-6-Mode de contamination des eaux	14
II-7-Retombés acides	15
II-8-Impact de la pollution hydrique sur l'environnement	15

Chapitre III : L'eau et les maladies

III-1-Maladies d'origines bactériennes	16
III-2-Maladies d'origines parasitaire	17
III-3-Maladies d'origines virales	18
III-4-virologie du milieu hydriques	19

Chapitre IV : Paramètres et qualités d'une eau potable.

IV-1- Caractéristique d'une eau potable	20
IV-2- Paramètres organoleptiques.....	20
IV-3- Paramètres physico-chimiques	22
IV-4- Paramètres de la minéralisation globale.....	25
IV-5-les éléments indésirables et de pollution	27
IV-6-Paramètres bactériologiques.....	31

Partie expérimentales

Matériels et Méthodes

I-1- présentation de la région d'étude (Tizi-Ouzou)	32
I-2 Ressources hydriques dans la région	33
I-3- Les sources d'eaux à étudier	34
I-4-Echantillonnage.....	36
I-5-Matériels et Méthodes	37
I-6-Méthodes d'analyses physico-chimiques	39
I-6-1- Méthodes d'analyses de la minéralisation globale.....	40
I-6-2-Dosages des paramètres de pollution.....	44
I-6-3-Dosages des éléments indésirables	45
I-7-Analyse statistique.....	48
I-10- Méthodes d'analyses bactériologiques.....	49

Résultats et interprétation

I-1-Analyses organoleptiques.....	54
I-2- Analyses physico-chimiques	55
I-3-Analyse de la minéralisation globale	59
I-4-Analyse des paramètres de pollution.....	65
I-5-classification des trois sources d'eau	68
I-6- Analyse statistique.....	69
I-7- Analyses bactériologiques.....	70

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Introduction

L'accès à une eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé, un droit humain élémentaire et une composante clé des politiques efficaces de protection sanitaire (OMS, 2004)

Le thème de l'eau est l'un des plus importants en ce début du XXI^e siècle car, au fur et à mesure que la population de la terre augmente, la demande en eau s'accroît. Or l'eau est une ressource qui n'est pas aussi inépuisable qu'il apparaît, et l'on constate de plus en plus des déséquilibres entre les quantités disponibles et la consommation par l'Homme (ROUGIER et WACKERMANN, 2009).

En effet dès le XIX^e siècle, le souci de protection de la santé publique avait montré la nécessité de préserver les ressources et de maintenir la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (REJSEK, 2002). Toutefois, l'eau est devenue le vecteur de transmission privilégiée de nombreuses maladies. Pour cela, la surveillance et le contrôle de la qualité des eaux à chaque étape de l'approvisionnement, que ce soit au niveau des réseaux de la distribution qu'au niveau des sources et des puits, revêt un intérêt primordial pour la prévention contre les intoxications et la préservation de la santé des consommateurs (DJELLOULI et TALEB, 2005).

Au cours de notre étude, nous nous sommes basés sur le contrôle de la qualité physicochimique et bactériologique de trois sources d'eau qui se situe au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou :

- La source d'Ait Bouhouni (yakourene),
- Fontaine Fraiche (yakourene) ;
- source Thala Athman (Ainser Akdhim).

Cette étude a pour but de contrôler la potabilité de ces sources ; à caractériser et évaluer les paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques.

Le présent travail comporte deux parties :

- Partie bibliographique
- Partie expérimentale

La première partie comporte cinq chapitres, le premier chapitre représente les généralités sur les eaux naturelles. Le deuxième et le troisième chapitre sont consacrés à la pollution des eaux et les différentes maladies causées par cette pollution. Le quatrième chapitre décrit les paramètres et les qualités d'une eau potable.

Introduction

Dans la partie expérimentale nous exposons le matériel utilisé, la méthodologie expérimentale et les résultats obtenus ainsi que leur interprétation. Nous clôturons notre travail par une conclusion.

L'eau est une ressource naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie. Chaque être humain, aujourd'hui comme dans l'avenir, doit disposer d'assez d'eau propre pour boire et veiller à son hygiène, c'est pour cela qu'elle doit faire l'objet d'une surveillance attentive et d'un contrôle rigoureux.

I-1-Propriétés de l'eau

L'eau est une molécule très particulière dont la structure et les propriétés sont beaucoup plus complexe que sa formule chimique (H_2O) si simple. C'est une molécule polaire dont la configuration permet l'association avec d'autres molécules par la formation de liaisons hydrogène qui sont dipolaires de faible énergie (GROSCLAUD, 1999).

La molécule d'eau est composée de deux atomes d'hydrogènes et d'un atome d'oxygène soumis à des liaisons covalentes, disposés en **V** inversé selon un angle de 105° ; sa dimension moyenne est de l'ordre de 3.3Å , on la note H_2O (DEFRANCESHI, 1996).

L'eau est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre ; c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. S'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes de métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes (BERNARD ; 2007).

I-2- l'eau brute

L'eau brute c'est l'eau retrouvée dans le milieu naturel (rivière, nappes souterraines, milieu aquatiques de surface (lacs, canaux...), ces eaux sont destinées à produire les eaux de consommation. l'accès aux eaux brute est parfois naturel (directement a la source) mais généralement des accès artificiels nécessitent des creusements, terrassement, forages... Ces derniers sont désignés sous le thème "**ouvrage de prélèvement**" (Anonyme, 2008).

Selon Bordet toutes les eaux brutes ne peuvent pas être utilisées pour produire de l'eau potable ; l'eau brute doit avoir une qualité minimum (BORDET, 2007).

I-3-l'eau potable

L'eau potable est une eau qui est apte à être utilisée par l'être humain, la plus part proviennent des eaux souterraines et des eaux de sources (Tableau 1) .Environ 10% des nappes phréatiques sont enrichit artificiellement on laissant passer les eaux de surface de telle sorte qu'elle soit filtrée par le sol (Bliefert, Perraud, 2001).

Tableau1 : provenance de l'eau potable en France (2000).

Provenance	Pourcentage (%)
Eaux souterraine	60
Eaux de surface	40

I-4-Les trois états de l'eau

L'eau se trouve à trois états : liquide, gazeux, solides (Figure1) qui sont due aux conditions particulières de la température et de la pression qui règnent à la surface (Bliefert, Perraud, 2001). Elle est Présente sous forme :

- **Liquide** : caractérisé par une forme non définie. Les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires tels que ; l'eau salée des mers et les océans, eau douce des lacs, rivières.
- **Solide** : à basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières ; tels que la neige ou la glace.
- **Gazeux** : caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas de liaisons entre les molécules, et sont indépendantes les unes des autres ; c'est la vapeur d'eau (Bordet, 2007)

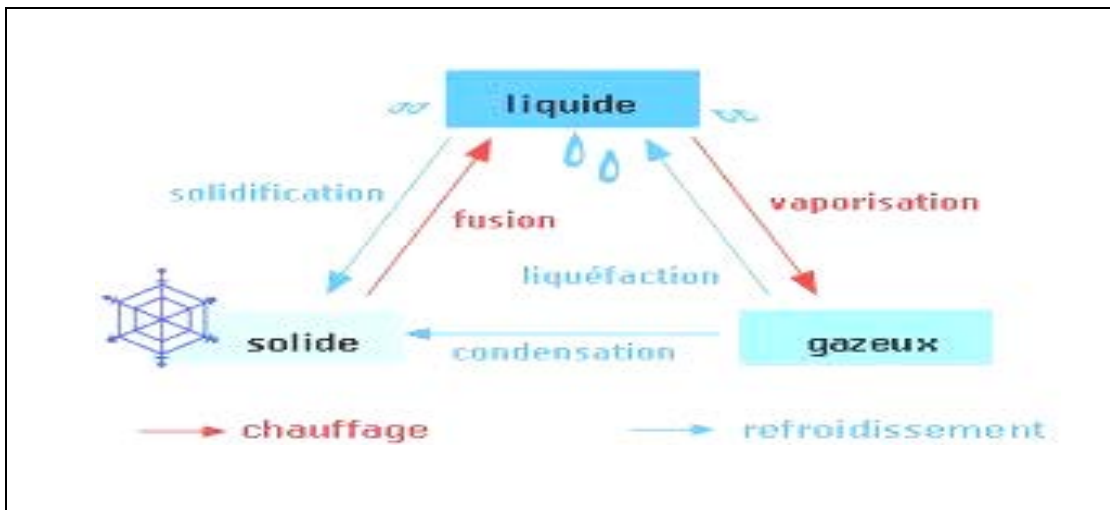


Figure 1 : les trois états de l'eau.

I-5- Le cycle de l'eau

De l'océan à la terre, le cycle de l'eau est principalement lié à l'évaporation (Figure 2) ; celle-ci générant de la vapeur d'eau qui est transportée sur les continents sous forme de pluies ; l'eau retourne à l'océan en suivant deux voies : les eaux de surface ou les eaux souterraines, ces deux voies sont très liées, en raison des échanges entre rivières et aquifères en de nombreux points du parcours, les rôles représentant une étape importante dans ce processus, car il régit les flux d'eau dans trois directions :

- une partie d'eau va s'écouler en surface vers la rivière ; ce phénomène est appelé ruissellement;

- une autre partie va s'évaporer directement ou être absorbée par les plantes et ensuite libérée dans l'atmosphère par transpiration, le phénomène global est appelé Evapotranspiration

En fin, l'eau résultante restée dans le sol descend progressivement jusqu'aux eaux souterraines, ce phénomène est nommé Infiltration (ATTEIA, 2005).

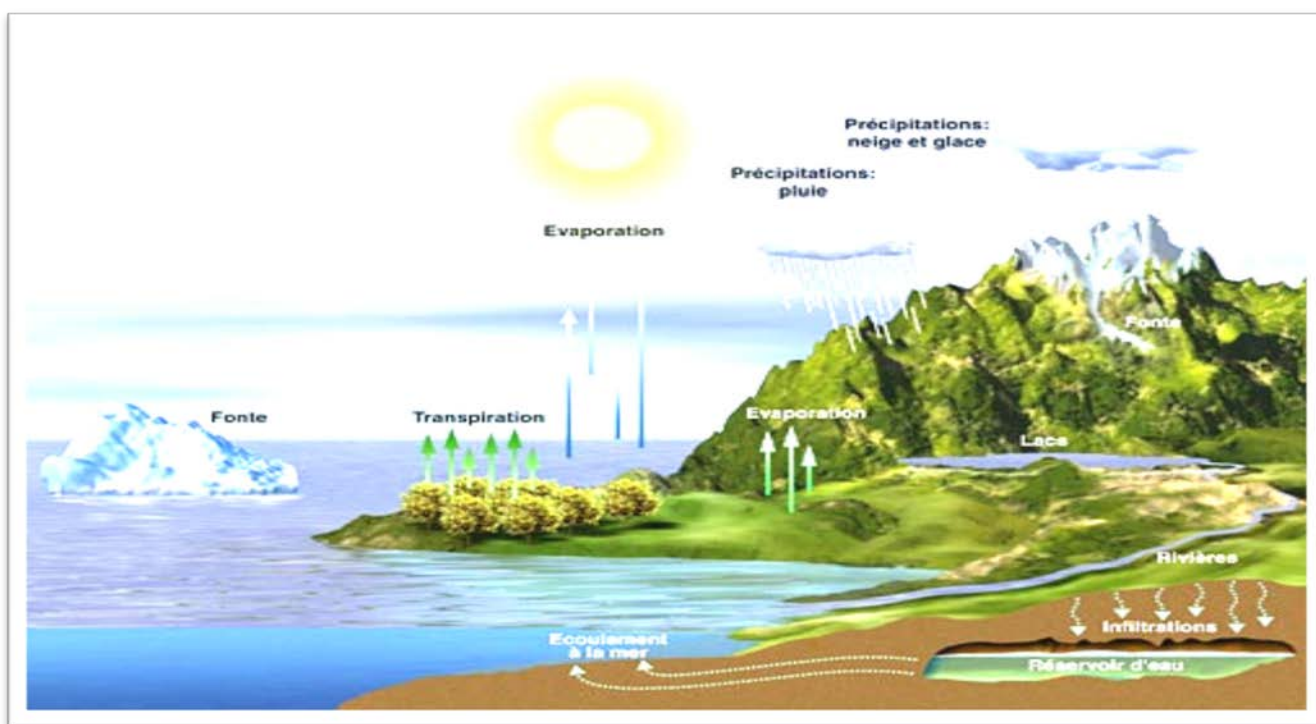


Figure 2 : Cycle de l'eau (AQUALIA).

I-6- Répartition de l'eau sur la terre

L'eau est le liquide le plus abondant sur la terre dont le volume total est d'environ 1.386 milliards de km³ dont environ 97 % contenue dans les océans ; elle est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'homme. L'eau douce est à plus de 68,3 % dans les glaciers. Environ 31% de ces eaux douces se trouve dans le sol. Les sources d'eau douce de surface, comme les rivières et

les lacs, totalisent 93100 km³, ce qui représente 0.0067 % de la quantité totale de l'eau sur Terre (Figure 3). Cependant, les rivières et les lacs sont les sources de la plupart de l'eau qui est utilisée par les hommes tous les jours ; donc il est indispensable à la survie de l'espèce vivante terrestre (ASSOULINE S. et ASSOULINE J., 2007).

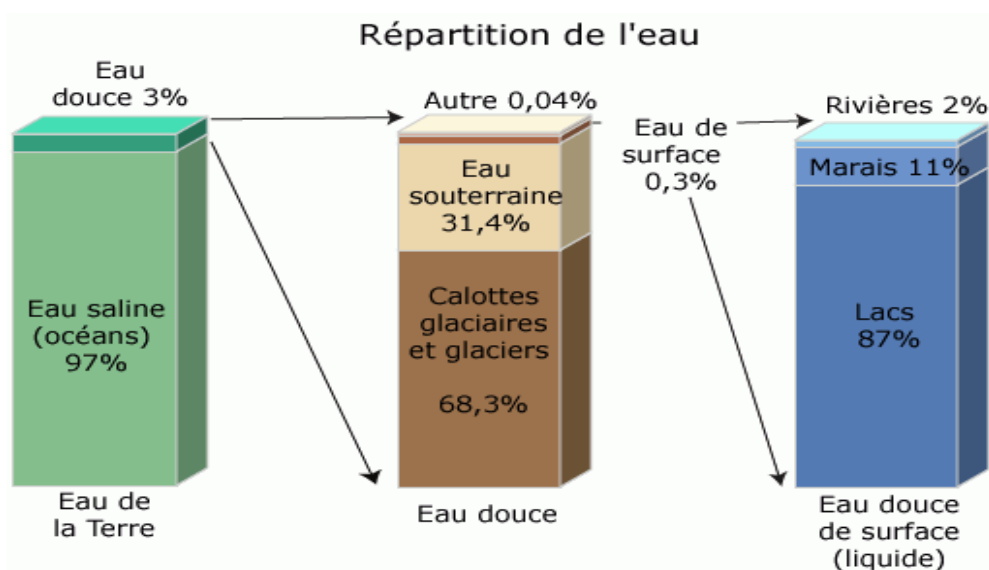


Figure 3 : Répartition de l'eau sur la terre (Observatoire Régional de l'Environnement, 2014).

I-7-Les réservoirs de l'eau

❖ les eaux d'alimentation

Les eaux destinées à l'alimentation humaine doivent présenter un certain nombre de qualités physique propre : limpidité, absence de coloration, d'odeur, saveur anormale. Elles doivent aussi être potables, c'est -à-dire l'absence d'organisme pathogènes et de tout polluant dangereux pour la santé de ceux qui la consomment (DESJARDIN, 1997)

❖ les eaux de pluies

Les eaux de pluie sont des eaux de bonnes qualités pour l'alimentation humaine, elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium, elles sont donc très douces (DESJARDIN, 1997)

❖ Les eaux de surface

Elles ont pour origine, soit les nappes profondes, dont l'émergence constitue une source de ruisseaux et de rivières. Ces eaux de ruissellement se rassemblent en cours d'eaux caractérisées par une surface de contact eau atmosphère toujours en mouvement (DEGREMONT, 2005).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versant, elles sont riche en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique...etc.) et en matière organiques (VILAGINES ,2003).

❖ **Les eaux souterraines**

On trouve les eaux souterraines sous la plupart des terres émergées du globe. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique .Elles restent jusqu'à présent les meilleurs ressources en eau potable.

❖ **Les eaux de sources**

Les sources représentent l'émergence des eaux souterraines, elles sont plus fréquemment rencontrées dans les régions montagneuses (BOUZIANI, 2000).

❖ **Les eaux de mer**

Les eaux de mer sont des sources d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leur concentration en sels dissous, il s'agit de la salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg/l (DESJARDIN, 1997).

I-8-Comparaison entre les eaux de surface et les eaux souterraines

Le tableau suivant représente les principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

Tableau 3 : principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines (CHAUSSADE et al, 2005).

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	variable suivant les saisons	relativement constante
Turbidité, MES	variable, parfois élevée	faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	liée surtout aux matières en solution (acides humiques) ou due à une précipitation (Fe-Mn)
Goûts et odeurs	Fréquents	rares (sauf H ₂ S)
Minéralisation globale (ou : salinité, TDS ...)	variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets ...	sensiblement constante ; en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	généralement présents
CO₂ agressif	généralement absent	Souvent présent en grande quantité
O₂ dissous	le plus souvent au voisinage de la saturation: absent dans le cas d'eaux très polluées	absent la plupart du temps
H₂S	généralement absent	souvent présent
NH₄	présent seulement dans les eaux polluées	présents fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	peu abondants en général	teneur parfois élevée
Silice	teneur en général modérée	teneur souvent 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
Solvants chlorés	rarement présents	peuvent être présents (pollution de la nappe)
Caractère eutrophe	possible: accentué par les températures élevées	Non

I-9-Les sources

Une source peut être définie comme l'apparition à la surface du sol de l'eau d'une nappe aquifère souterraine. Toute source est alimentée par une portion de la nappe aquifère qui lui a donnée naissance.

Les principaux types de sources sont les suivants :

❖ Sources d'affleurement

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie (VILAGINES ; 2003).

❖ Sources de déversement

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir (VILAGINES ; 2003).

❖ Sources d'émergence

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction du sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner.

Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est Inégal (VILAGINES ; 2003).

I-10 Qualité des eaux**❖ Qualité de l'eau d'alimentation**

La qualité de l'eau d'alimentation est régulièrement mise en question ces dernières années ; Elle est considérée souvent comme un symbole de pureté, l'eau est progressivement devenue le produit alimentaire le plus surveillé, et est soumise aux normes de qualité les plus sévères. Une eau de consommation ne doit être ni trouble, ni colorée. Cependant à part les eaux souterraines et celles de certaines sources, la couleur et la turbidité sont des conditions qu'on trouve généralement dans l'eau brute et qui ne peuvent être modifiées que par traitement.

❖ Qualité des eaux souterraines

D'après la nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau retenue. A tout instant, l'eau en contact avec le sol dans lequel elle stagne ou circule : il s'établit donc un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau. Les eaux circulant dans un sous-sol sablonneux ou granitique sont acides et peu minéralisées, celle circulant dans des sols calcaires sont bicarbonatées calciques.

Étant donné que les eaux souterraines sont généralement pures sur le plan bactériologique elles constituent une meilleure solution que les eaux de surface en termes de génie sanitaire. Dans la réalité, les eaux souterraines sont rarement stables tout au long de l'année. Il faut étudier leur évolution surtout pendant les précipitations importantes où elles peuvent devenir troubles ou même être souillées par une nappe phréatique d'une rivière voisine. Elles peuvent être également polluées à partir du sol par des épandages de pesticides et des rejets d'eau résiduaire d'origines animale ou humaine.

La pollution résulte de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération. En ce qui nous concerne, les milieux considérés seront les milieux aquatiques et en particulier les nappes souterraines.

II-1-Définition de la pollution

Lorsqu'on parle généralement de la pollution nous pensons habituellement aux matières toxiques produites par l'homme dans l'environnement. Le terme pollution ne doit pas être utilisé que lorsqu'il y'a dommage réel ou potentiel (Kenneth, François, 1976).

Selon Ramade (2005) le terme pollution désigne l'ensemble des rejets de composés toxiques que l'homme libère dans l'écosphère, mais aussi les substances qui, sans être dangereuses pour l'organisme vivant exercent une action perturbatrice sur l'environnement.

II-2-Pollution de l'eau

De nos jours, les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme. Parmi ces problèmes, la contamination de l'eau se pose avec acuité. En effet, l'eau est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques et même des microorganismes dont certains sont pathogènes ; donc dangereux pour la santé.

La pollution de l'eau est toute modification physique ou chimique sur sa qualité, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités. On dit que l'eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement dégradée. L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette eau est aussi très vulnérable à la pollution (Kenneth, François, 1976).

II-3-Principales Origines de la pollution de l'eau

La pollution des eaux souterraine provient essentiellement des activités domestiques urbaine et industrielles, agricole, ainsi que des précipitations, elle perturbe les conditions de vie de la flore et la faune aquatiques, et l'équilibre du milieu aquatique :

❖ Origine domestiques et urbaines

Les eaux usées urbaines, essentiellement constituées par des eaux domestiques provenant de l'activité humaine (ménagères : eau de cuisine, toilette, lavage...etc.). Ce sont des eaux moins concentrées en pollution organique mais dont le volume est 2 à 3 fois plus élevé. Elles représentent le deux tiers de la charge organique (VILLAGINES, 2003).

❖ Origine industrielles

La pollution d'origine industrielle se caractérise par quelques traits spécifiques, elle provient des sources ponctuelles établissements industriels aisément identifiables .d'autre part, elle est directement liée aux aspects techniques de processus de fabrication ou des installations de traitement mis en œuvre (VILLAGINES, 2003).

Les eaux industrielles ou résiduaires véhiculent des produits chimiques toxiques (arsenic, acide sulfurique ou cyanure et divers métaux lourds) elles posent à l'heure actuelle de multiples problèmes par leur risque toxique chez tous les êtres vivants (BOUZIANI, 2000).

❖ Origine agricoles

Elle est causée essentiellement par l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et des pesticides, mais ce sont surtout les pratiques culturales modernes qui en sont en causes : labourages profonds et violents favorisant l'infiltration directe dans le sous sol sans autoépuration (CASTANY ,1998).

L'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs "eutrophisation " notamment par les engrais azotés et phosphatés conduit à la prolifération d'algues et de végétaux et à la dégradation des caractéristiques de l'eau (acidité, goût, odeur) la pollution des eaux et aussi un enjeu pour la production d'eau potable (NGO, 2004).

II-4-Les différentes formes de pollution

❖ pollution ponctuelle

Elles proviennent des ressources bien déterminés et qui peuvent être contrôlées par les stations d'épuration (rejets domestiques ou industriels) (LEVEQUE ,1996).

❖ Pollution diffuse

Elle est due principalement aux pratiques agricoles, les engrais gagnent les milieux aquatiques par lessivage des sols en surface et après infiltration dans le sol (LEVEQUE ,1996).

❖ Pollution permanente

Correspond aux rejets domestiques de grandes villes par exemple.

❖ Pollution accidentelle ou aigue

Résulte du déversement accidentel de produits toxiques dans le milieu naturel.

II-5-Différents types de la pollution**❖ pollution physiques**

L'utilisation de l'eau comme liquide de refroidissement de centrales thermiques réchauffe les rivières dans lesquelles le rejet s'effectue cette élévation de la température diminue la teneur en oxygène de l'eau et donc la capacité de vie des différentes espèces (ELEVEQUE, 1996),

❖ Pollution radioactive

Selon la C.I.E (2005) la présence du tritium en grande quantité dans l'eau peut signifier la présence d'autres radionucléides et constitue un indicateur de la contamination de la nappe par les rejets radioactifs liés aux activités humaines.

❖ Pollution Chimique

Elle provoque des déséquilibres à court et à long terme :

❖ **A court terme:** la dose fait le poison, souvent si l'on supprime la cause l'effet disparaît rapidement.

❖ A long terme**➤ Les rejets de substances toxiques**

Ils proviennent d'industries, d'égouts urbains, des transports ou de l'utilisation de pesticides en agriculture. On connaît la toxicité aigüe de certaines substances telles le chrome ou le plomb.

Le phénomène de bioaccumulation perturbe l'écosystème en amplifiant la pollution, les poissons et leurs prédateurs concentrent (à des doses plus fortes que l'eau) les substances toxiques comme les métaux, ou les pesticides organochlorés : c'est le phénomène de concentration le long de la chaîne alimentaire (BOUZIANI, 2000).

➤ Les rejets de Nitrate et de phosphate

Ce sont des rejets urbains, industriels et des rejets dispersés de l'agriculture, ils peuvent conduire à l'eutrophisation des rivières, une prolifération des végétaux se produit, elle entraîne une diminution ou parfois la disparition des poissons et des espèces animales (BOUZIANI, 2000).

➤ **Les apports de matière biodégradable**

La pollution organique provoquée par les rejets humains ou animal entraîne une surconsommation d'oxygène, la qualité de la rivière sera en fonction de l'action d'autoépuration, en cas d'excès de polluant, il y a rupture de l'équilibre naturel et pollution (BOUZIANI, 2000).

❖ **Pollution Microbiologique**

Elle provient des hôpitaux et même de la vie domestique, elle peut induire dans l'eau des microorganismes dont certains sont pathogènes (VILLAGINES, 2003). Pour ces microorganismes, l'eau sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport, leur multiplication dans l'eau de boisson constitue généralement une menace pour la santé humaine surtout lorsque cette pollution est constituée de parasites virulents.

L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. On distingue les bactéries, les virus, les parasites, les champignons, les algues, les insectes.etc... (BOUZIANI, 2000).

II-6-Modes de contamination des eaux

❖ **Eaux superficielles**

Les cours d'eau ont toujours constitué le réceptacle naturel des déchets des activités humaines : déchets miniers et de l'industrialisation au XIX siècle, puis de l'urbanisation, de l'agriculture, et de l'énergie.

Par suite de la dégradation de la qualité des eaux, des techniques de dépollution, de protection, de modification des processus de fabrication ont été développé afin de réduire voire supprimer ces polluants (BORDET, 2007).

Les pesticides contaminent les eaux de surfaces par ruissellement, et les eaux souterraines par infiltration notamment en cas des fortes pluies (lessivage), ils contaminent les cours d'eau soit directement, soit par les eaux de ruissellement ou par retombées atmosphériques (VILLAGINES, 2003).

❖ Eaux souterraines

Les eaux souterraines, longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les divers activités humaines, elles sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de multiples polluants à haut risques dont les plus répandus sont : les nitrates et les pesticides (BOUZIANI, 2000).

La pollution des eaux souterraines issue des sources domestiques, agricoles, et industrielles est en augmentation, il s'agit de rejets directs (effluents) ou indirects (à partir des engrais et des pesticides) ainsi que la lixiviation provenant des déchets, les sources diffuses ont une incidence croissante (BORDET, 2007).

II-7-Les retombés acides

La pollution acide est générée par les retombées des polluants industriels et urbaines (soufre, azote, ammoniac) sous l'effet des vents et des pluies ; elle est considérée comme en partie responsable de la dégradation des forêts, de l'altération des sols, de la disparition de la faune aquatique dans les rivières et les lacs, de la corrosion des pierres et autres matériaux (GRASCLAUD *et coll*, 1999).

II-8-Impact de la pollution hydrique sur l'environnement

L'eau, symbole de pureté et de vie, est actuellement signe d'une civilisation qui s'intoxique, la pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes environnementaux, car l'eau est une interface entre l'air et le sol, et elle subit donc la dégradation 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 :

- Dans les nappes ou dans les sources d'eau par suite d'infiltration d'eau usée (fosses) particulièrement dans les sols perméables et au court des averses ;
- Dans les eaux de surface, les fleuves, les rivières, et les oueds qui sont souillées par le déversement d'eau usée non drainée ;
- Les eaux du littoral qui font l'objet d'une pollution permanente par suite des déversements systématiques des bateaux et les rejets industriels (BOUZIANI, 2000).

L'eau est l'un des principaux vecteurs de transmission des maladies, par l'intermédiaires des germes infectieux, et par conséquent la mortalité humaine ; le risque microbiologique est ainsi le premier paramètre à prendre en compte en matière d'alimentation en eau potable. La conséquence sanitaire d'une pollution est variable dans le temps en fonction de l'usage de l'eau (GAUJOUS, 1995),

L'eau potable peut transmettre des virus, bactéries, parasites et des contaminants chimiques, qui menacent la santé humaine par ingestion. Les deux maladies les plus communes liées à l'eau contaminée sont le choléra et la diarrhée (Brundtland, 2002). On peut répartir les maladies en trois catégories :

- Les maladies à transmission hydrique « **MTH** » : les MTH sont des infections d'origine bactérienne, parasitaire ou virale (causées par les microorganismes fécaux-oraux et les substances toxiques) ;
- Les maladies à support hydrique dues aux organismes aquatiques ;
- Les maladies transmises par les nombreux vecteurs vivant sur l'eau (moustique, mouche tsé-tsé) dont les plus graves affections sont représentées par le paludisme et la fièvre jaune (BOUZIANI, 2000).

III-1-Maladies d'origine bactérienne

Le tableau suivant représente les principales maladies d'origine bactérienne.

Le Tableau 3: les principales maladies d'origine bactérienne :

Maladie	Agents responsables	Manifestations	Contamination	Références
Fièvre typhoïde et paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi A</i>	-fièvre, -céphalées, -diarrhées, douleurs abdominales, -hémorragies intestinales, - atteintes hépatiques respiratoires et neurologiques.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par matières fécales.	VILLAGINES 2003.
Choléra	<i>Vibrio Cholerae</i>	- diarrhées, -vomissements. -douleurs épigastriques -crampes musculaires		VILLAGINES 2003
Gastro-entérites	<i>Escherichia coli</i>	- diarrhées ; -douleurs abdominales ; -fièvre ; -nausées et vomissement ; -selles sanguinolentes	Voie digestive à partir d'eau contaminée par matières fécales	(VILLAGINES 2003).

III-2-Maladie d'origine parasitaire

Les principales maladies d'origine parasitaire sont représenté dans le tableau suivant.

Tableau 4 : principales maladies d'origine parasitaire

Maladies	Agents Responsables	Manifestations	Contaminations	Références
Gastro- enterite	Cryptosporidium parvum	-diarrhée sévère ; - crampes abdominales ; -baisse de poids ;	Voie digestive	OMS, 2008.
Dysenterie amibienne	Entamoeba histolytica	- crampes ; -diarrhée muco-sanglante;	Voie digestive	VILAGINES, 2003.
Giardiase	Giardia lamblia	-diarrhée ; -crampes d'estomac ; -perte de poids - fatigues.	Voie digestive	VILAGINES, 2003.

II-3-Maladie d'origines virales

Tableau 5: principales maladies d'origine virales.

Maladies	Agents Responsables	Manifestations	Contaminations	Références
Hépatite Infectieuse	Virus de L'hépatite A	-Perte d'appétit ;- urines foncées ;-diarrhées ; -nausées ;-fièvres ;	Voie digestive	OMS ,2008
	Virus de l'hépatite E	-trouble Digestifs ; urines foncées ;- diarrhées ; - nausées ;	Voie digestive	OMS ,2008

Selon OMS (2008), dans les pays en développement, quatre cinquièmes de toutes les maladies sont causés par les maladies hydriques, où la diarrhée est la principale cause de la mort des enfants. En Algérie plusieurs études ont montrés que les hépatites virales occupent la première place parmi MTH ; elles sont suivies par la fièvre typhoïde, dysenterie, cependant, aucun cas de choléra n'a été enregistré ici dans notre pays.

II-4- La virologie des milieux hydriques

Il est essentiel de bien différencier la notion de danger et la notion de risque. Le danger concerne les effets toxiques susceptibles d'être induits par un agent éventuellement toxique.

Le risque est la probabilité d'apparition de ces effets en fonction des conditions d'exposition au danger. L'importance du milieu hydrique comme voie de transmission de maladies à virus est, en pratique, relativement difficile à cerner du fait, d'une part, de la sous-estimation des résultats des analyses virologiques dues au faible rendement des techniques analytiques d'extraction et de concentration des virus, d'autre part, des limites des méthodes épidémiologiques. En ce qui concerne la surveillance du milieu hydrique, celle-ci pour être efficace, devrait évoluer et être fondée non plus sur l'isolement des bactéries témoins de contamination fécale mais sur la mise en évidence d'un indicateur véritablement spécifique d'une contamination virale (SCHWARTZBORD L., 2000).

IV-1- Caractéristiques d'une eau potable

Une eau potable est une eau propre à l'alimentation, donc dépourvue de tous éléments nocifs. Elle doit être :

-Limpide, incolore, inodore, fraîche (7-12°). Ces qualités sont facilement décelées par nos sens. Nous rejetons d'instinct une eau trouble (matières ou microbes en suspension), colorée, mal odorante (fermentation) ;

- Faible proportion de sels minéraux (carbonates, sulfates, Chlorures) qui lui donnent une saveur faible mais agréable et une certaine valeur nutritive. L'eau ne doit pas contenir plus de 0,50g/l de sels minéraux ;

-Dépourvue de matières organiques, dont la présence est un indice de souillure.ces matières, donnent une odeur désagréable et des produits toxiques ;

-Dépourvue de germes, de vers, de parasites et de microbes pathogènes.

L'eau potable n'est pas stérile. On y tolère de 100 à 1000 bactéries non pathogènes par cm^3 ; Par contre elle ne doit contenir ni germes parasitaires ni microbes pathogènes.

Les qualités requises pour qu'une eau soit propre à la consommation sont de l'ordre organoleptique, physico-chimique et bactériologique.

V-2-Les paramètres organoleptiques

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.

Les paramètres couleur, odeur et saveur peuvent servir d'indicateurs de certaine pollution.

❖ Couleur

Une eau potable ne doit pas présenter de couleur. Cependant, la coloration de celle-ci est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (RODIER *et al*, 2009).

La couleur des eaux souterraines est due, généralement, à des substances colorées d'origines variées :

-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 ;

- substances humiques provenant de la décomposition de la matière végétale.

❖ Odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactifs peut seul, parfois, le déceler (RODIER *et al*, 2009).

❖ Saveur

Une eau potable et bonne en qualité doit avoir une saveur faible et agréable. (RAMADE ,1998). Si l'eau renferme une quantité importante de chlorure, elle sera saumâtre, si elle renferme une quantité trop forte de magnésie, elle sera amère et si elle est chargée en fer, elle sera métallique, s'il y'a absence de sels habituels et d'anhydride carbonique, elle sera fade (RODIER *et col*, 2005).

La saveur d'une eau est due à la combinaison de nombreux facteurs, parmi lesquels interviennent :

- les matières organiques dissoutes provenant de la décomposition des matières organiques végétales et des résidus agricoles.
- la minéralisation de l'eau : certains sels minéraux donnent des goûts particulier à l'eau ;
- les métabolites de certains micro-organismes vivants dans l'eau.

❖ Turbidité

Elle est due à la présence de particules diverses en suspension (GAUJOUS ,1995).Une turbidité forte est souvent signe de pollution, mais peut-être aussi d'origine naturelle : développement planctonique, sable, particules argileuses en suspension qui forment une éponge sue laquelle viennent se fixer les bactéries (C.I.E, 2005).

Selon l'OMS, une turbidité importante peut mettre les microorganismes à l'abri des effets de la désinfection, et va stimuler la croissance bactérienne. Une turbidité qui dépassant 5 UNT peut être visible à l'œil nu.

Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. La spécificité de l'eau par rapport à la turbidité et représenter dans le tableau suivant.

Tableau 6 : classes de turbidité usuelles NTU

Turbidité NTU	Spécificité d'eau
< 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 30	Eau trouble

IV- 3-Les paramètres physico-chimiques

IV-3-1 La Température

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux qu'elles soient souterraines ou superficielles ; les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs saisonniers et autres...etc. Selon l'OMS, la température de l'eau souterraine qui se trouve dans les formations aquifères est identique à celle du terrain qui la contient et plus ou moins constante tout au long de l'année.

IV-3-2 Potentiel d'hydrogène pH

Le pH mesure l'acidité. Il doit être supérieur à 6,5. Au dessous de ce seuil, on a affaire à une eau agressive qui provoque un effet corrosif sur les canalisations, et peut conduire à la dissolution de métaux toxiques, tel que le plomb. Le pH doit être inférieur à 9, limite au dessus de laquelle l'eau est trop alcaline (C.I.E, 2005).

IV-3-3 Conductivité électrique

La conductivité est une mesure simple permettant de vérifier l'efficacité et la stabilité d'un traitement de déminéralisation ou de minéralisation. Une conductivité élevée traduit, soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée, celle –ci pouvant être naturelle ou due à des rejets salins (CARDOCT.1999).C'est aussi la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle dépend de la nature des ions dissous et de leurs concentrations. La conductivité s'exprime en Siemens par mètre (**S/m**). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et suivre son évolution.

La classification des eaux selon la conductivité est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 7: Classification des eaux selon la conductivité.

Conductivité $\mu\text{S/cm}$	Types d'eau
< 23	Eau pure
100 à 200	Eau douce peu minéralisé
250 à 500	Eau de minéralisation moyenne
1000 à 2500	Eau très minéralisé

IV-3-4 Matière en suspension

C'est un paramètre qui englobe tous les éléments en suspension dans l'eau ; dont la taille permet leur rétention sur un filtre de porosité donnée, ou leur rassemblement sous forme de culot par centrifugation (DEGUET et al. 2006).

IV-3-5 la dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) d'une eau correspond essentiellement à la présence de sels de calcium et de magnésium c'est la somme des calciums (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). C'est aussi l'aptitude d'eau à réagir et à faire mousser du savon. Elle est directement liée à la nature géologique des terrains traversés, ainsi, un sol calcaire ou crayeux donnera une eau dure à titre hydrotimétrique élevé (donc fortement minéralisée en calcium et magnésium) (POTELON et ZYSMAN, 1998)

Il existe plusieurs techniques pour connaître la dureté d'une eau. Avec une eau douce, le savon mousse et on a du mal à se débarrasser du savon. Au contraire, une eau dure (calcaire) élimine très vite le savon et même donne des mains un peu rêches après lavage. Cette méthode a l'avantage d'être rapide mais reste peu précise.

On a plusieurs types de dureté

❖ **Dureté totale.** Concentration totale en ions calcium et magnésium. S'effectue par un dosage par l'EDTA à $\text{pH} = 10$, en utilisant le NET comme indicateur.

❖ **Dureté permanente.**

Concentration en ions calcium et magnésium après précipitation des carbonates. Le dosage s'effectue comme précédemment après une ébullition prolongée et filtration.

❖ **Dureté calcique.**

Concentration en ions calcium. S'effectue par un dosage par l'EDTA à $\text{pH} > 12$, pour faire précipiter l'hydroxyde de magnésium.

❖ **Dureté magnésienne**

Concentration en ions magnésium. S'effectue par un dosage par l'EDTA à $\text{pH} = 10$, après avoir fait précipité l'oxalate de calcium et filtré, et en utilisant le NET comme indicateur. Le tableau suivant représente une classification de l'eau par rapport à la dureté.

Tableau 8 : plage de valeurs du Titre Hydrométrique

Dureté F°	Spécificité de l'eau
00 à 10	Eau très douce
10 à 20	Eau douce
20 à 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très dure

IV-3-6 Résidu sec à 105 °C

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux), obtenues après une évaporation d'eau. Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût (Tableau 10)

Le résidu sec à 105°C, est déterminé par la relation suivante :

$$(\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) - 1/2 [\text{HCO}_3^-]$$

Tableau 9 : Potabilité d'une eau en fonction des résidus secs (RODIER et al, 2009) :

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

IV-4-Paramètres de la minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous . La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous est élevée , donne un goût salé.

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité représenté dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Relation entre la conductivité et la minéralisation des eaux naturelles.

Conductivité $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation d'eau
< 100	Très faible
Entre 100 et 200	Faible
Entre 200 et 333	Moyenne
Entre 333 et 666	Moyenne accentuée
Entre 666 et 1000	Importante
>1000	Elevée

❖ Le calcium

Le calcium est un élément principal de la dureté de l'eau, C'est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates (POTELON et ZYSMAN, 1998).

❖ Le Magnésium

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature, son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes.

Le magnésium est un élément important pour la croissance et pour la production de certaines hormones, il intervient également dans de nombreux systèmes enzymatiques. Un déficit entraîne des troubles neuromusculaires voire des manifestations cardiaques (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ Sodium

Est un élément constant dans l'eau, il peut provenir de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, et d'autre élément.

Le sodium est un élément vital qui participe à des fonctions essentielles, c'est un métal très abondant dans la nature ne se rencontre pas naturellement à l'état natif (naturel) mais toujours associé à d'autres éléments chimiques (chlorure, sulfate). Le principal minéral contenant du sodium et l'un des plus répandus est le chlorure de sodium (sel gemme) (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ Le potassium

Le potassium est présent dans l'eau à des teneurs ne dépassant pas habituellement 10mg/l à 15mg/l. Certains rejets industriels, en particulier de mines de potasse et d'usines d'engrais, peuvent en entraîner dans l'eau des quantités relativement élevées (RODIER et coll., 2005).

❖ Chlorure

De façon générale, l'ion chlorure est présent dans toutes les eaux ; à des concentrations variables. Des concentrations élevées de chlorure nuisent au goût de l'eau en lui conférant une saveur salée surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (POTELON et ZYSMAN, 1998)

Il se présente à des teneurs inférieures à 25mg/l dans les eaux courantes exemptes de pollution. Dans certaine région, la traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles de 1000mg/l.

❖ Les sulfates

Composés naturels des eaux, les ions sulfates (SO_4^{2-}) sont liés aux cations majeurs, calcium, magnésium et sodium. La plupart des sulfates sont solubles dans l'eau, ils peuvent être réduits en sulfure volatilisé dans l'air en hydrogène sulfuré (HS) précipité en sels insolubles ou assimilé par des organismes vivant (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ Le carbone organique totale

Il représente la teneur en carbone liée à la matière organique et repose sur une mesure de CO_2 après oxydation complète. L'élimination des matières en suspensions est nécessaire avant sa détermination (DEGREMONT, 2005).

❖ L'Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogènes (H^+) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-). La norme ISO 9963 définit différents types d'alcalinités :

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

➤ Intérêt de la détermination de l'alcalinité

C'est un paramètre très important pour l'eau distribuée dans les canalisations du fait de son action sur celle-ci. En effet, le TAC ne doit pas être considéré seul mais doit être pris en compte dans un ensemble de paramètres tels que la minéralisation, le pH, la température et la dureté de l'eau. Cette ensemble de paramètres permet de définir le caractère de l'eau par rapport à l'équilibre calco-carbonique (REJSEK, 2002).

IV-5-Les éléments indésirables et de pollution

❖ Le Fer

Le fer est un élément indispensable au fonctionnement du corps humain (synthèse de l'hémoglobine) il est classé au quatrième rang des éléments de la croûte terrestre par ordre d'abondance, sa présence dans l'eau peut avoir divers origines :

- Lessivage des terrains ;
- Rejets industriels ;
- Corrosion des canalisations métalliques ;

Le fer se trouve en solution dans les eaux privées d'oxygène, suivant les cas, le fer pourra exister à l'état colloïdal, sous forme de complexes organiques ou minéraux ; au contact de

l'air on assiste à une précipitation due à l'oxydation de ce métal (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ **Le Manganèse**

Le manganèse est un oligo-élément essentiel au fonctionnement du corps humain, assez répandu dans la nature il s'emploie dans de nombreuses applications industrielles, il est présent dans les eaux à l'état soluble, en suspension ou sous forme de différents complexes, sa solubilité dépend du pH, et de l'oxygène dissous (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ **Le Fluor**

Le fluor n'existe pas à l'état libre mais sous forme de fluorures en association avec d'autres éléments (fluorure de calcium, d'alumine, de sodium...). Les fluorures sont présents naturellement dans l'eau, à des teneurs généralement inférieure à 1mg/l dans les eaux superficielles et qui peuvent atteindre parfois 10mg/l (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ **L'Aluminium**

Il est présent dans l'eau sous forme de sels solubles, de colloïdes ou de composés insolubles. Les rejets industriels, l'érosion, le lessivage des minéraux et des sols, la contamination par les poussières atmosphériques et les précipitations constituent pour l'aluminium les principales voies d'accès au milieu aquatique (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ **Les Nitrites**

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux, et dans les plantes mais en quantités relativement faibles. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant. Toutefois, une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ **Les Nitrates**

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont abondamment répandus dans le sol, dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Ils sont solubles dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Les effluents industriels, agricoles, urbains, et les produits des activités humaines élèvent les teneurs en nitrates des eaux de surface et souterraines (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ Les phosphates

Les phosphates contenus dans les eaux de surface ou des nappes peuvent être d'origines naturelles, mais à l'heure actuelle leur présence dans les eaux est essentiellement due aux rejets industriels, domestiques ou agricoles (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ Silice

La silice, oxyde de silicium, les silicates sont extrêmement abondants dans l'écorce terrestre. La silice a une origine essentiellement naturelle et se rencontre dans les eaux brute sous deux formes : soluble et colloïdale, sa solubilité dépend principalement de la température et du pH (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ Azote Ammoniacal

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux, et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique.

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut provenir de la décomposition des déchets végétaux et animaux, sa teneur dans ces eaux est normalement faible. Sa présence en quantité importante peut être l'indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle (POTELON et ZYSMAN, 1998)

❖ Les Métaux lourds

Les métaux sont dangereux pour les êtres vivants mais à des micro-doses ; L'Homme libère de grandes quantités, certains métaux sont nécessaires aux organismes vivants à des concentrations déterminées (oligoéléments : Fe, Zn, Cu, Mn...) d'autres sont non essentiels, ils n'ont aucune utilité pour l'organisme (Cd, Hg) et au-delà des concentrations tolérables il y a toxicité. Parmi les métaux les plus dangereux, on distingue :

1- Le cadmium

Le cadmium, élément assez rare dans la croûte terrestre, se rencontre à l'état de traces dans la plupart des sols. Le cadmium n'est pas hydrosoluble, mais certains de ses sels le sont, il est un élément non essentiel, et toxique pour l'homme même à faible dose, son principal danger réside dans son effet cumulatif car il ne s'élimine pratiquement pas (POTELON et ZYSMAN, 1998)

2- Le Plomb

Le plomb est un constituant naturel de l'écorce terrestre, il est largement distribué, il se trouve dans de nombreux minéraux. Néanmoins, la corrosion des canalisations en plomb peut conduire à des niveaux beaucoup plus élevés, il est reconnu que le temps de contact entre l'eau et les tuyauteries en plomb joue un rôle essentiel sur les teneurs observées en distribution (POTELON et ZYSMAN, 1998)

3- Le Cuivre

Le cuivre est un métal largement présent dans la croûte terrestre, existe sous différentes formes. Le cuivre est un oligoélément essentiel pour le métabolisme humain. Les teneurs en cuivre des sols varient selon les caractéristiques géographiques locales (POTELON et ZYSMAN, 1998). Le tableau suivant représente les paramètres indésirables et leurs effets sur la santé :

Tableau 11 : les paramètres indésirables et leurs effets:

Eléments indésirables	Origines	Effets	LM($\mu\text{g/l}$)	Références
Aluminium (Al)	-Roches,sols, industrielles. -alumineet pétrochimique	-Encéphalopathies myocloniques chez les patients insuffisants rénaux	200 $\mu\text{g/l}$	VILAGINES, 2003 CHERY, 2004
Cuivre (Cu)	-Industrielles -métallurgie, traitement de surface. -corrosion des tuyaux	-Goût indésirable -cirrhose.	2mg/l	VILAGINES, 2003 CHERY, 2004 RODIER <i>et al</i> , 2009
Fer (Fe)	-Naturelles :eau souterraines et roches sédimentaires. -lessivage des dépôts d'ordures.	-coloration rouge et goût métallique -odeur de poisson pourri -tâches de rouilles	200 $\mu\text{g/l}$	VILAGINES, 2003 CHERY, 2004
Manganèse (Mn)	-naturelle (sols bruns) -industrielle (verrerie teinturerie).	-Goût indésirable. -formation d'une couche noire sur les canalisations.	50 $\mu\text{g/l}$	VILAGINES, 2003 CHERY, 2004 RODIER <i>et al</i> , 2009

LM : limite Maximale préconisée par le décret français n°2001-1220 du 20/12/2001.

IV-6- Les paramètres bactériologiques

L'eau est le milieu favorable pour la prolifération, d'un certain nombre de bactéries et de microorganismes qui proviennent de différentes origines, les principaux types de microorganismes rencontrés dans l'eau sont :

IV-6-1 les bactéries revivifiables

Toutes les bactéries aérobies, les levures et les moisissures, capable de former des colonies sur le milieu nutritifs gélosé. On distingue deux catégories différentes :

- Les microorganismes se développant à 20°C qui sont des saprophytes, présent naturellement dans l'eau ;
- Les microorganismes qui proviennent de l'homme ou d'animaux à sang chaud
- ❖ **Intérêt de la recherche et du dénombrement des bactéries revivifiables**

Le principal intérêt de dénombrement de ces microorganismes réside dans la possibilité de détecter les variations par rapport aux nombres attendus grâce à une surveillance fréquente et à long terme. Toute augmentation soudaine de ces germes peut prévenir d'une pollution sérieuse et appeler à des investigations immédiates (REJSEK, 2002)

IV-6-2 Germes indicateur de la contamination fécale

Les microorganismes de contamination fécale appelés aussi germes test, ne sont pas pathogènes, leur habitat naturel est l'intestin de l'homme et l'animal (GUIRAUD ,1998).les plus rechercher sont :

❖ **Les coliformes**

Le terme de "coliformes" ne correspond pas à une définition microbiologique stricte. Sous ce terme est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae et qui partagent certaine caractéristiques biochimiques.

Les coliformes fécaux présentent en plus une caractéristique liée à leur habitat, c'est l'aptitude à se multiplier à 44° (E.colli), ce germe est capable de produire du l'indole à partir du tryptophane à 44°C après 24h d'incubation (BOURGEOIS et LEVEAU, 2003).

- ✓ **Intérêt de la recherche et du dénombrement des coliformes**

Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud où ils représentent moins de 10% des micro-organismes. Dans l'eau, ils perdent leur viabilité plus lentement que la majorité des bactéries pathogènes intestinales et constituent donc un indicateur de contamination fécale de l'eau de première importance. De plus, leur résistance aux agents désinfectants, notamment au chlore, est voisine de la résistance des bactéries pathogènes ; ils vont donc constituer de bons indicateurs d'efficacité de traitement (REJSEK, 2002).

❖ **Les streptocoques fécaux (ENTEROCOQUES)**

Ils correspondent à l'ensemble des streptocoques possédant la substance : acide teichoïque qui est un antigène caractéristique du groupe D. Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale (RODIER *et al*, 2009).

Les dénombrements des entérocoques présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements de coliformes et coliformes thermo-tolérants présumés. Les méthodes sont analogues pour ces deux types d'indicateurs et seuls les milieux diffèrent.

❖ **Les clostridium-sulfite réducteur**

Les spores de clostridium peuvent survivre dans l'eau beaucoup plus longtemps que les coliformes et ils résistent à la désinfection (RODIER *et al*, 2009).

✓ **Intérêt de la recherche des clostridium**

L'intérêt de la recherche des clostridium est controversé pour mettre en évidence une contamination fécale et pour témoigner de l'efficacité de la filtration d'une nappe, les clostridium nous renseignent sur la pureté bactériologique de l'eau ou encore de la filtration sur le sable dans la station de traitement (HASLAY et LECLERC ,1993).

I-1- présentation de la région d'étude (Tizi-Ouzou)

I-1-1 Cadre géographique

La wilaya tizi ousou est située au centre de l'Algérie. Elle est limitée au nord par la mer méditerranée et au sud par la wilaya de Bouira, à l'est par la wilaya de Bejaia, et à l'ouest par la wilaya de Boumerdès. Le littoral s'étend sur 80km, c'est une région côtière et montagneuse. Elle se situe à 100 km de la capitale. Tizi ousou s'étend sur une superficie de 2957,93 km², et elle est divisée administrativement en 21 dairas et 67 communes. La figure ci-dessous représente la carte géographique de la wilaya.



Figure.1 : Carte géographique de la wilaya de Tizi-Ouzou.

I-1-2 Cadre climatique

La wilaya de Tizi-Ouzou se situe dans la zone du climat méditerranéen. Le climat est froid et humide entre octobre et avril, en raison de vents de nord. Le reste de l'année, le climat est chaud et sec. Sur les hauteurs le climat est beaucoup plus rude, avec parfois des températures négative et une neige abondante en hiver et des étés très chauds et humide.

➤ **Température**

Du fait de l'enclavement et de l'exposition aux vents du sud les températures sont particulièrement élevées en été.

➤ **Pluviométrie**

En raison des massifs montagneux qui entourent la ville, il neige chaque année en hiver entre décembre pour les hautes altitudes (600 m et plus), et février pour les basses altitudes. La pluviométrie est de 600 ml à 1000 ml par an.

➤ **humidité**

La wilaya de Tizi-Ouzou se situe sur la zone de contact et de lutte entre les masses d'air polaire et tropical. D'Octobre- Novembre à Mars- Avril, les masses d'air arctique l'emportent généralement et déterminent une saison froide et humide. Les autres mois de l'année, les masses d'air tropical remontent et créent chaleur et sécheresse. Le temps variable, fréquent sur la wilaya est créé par des fronts discontinus, dus à la circulation zonale (d'Ouest en Est) de l'air. L'humidité dans la wilaya est due à des dépressions de front polaire qui balaient les montagnes et provoquent la pluie et la neige.

I-2 Ressources hydriques dans la région

➤ **Eaux superficielles (barrages)**

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, les eaux des ruisseaux, de rivière, fleuves, barrages, lacs. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau ; elles sont exposées à toutes sort de pollution (industrielles, urbaine, agricoles, bactériologique) .ce sont donc des eaux polluées .elles contiennent des matières en suspension, des micro-organismes provenant du sol, des déchets domestiques et industriels.

Elles nécessitent un traitement physico-chimique parfois complexe dans des infrastructures importantes (DEGREMONT ,1989)

➤ **Eaux souterraines**

On entend par « eau souterraine », l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du sol rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels les sables et les graviers. Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas canalisée comme un ruisseau, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui

constituent l'espèce souterraine. L'eau provenant des précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique)

Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique .Elles restent jusqu'à présent les meilleurs ressources en eau potable (MYRAND et al, 2003).

I-3- les Sources d'eaux à étudier

Tizi-Ouzou est situé dans une région qui possède beaucoup de fontaine et de sources d'eau. Pour notre étude ont a choisi trois sources d'eau se situe à Yakouren (Fontaine Fraiche, Ait bouhouni) Figure 5 et 6 et la troisième à Thala Atmane (Ainser Akdhim) Figure 7



Figure 5 : Carte géographique de la Fontaine Fraiche (Google Maps)

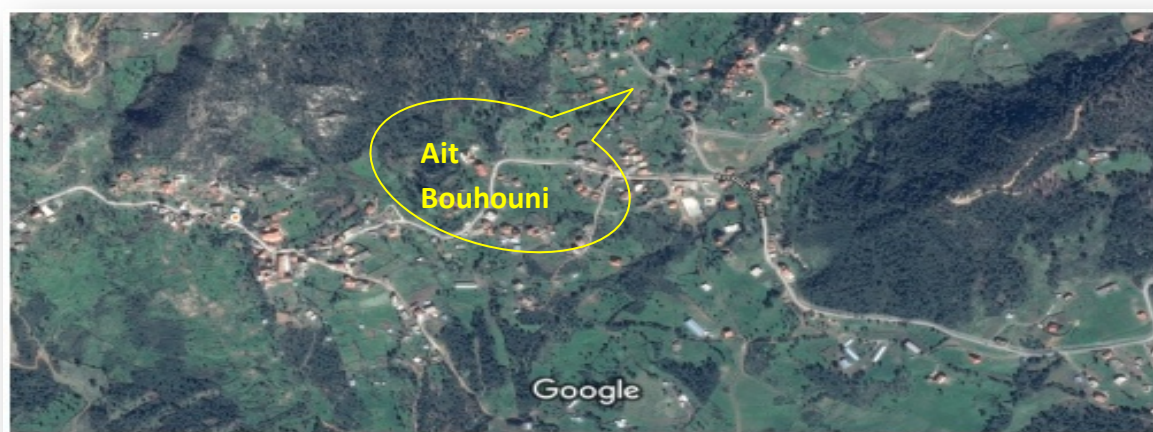


Figure 6 : Carte géographique d'Ait Bouhouni (Yakourene). (Google Maps)



Figure 7 : Carte géographique d'Ainsker Akdhim (Thala-Athman). (Google Maps)

✚ L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux des trois sources : source Ait Bouhouni ,Fontaine Fraiche ; source Thala Athman .

Les analyses bactériologiques et physicochimiques ont été réalisées au sein du laboratoire de l'ADE. L'étude de qualité d'eau de source comporte trois étapes :

- Prélèvement, échantillonnage ;
- Analyse ;
- Interprétation des résultats.

Nos analyses des différents échantillons ont été effectuées au laboratoire central de l'ADE (Algérienne Des Eaux), localisé au niveau de l'unité de Tizi-Ouzou. Sa mission est de contrôler les eaux distribuées sur le plan physico-chimique et bactériologique en se référant aux méthodes normalisées et il couvre toute la wilaya de Tizi-Ouzou.

I-4-Échantillonnage

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 en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. En outre, s'il est bien évident qu'un prélèvement correct est indispensable à l'obtention de résultats analytiques significatifs, il est tout aussi important de connaître le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'arrivée au laboratoire (RODIER ; 2009).

❖ Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques

Les échantillons sont pris dans des bouteilles en P.E.T (Poly Éthylène) de 1,5 litre après avoir laissé couler l'eau pendant au moins 3 minutes ; les bouteilles sont rincées plusieurs fois avec de l'eau à analyser puis remplies totalement pour éviter la pénétration de l'air.

Les bouteilles doivent être munies d'une étiquette portant le code ; la date, l'heure de prélèvement, la température de l'eau et l'air pour faciliter leur identification (RODIER ; 2009).

❖ Echantillons destinés aux analyses bactériologies

Dans l'analyse bactériologie ; il est conseillé d'utiliser des flacons de 250 ml, ces flacons doivent être :

- lavés soigneusement avec un détergent et eau de javel ;
- rincés avec de l'eau puis avec l'eau distillée ;
- séchés ensuite bouchés et finalement stérilisés ;

Les sources coulent à travers un grand tuyau ; Au moment du prélèvement on laisse l'eau couler pendant environ 5 minutes. Désinfecter le milieu et le tuyau soit en passant une tige de coton imbibé d'éthanol à 90% ; ou une flamme d'un chalumeau, pendant au moins 2 minutes. Procéder au flambage du goulot du flacon avant et après remplissage

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 flacons doivent être munis d'une étiquette portant le code la date, l'heure du prélèvement, et la température de l'eau pour faciliter leur identification.

❖ Transport des échantillons

Les prélèvements sont immédiatement acheminés vers le laboratoire dans des glacières dont la température est comprise entre 4 et 6°C ; Afin de maintenir la composition initiale de l'échantillon, le temps qui s'écoule entre le prélèvement et l'analyse doit être réduit au minimum.

L'analyse bactériologie doit être débutée dans un délai maximal de 8 heures après le recueil de l'échantillon, Car la variation de ce dernier est susceptible de modifier la population bactérienne

I-5- Matériels et Méthodes

Les matériels et les méthodes utilisés pour doser les paramètres physico-chimiques sont représentés dans le tableau13 :

Matériels et Méthodes

Tableau 12 : Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques

Paramètres mesurés	Méthodes	Appareillages
PH	Potentiomètre	PH mètre WTW Ph 450 GLP Multical
Turbidité		Turbidimètre HACH 2100N
Conductivité		Conductimètre (ORION3 STAR conductivity benchtop)
Alcalinité	Volumétrie	/
Dureté	Titrimétrie à l'EDTA	/
Calcium	Titrimétrie à l'EDTA	/
Magnésium	/	/
Chlorures	Mohr	/
Ammonium	Spectrométrie d'absorption	Spectromètre (HACH)
Nitrates	Spectrométrie d'absorption	Spectromètre (HACH)
Nitrites	Spectrométrie d'absorption	Spectromètre (HACH)
Sulfates	Spectrométrie d'absorption	Spectromètre (HACH)
Phosphates	Spectrométrie d'absorption	Spectromètre (HACH)
Potassium	Spectrométrie d'émission à flamme	Spectromètre d'émission à flamme (Sherwood Flame photometre 410)
Sodium	Spectrométrie d'émission à flamme	Spectromètre d'émission à flamme (Sherwood Flame photometre 410)
Fer	Spectrométrie d'absorption	Spectromètre (HACH)
Aluminium	Spectrométrie d'absorption	Spectromètre (HACH)
Mat-org-acide	Méthode à chaud en milieu acide	/

-Milieux de culture

❖ Les germes revivifiables à 22 et à 37

Gélose Tryptophane Glucose Extrait de levure AGAR (TGEA)

Gélose Plate Count AGAR (PCA)

❖ Coliformes totaux et coliformes fécaux

Milieu de Schubert

Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol (BCPL)

❖ Streptocoques fécaux

Bouillon glucosé à l'acide de sodium (Rothe)

Milieu ethyl violet acide de sodium (EVA) LITSKY.

I-6- 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.

❖ Potentiel d'hydrogène pH

La mesure du pH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé.

L'électrode a été d'abord étalonnée dans une solution tampon de pH égale à 7 et à 4 puis introduit dans l'eau à analyser.

❖ Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélogétrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser, puis effectuer la mesure en laissant l'appareil se stabiliser. Les résultats sont exprimés en NTU.

❖ Mesure de la conductivité

La conductivité électrique d'eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre les deux électrodes métalliques de 1cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) mais est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

On utilise une verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée.

- ✓ On ajuste l'appareil à zéro.
- ✓ On ajuste la température de l'eau sur l'appareil.

On rince plusieurs fois l'électrode de platine d'abord avec l'eau distillée puis on le plonge dans le récipient contenant de l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée. Agiter le liquide afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant, cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

I-6-1-Méthodes de minéralisation globale

❖ Mesure de l'alcalinité

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

➤ Détermination de TA

Prélever dans un erlenmeyer, 100 ml d'eau à analyser. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution de phénophtaléine (annexe 3). Une coloration rose doit alors se développer ; dans le cas contraire ; le TA est nul (réaction négative), Ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le pH est inférieure à 8.3. S'il ya apparition d'une couleur rose, effectuer un dosage avec l'acide chlorhydrique HCl (Annexe3) en agitant constamment et ceci jusqu'à la décoloration complète de la solution (pH 8.3). Soit V le nombre de millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage.

➤ Détermination de TAC

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'ya pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange (Annexe 3) ; et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH 4.3) s'assurer qu'une goutte d'acide en excès provoque le passage de la coloration du jaune orangé au rose orangé (pH 4).

➤ Pour calculer les bicarbonates

Si $TA=0$; $HCO_3 = TAC * 12,2$

Si $TA < TAC/2$; $HCO_3 = (TAC - 2TA) * 12,2$

Si $TA = TAC/2$; $HCO_3 = 0$

❖ Détermination de la dureté TH

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA) à un pH de 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome (Annexe 3), qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium.

Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

Introduire 50ml de l'échantillon. Ajouter 4ml de la solution tampon et 3 gouttes de l'indicateur au mordant noir 11. La solution doit se colorer en violet et son pH doit être de 10. Mélanger et doser immédiatement avec la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter. Verser lentement, puis en goutte à goutte dès que la couleur de la solution commence à virer du violet au bleu. Le virage est atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA

La teneur globale en calcium et magnésium est donnée par l'équation :

$$\text{TH (mg/l)} = C_1 V_1 / V_0$$

TH: teneur globale en calcium et en magnésium (mg/l)

C₁: concentration de la solution de l'EDTA

V₁: volume de la solution de l'EDTA utilisé pour le titrage (ml)

V₀: volume de l'échantillon (ml)

❖ Dosage du Calcium

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à pH compris entre 12 et 13. L'acide :hydroxy-2-(hydroxy-2-sulfo-4-naphtylazo-1)-1-naphtalénecarboxylique (C₂₁H₁₄N₂O₇ S 3H₂O) qui forme un complexe rouge avec le calcium est utilisé comme indicateur.

Lors du dosage, L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium libre, puis avec les ions combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu claire.

Mode opératoire

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde NaOH (2 M) et une pincée d'indicateur HSN. Bien mélanger le tout. Titration avec la solution

d'EDTA, en versant lentement. Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.

La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

La teneur en calcium, exprimée en mg/l, est donnée par l'équation suivante :

$$C_{Ca} \text{ (mg/l)} = C_1 \times V_1 \times A / V_0$$

C_{Ca} : teneur en calcium mg/l

C_1 : la concentration en EDTA (mM).

V_0 : le volume de la prise d'essai (ml).

V_1 : le volume de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage (ml).

A: masse atomique relative du calcium

❖ Détermination magnésium

La détermination du magnésium, exprimé en milligrammes par litre, est donnée par la formule suivante :

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

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

C_{Ca+Mg} : teneur globale en calcium et en magnésium

C_{Ca} : teneur en calcium.

❖ Dosage des chlorures

Les ions chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation. La fin de la réaction est indiquée par l'appariation de la couleur rouge caractéristique du chromate d'argent. (RODIER et al, 2009).

Mode opératoire

Introduire 100 ml de l'échantillon, Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium K_2CrO_4 (coloration jaunâtre), et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent $AgNO_3$ jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre. (Annexe 3)

La concentration en chlorure exprimée en milligrammes par litre, est donnée par formule :

$$Cl \text{ (mg /l)} = V_{AgNO_3} * 71 * F$$

Cl : concentration des ions chlorures (mg/l)

V_{AgNO_3} : volume d' $AgNO_3$ nécessaire pour le dosage de l'échantillon (ml)

F : facteur de correction d'AgNO₃. La détermination de ce facteur se fait comme suit :

- prendre 5ml de la solution mère à 71mg/l ;
- ajouter deux gouttes de l'indicateur coloré ;
- doser par AgNO₃ à 0,01N jusqu'au virage (couleur brunâtre)

Le facteur est calculé par la formule suivante : $F = 1 / V_{\text{AgNO}_3}$

V_{AgNO_3} : volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de la solution mère à 71 mg/l

❖ Dosage du potassium et du sodium par spectrophotométrie d'émission à flamme

Lorsqu'une solution est pulvérisée dans une flamme, l'eau ou le solvant s'évapore ; les sels et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux. Ceux-ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme ; leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission d'une radiation de fréquence caractéristique de l'élément mis en solution et dont l'intensité est en fonction de sa concentration (RODIER et al, 2009).

➤ Dosage du potassium

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

- Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/l procéder à la dilution de l'échantillon.
- Les concentrations correspondent aux extinctions *le facteur de dilution

➤ Dosage du sodium

Peser 2.54g de NaCl, le dissoudre dans l'eau distillée et compléter à un litre. Cette solution a une concentration de 1000 mg/l de sodium et conservée. Par dilution, préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l. Faire passer au photomètre à flamme la solution de 10 mg/l trois fois, et ça doit afficher « 10 » Faire passer ensuite les échantillons.

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

❖ Dosage des sulfates

Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum selon la réaction suivante :



La méthode consiste à prendre 100ml d'eau à analyser et ajouter 5ml de la solution stabilisante. Ajouter 2 ml de chlorure de baryum. Agiter pendant 1mn. Passé au spectrophotomètre à $\lambda = 420$ nm

I-6-2-Dosage des paramètres de pollution

❖ Dosage d'Ammonium

C'est un dosage spectrométrique du composé bleu formé suite à la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate(III) de sodium (nitroprussiate de sodium).

Mode opératoire

Prendre 40ml de l'échantillon, ajouter 4ml du réactif coloré et mélanger, il y'aura apparition d'une coloration jaune. Ajouter 4ml de la solution de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser, ajouter 2ml d'eau distillée

Après une heure de réaction, s'il y aurait apparition d'une coloration verdâtre, mesurer l'absorbance en ions d'ammonium à $\lambda = 655$ nm.

❖ Dosage des ions nitrites

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

Mode opératoire

Introduire 50 ml d'échantillon, ajouter 1 ml du réactif mixte (Annexe 3) et attendre au moins 20 mn. L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO^2 Enfin, mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde (environ $\lambda = 540$ nm).

La valeur donnée par le spectrophotomètre correspond à la concentration en N- NO_2 ; donc pour avoir la concentration en NO^2 ; on doit multiplier la valeur par 3,29.

Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités des réactifs mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

❖ Dosage des ions Nitrates

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

Introduire 35ml du mélange acide dans une fiole conique sèche puis ajouté 5ml de l'échantillon et 5ml de la solution de diméthyl-2,6 phénol. Mélanger soigneusement le contenu et laisser reposer pendant 10 min.

Effectuer un essai à blanc parallèlement au dosage en utilisant 5ml d'eau distillée. La concentration en azote nitrate est la valeur donnée par spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 324 \text{ nm}$.

❖ Détermination des phosphates

Le dosage des phosphates est basé sur la formation, en milieu acide, d'un complexe avec le molybdate d'ammonium (Annexe 3), le tartrate double d'antimoine et de potassium. Le complexe formé est ensuite réduit par l'acide ascorbique en un produit coloré bleu.

Introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml d'acide ascorbique (Annexe 3) et 2mL de réactif mélange dans une fiole jaugé de 50 ml. Compléter le volume. Incuber pendant 10 min.

L'apparition d'une coloration bleue indique la présence des phosphates .mesurer l'absorbance à 880nm. Les résultats sont exprimés en mg/l de phosphate

I-6-3-dosage des éléments indésirables

❖ Dosage du fer

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

Ajouter 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5. Ajouter 2.ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.

Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible à $\lambda = 510 \text{ nm}$ en utilisant une cuve de 10 mm^2 .

Les résultats sont affichés directement par le spectrophotomètre en mg/l du fer.

❖ Dosage d'aluminium

Réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine à un pH de 5.9 en présence de l'acétate d'ammonium

Introduire dans une fiole ; 25ml de l'échantillon, injecter successivement des réactifs suivants :

- 0.5 ml de thiosulfate de sodium 0.028 N avec agitation ;

- 1 ml d'acide ascorbique à 1% avec agitation ;
- 1 ml d'acide sulfurique à 0.04 N ;
- 10 ml de la solution tampon pH 6.2,
- 5 ml de la solution fille d'eriochrome cyanine.

Ensuite réajuster les volumes à 50 ml avec de l'eau distillé ; Attendre 10 min, Mesurer enfin, l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde ($\lambda = 540$ nm). Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'aluminium.

❖ Dosage de la matière organique

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

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

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

Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la coloration rose pâle à venir).

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

Noter le volume V_1 de permanganate consommé.

Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 25 ml d'eau distillée

Matériels et Méthodes

Noter le volume V_0 de solution de permanganate consommé.

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

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

Noter le volume V_2 de solution de permanganate consommé

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

$$\mathbf{I Mn} = \frac{(V_1 - V_0) * f}{V_2}$$

V0 : volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.

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

V2 : volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrant.

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

V4 : volume, en millilitres, de la solution étalon d'oxalate de sodium consommé pour la détermination lors de l'étalonnage : $V_4 = 20$ ml.

C(Na₂C₂O₄) : la concentration, en millimoles par litre, de la solution étalon d'oxalate de sodium : $C(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5$ millimoles /l.

1 000 (numérateur) : le coefficient correcteur pour exprimer C(Na₂C₂O₄) de millimoles/l à millimoles/ml.

MO : la masse molaire de l'oxygène, en milligrammes d'oxygène par millimoles. **MO = 16**.

V5 : le volume d'échantillon utilisé, en millilitres. $V_5 = 100$ ml.

1 000 (dénominateur) est le coefficient correcteur pour exprimer le volume d'échantillon de millilitres à litres.

Compte tenu des valeurs ci-dessus : **f = 16**

I-7-Analyse statistique

L'utilisation des données en hydrochimie représentées sous forme de diagrammes (Annexe 9) ou de graphiques s'avère utile et repose parfois sur des outils assez compliqués. Cependant, dans de nombreux cas, il est possible de visualiser simplement les caractéristiques importantes des échantillons d'eau.

Pour notre étude physico-chimique, nous avons fait appel aux diagrammes de Piper

Diagramme de Piper

Ce diagramme (figure 8) permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eaux.

Il est composé, comme la montre la figure ci-dessous, de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global.

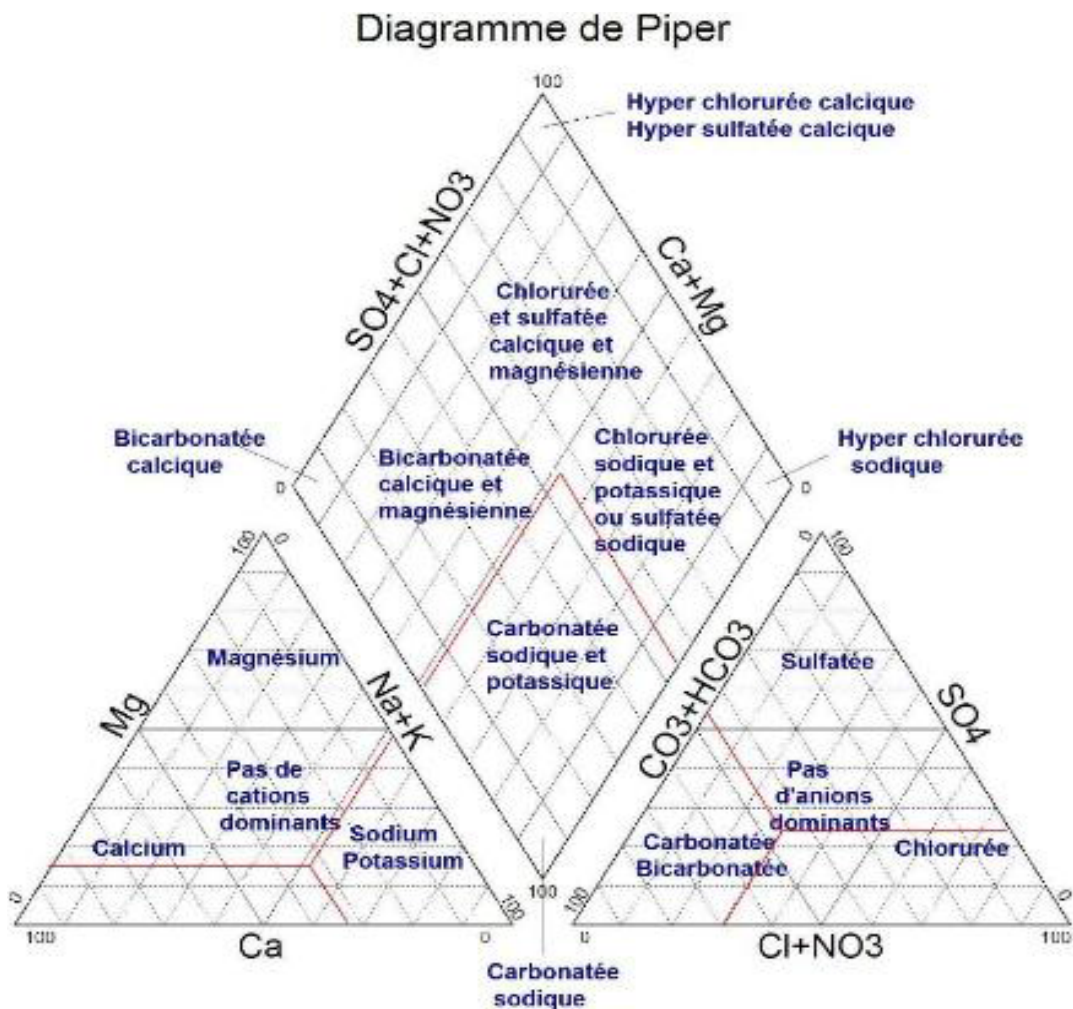


Figure 8 : Diagramme de Piper

I-8- Méthodes d'analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques effectuées comportent la recherche des germes suivants :

- les micro-organismes revivifiables à 22 et 37C°
- les coliformes totaux et fécaux ;
- les streptocoques fécaux ;

Les méthodes utilisées pour le dénombrement des différents germes sont :

- méthode par incorporation en milieu gélosé ;
- méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP)
- méthode par filtration sur membrane.

❖ Méthode par incorporation en milieu gélosé

L'eau inoculée par incorporation dans un milieu strictement défini et non sélectif.

La lecture est faite après 48heures d'incubation à 37C° ou après 72heures d'incubation à 22C°. Cette méthode fait cependant subir un choc thermique aux micro-organismes au moment de l'incorporation de la gélose en surfusion (à 45C°) (RODIER et al, 2009)

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

Cette méthode est une estimation statistique du nombre de micro-organisme supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire. Dns ce type de méthode, les bactéries se multiplient librement dans le milieu liquide. En cas de présence, l'ensemble du milieu inoculé vire à la « positivité » (trouble ou virage de l'indicateur) (RODIER et al, 2009)

➤ Systèmes d'ensemencement

Les quatre systèmes retenus sont les suivants :

1. Trois tubes sont ensemencés avec chacun 10ml d'eau ; trois autres avec chacun 1ml d'eau ; trois autres avec chacun 0,1ml
2. Système analogue au précédent, mais l'ensemencement porte sur cinq tubes par série au lieu de trois.

3. Cinq tubes sont ensemencés avec chacun 10ml d'eau, un tube avec 1ml, un tube avec 0,1ml.
4. Un tube est ensemencés avec 50ml d'eau, cinq autres avec chacun 10ml, cinq autres avec chacun 1ml.

Le premier et le deuxième système sont recommandés pour les eaux polluées ou de qualité médiocre. Le troisième et le quatrième système sont recommandés pour les eaux moins polluées.

Pour nos analyses, nous avons utilisé le troisième système.

➤ Lecture des résultats

Après l'incubation, dénombrer dans chaque série le nombre de tubes positifs. Les éventualités plus courantes sont indiquées dans la table du NPP (**annexe 5**)

pour chacune des éventualités sont indiqués :

- le nombre le plus probable de germes contenus dans 100ml de l'échantillon analysé ;
- les limites inférieures et supérieures.

❖ **Méthode par filtration sur membrane** (RODIER et al, 2009)

Cette méthode consiste à recueillir, identifier et dénombrer les bactéries recherchées dans un échantillon d'eau à la surface d'une membrane filtrante stérile de porosité de $0,45\mu\text{m}$. incubé ensuite cette membrane pendant $24 \pm 2\text{h}$ à $44,5 \pm 0,2\text{ C}^\circ$ sur une gélose. les colonies sont ensuite dénombrées et l'on connaît ainsi le nombre de bactéries présentes dans l'échantillon .

I-8-1 Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 et à 37 C°

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des micro-organismes (bactéries, levures et moisissures) par comptage des colonies après incubation à 22 et à 37C°. A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 1ml en double dans deux boîtes de pétri vides, numérotées et préparées à cet usage. Compléter ensuite avec environ 19ml de gélose TGEA (ou PCA) fondue puis refroidie à $45 \pm 2\text{ C}^\circ$. Laisser solidifier les boîtes sur la paille. Les boîtes seront ensuite partagées en deux séries distinctes :

- la première série est incubée à 22 C° pendant 72h (Annexe 4);

-la seconde série est incubée à 37 C° pendant 48h.

Les colonies des micro-organismes revivifiabiles apparaissent en masse sous forme lenticulaire et bien distinctes. Dans notre cas, le dénombrement des colonies se fait directement par comptage de ces dernières.

Le résultat final des micro-organismes revivifiabiles dénombrés à 22 et à 37C° par millilitre d'eau est noté par un nombre d'unités formant colonies par millilitre d'eau (UFC/ml).

I-8-2-Recherches et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

❖ Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du NPP

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

1^{ère} étape, le test de présomption : réservé à la recherche des bactéries coliformes.

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

-5 fois 10ml dans 5 tubes contenant 10ml du milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham ;

-une fois 1ml dans un tube contenant 10ml du milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham ;

- une fois 0,1ml dans un tube contenant 10ml du milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Après incubation, les tubes considérés positifs sont ceux présentant à la fois :

- un dégagement de gaz (supérieur à 1/10 de la hauteur de la cloche) ;
- un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (Annexe 4).

Ces deux caractères sont témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en Annexe

2^{ème} étape, le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia Coli*.(Annexe4)

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage dans les tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 44 °C pendant 24h. Les tubes positifs sont ceux qui présentent à la fois un dégagement gazeux et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovac. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP annexe 8

Remarque : en cas de doute lors du test de présomption (trouble qui n'est pas clair ou bien un petit dégagement de gaz), un test de confirmation des coliformes totaux s'avère nécessaire et qui se réalise au même temps que le test de confirmation des coliformes thermotolérants sur milieu Schubert. Pour cela, on procède au repiquage des tubes BCPL positifs et les tubes dont on a redouté sur milieu BLVB. L'incubation des tubes BLVB se fait à 37 °C pendant 48h.

➤ **Méthode par filtration sur membrane**

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des coliformes et des *Escherichia Coli* éventuellement présents dans l'échantillon d'eau à analyser, par comptage des colonies obtenues en milieu solide après 24h à 48h d'incubation à 37 °C puis à 44 °C. (Annexe 4)

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

- stériliser l'entonnoir ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen ;
- les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser ;
- mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité de 0,45µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;
- fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;
- déposer ensuite aseptiquement 100ml d'eau à analyser ;
- actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;

- retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, sur la surface d'une plaque de gélose Rapide Coli (RC) préalablement préparée. Cette dernière sera incubée à 37 °C pendant 24h voire 48h (Annexe 7)

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

I-8-3- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les principes généraux de la méthode sont ceux décrits précédemment pour la colimétrie en milieux liquides. Cependant, alors que le tube primaire contient déjà une certaine quantité d'acide de sodium, le repiquage des tubes « positifs » sur un milieu nettement plus inhibiteur (plus forte concentration en acide de sodium et présence d'éthyle violet), ne laisse se développer que les streptocoques fécaux (RODIER et al, 2009).

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux se fait en deux étapes consécutives :

1^{ère} étape : le test de présomption : A partir de l'eau à analyser, porté aseptiquement :

- cinq fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu ROTHE D/C.(Annexe 2)
- une fois 1 ml dans un tube contenant 10 ml du milieu ROTHE S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48h. Après incubation, les tubes positifs sont ceux présentant un trouble microbien ; seulement ces absolument faire l'objet d'un repiquage sur le milieu EVA LITSKY dans le but d'être justement confirmés.

2^{ème} étape : le test de confirmation : Ce test est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 37 °C pendant 24h.les tubes présentant à la fois un trouble microbien et une pastille violette au fond des tubes sont considérés comme positifs.

Résultats et Interprétation

Les eaux souterraines ont pendant longtemps, été synonymes « eaux propres» répondant naturellement aux normes de potabilité.

Afin de pouvoir classer l'eau des trois sources en se basant sur la variation des différents paramètres physico-chimiques et bactériologie ; nous avons exploité les résultats des analyses réalisées durant année 2014-2015, effectuées par le laboratoire de l'ADE

Notre échantillonnage effectué:

- ✚ FONTAINE FRAÏCHE : le 08/06/2015 à 07H10mn.
- ✚ AIT-BOUHOUNI : le 12/05/2015 à 10H23mn.
- ✚ THALA-ATHMAN : le 11/05/2015 à 11H30mn.

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

En ce qui concerne l'eau étudiée, les analyses physico-chimiques ont permis de révéler les résultats suivants :

I-1- les Analyses organoleptiques

➤ Odeur

L'eau étudiée a toujours été inodore. Ceci indique probablement l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition et de protozoaires.

➤ Saveur

Présence d'un arrière goût pour la source « fontaine fraîche » cela pourrait être expliquer par la nature du terrain traversé.

➤ Couleur (pt/CO)

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

➤ Turbidité

La Figure 9 suivante représente les valeurs de la turbidité en NTU pour nos échantillons (figure).

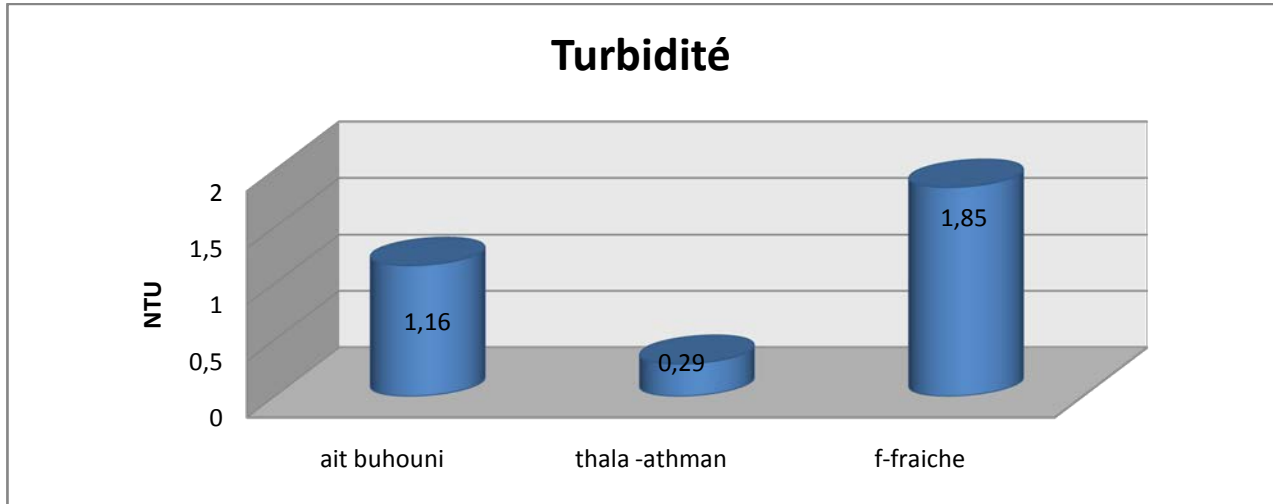


Figure 9 : variation des valeurs de la turbidité

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau donc elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.); Selon la norme Algérienne qui fixe la turbidité à 5 NTU, l'eau des trois sources ont une faible turbidité puisque les valeurs varient entre 0,29 et 1,85 NTU et cela serait dû à la filtration de l'eau dans le sol ; donc se sont des eaux claires.

L'écart de turbidité entre les trois sources serait dû à la nature géologique du terrain traversé.

I-2- Analyses physico-chimiques

➤ Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau, il intervient dans les phénomènes complexes avec le dioxyde de carbone et l'alcalinité. La Figure suivante représente les variations du potentiel Hydrogène.

Résultats et Interprétation

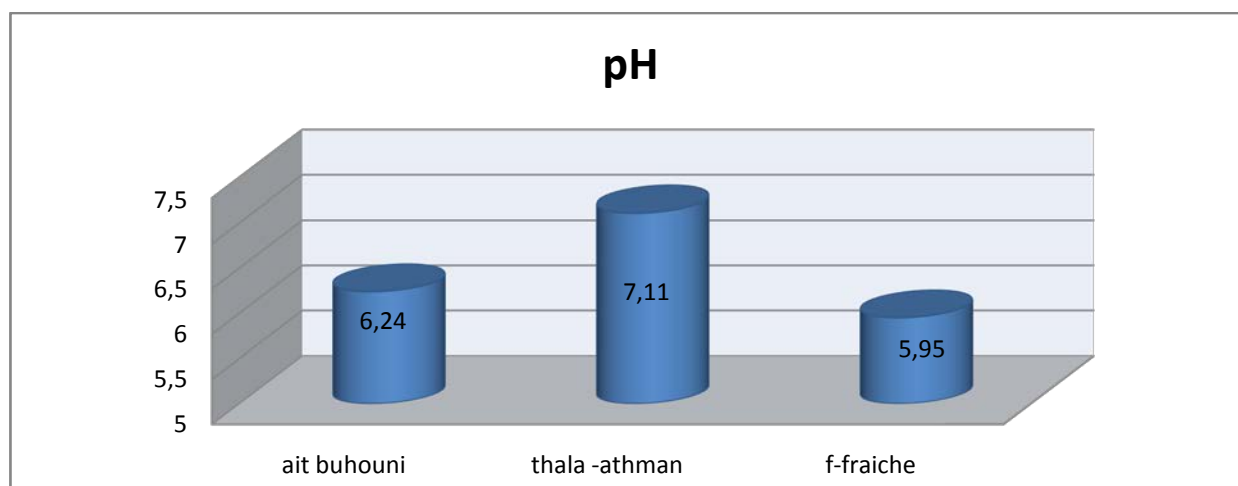


Figure 10: variation des valeurs de pH.

C'est l'un des paramètres parmi les plus importants pour définir la qualité de l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés (RODIER J., 2009).

En régions pauvres en calcaire ou siliceux ou parfois des régions volcaniques peuvent être acidifiées par de l'acide sulfurique, Les eaux ont un PH acide (inferieure à 7) sont des eaux agressives qui peuvent conduire à la corrosion des parties métalliques des canalisations de l'eau du robinet (Rodier ,2009), comme c'est le cas des deux sources « Fontaine Fraiche », « Ait Bouhouni » ou les valeurs des pH des échantillons analysés sont 6,24 et 5,95 ; ces valeurs des pH enregistrées pour les sources « Fontaine Fraiche » et « Ait Bouhouni » ne sont pas dans les normes et les risques de corrosion des canalisations sont donc importants du fait que l'eau soit agressive vu que son pH est inferieur à 7.

Toutefois, la valeur du pH enregistrée pour la source de « Thala-Athmane » est dans les normes et les risques de corrosion des canalisations sont donc mineurs du fait que l'eau ne soit pas agressive vu que son pH qui est un peu supérieur à 7 ; ce dernier est du probablement à la nature géologique des terrains traversés.

➤ La conductivité

La Figure suivant représente la moyenne des valeurs de la Conductivité en ($\mu\text{s}/\text{cm}$) à 25°C.

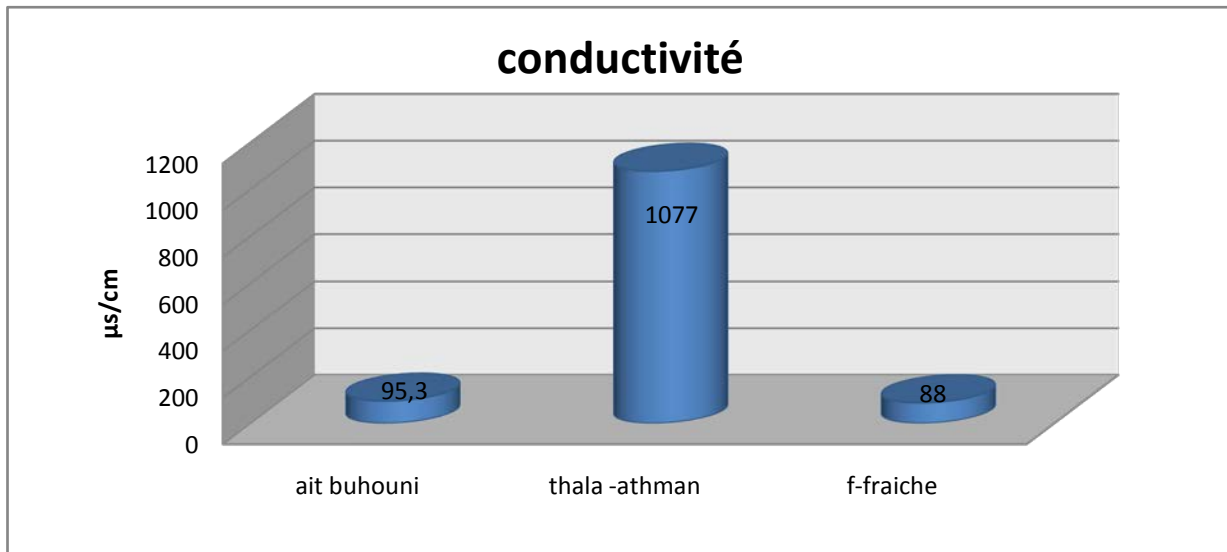


Figure 11: variation des valeurs de la conductivité.

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment : elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. Celle-ci varie également en fonction de la température, puisque cette dernière modifie la viscosité de l'eau (DUGUET et al, 2006).

Les eaux étudiées présentent des valeurs comprises entre 88 et 1077 µs/cm qui restent conformes à la norme algérienne indiquant une valeur limitée de 2800 µs/cm à 20°C.

Les eaux d'Ait Bouhouni et Fontaine Fraiche sont des eaux peu minéralisées, leurs conductivités n'atteignent pas 100 µs/cm. Alors que les eaux de Thala Athmane est une eau très minéralisée. Toutefois, ces dernières répondent aux normes de potabilité fixées en Algérie (2800 µs/cm) et par l'OMS (2100 µs/cm).

➤ La température

La figure suivante montre l'histogramme qui représente la moyenne des valeurs de la température en degré Celsius.

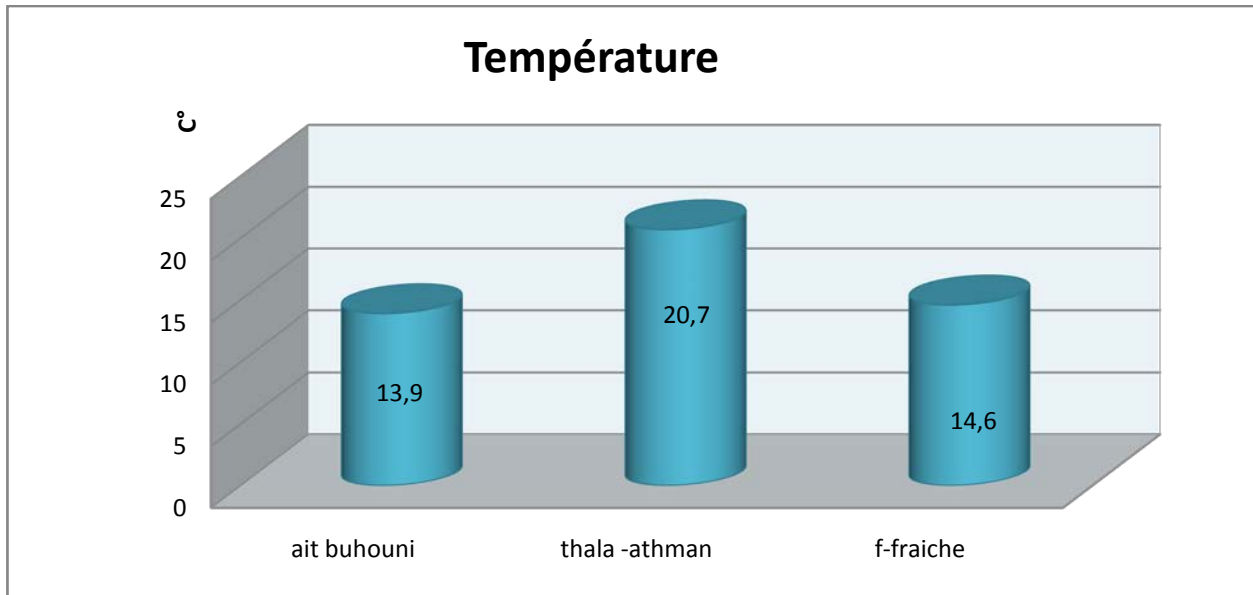


Figure 12: variation des valeurs de la température.

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).

La diminution ou l'augmentation de la température a un effet direct sur la qualité de l'eau

- Sa diminution entraîne les effets suivants :
 - Diminution de l'efficacité des traitements dont la désinfection ;
 - Augmentation de la viscosité de l'eau ;
 - Diminution des vitesses de sédimentation et de filtration.
- Son augmentation a diverses conséquences :
 - Croissance bactérienne favorisée induisant des problèmes de saveur, de couleur, de corrosion voir d'hygiène ;
 - Diminution du pH optimal pour la coagulation ;
 - Augmentation de la vitesse de formation des trihalométhanes avec une eau traitée au chlore.
 - Augmentation de la corrosion dans les stations de traitement.

La température de nos eaux étudiées est presque constante (13,9°C et 20,7°C) malgré le changement de température de l'air selon le climat (28°C et 32°C). Ceci montre que la zone de l'aquifère est assez profonde.

Toutefois, les températures enregistrées pour les différentes sources répondent aux normes puisque ces dernières sont toutes inférieures à 25 °C

Pratiquement la température de l'eau n'a pas d'incidence sur la santé humaine.

I-3-Analyse de la minéralisation globale

➤ La dureté totale

La figure 13 représente l'histogramme des valeurs de la dureté totale en mg/l CaCO_3 .

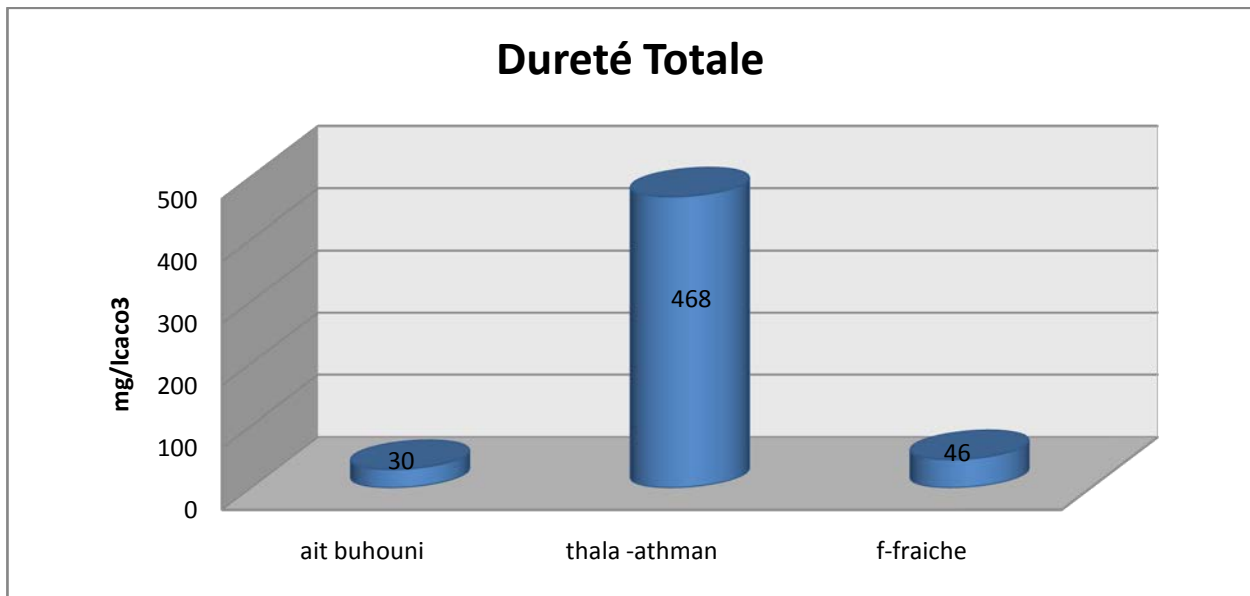


Figure 13: variation des valeurs de la Dureté totale.

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

La dureté totale pour les deux sources Ait Bouhouni et la Fontaine Fraiche est comprise entre 30,00 et 46,00 mg/l CaCO_3 , donc elles sont des eaux douces, puisqu'elles répondent aux normes indiquées par la réglementation Algérienne qui est de 100-500mg/l CaCO_3 .

La dureté totale pour l'eau de sources Thala Athman est de 468 mg/l CaCO_3 , donc c'est une eau très dure.

❖ Dureté calcique et dureté magnésienne

La figure suivante représente les valeurs de la dureté Calcique et Magnésienne en mg/l :

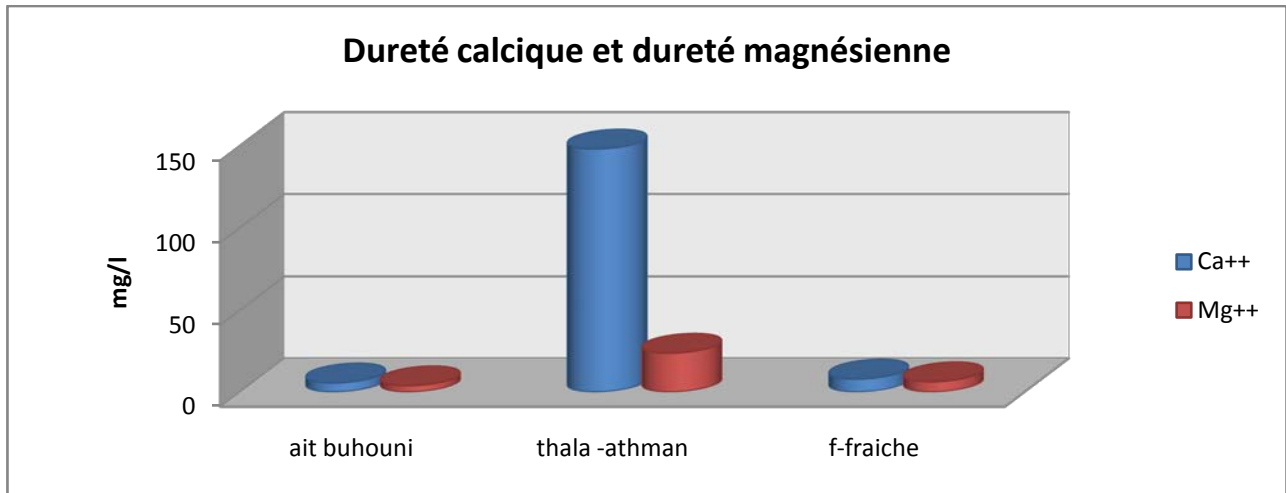


Figure 14 : valeur de la dureté calcique et dureté magnésienne

➤ L'ion calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les normes algériennes préconisent une concentration de 200 mg/l comme concentration maximale.

Pour les eaux étudiées les valeurs du calcium trouvées sont comprises entre 5.61 et 148mg/l. Ce résultat est conforme aux normes Algériennes.

➤ L'ion magnésium

L'ion magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition de roches sédimentaires rencontrées (calcaires)

(RODIER J., 2005).

Notre eaux présentent des teneurs de magnésium qui varie entre 3 à 24 mg/L. Elle est bien inférieure à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays qui exige une concentration de 150 mg/L au maximum. ces valeurs enregistrées au niveau de ses sources serait dues aux lessivages des terrains traversés.

➤ L'ion fer

La Figure suivante représente les résultats de dosage du Fer (Fe²⁺).

Résultats et Interprétation

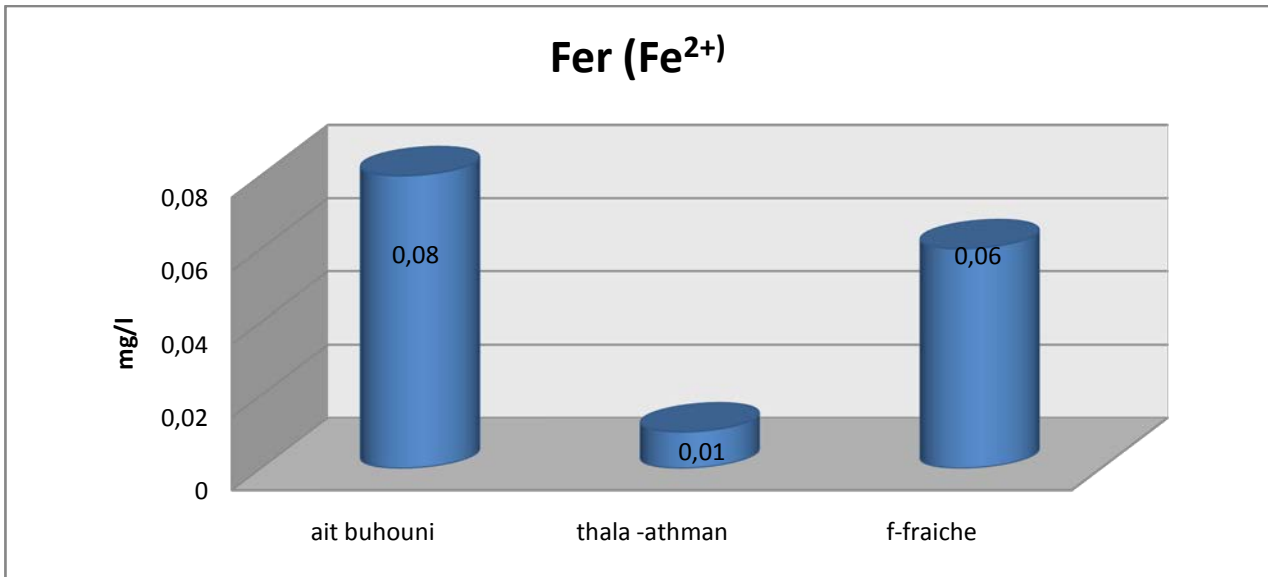


Figure 15: variation des valeurs du Fer.

Les résultats obtenus pour nos eaux étudiées sont compris entre 0.01 et 0.08 mg/l ce sont des valeurs conformes aux normes prescrites par la réglementation Algérienne (0.3 mg/l).

➤ L'ion sodium

Le sodium est un élément vital. Les risques dus à un excès de sodium intéressent principalement les nourrissons et les personnes atteintes de troubles cardiaques, vasculaires et rénaux.

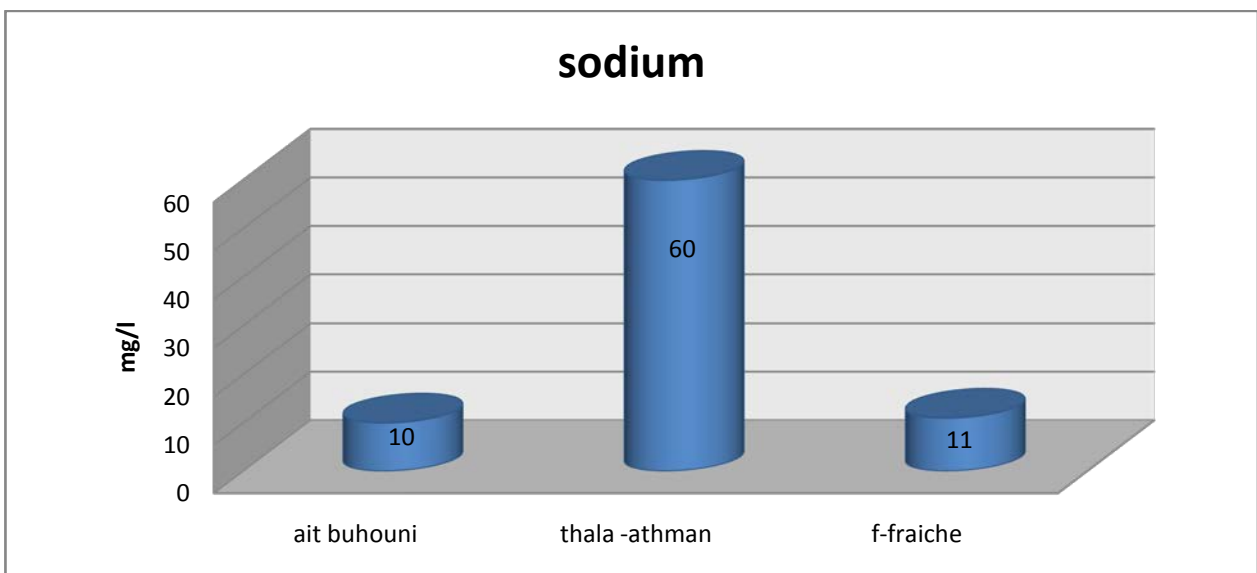


Figure 16 : variation des valeurs du sodium.

Résultats et Interprétation

Selon YAKOUB (1996), le sodium peut être libéré par certaines formations géologiques. L'omniprésence du Sodium et la grande solubilité de ses sels expliquent qu'il se retrouve dans la majorité des eaux (souterraines et de surface) ; Des teneurs anormalement élevées provoquent des risques sanitaires qui touchent principalement deux catégories de sujets : les nourrissons, en raison de l'immaturation de leurs reins, et les personnes atteintes de troubles cardiaques, vasculaires et rénaux

Les résultats montrent que les eaux de yakourene présente une teneur faiblement chargées en Na^+ (10-11mg/l) cela pourrait s'expliquer par l'absence du sodium dans les terrains traversés par ces eaux .par contre la teneur en sodium pour la source de thala-atmanes (60mg/l) est très supérieurs a celle du yakourène cela pourrait avoir une origine géologique, libérer par certaine formation tels que l'argile.

Les valeurs limites données par la réglementation Algérienne est de 200 mg/L. les résultats obtenus pour nos eaux étudiées sont conformes aux normes prescrites. Ces résultats sont compris entre 10 et 60 mg/l.

➤ L'ion potassium

La figure suivante représente la moyenne des valeurs de potassium en mg/l pour les eaux des sources :

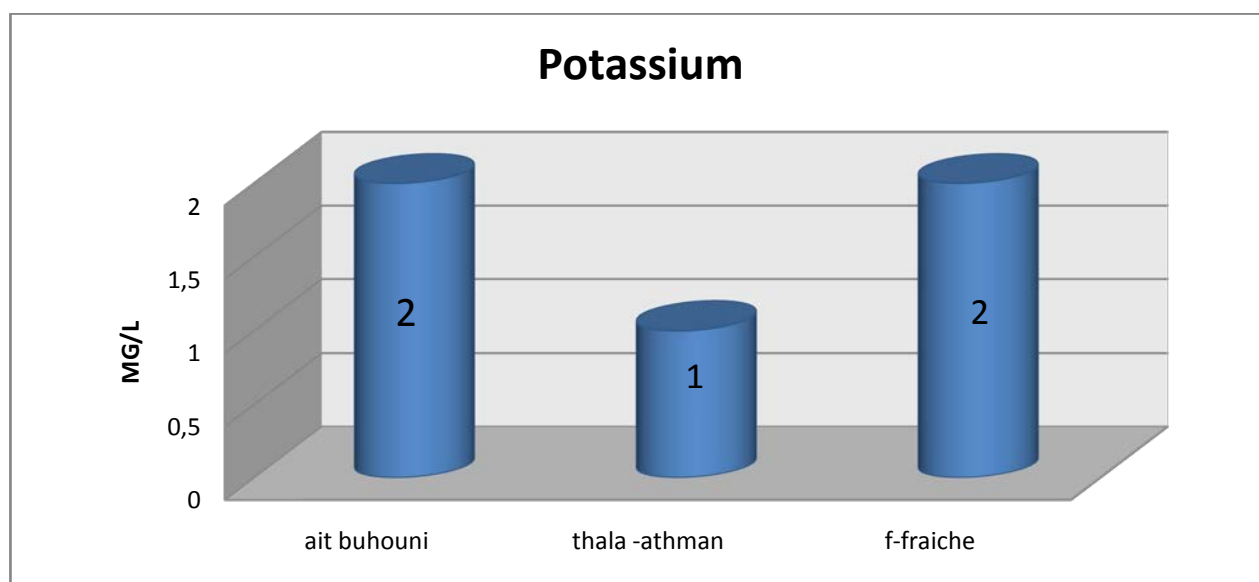


Figure 17: variation des valeurs du Potassium.

Résultats et Interprétation

Les sources étudiées présentent de faible teneur en k^+ très inférieures aux normes recommandées par N.A et OMS néanmoins elles restent tout à fait conformes aux normes de potabilité fixées en Algérie (20mg/l).

Malgré son abondance, le k^+ est généralement peu concentré dans les eaux naturelles, dans les minéraux argileux, cette particularité s'explique par la difficulté de la mobilisation de l'ion k^+ . Dans les eaux souterraines les concentrations ne dépassent pas généralement pas 10mg /l.

➤ L'ion chlorure

Les chlorures interviennent dans la désinfection de l'eau. Ils ne présentent aucun risque pour la santé mais donnent à l'eau un goût fort désagréable d'eau de Javel.

La figure 18 représente les valeurs des chlorures en mg/l.

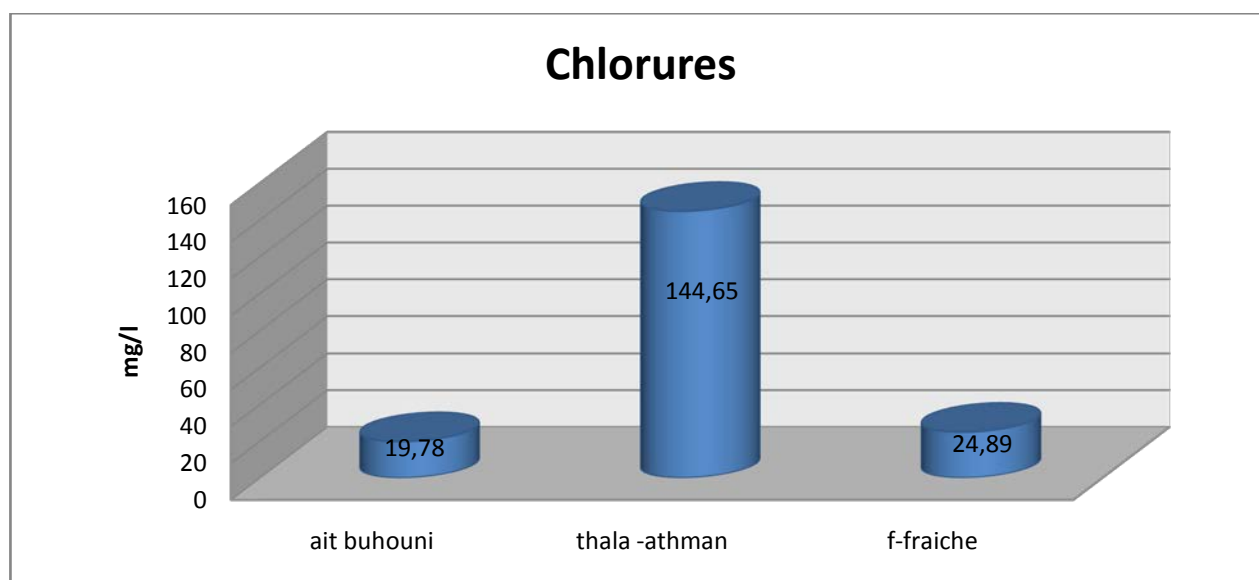


Figure18 : variation des valeurs du Chlorures.

Les teneurs de nos échantillons sont comprises entre 20 et 150 mg/l. Elle reste conforme aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l. Ces résultats pourraient s'expliquer par le parcours de ces eaux qui serait réduit, et un séjour dans les nappes qui est à court durée, ce qui permet par conséquent à ces eaux de dissoudre davantage le chlore.

➤ L'ion sulfate

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

Résultats et Interprétation

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

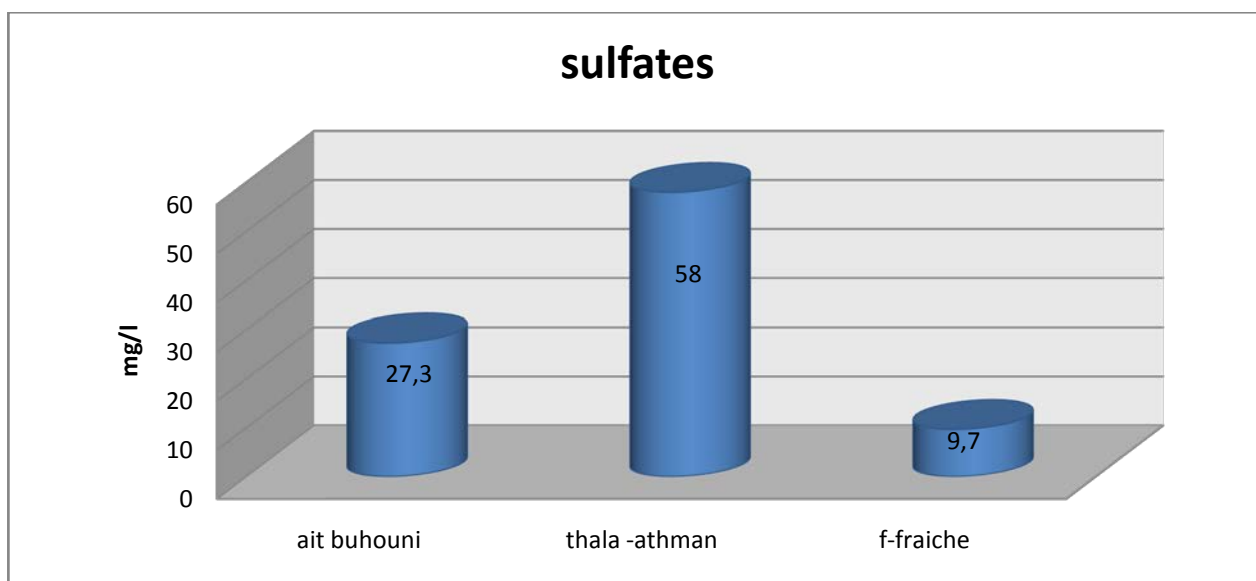


Figure 19: Variation de la concentration des sulfates.

Les valeurs des sulfates trouvées aux niveaux des trois sources étudiées sont comprises entre 9 et 60 mg/l, elles restent inférieures à la concentration minimale et maximale admissible décrétée par les normes algériennes 400 mg/L. et même inférieure au niveau guide évalué à 200 mg/L. Selon Ramade (1998) ces résultats seraient dus à la géologie des terrains traversés qui présentent un faible taux de gypse ainsi qu'aux temps réduits de contact eau-roche.

➤ Les bicarbonates

La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés, qui sont riches en bicarbonates de calcium.

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

Eau de source Thala Athmane à une teneur élevée en bicarbonates par rapport aux deux autres sources. Cette teneur confirme son origine bicarbonatée.

Les sources présentent un pH=7, donc ce pH qui va favoriser la formation des bicarbonates (Rejsek, 2002). La présence du bicarbonate n'a aucun effet sur la santé, ce qui explique l'absence de norme indiquant la valeur guide en bicarbonates.

❖ Titre alcalimétrique (TA) et Titre alcalimétrique complet (TAC)

Pour l'ensemble des analyses effectuées, sur les échantillons, le TA est toujours égale à zéro.

C'est le cas général des eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8,3 (REJSEK, 2002).

Résultats et Interprétation

Le TAC est donc représenté par les bicarbonates et les carbonates qui sont liés aux ions calcium et magnésium ainsi des sels dissous dans l'eau. La diminution du débit d'une source engendre l'augmentation de la concentration des ions calcium et magnésium. Ceci explique l'augmentation des carbonates et bicarbonates et donc l'augmentation du TAC.

1.4 L'analyse des paramètres de pollution

Les différents paramètres de pollution analysés sont représentés dans la figure suivante

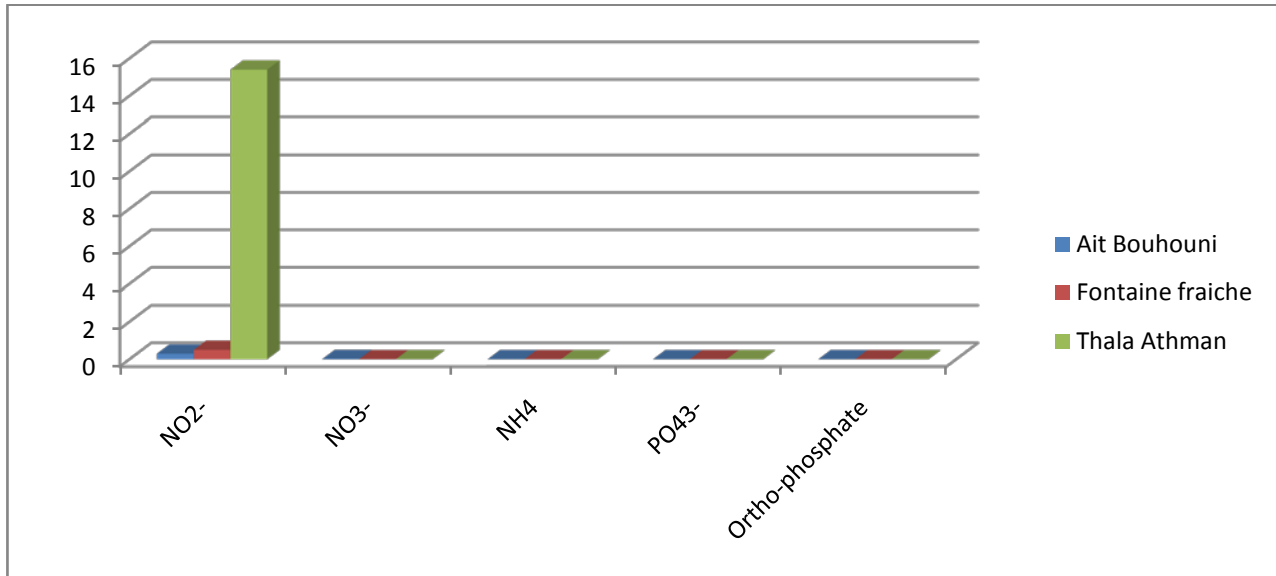


Figure 20 : résultats des paramètres de pollution

➤ L'ion nitrate

La concentration en nitrate dans les eaux souterraines est normalement basse, mais peut atteindre des niveaux élevés en raison de l'écoulement agricole qui sont dus à l'utilisation irrationnelle de pesticides et d'engrais, l'écoulement de décharge d'ordures, ou de contamination avec les déchets des animaux ou des humaines.

➤ L'ion nitrite

Les nitrites sont les indicateurs de la pollution. Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates.

Les normes algériennes indiquent une valeur limite 0,2 mg/L, la valeur enregistrée de nitrite pour l'eau étudiée est inférieure à 0.01 mg/L ce qui répond aux normes.

Résultats et Interprétation

➤ L'ion d'ammonium

Les eaux profondes peuvent se charger en ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries.

La réglementation de notre pays fixe 0.5 mg/L comme teneur limite. La teneur trouvée au niveau de nos trois sources est nul 0.0 mg/L, elles sont dans la norme prescrite.

➤ L'ion phosphate

Des teneurs supérieures à 05 mg/L doivent constituer un indice de pollution. Ce n'est pas le cas pour nos eaux étudiées, ou nous avons enregistré une valeur de 0mg/L ; Elle est inférieure aux normes prescrites par la réglementation algérienne qui fixent une valeur maximale admissible de 0.5 mg/l.

➤ Matière organique

La Figure suivant représente les résultats de dosage du la matière organique.

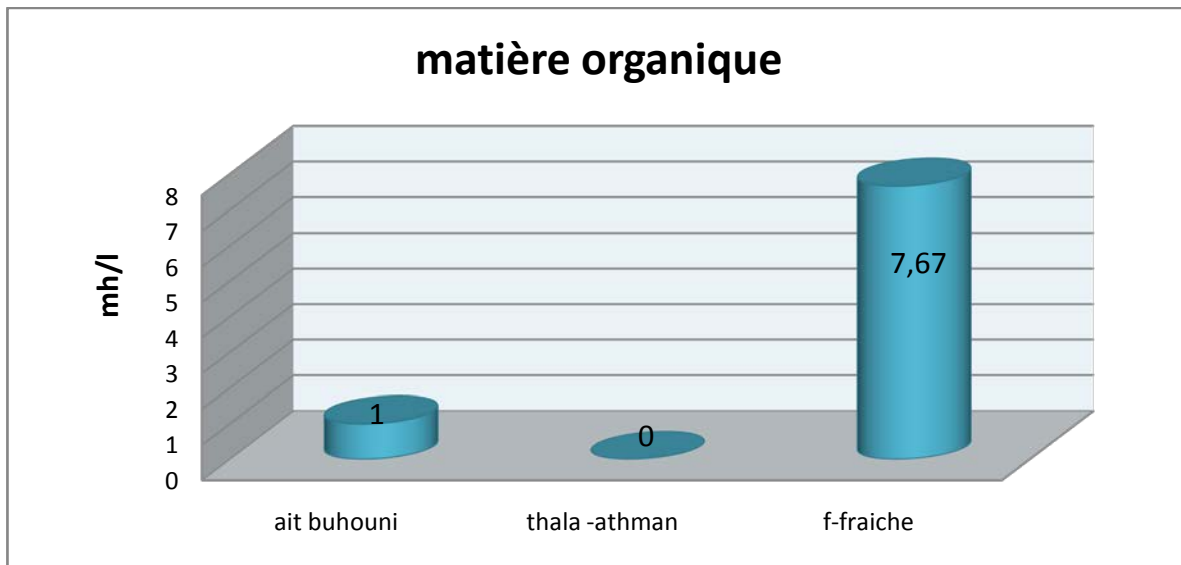


Figure 21 : Résultats d'analyse de la matière organique.

Selon la classification de Rodier :

Une eau est très pure pour une teneur inférieurs à 1mg/l ;

Une eau est dite potable pour des teneurs comprises entre 1 et 2mg/l ;

Une eau est dite suspecte pour des teneurs comprises entre 2 et 4mg/l ;

Une eau est mauvaise pour des teneurs supérieurs à 4mg/l.

Résultats et Interprétation

Une eau riche en matière organique est suspectée de contamination bactériologique ou chimique, cette contamination est due à la décomposition d'origine animale ou végétale élaborées sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient de la matière organique est favoriser l'apparition de mauvais gout.

➤ Résidus sec à 105 °C

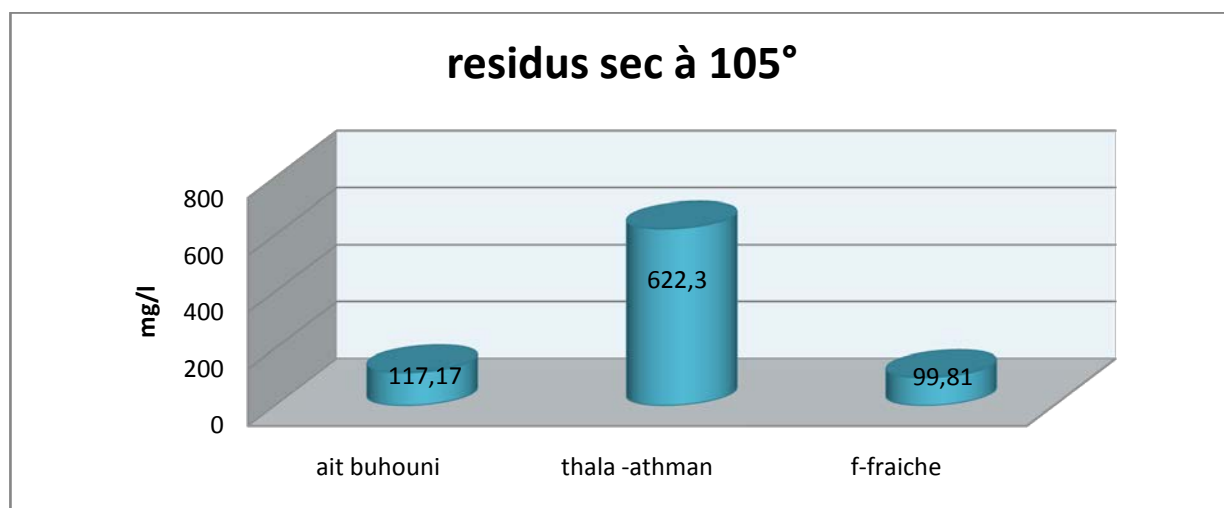


Figure 22: résultats d'analyses des résidus secs à 105°

La détermination du résidu sec de l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau (RODIER., 2005). Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide (WHO., 1994).

Tableau 13: la potabilité en fonction des résidus secs.

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

Le tableau 14 nous permet de déterminer la potabilité de ces eaux :

- La valeur du résidu sec enregistré pour la source de « Thala-Athmane » se situe entre 500 et 1000. La potabilité de cette eau est passable.

Résultats et Interprétation

-Pour les deux sources restantes leurs valeurs enregistrées sont inférieures à 500 ce qui confirme que la potabilité est bonne

1-5-Classifications des trois sources d'eau

I-5-1-Classification selon Stabler

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

La figure ci dessous montre les valeurs moyennes des cations et les anions

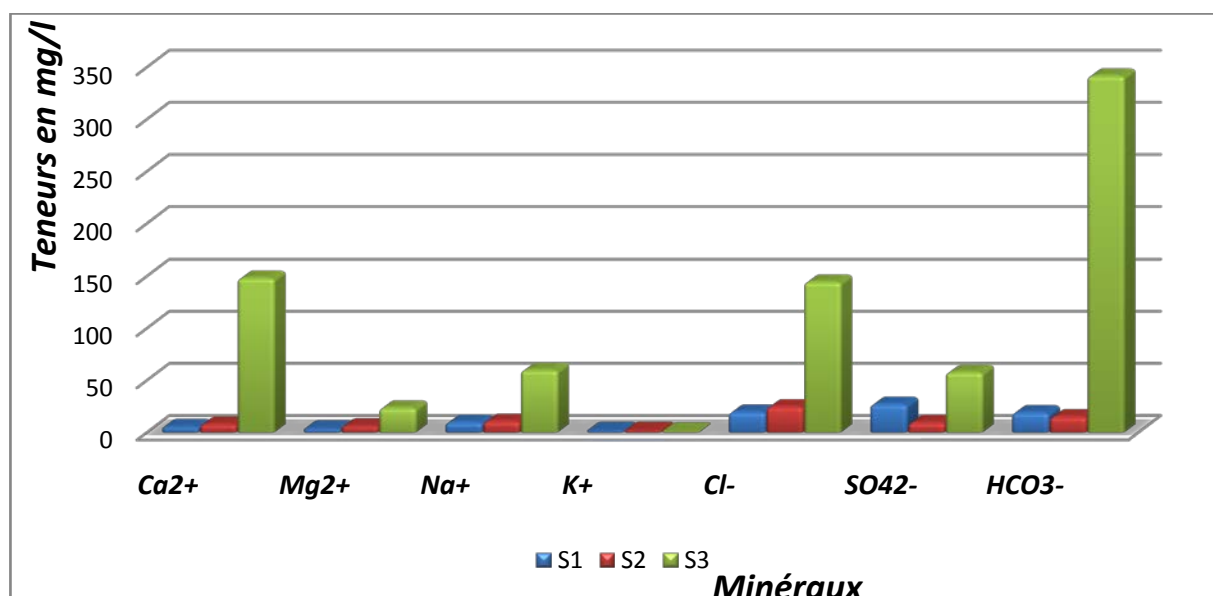


Figure 23 : Classification des eaux selon Stabler

S1: source Ait Bouhouni ; **S2** : source fontaine fraîche ; **S3** : source Thala Athmane ;

Dans notre cas :

- La source d'AIT BOUHOUNI :
 - la teneur en sodium (Na^+) est la plus élevée parmi les cations considérés
 - la teneur en sulfate (SO_4^{2-}) est la plus importante parmi les anions

Cette classification montre que l'eau de la source AIT BOUHOUNI est sulfatée sodique.

Enfin d'après la classification selon la dureté, l'eau en objet est considérée comme une eau douce.

- La source FONTAINE FRAICHE
 - la teneur en sodium (Na^+) est la plus élevée parmi les cations considérés ;
 - la teneur en chlorure (Cl^-) est la plus importante parmi les anions

Résultats et Interprétation

Cette classification montre que l'eau de la source fontaine fraîche est chlorée sodique.

Enfin d'après la classification selon la dureté, l'eau en objet est considérée comme une eau douce.

- La source THALA ATHMANE
 - la teneur en calcium (Ca^{++}) est la plus élevée parmi les cations considérés ;
 - la teneur en bicarbonate (HCO_3^-) est la plus importante parmi les anions.

Cette classification montre que l'eau de la source fontaine fraîche est bicarbonatée calcique.

Enfin d'après la classification selon la dureté, l'eau en objet est considérée comme une eau très dure.

I-6-Analyse statistique

➤ Diagramme de Piper

Les données chimiques en éléments majeurs sont représentées dans le diagramme de Piper qui permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés expriment les teneurs relatives (%) en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions, exprimés en $\mu\text{eq/l}$ (cations : triangle de gauche, anions : triangle de droite).

La position d'une analyse d'eau dans ces deux triangles permet de préciser quels sont les anions et cations dominants. La position de l'analyse dans le losange permet de préciser le faciès chimique. Il est important de souligner que ce diagramme ne traduit pas la minéralisation globale d'une eau, mais seulement la répartition des ions dissous.

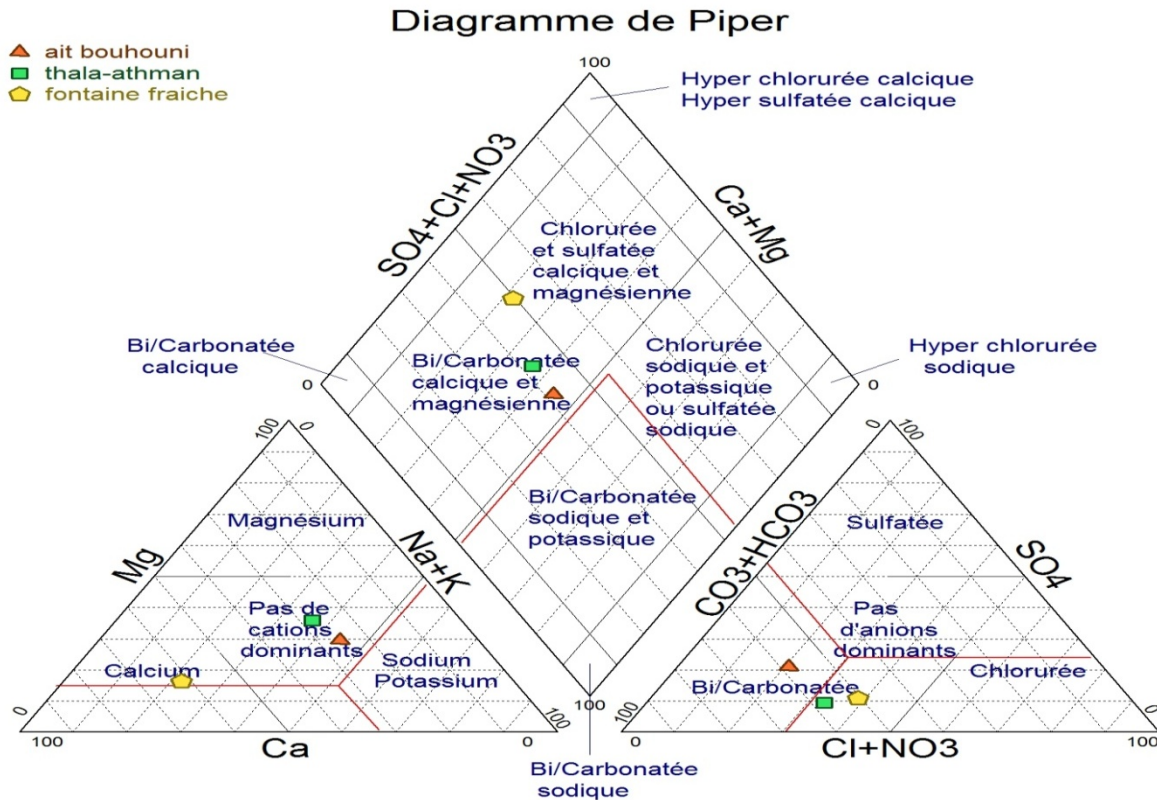


Figure 24: Diagramme de piper des trois sources d'eau.

- Le diagramme de Piper des résultats des analyses physicochimiques effectuées montre que ces eaux sont des eaux bicarbonatées calciques et magnésiennes (pour les trois sources) nous avons noté l'absence de cation dominant sauf pour la fontaine fraîche où il y a dominance des ions calcium c'est une eau chlorurée.
- La source de thala-athman est une eau chlorurée.

I-7 Analyses bactériologiques

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

Résultats et Interprétation

Tableau 14 : résultats des analyses des Microorganismes Revivifiables.

	Ait	Fontaine	Thala	Température	Unité	Normes
Germes	bouhouni	Fraiche	Athman	(°C)		
Microorganismes	/	45	30	à 22		0 n/100ml
Revivifiables	/	01	01	à 37	UFC/ml	

Les résultats de ces trois sources présentent une charge bactériennes (Germes revivifiables : toute les bactéries aérobies capables de formées des colonies en présence d'une contaminations) cela serait du éventuellement a l'entraînement de ces germes par ruissellement des eaux de pluies ; toutes fois nous signalons que le mois de février et Mars est caractérisé par la venu des neige abondantes.

Tableau 15 : Les résultats des analyses bactériologiques

Paramètres	Ait bouhouni	Fontaine Fraiche	Thala	Normes	
	19/04/2015	à 12/05/2015	à Athman	Algérienne	Unités
	10h23min	07h10min	11/05/2015 à		
			11h30 min		
Coliformes Totaux	00	09	00	10	
E-Coli	00	09	00	00	
Streptocoques fécaux	00	00	00	00	

Puisque l'eau souterraine coule à travers un aquifère, elle est naturellement filtré, cette action combinée à une longue période de séjour souterraine signifié que l'eau souterraine est souvent d'une grande pureté bactériologique (DEGREMONT ,1989).

Résultats et Interprétation

Lorsqu'il s'agit, de nappe phréatique soumise aux s saisonnières, une période de pluie pourra, dans un premier temps, drainer les microorganismes du sol et provoquer une augmentation spectaculaire de la teneur en bactéries. la persistance des pluies conduira, au contraire, à une baisse notable de ce nombre (HASLEY et LECLERC ,1993).

Pour nos résultats nous constatons une absence de contamination fécale pour les deux sources de Ait bouhouni et thala-athman (tableau 16), cela serait dû à une forte dilution suite aux importantes précipitations ainsi qu'une baisse des températures enregistrées.

L'alimentation naturelle des nappes souterraines survient en grande partie au printemps lors des fontes des neiges ou l'apport des cours d'eau des régions montagneuses, ce qui entraîne une dilution de ces nappes ainsi, une baisse du nombre de bactéries.

Nous constatons que la source d'eau de la Fontaine Fraîche contient une contamination fécale de l'ordre de 09/100ml mais sa reste toujours inférieurs à la norme algérienne (10/100ml), cela pourrai être expliqué par la présence d'une contamination d'origine fécale du faite que ces coliformes peuvent être partie de la flore naturelle des eaux et des sols non pollués. Selon GUIRAUD (1998), la présence des *E.Coli* c'est le cas de la source Fraîche (09/100ml) et les formes totaux simultanément indiquerait une contamination fécale.

Le tableau suivant présente les résultats bactériologiques des eaux selon l'institut Pasteur.

Tableau 16: Résultats bactériologiques des eaux selon l'Institut Pasteur d'Algérie, (1977).

coliformes	E.coli	Streptocoques fécaux	conclusion
-	-	-	eau de bonne qualité bactériologique: potable
+	+	-	Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable
+	-	+	Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable
+	-	-	Eau de qualité bactériologique suspecte : consommation déconseillée

(-) : absence ; (+) : présence

Résultats et Interprétation

Selon l'institut de Pasteur :

- Les deux sources Ait-Bouhouni et Thala-Athman sont des eaux de bonne qualité bactériologique c'est-à-dire eau potable, vu l'absence des microorganismes.
- L'eau de la fontaine fraîche est une eau de mauvaise qualité bactériologique du fait de la présence de coliformes et des E.Coli, c'est une eau non potable.

Conclusion

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, et sa consommation journalière, implique une surveillance étroite sur le plan physicochimique et bactériologique afin de protéger le consommateur.

L'étude menée au cours de ce modeste travail a pour objet d'évaluer la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau des trois sources considérées. La source de « Ait Bouhouni » et la source de la « fontaine fraîche » sont situées à Yakourène et la source d' « ainserakdhim » se situe à Thala-Athmane au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou. Ces sources sont destinées à la consommation humaine.

Cependant, il ressort de cette étude que :

L'analyse des eaux des trois sources, pendant la période indiquée à montré, qu'elles sont de bonne qualité du point de vue physico-chimique.

❖ L'eau de source « Thala-Athmane » a un pH neutre. Elle est minéralisée et considérée comme très dure (bicarbonatée et calcique), Cette source est également exempte de pollution chimique car elle est située sur les hauteurs. Le suivi des performances des analyses au niveau du laboratoire de l'ADE a montré que la qualité physico-chimique de la source est bonne puisque l'ensemble des valeurs des paramètres de qualité est en dessous des valeurs guides données par l'OMS et celles appliquées en Algérie.

❖ L'eau des sources «Fontaine-Fraiche » et « Ait Bouhouni » ont un pH acide. Elles sont peu minéralisées et considérées comme très douces. Ces sources sont également exemptes de pollution chimique car elles sont situées sur les hauteurs. Le suivi des performances des analyses au niveau du laboratoire de l'ADE a montré que la qualité physico-chimique des sources est bonne. Les valeurs enregistrées des différents paramètres de pollution analysés (ammonium, nitrites, nitrates, phosphates, matières organiques) sont inférieures à celles fixées par les normes Algériennes et l'OMS. Ces résultats nous ont permis de conclure que l'eau de ces trois sources sont exemptes de polluants

L'analyse bactériologiques à l'institut Pasteur à permis de montrer que les eaux des sources d'Ait Bouhouni et Thala-Athman sont des eaux de bonne qualité, en revanche l'eau de la Fontaine Fraîche est une eau de mauvaise qualité du a la présence de Coliformes et des E.Coli.

Perspectives

Afin de protéger le consommateur en eau de source. Nous avons ces quelques perspectives :

- Veiller pour les analyses physicochimiques et bactériologiques de chaque source à travers tout le pays soit faite au moins deux fois par année en hiver et en été.
- Mettre ces résultats d'analyses, bien sûr, visés par le responsable à la disposition du consommateur par affichage devant chaque source.
- Sauvegarder l'eau des sources potables par la protection de son environnement.
- Utilisation d'un adoucisseur d'échange d'ions pour adoucir une eau dure
- Refaire les canalisations en PVC

- ✚ **Anonyme (Document interne à LAVALIN). 2008** : La société Ondeo Dégrément (Mémento de L'eau) : processus de traitement des eaux destinées au personnel de maîtrise de SNC LAVALIN.
- ✚ **ATTEIA O. (2005)**. Chimie et pollutions des eaux souterraines. Editions Tec&Doc Lavoisier, Paris
- ✚ **ASSOULINE S. et ASSOULINE J. (2007)**. Géopolitique de l'Eau : Nature et Enjeux. Edition Studyrama Perspectives.
- ✚ **AQUALIA** : Notice d'exploitation destinée aux opérateurs de l'usine de dessalement d'eau de mer sur le processus de traitement des eaux.
- ✚ **BERNARD C., 2007**. Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar .llc.
- ✚ **BLIEFERT C. et PERRAUD R. (2001)**. Chimie de l'environnement AIR, EAU, SOLS, DÉCHETS. De Boeck & Larcier s.a.
- ✚ **BORDET J. (2007)**. L'eau dans son environnement rural. Edition Johanet. Paris
- ✚ **BOUZIANI M. (2000)**. L'eau de la pénurie à la maladie. Édition IBN KHALDOUN Oran
- ✚ **BOUREOIS C.M.et LEVEAU J.Y. (2003)**. Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaire contrôle microbiologique. Ed TEC et DOC .3eme eddition Lavoisier .Paris.
- ✚ **CARDOT C., 1999**. Les traitements de l'eau: procédés physico-chimiques et Biologiques, cours et problèmes résolus: génie de l'environnement. Edition Elipses.P71.
- ✚ **CASTANY G. (1982)**. Principes et Méthodes de l'Hydrogéologie. Edition DUNOD, Paris, France.
- ✚ **CHAUSSADE J.I. ROVEL J.M., MOUCHET P., ANDRIAMIRADO I., MARCHAND D., LESOILLE M., BAIG S., MAZONIE P., BOURDILOT J.C., BONNELYE V., HESSE C., HAUBRY A., MOLES J., NICL R ET SANZ M.A. (2005)**.Mémento technique de l'eau dégrément. Tome I. 10^{eme} édition, Lavoisier Tec et DOC .Paris.
- ✚ **CHERY L., DICTOR M.C., BARANGER P., MICHEL K., BARBIER J., CLOZEL B., TOUZE S. et BROSSELIN P. (2004)**. Qualité des Eauxd' Alimentation. Edition BRGM, France.
- ✚ **C.I.E : Centre d'Information sur l'Eau** disponible sur internet : www.Cieau.com.

- ✚ **DEFRANCESCHI M., 1996.** L'eau dans tous ses états. Edition: Ellipses. P: 61.
- ✚ **DEGREMONT. 2005 :** Mémento technique de l'eau, dixième édition TOME1.
Edition LAVOISIER.6
- ✚ **DJELLOULI H.M. et TALEB S. (2005).** Qualité Chimique et Bactériologique des
Eaux de Consommation du Sud Algérien. Faculté des Sciences, Université LIABES
de Sidi Bel Abbés, Algérie.
- ✚ **DUGUET J.P., BERNAZEAU F., CLERET D., GAID A., LAPLANCHE A.**
- ✚ **DESJARDINS R. (1997).** Le traitement des eaux deuxième Edition de l'école
Polytechnique de Montréal
- ✚ **GAUJOUS D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide Mémoire. 2^{ème} Edition,
Lavoisier Tec et Doc, Paris, France.
- ✚ **GRASCLAUD, G, coll. 1999 :** L'eau : usage et polluants. T II. Edition INRA.
- ✚ **GUIRAUD J.P. (1998).**l'eau usage et pollutant s. Edition Dunod. Paris.
- ✚ **HASLAY C. et LECLERC H. (1993).** Microbiologie des Eaux d'Alimentation Edition,
Lavoisier Tec et Doc., Paris, France
- ✚ **KENNETH.M et François .V (1976) :** Biologie de la pollution. Librairie Vuibert. Paris
- ✚ **LEVEQUE C. (1996).** Ecosystème aquatique, Edition Hachette livre.Paris.
- ✚ **MOLES J., MONTIEL A., RIOU G. et SIMON P. (2006).** Réglementation et
Traitement des Eaux Destinées à la Consommation Humaine. 1ere Edition, ASTEE
(Association Scientifique et Technique pour l'Environnement).
- ✚ **MYRAND D., BICCHI D., BRODEUR M., GIGNAC M., MASSE M., OUELLET
M., PAQUIN J., ROY N et TREMBLAY H. (2003).** Le puits. Ministère de
l'environnement. Québec. Canada.
- ✚ **NGO, CH. 2004 :** Déchets et pollution impact sur l'environnement et la santé. EDITION
DUNOD
- ✚ **Observatoire Régional de l Environnement (2011).** Répartition de l'eau sur Poitou -
Charente .France.
- ✚ **Organisation Mondiale de la Santé (2008).** Directives de Qualité pour l'Eau de
Boisson.
- ✚ **Organisation Mondiale de la Santé (2004).** Directives de Qualité pour l'Eau de
Boisson.
- ✚ **POTELON, J et ZYSMAN, K. (1998) :** Le guide des analyses d'eau potable.
Edition la lettre du Cadre Territorial
- ✚ **REJSEK F. (2002).** ANALYSE DES EAUX ; Aspects réglementaires et techniques.
Ed Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.

- ✚ **RAMAD F. (1998).** Dictionnaire Encyclopédique des sciences de l'eau .Edition Ediscience International, Paris, France
- ✚ **RAMAD F. (2005).** Dictionnaire Encyclopédique des sciences de l'eau .Edition Ediscience International, Paris, France
- ✚ **RODIER, J. 2005 :** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer 8ème édition. Edition Dunod
- ✚ **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et BRUNET R. (2009).** L'analyse d'eau. 9ème Ed, Dunod, Paris.
- ✚ **ROUGIER H. et WACKERMANN G. (2009).** L'eau ressources et usages. Ellipses Editions Marketing, Paris
- ✚ **SCHWARTZBROD L. (2000).** Virus humains et santé public conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agricultures conchyliculture. Université de NANCY France
- ✚ **VILAGINES R. (2003).**Eau, environnement et santé publique: introduction a l'hydrologie. 2èmeEd, Lavoisier, Paris. ISBN 2-7430-0604-8 (HY.43).
- ✚ **WHO (World Health Organization), 1994.** Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2eme édition. Vol 2.Genève.
- ✚ **YAKOUB B. (1996).**les problèmes de l'eau en grande Kabylie : le bassin versant du Sebou et la wilaya Tizi-Ouzou. Edition UMMTO. Algérie

SITE INTERNETE :

- ✚ Google Maps

Annexe



Annexe 1 : Image de la commune des deux communes yakourène et thala-athman (Google maps)

Annexe 2 : Composition des milieux de cultures

1-Tryptophane Glucose Extrait d'Agar (TGEA)

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

2-Milieu indole mannitol : Schubert

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

3-Bouillon Lactosé au pourpre de Bromocresol (BCPL)

Annexe

3-1- double concentration :

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

3-2-simple concentration

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

4-Milieu Rapide Coli (RC) :

En gramme par litre d'eau distillée.

Peptone bactériologique	3,0g
Chlorure de sodium	5,0g
Tampon phosphaté	4,9g
Pyruvate sodique	1,0g
Tryptophane	1,0g
Sorbitol	1,0g
Mélange chromogénique	0,36g
Tergitol 17	
Agar bactériologique	0.1g
pH final 25°C : 6,8± 0,2.	10g

5- Bouillon lactosé à l'azide de sodium : Milieu Rothe

Annexe

5-1- Double concentration

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

5-2-Simple concentration

Peptone	20g
Glucose	5g
Chlorure de sodium	5g
Phosphate bi potassique	2,7g
Phosphate mono potassique	2,7g
Eau distillée	1000ml
pH	6,8 – 7
Autoclavage :	121°C pendant 15min.

6-Bouillon glucosé à l'éthyle violet et azide de sodium : milieu Litsky

Tryptone	20g
Glucose	5g
Chlorure de sodium	5g
Phosphate bi potassique	2,7g
Phosphate mono potassique	2,7g
Azide de sodium	3g
Ethyle violet	0,0005g
Eau distillée	1000ml
pH	6,8 – 7
Autoclavage	121°C pendant 15min.

Annexe

7-Gélose Viande-Foie

Base viande- foie	30g
Glucose	2g
Amidon	2g
Sulfite de sodium	2,5g
Sels de fer	0,5g
Agar	11g
pH avant autoclave	7,7
Stérilisation à l'autoclave	121± 3°C pendant 15min additifs : sulfite de sodium, alun de fer.

Annexe 3 : Préparation des solutions (Laboratoire ADE)

1. Solution d'EDTA 0,02N

- Sel di sodique de l'acide éthylène diamine tétracétique (poudre séchée pendant 1heure à 180°C) 3,725g
- Eau distillée 1000 ml

2. Préparation de solution N.E.T à 0,5 %

Dissoudre 0,5 g de sel de sodium de mordant noir 11 dans 100 ml de triéthanolamine [(HOCH₂)₃N]. Il est possible d'ajouter jusqu'à 25 ml d'éthanol à la place de la triéthanolamine, afin de diminuer la viscosité de la solution.

Cet indicateur est aussi appelé noir ériochrome T (NET). Un mélange de 1 g de noir ériochrome et de 100 g de chlorure de sodium (NaCl) peut-être utilisé comme indicateur. ----

-Conserver à l'abri de la lumière

3. Préparation de solution tampon à PH = 10

- Chlorure d'ammonium (NH₄Cl) : 67,5g
 - Ammoniaque (d= 0,925) : 570 mL
 - Sel disodique de magnésium de l'EDTA (C₁₀H₁₂N₂O₈Na₂Mg) : 5 g
 - Eau dé ionisée : 1 L
- Conserver la solution en flacon de polyéthylène. Vérifier le pH qui doit être égal à 10 sur une dilution au 1/10 de la solution avec de l'eau dé ionisée.

4. Préparation de solution Phénophtaléine à 0,5%

- Phénophtaléine 0.5 g
- Alcool éthylique 100 ml
- Eau distillée 100 ml

5. Préparation de solution méthyle orange à 0,5%

- méthyle orange 0.5g
- Eau distillée 100 ml

6. Préparation de solution de Nitrates d'argent 0.02N

- Nitrate d'argent (AgNO₃ séché) 1.6985g
- Eau distillée 500 ml

Annexe

-Conserver à l'abri de la lumière

7. Chromate de potassium K_2CrO_4

-Chromate de potassium K_2CrO_4	10g
- Eau distillée	100 ml

8. Préparation de solution d'hydroxyde de sodium NaOH 0.1N

- NaOH	1.124g
- Eau distillée	275 ml

9. Préparation de solution Acide chlorhydrique 0, 1N

- Acide chlorhydrique pure (HCL)	8 ml
- Eau distillée	1000 ml

* Préparation de solution Acide chlorhydrique 0, 02N

- Acide chlorhydrique 0.1N	100 ml
- Eau distillée	400 ml

10. solution de dichloroisocyanurate de sodium

Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2 g de Dichloroisocyanurate di-hydraté, compléter à 100ml avec de l'eau distillée.

• Réactif mixte

Dissoudre 40 gr d' amino-4 benzène sulfonamide ($NH_2C_6H_4SO_2NH_2$) dans un mélange formé de 100ml d'acide orthophosphorique et de 500ml d'eau. Ajouter 2 gr de dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane ($C_{10}H_7NH-CH_2-CH_2-NH_2 \cdot 2HCl$), compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C.

• Réactif mélange (solution molybdate acide)

Dissoudre 13 g \pm 0.5 g d'heptamolybdate d'ammonium tétrahydraté [$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$] dans 100 ml \pm 5 ml d'eau. Dissoudre 0.35 g \pm 0.05 g de tartrate de potassium et d'antimoine hémihydraté [$K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot \frac{1}{2}H_2O$] dans 100 ml \pm 5 ml d'eau. Ajouter, tout en agitant, la solution de molybdate à 300 ml \pm 5 ml d'une solution d'acide sulfurique à 9 mol/L. Ajouter la solution de tartrate et bien mélanger. Conservé dans une bouteille en verre brun, ce réactif est stable pendant au moins deux mois.

11. Acide ascorbique, solution, $\rho = 100$ g/l

Dissoudre 10 g \pm 0.5 g d'acide ascorbique ($C_6H_8O_6$) dans 100 ml d'eau.

Cette solution est stable pendant deux semaines si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au réfrigérateur et peut être utilisée tant qu'aucune coloration n'apparaît

Annexe

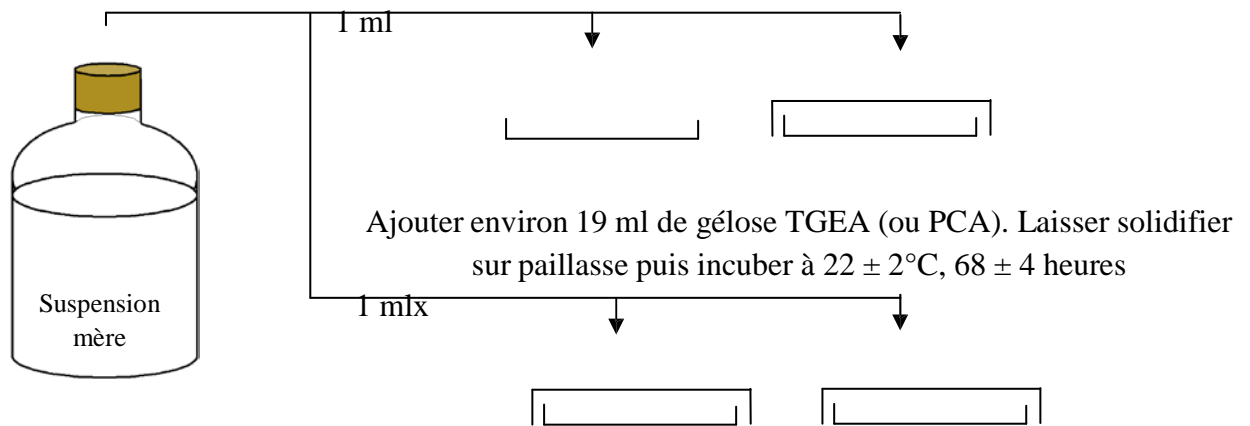
Annexe 5 : Nombre le plus probable et intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement N°3 :

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P dans 100 ml	Limite de confiance à 95 %	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0	2	0	59
0	1	0	2	0,050	13
1	0	0	2,2	0,050	13
1	1	0	4,4	0,52	14
2	0	0	5	0,54	19
2	1	0	7,6	1,5	19
3	0	0	8,8	1,6	29
3	1	0	12	3,1	30
4	0	0	15	3,3	46
4	0	1	20	5,9	48
4	1	0	21	6	53
5	0	0	38	6,4	330
5	0	1	96	12	370
5	1	0	240	12	3700

Annexe

Annexe 5 : Schémas des modes opératoires bactériologiques

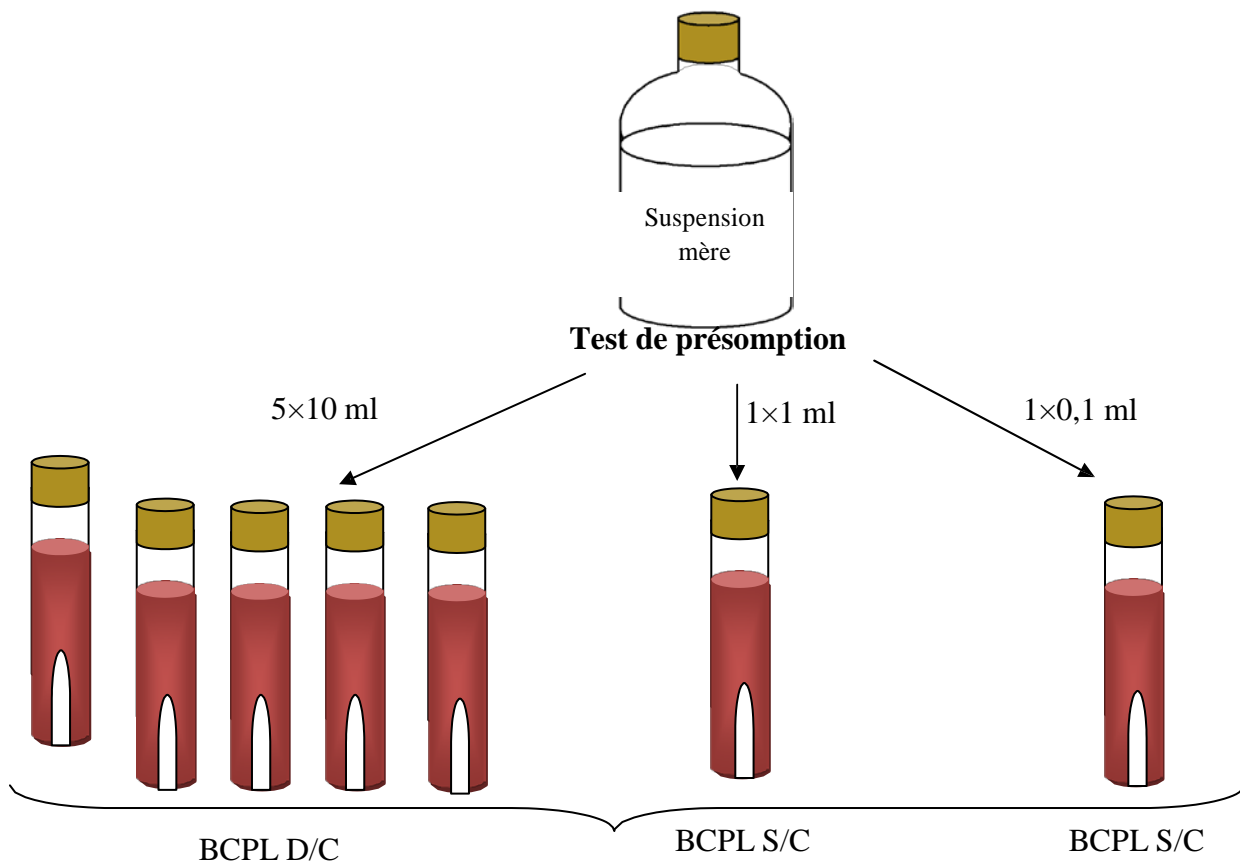
1. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22°C et 37°C



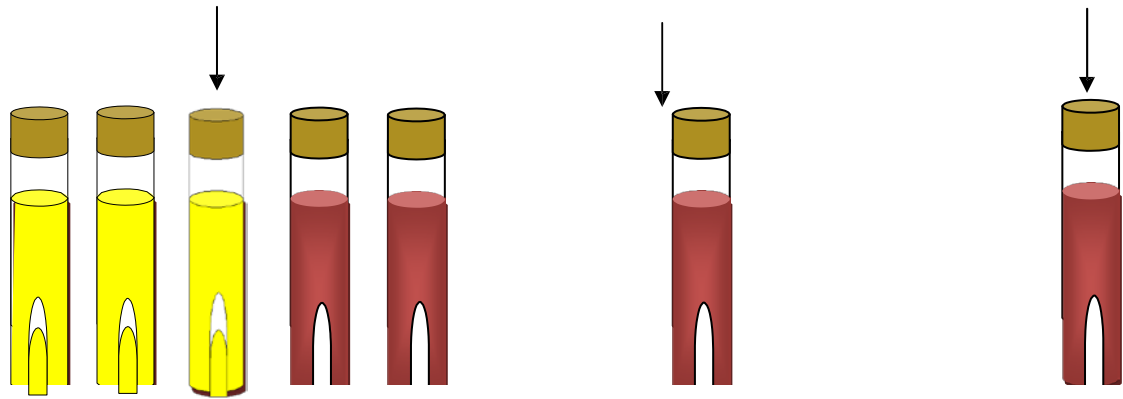
Ajouter environ 19 ml de gélose TGEA (ou PCA). Laisser solidifier sur paillasse puis incuber à 36 ± 2°C, 44 ± 4 heures

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

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



37°C, 24 à 48 Heures



+

+

+

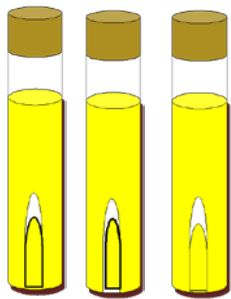
-

-

-

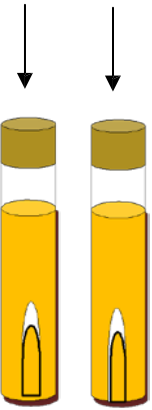
-

Test de confirmation

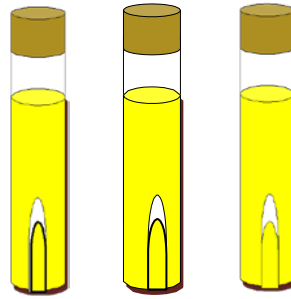
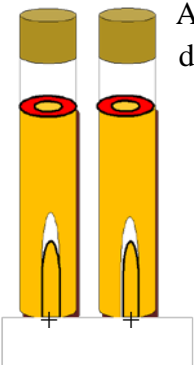


Repiquage sur milieu Schubert + cloche de Durham

Incuber à 44°C, 24 heures

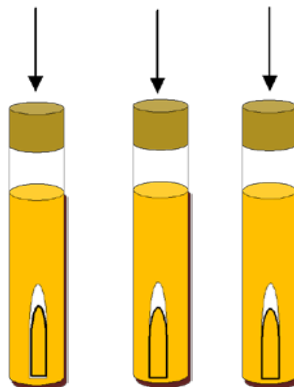


Ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs par tube



Repiquage sur milieu VLVB + la cloche de Durham

Incuber à 37°C, 48 heures



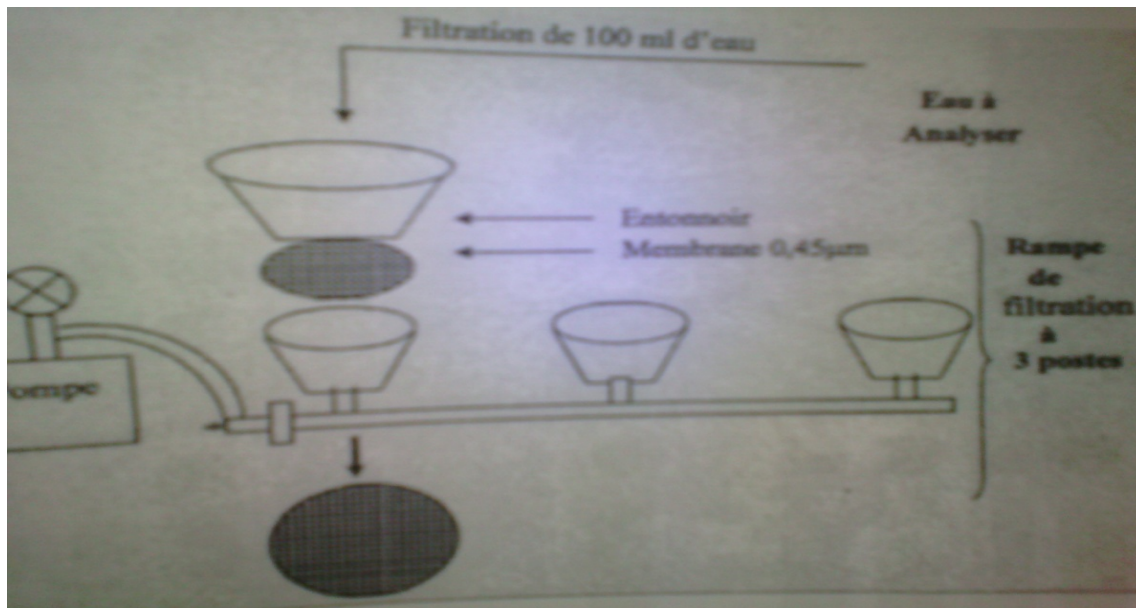
+

+

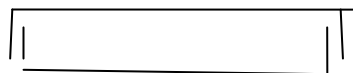
+

Annexe

➤ Méthode par filtration par membrane



Milieu Rapide Coli

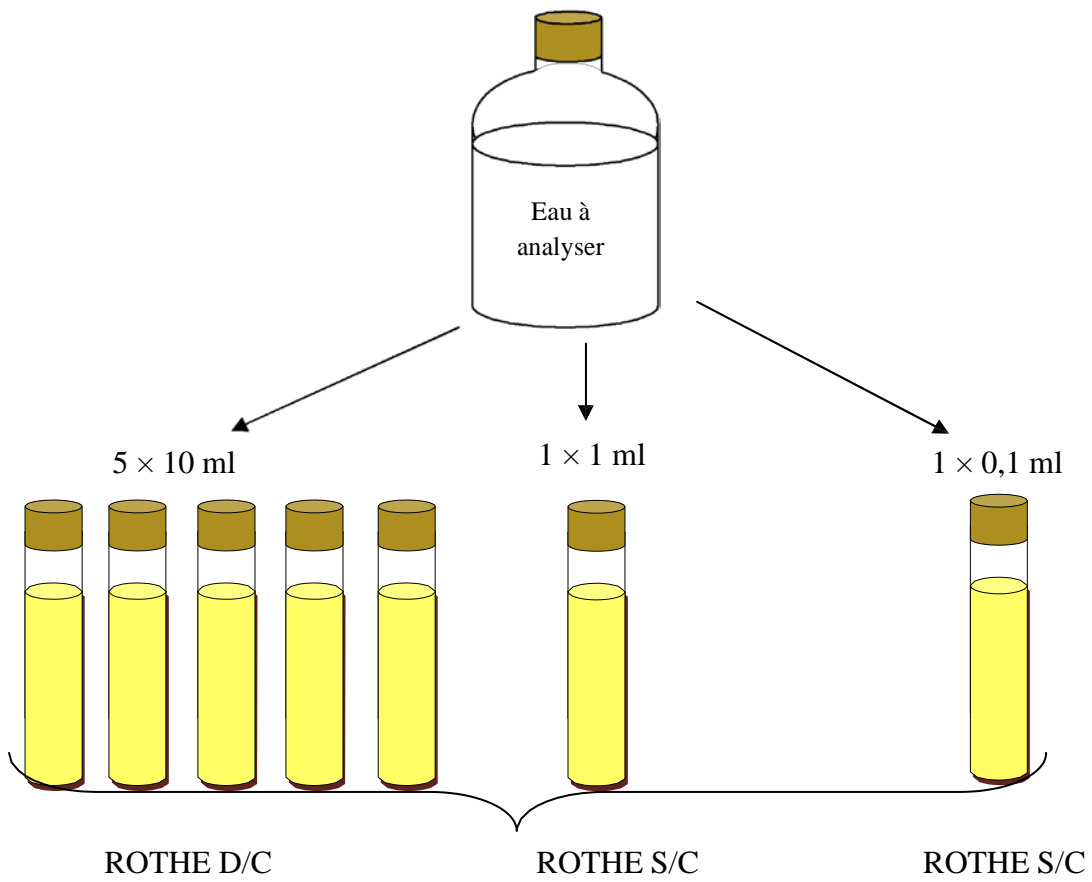


Incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant

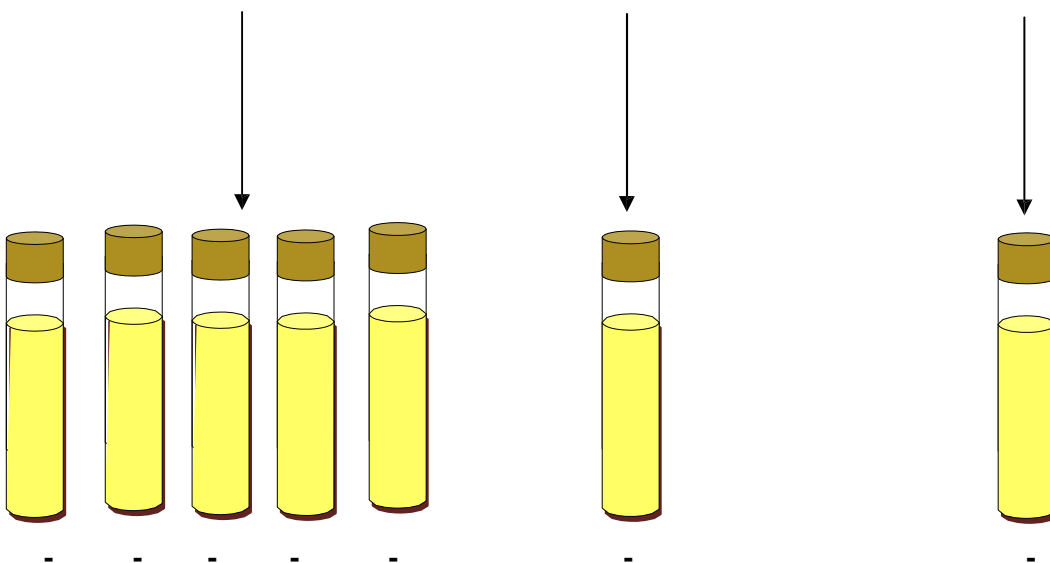
21 ± 3 heures voire 44 ± 4 heures

3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Test de présomption



Incubation à 37°C, 24 à 48 heures



Test de confirmation

Annexe

Annexe 6: Les résultats des analyses physico-chimiques des trois sources et les normes algériennes.

Paramètres	Ait bouhouni 19/04/2015 à 10h23min	Fontaine Fraiche 12/05/2015 à 07h10min	Thala Athman 11/05/2015 à 11h30 min	Normes Algériennes	Unités
PH	6,24 à 13,9C°	5,95 à 14,6 C°	7,11 à 20,7 C°	6,5 - 9,0	
Conductivité	95,3 à 13,9C°	88 à 14,6 C°	1077 à 20,7 C°	2800	µs /cm
Turbidité	1,16	1,85	0,29	05	NTU
Dureté Total (TH)	30	46,00	468	100 - 500	mg/lcaco ₃
TA	00	00	00	/	mg/lcaco ₃
TAC	15,80	12,40	280,20	500	mg/lcaco ₃
Ca ⁺⁺	5,61	8,02	148,30	75 - 200	mg/l
Mg ⁺⁺	3,89	6,32	23,82	150	mg/l
Fe ⁺⁺	0,08	0,06	0,01	0,3	mg/l
Na ⁺	10	11	60	200	mg/l
K ⁺	02	02	01	12- 20	mg/l
Cl ⁻	19,78	24,89	144,65	200 -500	mg/l
SO ₄ ²⁻	27,3	9,7	58	200 -400	mg/l
HCO ₃ ⁻	19,28	15,13	341,84	/	mg/l
Nitrites (NO ₂ ⁻)	0,01	00	00	0,2	mg/l
Phosphates (PO ₄ ³⁻)	00	00	00	05	mg/l
Ortho- Phosphates	00	00	00	/	mg/l
Mat- Organique	1,0	7,67	00	05	mg/l

Annexe

Ammonium NH ₄ ⁺	00	00	00	0,5	mg/l
Aluminium	0,01	00	00	0,05- 0,2	mg/l
Nitrates		< 0,5	15,4	50	mg/l

Annexe 7: Les résultats des analyses bactériologiques.

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration Max. admissibles	Observations
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0	La source doit être exempte de contaminant fécal
Coliformes	Nbre/100ml	-	0	
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0	Avertir la population de javelliser ou faire bouillir l'eau au cas où l'on n'arrive pas à respecter les valeurs indicatives
Coliformes	Nbre/100ml	-	0	
Germes totaux 37°C /48h	Nbre/ ml	10	-	Pour une eau traitée le dénombrement des «germes totaux effectué à l'extrémité réseau de distribution ne doit pas excéder le taux obtenu en début de réseau dans 90% des échantillons analysés au cours de l'année
22°C/72h	Nbre/ ml	100	-	
Streptocoques Fécaux	Nbre/100ml		0	

Annexe

Annexe 8: images pour les différents milieux de culture



Annexe 9 : Photo qui représente le logiciel Diagramme utilisé pour tracer le diagramme de Piper

Diagrammes C:\Diagrammes\~diagrammes.dia

Fichier Affichage Edition Diagrammes Constantes A propos Langue Options Quitter Manuel Rouvrir

30 groupes Nom/Libellé => Légende Echantillons => Légende => 1.30 Grouper Roland SIMLER Laboratoire d'Hydrogéochimie d'Avignon LHA

Groupes	Nom/Libellé	Légende	Echantillons	Légende
1	caplage			
2	bacs de décantation			
3	eau de consommation			
4				
5				
6				
7				

5 analyses C:\Diagrammes\~diagrammes.dia

n	Nom	Libellé	Groupes	Piper	Schoeller	Stiff	XY	Korjinski	Phreeq	Stat	TDS	T°C	pH	Tri nb croissant	decroissant	cCaLC	cCa%	Bal=0%	Bal=0%	Balance relative	Cations	Anions	Ca	Mg	Na	K	Fer
1	caplage	eau brute	1	CAL	5						391	21,1	6,85	421	464	+1%	79,0	2,3	1	-29%	-cations: 3,35228	5,97100	40,06	16,04			
2	bacs de décantation	eau brute	2	CAL	4						303	13,6	6,65	310	377	+10%	64,0	2,4	1	-29%	-anions: 2,62050	4,80410	30,46	12,64			
3	eau de consommation	apres traitement	3	CAL	5						241	19,2	6,65	309	318	+1%	71,0	2,0	1	-21%	-anions: 2,43510	3,76780	28,06	12,16			

Rechercher dans Nom/Libellé

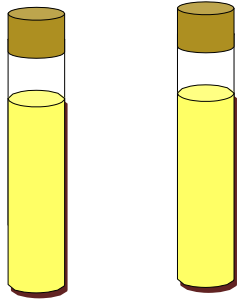
Valeur courante: CAL Nouvelle valeur: = cCaLC=(Tc) Tc = 25 °C => Recalculer Quitter

TR1 alphabétique croissant selon la colonne sélectionnée (jaune)

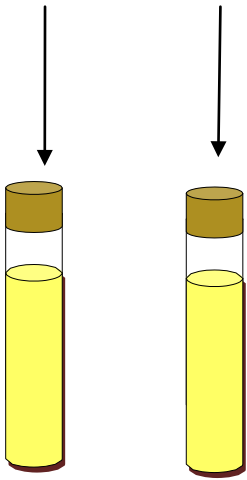
Facteurs correctifs
 Calcul HCO3-
 Calcul de Al 3+

Annexe

Test de confirmation



Repiquage sur milieu LITSKY EVA



Incubation à 37°C pendant 24 heures

