

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABOU-BEKR BELKAID TLEMCCEN
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU
DIPLOME DE MASTER.**

Option : sciences des aliments

Thème :

***Contribution à l'étude de la qualité
physico-chimique et bactériologique de l'eau
de la source « Attar » (Tlemccen)***

Présenté par :
M^{me} SARI Hassiba

Soutenu le 17 Juin 2014, devant le jury composé de :

**M^r CHABANE SARI D.
M^r LAZOUNI H.A.
M^r TABET HELLAL M.A.**

Mr TALEB BENDIAB S.A.

**Président
Promoteur
Examineur**

Invité d'honneur

Année Universitaire : 2013/2014

REMERCIEMENTS

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

Je remercie en particulier :

** Mr LAZOUNI A.H., Maître de conférences au département de biologie, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen, qui a bien voulu assurer mon encadrement et pour ses conseils et ses encouragements qu'il m'a sans cesse prodigué tout au long de ce travail, je tiens à lui exprimer tout mon respect.*

** Mr CHABANE SARI D., Professeur au département de biologie, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de la soutenance.*

** Mr TABET HELLAL M.A., Enseignant chercheur au département sciences de la terre et de l'univers, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen. Pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'examiner ce travail.*

J'exprime ma gratitude et mon respect à :

** Mr TALEB BENDIAB S. H., Professeur à Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'assister à la soutenance.*

Mes vifs remerciements et ma reconnaissance à :

** Mr HOUALEF B., Directeur de l'Algérienne des eaux, unité Tlemcen de m'avoir autorisé à réaliser mon travail au sein de son entreprise.*

** Mme CHERGUI SNOUCI A., Chef de laboratoire de l'Algérienne des eaux, unité Tlemcen, ainsi que toute son équipe pour leurs précieuses aides et orientations toute au long de mes activités.*

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

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

DEDICACES

A la mémoire de ma grande mère et mon Père qui nous ont quittés trop tôt,

A ma mère à qui je dois ma réussite,

A l'homme de ma vie ; mon époux,

A mes enfants : Rayane et Akram,

A mon frère, mes sœurs,

Et leurs enfants,

A mes beaux-parents,

A mes belles sœurs et mes beaux-frères,

A toutes mes amies,

Bien faible témoignage d'affection et d'amour.

Hassiba.

Liste des tableaux

Tableau n°01 : Comparaison entre les eaux de surface et souterraines.

Tableau n°02 : Classification des eaux selon la conductivité.

Tableau n°03 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.

Tableau n°04 : La potabilité en fonction des résidus secs.

Tableau n°05 : Classification de l'eau selon la dureté totale.

Tableau n°06 : Valeurs mensuelles moyennes des précipitations de la Station Tlemcen.

Tableau n°07 : Précipitations saisonnières moyennes de la Station Tlemcen.

Tableau n°08 : Températures mensuelles de la Station Tlemcen.

Tableau n°09 : Températures et Précipitations moyennes, mensuelles de la Station Tlemcen.

Tableau n°10 : Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de source Attar.

Tableau n°11 : Les résultats des analyses bactériologiques.

Tableau n°12 : Normes algériennes de potabilité des eaux des consommations

Liste des figures

Figure n°01 : Cycle général de l'eau

Figure n°02 : La répartition de l'eau sur la terre

Figure n°03 : Situation générale des Monts de Tlemcen.

Figure n°04: La Source Attar.

Figure n°05 : Photo de la Source Attar.

Figure n°06 : Histogramme des précipitations mensuelles de la station Tlemcen

Figure n°07: Histogramme des précipitations saisonnières de la station Tlemcen

Figure n°08 : Histogramme des températures mensuelles de la station Tlemcen

Figure n°09 : Diagramme ombrothermique de la station Tlemcen

Figure n°10: Recherche et dénombrement des germes totaux.

Figure n°11 : Recherche et dénombrement des *Coliformes totaux.et fécaux*

Figure n°12 : Recherche et dénombrement des *Streptocoques fécaux*

Figure n°13 : Recherche et dénombrement des *Clostrdiumsulfito-réducteurs.*

Liste des abréviations

ADE: Algériennes des eaux

BCPL : bouillon lactosé au poupre de bromocrésol

CMA : concentration maximale admissible

D/C : double concentration

EDTA : Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique

EVA : éthyle violet azide

°F : degré français

Hcl : Acide chlorhydrique

meqg : milliéquivalent gramme

N : normalité

N.E.T : Noir d'Eriochrom T

n°: numéro

NA : norme algérienne

nn : nanomètre

NPP : nombre le plus probable

NTU : nephlo turbidité unité

OMS : organisation mondiale de santé

P : précipitation

PH : Potentiel d'hydrogène

S/C : simple concentration

T : température

TGEA : glucose tryptonée à l'extrait d'agar ;

UNF ; unité formant une colonie

UV : ultra violet

WOH: world organization Health

μS: micro siemens

Sommaire

Introduction

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Propriétés de l'eau	1
2. Cycle de l'eau	1
3. Répartition de l'eau sur la terre	3
4. Les eaux d'approvisionnement	4
4.1. Eaux de surface	4
4.2. Eaux souterraines	4
4.3. Comparaison entre les eaux de surface et souterraines	5
5. Les sources	6
5.1. Définition	6
5.2. Les différents types de sources	6
5.2.1. Sources d'affleurement	6
5.2.2. Sources de déversement	6
5.2.3. Sources d'émergence	6
5.3. Traitement de l'eau de source	6
6. Les nappes d'eau	7
6.1. Définitions	7
6.2. Les différents types de nappes	7
6.2.1. Nappe libre	7
6.2.2. Nappe captive	7
7. Qualité des eaux	7
7.1. Qualité de l'eau d'alimentation	7
7.2. Qualité des eaux souterraines	8
8. Pollution de l'eau	8
8.1. Pollution des eaux souterraines	8
8.2. Principales origines de la pollution des eaux souterraines	9
9. Traitement des eaux	9
10. Maladies à transmission hydrique	9
10.1. Maladies liées à la consommation de l'eau	9
10.2. La virologie des milieux hydriques	10
11. Potabilité de l'eau	11

11.1. Paramètres organoleptiques	11
11.1.1. Couleur	11
11.1.2. Odeur	11
11.1.3. Goût et saveur	11
11.2. Paramètres physico-chimiques	12
11.2.1. Potentiel d'hydrogène « pH »	12
11.2.2. Température	12
11.2.3. Turbidité	12
11.2.4. Conductivité	12
11.2.5. Minéralisation globale	13
11.2.6. Résidu sec	14
11.2.7. Résistivité électrique	14
11.2.8. Matières en suspension	14
11.2.9. Matières organiques dissoutes	14
11.2.10. Dioxyde de carbone libre (CO ₂ libre)	15
11.2.11. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)	15
11.2.12. Titre Alcalimétrique (TA et TAC)	16
11.2.13. Sels Minéraux Dissous	16
11.2.13.1. Cations	16
11.2.13.2. Anions	17
11.3. Paramètres toxiques et indésirables	18
11.4. Substances Polluantes	19
11.5. Caractères Microbiologiques	19
11.5.1. Germes totaux	19
11.5.2. Coliformes	19
11.5.3. Coliformes fécaux ou Coliformes thermo- tolérants	20
11.5.4. Streptocoques fécaux	20
11.5.5. Clostridium sulfito-réducteurs	20
11.5.6. Salmonelles	20
12. Différentes normes applicables aux eaux de consommation	21
12.1. La réglementation Algérienne	21

ÉTUDE DU MILIEU

1. Présentation et étude du site	23
1.1. Situation géographique	23
1.2. Géomorphologie	25
1.2.1. Reliefs	25
1.3. Étude du climat	25
1.3.1. Étude des précipitations	25
1.3.2. Étude des Températures	28
1.4. Géologie	30
1.4.1. Les grès de Boumediene	30
1.4.2. Les calcaires de Zarifet	30
1.4.3. Dolomies de Tlemcen	30

MATERIELS ET METHODES

1. Analyse de l'eau	32
2. Échantillonnage et modes de prélèvements	32
3. Méthodes d'analyses organoleptiques	32
3.1. Test de la couleur	33
3.2. Test de l'odeur et de la saveur	33
3.3. Mesure de la turbidité	33
4. Méthodes d'analyses physicochimiques	33
4.1. Mesure de la température	33
4.2. Mesure du Ph	33
4.3. Mesure de la conductivité	33
4.4. Mesure de la minéralisation	34
4.5. Dosage de l'alcalimétrie (TA)	34
4.6. Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)	34
4.7. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)	34
4.8. Dosage des ions calcium	35
4.9. Dosage des ions magnésium	35
4.10. Dosage d'ion chlorure : Méthode de Mohr	35
4.11. Dosage des ions sulfates par spectrophotomètre UV visible	36
5. Paramètres de pollution	36
5.1. Dosage des nitrites par spectrophotomètre UV visible	36

5.2.	Dosage de l'ammonium par spectrophotomètre UV visible	36
5.3.	Dosage des nitrates par spectrophotomètre UV visible	36
5.4.	Dosage de phosphate par spectrophotomètre UV visible	37
5.5.	Dosage de fer total par spectrophotomètre UV visible	37
6.	Méthodes d'analyses bactériologiques	37
6.1.	Recherche et dénombrement des <i>germes totaux</i>	37
6.2.	Recherche et dénombrement des <i>coliformes</i> et d' <i>Escherichia coli</i>	39
6.3.	Recherche et dénombrement des <i>Streptocoques fécaux</i>	42
6.4.	Recherche et dénombrement des <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	44
RESULTATS ET DISCUSSIONS		
1.	Les analyses physico-chimiques	47
1.1.	Résultats des analyses	47
1.2.	Classification de l'eau de source	48
1.2.1.	Classification selon Stabler	48
1.3.	Interprétation et discussion	48
1.3.1.	Paramètres organoleptiques	48
1.3.2.	Paramètres physico- chimiques	49
2.	Les analyses bactériologiques	52
2.1.	Résultats des analyses	52
2.2.	Interprétation et discussion	52
2.2.1.	Les Coliformes totaux et fécaux	53
2.2.2.	Les Streptocoques fécaux	53
2.2.3.	Les Clostridium sulfito- réducteurs	53
2.2.4.	Les Germes totaux	53
	Conclusion et recommandations	55
	Références bibliographiques	58
	Annexes	65

INTRODUCTION

Introduction

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, la cellule baigne toujours dans l'eau. Cette dernière joue un rôle dans la régulation de la concentration intracellulaire et extracellulaire donc dans les échanges cellulaires qui permettent à leur tour à l'organisme de croître et de se développer (**HUBERT P. et MARIN M., 2001**).

En fait, tous les êtres vivants vivent sur une planète « planète bleu » qui se distingue des autres planètes du système solaire par l'abondance de l'eau.

L'approvisionnement en eau constitue actuellement un besoin majeur dans les différents domaines de la vie, en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie (**LUNA B. et KENNETH S., 1972**).

En outre, la pollution guette à chaque instant et de plus en plus toutes nos belles réserves ; c'est pour cela qu'il est devenu très utile de procéder à des contrôles et analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau périodiquement.

Cependant, les eaux souterraines représentent une importante source d'eau destinée à la consommation humaine et autre (**MARGAT J., 1992**).

Dans la région d'EL ATTAR situé au sud-ouest de la ville de Tlemcen, la source « Ain el Wizir » approvisionne une bonne partie de la population du fait qu'elle coule avec un débit presque constant.

Notre travail consiste à effectuer des analyses microbiologiques et physico-chimiques de la source AIN EL WISIR (dite Source ATTAR).

Cette étude est répartie comme suit :

- Une partie théorique consacrée aux généralités sur les aquifères, aux caractéristiques des eaux de consommation et aux normes applicables aux eaux destinées à l'alimentation humaine.
- Une étude géologique et climatique du milieu.
- Une étude quantitative et qualitative des analyses physico-chimiques et bactériologiques.
- Une partie réservée à l'interprétation et la discussion des résultats.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Propriétés de l'eau

C'est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre (**PERRY J., 1984**). C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants (**BERNARD C., 2007**).

L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes des métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes (**ENCARTA, 2006**).

Dans la nature, sous l'action du soleil, de la pression atmosphérique et de la température, l'eau change d'état. On peut la trouver sous trois formes :

- **État solide** : à basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières.
- **État 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.
- **État liquide** : caractérisé par une forme non définie. Les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires (**MARSILY G., 1995**).

2. Cycle de l'eau

L'eau est partout présente autour de nous et constitue un des éléments fondamentaux de notre planète. Toute cette eau se transforme et circule en permanence dans l'atmosphère, la surface et dans le sous-sol de notre terre : c'est le cycle de l'eau (**Site Internet 1**).

L'hydrosphère chauffée par l'énergie solaire, s'évapore et conduit à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, à la suite d'un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace et se trouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle sur lithosphère à la surface de laquelle approximativement $\frac{1}{4}$ pénètre, $\frac{1}{4}$ ruisselle, quant au $\frac{1}{4}$ restants, il s'évapore à son tour (**VILAGINES R., 2003**).

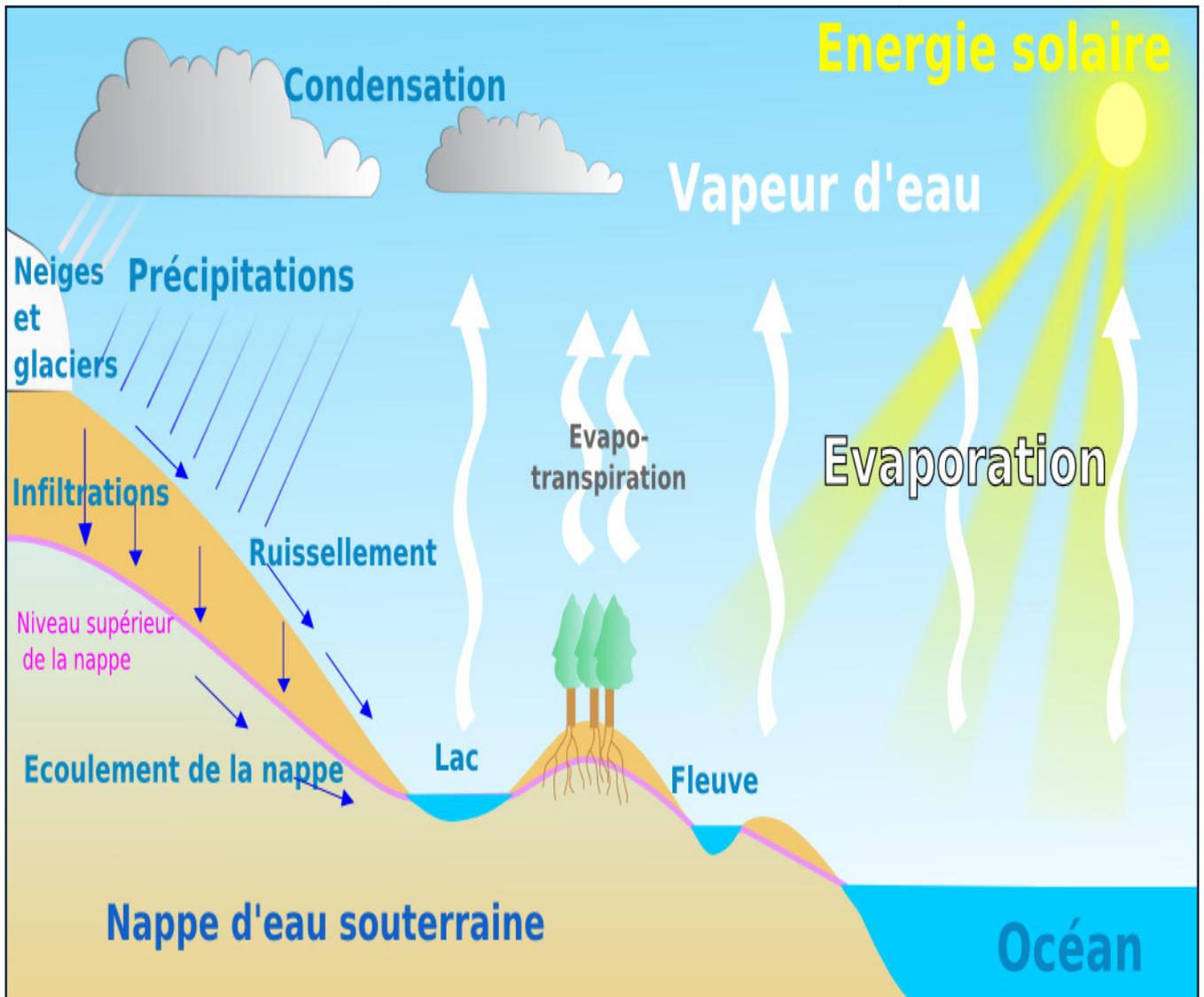


Figure 01 : Cycle général de l'eau
(Site Internet 2)

3. Répartition de l'eau sur la terre

L'eau est de loin le liquide le plus abondant sur la terre dont elle recouvre les 72% de la surface, représentant un volume total estimé à $1,4.10^9 \text{ Km}^3$.

Les mers et les océans représentent 97,4% de la totalité des eaux terrestres.

Les quatre cinquièmes des eaux dites douces sont constitués par les sommets enneigés et les glaciers et la quasi-totalité du cinquième restant est localisé dans des nappes phréatiques.

L'eau indispensable à la survie de l'espèce vivante terrestre, représente donc moins d'un pour cent de l'eau douce soit environ 0,014% de l'eau totale.

C'est pourquoi il est impératif que ce bien de l'humanité soit protégé et utilisé avec le plus grand respect dans le sens de développement durable, défini comme le développement qui couvre les besoins de la société actuelle sans détruire pour autant les possibilités des générations futures de découvrir leur propre besoin (FRIEDLI C., 2002).

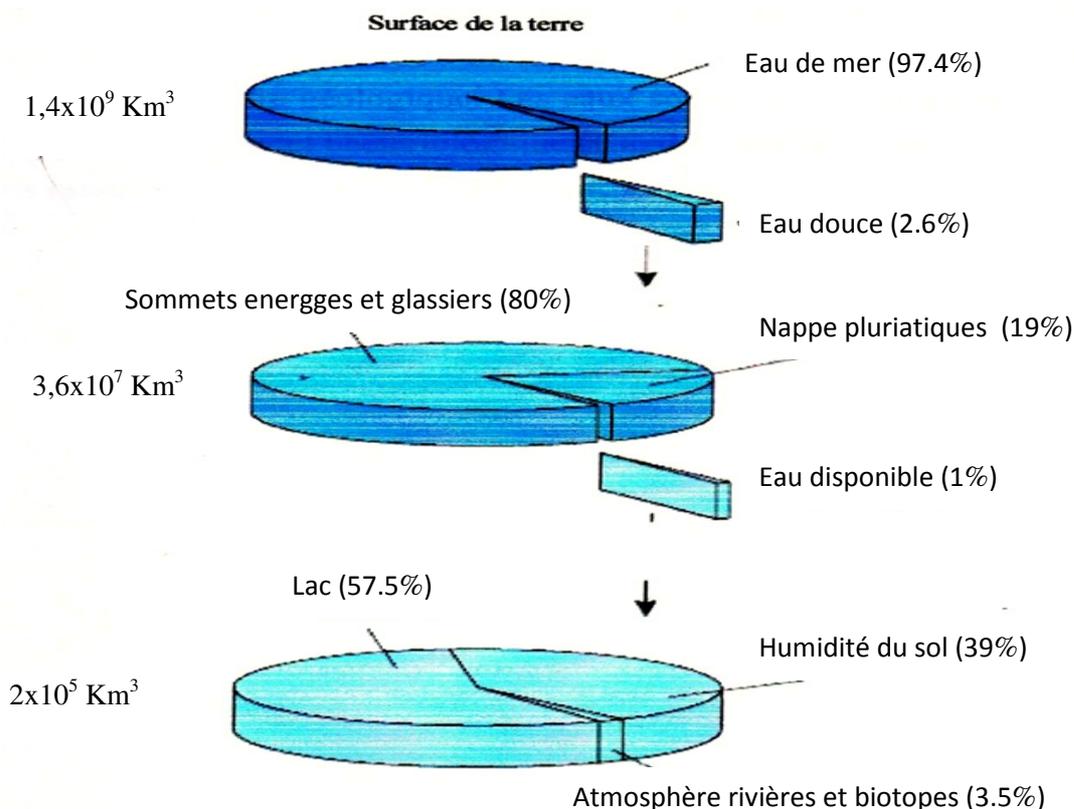


Figure 2 : La répartition de l'eau sur la terre (Taupenac, 2006).

4. Les eaux d’approvisionnement

Les réserves disponibles des eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières) (**DEGREMONT G., 2005**).

4.1. Eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l’émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement (**DEGREMONT G., 2005**).

Les eaux de surface sont moins stables, et contiennent des matières minérales et organiques en suspension qui peuvent engendrer désagréments olfactifs et gustatifs. Elles nécessitent un traitement physico-chimique parfois complexe dans des infrastructures importantes (**Site Internet 3**).

4.2. 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 (**CARDOT C., 1999**). Elles restent jusqu’à présent les meilleurs ressources en eau potable (**MARGAT J., 1992**).

4.3. Comparaison entre les eaux de surface et souterraines

Tableau 01 : Comparaison entre les eaux de surface et souterraines

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraines
Température	Varie en fonction des saisons	Relativement constante
Turbidité	Niveau variable parfois élevé	Faible ou nulle
Couleur	Principalement dû aux sols en suspension (argile, algue,..) excepté pour les eaux acides et très douces.	Principalement dû aux solides dissous
Contenu minéral	Varie avec le sol, les effluents, les pluies,...	Généralement plus important que pour l'eau de surface pour un même endroit.
Fer et Mn en solution	Généralement pas sauf pour au fond des lacs et des dans le processus d'eutrophisation	Présent
CO₂ agressif	Pas présent	Souvent présent en grande quantité
O₂ dissout	Souvent proche du niveau de saturation. Absent dans les eaux très polluées.	Généralement peu présent
H₂S	Pas présent	Souvent présent
NH₄⁺	Seulement dans des eaux polluées.	Souvent présent sans forcément une pollution bactériologique.
Nitrates	Niveau généralement faible	Niveau parfois important
Silice	Généralement en proportion modérée	Niveau souvent important
Micropolluants d'origine organique et minérale	Présent dans l'eau des pays développés mais est susceptible de disparaître rapidement une fois la source éliminée	Normalement pas mais une pollution accidentelle a des effets à très long terme
Organismes vivants	Bactéries, virus, plancton (animal et végétal)	Des bactéries du fer sont fréquemment trouvées
Solvants chlorés	Rarement présent	Souvent présent

Source : Site Internet 3

5. Les sources

5.1. Définition

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 (**GOMELLA G. et al., 1974**).

5.2. Les différents types de sources

Les principaux types de sources sont les suivants :

5.2.1. 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 R., 2000**).

5.2.2. 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. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités (**BONNIN J., 1982**).

5.2.3. Sources d'émergence

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de 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 (**GOMELLA G. et GUERREE H., 1980**).

5.3. Traitement de l'eau de source

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine.

Les seules traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments instables (gaz, le fer et le manganèse) sont : l'aération, la décantation et la filtration (**LUNC J. et LAGRADETTE M., 2004**).

6. Les nappes d'eau

6.1. Définitions

« L'aquifère », ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau (**KETTAB A., 1992**).

Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (**POMEROL C. et RENARD M., 1997**).

6.2. Les différents types de nappes

6.2.1. Nappe libre

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable (**BONNIN J., 1982**).

6.2.2. Nappe captive

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive (**BONNIN J., 1982**).

Les nappes peuvent être classées en nappes phréatiques et nappes profondes.

- Les nappes phréatiques sont celles qui reposent sur la première couche imperméable proche du niveau du sol, sont toujours libres et souvent contaminées.
- Les nappes profondes dites subordonnées reposent sur une couche perméable plus profonde et peuvent être libres ou captives (**DUPONT A., 1974**).

7. Qualité des eaux

7.1. Qualité de l'eau d'alimentation

La qualité de l'eau d'alimentation est régulièrement mise en question ces dernières années (**CRUYPER K. et DENNEG K., 1993**). 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 (**DEFRANGESCHI M., 1996**).

L'eau joue un rôle important pour la vie, la santé, l'accès à l'hygiène et au confort. Elle constitue d'un autre côté le vecteur de nombreuses maladies à transmission hydrique comme la brucellose, la tuberculose, la fièvre typhoïde, le choléra et les diarrhées, pour ne citer que ces quelques maladies qui tuent des milliers de personnes chaque année à travers le monde (**Ouahdi A., 1995**).

7.2. Qualité des eaux souterraines

Étant donné que les eaux souterraines sont généralement pures sur le plan bactériologique (UNICEF, 1999) elles constituent une meilleure solution que les eaux de surface en termes de génie sanitaire (FIAMBSCH, 1998).

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 résiduaux d'origines animale ou humaine.

Si cette pollution est plus rare et plus limitée d'ordinaire dans les eaux souterraines que dans les eaux de surfaces, les accidents ont un effet plus durable sur la première, étant donné les faibles vitesses de percolation et la teneur à retrouver l'équilibre perdu (GAUJOUR D., 1995).

8. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol.

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

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricole, produit une quantité de substance polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies (RODIER J., 2005).

La pollution participe de ce fait à diminuer les volumes d'eau utilisable par les populations. Elle engendre aussi des maladies et les phénomènes d'eutrophisation dans les réserves d'eau et déséquilibre dans l'environnement naturel (ZELLA L., 2007).

8.1. Pollution des eaux souterraines

La pollution des eaux souterraines est le risque permanent de l'élimination de la ressource en eau dans un proche avenir (CASTANY G., 1982).

C'est une pollution très discrète mais très persistante et ses conséquences doivent être envisagées sur le très long terme (GAUJOURS D., 1985).

8.2. Principales origines de la pollution des eaux souterraines

La pollution des eaux souterraines est favorisée par certains aménagements et pratiques :

- Mauvaises gestions des eaux de ruissellement.
- Interventions qui favorisent l'infiltration dans la nappe : Forage de puits sans précaution, ouverture du gravier, puits perdus (infiltration des eaux usées).
- Modification des pratiques agricoles : remplacement de la prairie par des cultures intensives (GAUJOUS D., 1985).

9. Traitement des eaux

L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des micro-organismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé.

Qu'elles soient d'origine souterraines ou superficielles, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié (VALENTIN N., 2000).

Si une protection contenue de la source aux consommateurs ne peut être garantie, il sera impératif de procéder à une désinfection et de maintenir une concentration de chlore résiduel suffisante (OMS., 1994).

10. Maladies à transmission hydrique

10 .1. Maladies liées à la consommation de l'eau

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

Les principaux symptômes de toutes les maladies hydriques sont les suivants : diarrhées ou rarement constipations, crampes abdominales, fièvre et vomissements. Cette similitude de symptômes ne facilite pas l'établissement d'un diagnostic sûr, c'est pourquoi, pour aider le médecin dans cette tâche, on doit lui fournir le maximum d'indices (pays récemment visités, personnes rencontrées, aliments consommés, précautions prises et risques professionnels). (FRANÇOIS ANCTIL., 2008).

- **Choléra** : Maladie contagieuse d'origine bactérienne qui provoque des infections intestinales aiguës, dont les symptômes sont diarrhées fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide. Cette maladie peut entraîner la mort dans 80% des cas graves non traités (Site Internet 4).

- **Fièvre typhoïde** : Fièvre d'origine bactérienne qui entraîne de la fièvre, des maux de tête, de l'anorexie, un ralentissement du rythme cardiaque, une augmentation du volume de la rate, la formation de taches roses sur le corps, une toux sèche et de la constipation. Cette maladie, qui peut être bénigne et asymptomatique, peut entraîner la mort dans 1% des cas.
- **Fièvre paratyphoïde** : Maladie d'origine virale, cliniquement semblable à la fièvre typhoïde. Le taux de mortalité est toutefois plus faible (**Site Internet 5**).
- **Dysenterie** : Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, de nausées et de vomissements, dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20%.
- **Diarrhées infectieuses**: Maladies causées par diverses bactéries et dont les symptômes sont des selles liquides, des vomissements et de la fièvre. En général, elles n'entraînent pas la mort (**BRIERE F.G., 2000**).

10.2. La virologie des milieux hydriques

Il est possible d'admettre avec Foliguet que les virus isolés des eaux ont des caractéristiques telles qu'ils peuvent être considérés comme une entité propre dénommée hydro virus (**FOLIGUET J., 1982**).

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

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

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., 1991**).

11. Potabilité de l'eau

L'eau potable doit obligatoirement respecter les seuils réglementaires de différents paramètres, divisés en différents groupes: les qualités organoleptiques (odeur, couleur, saveur), les éléments microbiologiques (virus, bactéries), les substances indésirables (nitrate, fluor), toxiques (chrome, plomb), les pesticides ainsi que la composition naturelle de l'eau (pH, taux de calcium,...) (**ENCYCLOPÉDIE MÉDICALE, 1997**).

Les normes de potabilité sont l'ensemble des critères organoleptiques, physiques, chimiques, toxiques, éléments indésirables et bactériologiques que doit respecter une eau pour pouvoir être offerte à la consommation humaine (**HUBERT P. et MARIN M., 2001**).

11.1. Paramètres organoleptiques

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

11.1.1. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (**RODIER J., 2005**).

Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/1 de platine cobalt (**LEFÈVRE J.G., 1991**).

11.1.2. Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition.

L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (**RODIER J., 2005**).

11.1.3. Goût et saveur

- Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche.
- La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (**RODIER J., 2005**).

11.2. Paramètres physico-chimiques

11.2.1. Potentiel d'hydrogène « pH »

L'eau naturelle pure est neutre. Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité.

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement.

Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre. **(RODIER J., 2005).**

Un pH élevé conduit à des dépôts de tartre dans les circuits de distributions. Au-dessus de pH 8, il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination bactérienne par le chlore. Par ailleurs la chloration diminue le pH. **(RODIER J., 1996).**

11.2.2. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels est impliquée dans la conductivité électrique ainsi la détermination du pHEtc. **(RODIER J., 2005).**

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur **(OMS., 1994)**. Par contre une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux. **(RODIER J., 2005).**

11.2.3. Turbidité

C'est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute **(LANTEIGNE J., 2003)**. C'est le premier paramètre perçu par le consommateur **(ANDRIAMIRADIS L., 2005).**

La turbidité élevée de l'eau révèle la précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau **(JEAN J.C., 2002).**

Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes **(RODIERJ., 2005).**

La turbidité se mesure en unité néphelométrique. (NTU) **(LANTEIGNE J., 2003).**

11.2.4. Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm **(RODIER J., 2005).**

Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation **(MENS et DEROUANE, 2000).**

La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (**GAUJOUS D., 1995**).

Tableau 02 : Classification des eaux selon la conductivité.

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)	Résistivité
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

Source : RODIER J., 2005.

11.2.5. Minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous (**DEGREMONT G., 1990**).

La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles.

Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (**RODIER J., 2005**).

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (**RODIER J., 2009**).

Tableau 03: Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
Conductivité < 50	1,365079 * Conductivité à 20°C
50 < Conductivité < 166	0,947658 * Conductivité à 20°C
166 < Conductivité < 333	0,769574 * Conductivité à 20°C
333 < Conductivité < 833	0,71592 * Conductivité à 20°C
833 < Conductivité < 1000	0,458544 * Conductivité à 20°C
Conductivité > 1000	0,850432 * Conductivité à 20°C

Source : RODIER J., 2009.

11.2.6. Résidu sec

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau (RODIER J., 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 04: la potabilité en fonction des résidus secs

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

Source : RODIER J., 2005

11.2.7. Résistivité électrique

En raison des sels qu'elle renferme, l'eau constitue un électrolyte très étendu. La résistivité électrique d'une eau peut donc mesurer sa minéralisation globale (DUPONTA., 1974).

L'unité de la résistivité est l'ohmcentimètre (Ωcm). La conductivité est l'inverse de la résistivité. On obtient la résistivité à partir de la conductivité par la formule suivante :

$$\text{Résistivité } (\Omega\text{cm}) = \frac{1000\ 000}{\text{Conductivité}}$$

11.2.8. Matières en suspension

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

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

Une eau potable ne doit pas contenir de matières, en suspension décantables, Pour une eau qui contient des suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs (DEGREMONT G., 2005).

11.2.9. Matières organiques dissoutes

Dans les eaux naturelles, elles représentent plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de

carbone. Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total (**CODEX STAN et COIN, 1981**).

On distingue deux origines de ces matières : les matières organiques acides d'origines animales et les matières organiques basiques d'origines végétales (**CODEX STAN et COIN, 1981**).

Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur (**JEAN J.C., 2002**).

11.2.10. Dioxyde de carbone libre (CO₂ libre).

Le gaz carbonique CO₂ joue un rôle important dans la chimie des eaux. Le CO₂ combiné à l'eau, possède effectivement des propriétés acides, ce qui donne naissance notamment aux carbonates et bicarbonates de calcium et de magnésium (**DUPONT A., 1974**).

11.2.11. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

C'est une qualité particulière de l'eau due à la présence des bicarbonates, des chlorures et des sulfates de calcium et de magnésium, détectée principalement par le fait qu'elle empêche plus ou moins l'eau savonneuse de mousser (**MARCEL F.R., 1986**).

Elle est mesurée par la somme des concentrations en degré de calcium et de magnésium et s'exprime par le titre hydrométrique (TH). L'unité du titre hydrométrique est le milliéquivalent par litre (ou le degré français °F). (**WHO., 1994**).

Le TH peut subdiviser en TCa (titre calcique) et TMg (titre magnésien) : $TCa + TMg = TH$ (**BERNE F. et CORDONNIER J., 1991**).

En fonction de leur dureté totale, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau suivant :

Tableau 05: Classification de l'eau selon la dureté totale

TH en degrés français (°F)	Spécificité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très dure

Source : BERNE F. et CORDONNIER J., 1991.

11.2.12. Titre Alcalimétrique (TA et TAC)

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxyles « OH⁻ » et une valence de carbonates.

Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates (**BERNE F. et CORDONNIER J., 1991**).

11.2.13. Sels Minéraux Dissous

11.2.13.1. Cations

➤ Ions calcium : Ca²⁺

Le corps humain comprend une moyenne 1,2 kilogramme de calcium essentiellement dans le squelette (**MERCIER J., 2000**).

L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium (**RODIER J., 2005**).

Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (**GAUJOUR D., 1995**).

➤ Ions Magnésium: Mg²⁺

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

➤ Ions de Sodium : Na²⁺

C'est un métal alcalin. Son origine peut être :

- Naturelle (mer, terrain salé....) ;
- Humaine (10 à 15 g Na Cl dans les urines /jour) ;
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière).

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

➤ Ions de Potassium : K⁺

Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules (**MERCIER J., 2000**). Il est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature (**KEMMER F., 1984**).

➤ **Ions Ammonium : NH_4^+**

Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium (NH_4^+) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniaque (NH_3) (GAUJOUR D., 1995).

En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ammoniaque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du PH et de la température (RODIER J., 1996).

➤ **Ion Fer : Fe^{2+}**

Le fer se classe en 4^{ème} rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j mais 60 À 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (RODIER J., 2005).

11.2.13.2. Anions

➤ **Ions Carbonates et Bicarbonates**

L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates (RODIER J., 2005).

➤ **Ions Chlorures : Cl^-**

Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (RODIER J., 2005).

➤ **Ions Sulfates : SO_4^{-2}**

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparait à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/l (KEMMER F., 1984)

➤ **Ions Phosphates : PO_4^{-3}**

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration (RODIER J., 2005).

➤ **Ions nitrates : NO_3^- et nitrites : NO_2^-**

Les nitrites et nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement .Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+) (GAUJOUR D., 1995).

Ils sont extrêmement solubles; ils pénètrent le sol et les eaux souterraines où se déversent dans les cours d'eau par ruissellement. Ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme.

Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable (**LEPELTIE S., 2005**).

Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L (**COULAIS J.M., 2002**).

Chez les nourrissons, la réduction du nitrate en nitrite peut provoquer une méthémoglobinémie (inaptitude du sang à transporter l'oxygène) (**GANJOUR D., 1995**).

11.3. Paramètres toxiques et indésirables

➤ Plomb Pb

C'est un constituant naturel, largement réparti dans la croûte terrestre. C'est un métal toxique, il est quasiment inexistant dans l'eau à l'état naturel. Sa présence éventuellement ne peut provenir que de la corrosion des canalisations de distribution de l'eau (**RODIER J., 2005**).

Il a un effet cumulatif sur l'organisme à l'origine de nombreux troubles de la santé (des lésions du système nerveux, l'hypertension) (**RODIER J., 2005**).

➤ Cadmium Cd

Le cadmium est un métal blanc, mou ductile et flexible. Il est naturellement assez rare dans l'environnement où on peut le trouver associé au zinc (**BONTOUX J., 1993**).

Les déchets industriels et les ordures ménagers sont les principales sources de pollution par le cadmium, élément qui circule dans les eaux et les sols avec grande facilité. Sa très nette toxicité se manifeste particulièrement par des atteintes rénales (**BONTOUX J., 1993**).

➤ Manganèse Mn

C'est un métal qui peut provoquer une coloration et il est à l'origine de dépôts dans les réseaux. Par ailleurs il affecte les paramètres organoleptiques de l'eau comme d'autres métaux cuivre, aluminium, zinc. Dans les eaux de surface, le manganèse se trouve en général à l'état oxydé et précipité ; il est donc éliminé par traitements classiques de clarification (**DEGREMONT D., 2005**).

11.4. Substances Polluantes

➤ Hydrocarbures

Susceptibles de polluer l'eau ; ils ont pour source les rejets pétroliers, d'huiles de vidanges d'effluents de différents d'industries. Leur nuisance est l'apparition de goûts et d'odeurs pour des seuils extrêmement variables.

La toxicité serait à craindre dans les eaux de boisson pour des doses supérieures aux seuils d'apparition de goûts et odeurs. On a constaté des affections cutanées dues à des produits d'additions du mazout (DEGREMONT D., 2005).

➤ Pesticides ou herbicides

D'origine agricole, ils sont destinés à la protection, à l'amélioration de la production végétale et à la préservation des récoltes. Ils sont entraînés par les eaux de pluie ou de ruissellements. Ce sont des produits toxiques et peuvent affecter le goût et l'odeur à une certaine dose (ALPHA SIDIKI MAIGA, 2005).

➤ Phénols et dérivés

Ils sont l'indice d'une pollution industrielle. Leur nuisance la plus marquante est le goût du chlorophénol qui apparaît dans l'eau en présence de chlore pour des teneurs extrêmement faibles (DEGREMONT D., 2005).

11.5. Caractères Microbiologiques

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

11.5.1. Germes totaux

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine (BOURGEOIS C.M. *et al*, 1991).

Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (RODIER J., 2005).

11.5.2. Coliformes

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

Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*. (RODIER J., 2005).

11.5.3. Coliformes fécaux ou Coliformes thermo- tolérants

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C (**EDBERG et al., 2000**).

Escherichia coli est sans doute le plus spécifique de tous les germes de contamination fécale. Le terme « *Escherichia coli* présumé » correspond à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C et ont des caractères biochimiques propres à cette espèce (**BOURGOIS C.M. et MESCLE J., 1996**).

11.5.4. Streptocoques fécaux

Sous la dénomination générale de «*Streptocoques fécaux*», il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield. (**RODIER J., 2005**).

Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles. (**BOURGOIS C.M. et MESCLE J., 1996**).

11.5.5. Clostridium sulfito-réducteurs

Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (**ARMAND L., 1996**).

Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure.

La forme sporulée des Clostridium sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (**BOURGOIS C.M. et MESCLE J., 1996**).

11.5.6. Salmonelles

Les Salmonelles appartiennent à la famille des *Entérobacteriaceae*, bacille à Gram négatif, anaérobie facultatif, habituellement mobiles grâce à une ciliature péritriche, mais des mutants immobiles peuvent exister (**BOURGOIS C.M. et MESCLE J., 1996**).

Les sérotypes adaptés à l'homme sont: Salmonella. Typhi et sérotypes S. paratyphi A et S. Sendai, responsables de la fièvre typhoïde humaine.

Les Salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varient énormément (**RODIER J., 2009**).

12. Différentes normes applicables aux eaux de consommation

12.1. La réglementation Algérienne

Ces textes sont tirés du journal officiel de la république Algérienne (N°3517-Aoul Safar 1419/27 Mai 1998) (ANNEXE 1).

➤ Norme de potabilité des eaux de consommation

La présente norme Algérienne NA 6360-1992 est inspirée des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives aux eaux et des normes prescrites dans les directives de la communauté Économique Européenne (CEE).

➤ Objet et domaine d'application

La présente norme a pour objet de fixer les spécifications organoleptiques, bactériologiques, physico-chimiques et toxicologiques des eaux destinées à la consommation.

ÉTUDE
DU MILIEU

1. Présentation et étude du site

1.1. Situation géographique

Située au Nord-Ouest de l'Algérie occidentale, la wilaya de Tlemcen représente une très grande variété de paysages, piémonts côtiers, plaines et plateaux, montagnes et steppes. Son nom vient du berbère Tala imsan.

Tlemcen est limitée géographiquement au Nord-est par la Wilaya de Aïn-Témouchent, à l'Est par la Wilaya de Sidi Bel-Abbes, à l'Ouest par la frontière Algéro-Marocaine et au Sud par la Wilaya de Naama.

- Superficie : 9.071,69 km²
- Nombre de communes : 53
- Nombre d'habitants : 140.158 (2008)

La ville de Tlemcen, est le chef-lieu de la wilaya de Tlemcen. Elle est située comme suit :

- Latitude : 34° 53' 24"
- Longitude : 1° 19' 12"
- Altitude en : 842 m

(WWW. Wikipedia.fr, 2014)

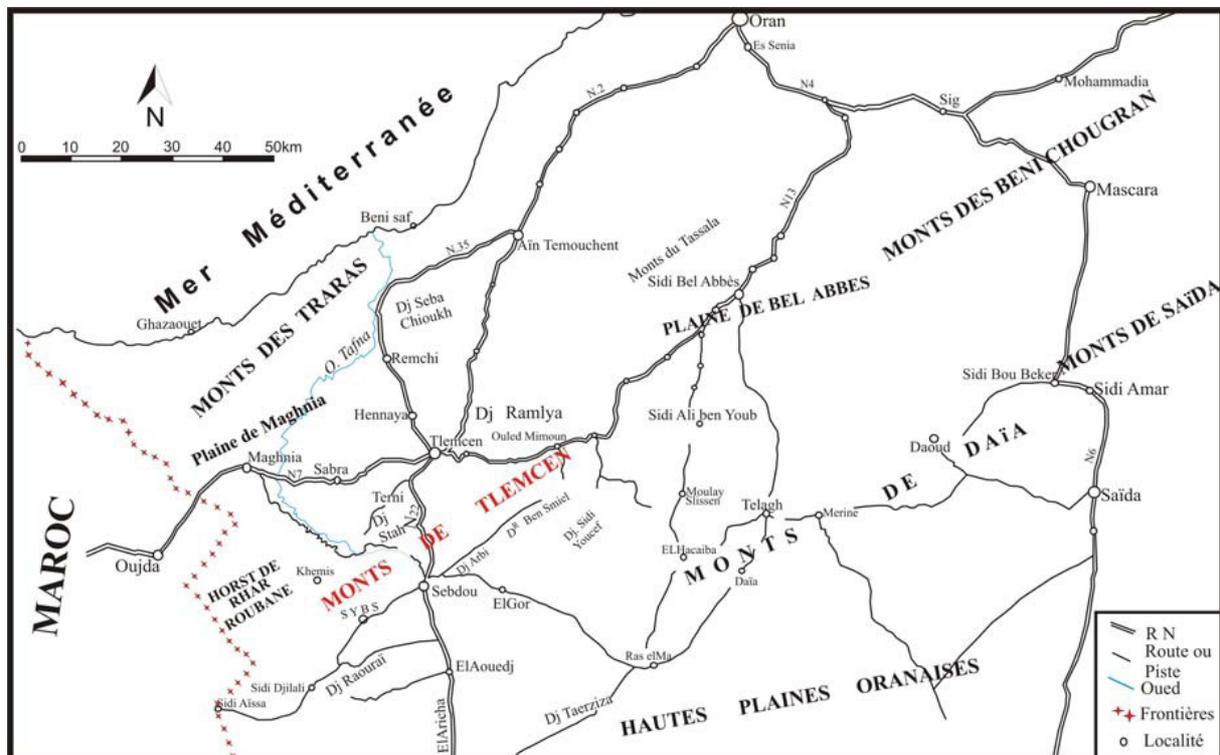


Figure 03 : Situation générale des Monts de Tlemcen.

Source : BENEST, 1985



Figure 04 : La source Attar
Source: [www.google earth.fr](http://www.google-earth.fr)

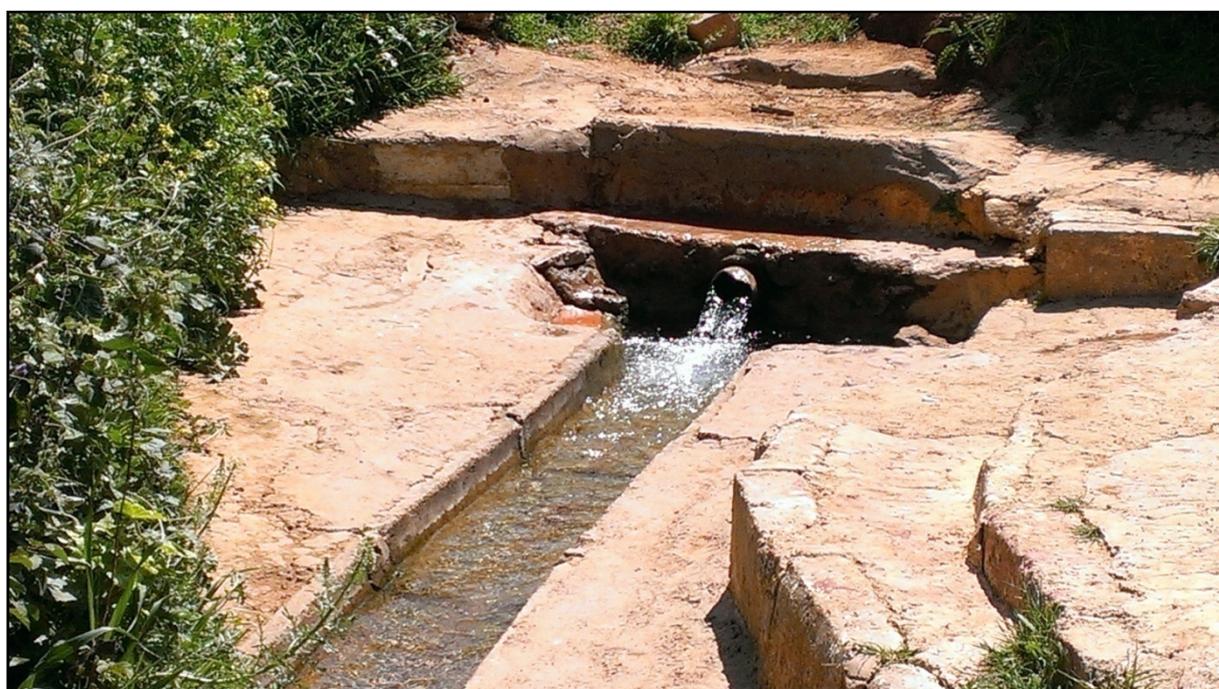


Figure 05 : Photo de la source Attar

1.2. Géomorphologie

1.2.1. Reliefs

Les monts de Tlemcen occupent plus d'un tiers du territoire de la wilaya, ils ont une altitude moyenne de 1200 m.

Les monts de Tlemcen forment un ensemble de plateaux karstiques, formés de calcaires jurassiques plissés élevé en escalier. Le sud de la commune est occupé par un relief à forte pente (20%); constitué essentiellement par la montagne de Zarifet qui culmine à 1060m d'altitude, le relief est très accidenté avec affleurement de roches ce qui explique l'existence de dépôts hétérométriques (galets, cailloux, blocs...).

Ce bref aperçu stratigraphique permet au niveau des monts de Tlemcen une grande diversité des faciès stratigraphiques représentés essentiellement par : des argiles, des calcaires, surtout des grès et des dolomies. Cette diversité annonce une variation sur le plan édaphique **(BENEST, 1985)**.

1.3. Étude du climat

Pour l'étude du climat, nous disposons de différentes méthodes .La première est basée sur la visualisation de l'étendue des périodes sèches et humides. La deuxième est basée sur le calcul d'indice permettant à partir des précipitations et des températures de caractériser le climat de la région.

1.3.1. Étude des précipitations

Les précipitations regroupent toutes les eaux météorologiques recueillies par un bassin versant ou une zone déterminée. Elles se représentent sous forme liquide (pluies, brouillard) ou solide (neige, gèle).

➤ **Précipitations mensuelles**

Tableau 06 : Valeurs mensuelles moyennes des précipitations de la station de Tlemcen
(Zenata 2000-2011)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
P (mm)	20,27	38,58	58,44	45,03	40,37	35,98	31,87	28,19	21,87	2,73	0,46	7,74

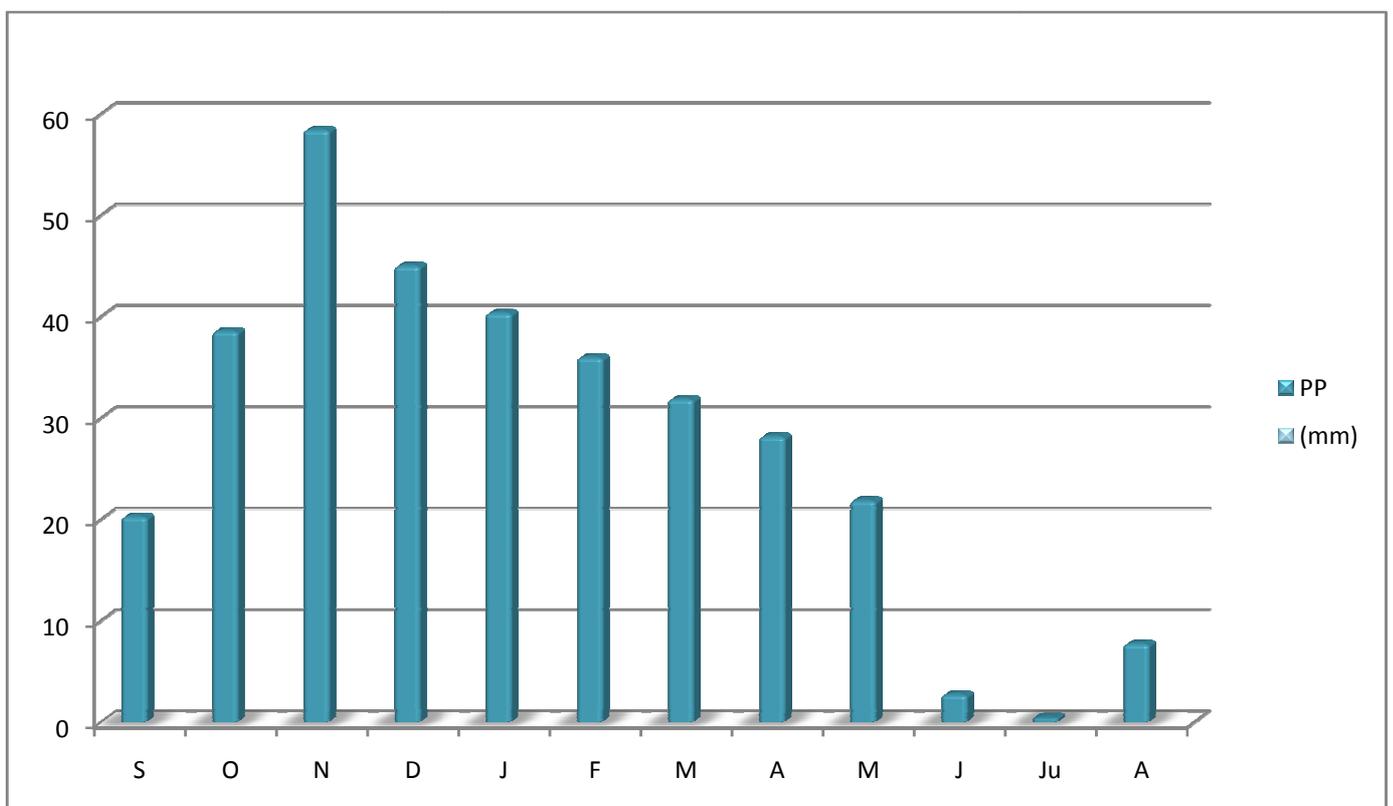


Figure 06 : Histogramme des précipitations mensuelles de la station de Tlemcen
(Zenata 2000-2011).

L'historgramme des précipitations mensuelles révèle que le mois de novembre est le plus humide, tandis que juillet est le moi le plus sec.

➤ **Précipitations saisonnières**

Tableau 07 : Précipitations saisonnières moyennes de la station de Tlemcen
(Zenata 2000-2011)

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Été
PP (mm)	115,25	121.38	81.93	10.92

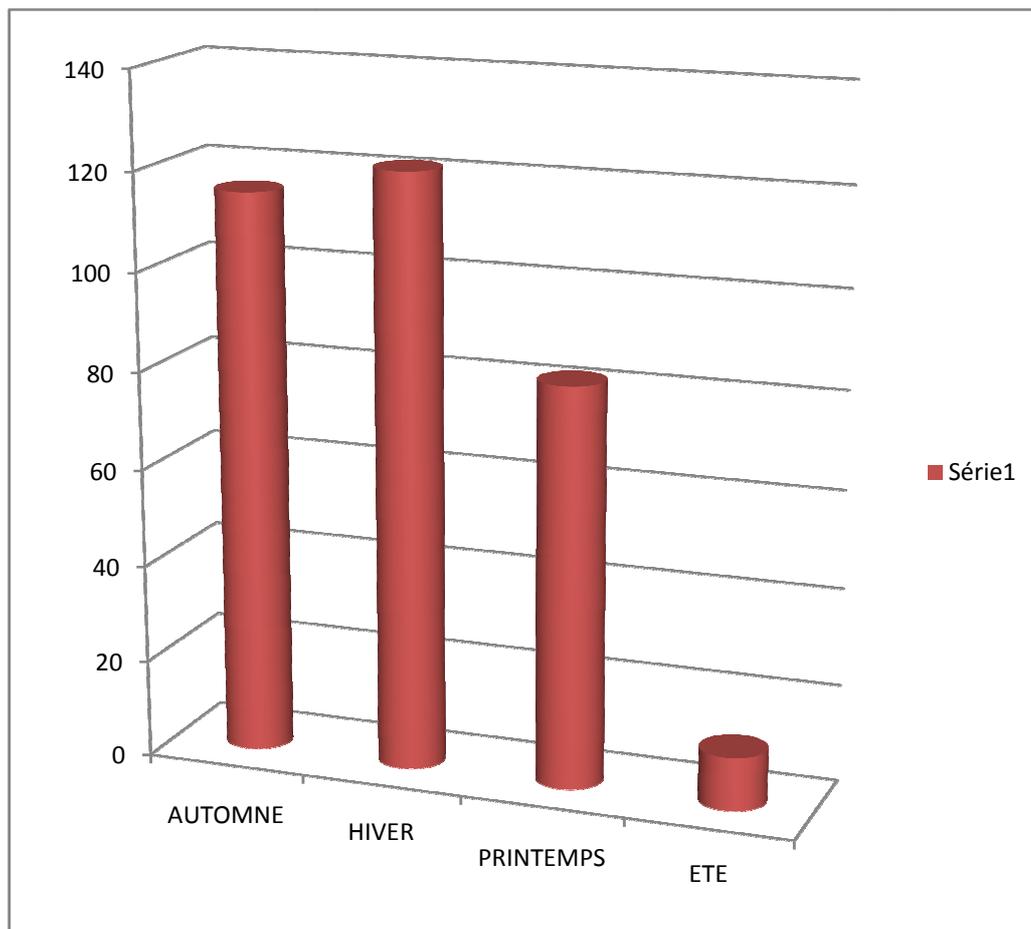


Figure 07 : Histogramme des précipitations saisonnières de la station de Tlemcen
(Zenata 2000-2011).

L'histogramme des précipitations saisonnières nous indique que l'hiver est la saison la plus humide tandis que l'été est la période la plus sèche.

1.3.2. Étude des Températures

Tableau 08 : Températures mensuelles de la station de Tlemcen

(Zenata 2000-2011).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T (°C)	23,66	19,88	14,62	12,27	10,95	12,19	14,44	15,85	18,81	23,4	26,65	26,69

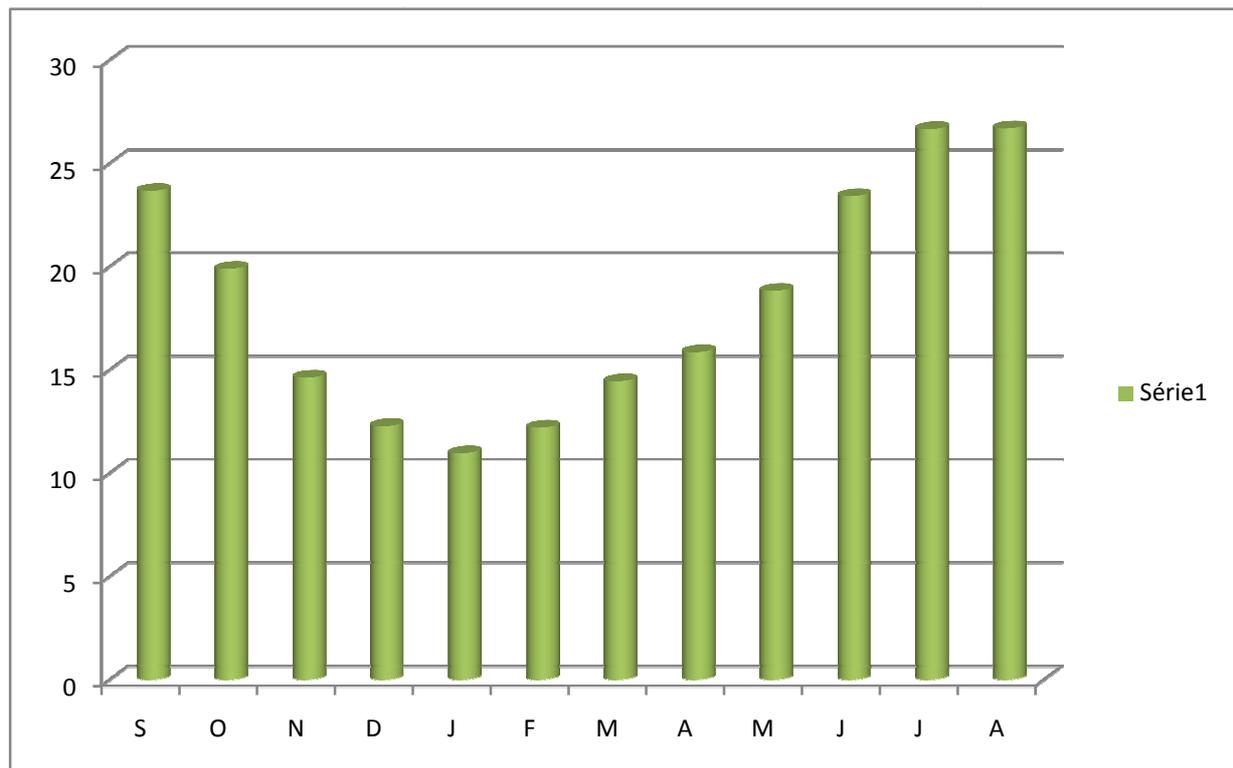


Figure 08 : Histogramme des températures moyennes mensuelles de la station de Tlemcen (Zenata 2000-2011).

Histogramme des températures moyennes de notre station indique que le mois le plus froid est le mois de Janvier par contre le mois d'Aout est le plus chaud.

Tableau 09 : Températures et précipitations moyennes mensuelles de la station de Tlemcen

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T° (°C)	23,66	19,88	14,62	12,27	10,95	12,19	14,44	15,85	18,81	23,4	26,65	26,69
PP (mm)	20,27	38,58	56,44	45,03	40,37	35,98	31,87	28,19	21,87	2,73	0,46	7,74

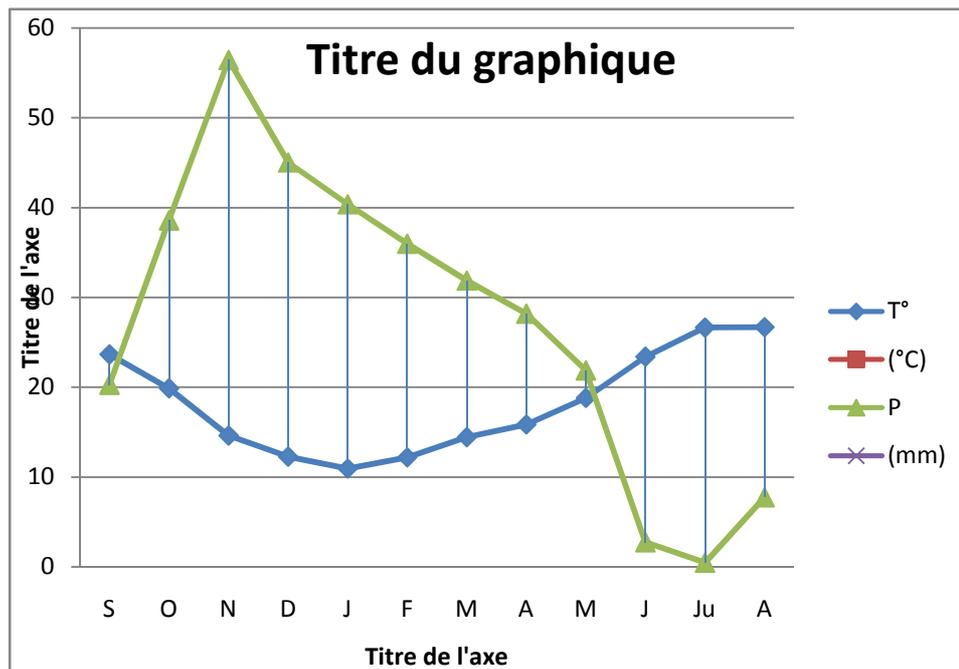


Figure 09: Diagramme ombrothermique de la station de Tlemcen

Pour un mois sec la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations ; quant au mois humide, la courbe des précipitations passe en dessus de celle des températures.

Nous constatons qu'à Tlemcen, la courbe de précipitation se situe en dessous de courbe thermique dès la mi-mai jusqu'au fin septembre correspondant à la période déficitaire.

Cependant elle se trouve au-dessus de la courbe des températures du mois d'octobre à la mi-mai correspondant à la période excédentaire.

1.4. Géologie

1.4.1. Les grès de Boumediene

D'âge Oxfordien supérieur-Kimméridgien inférieur, il s'agit d'un ensemble à dominance gréseuse, avec des passés argileuses masquées le plus souvent, par des éboulis ou la végétation.

Ces grès à ciment calcaire, se présentent en bancs assez durs, dont les épaisseurs sont variables pouvant atteindre 500 m.

Les grès de Boumediene sont particulièrement développés dans les forêts de Zarifet et d'Ahfir au SW de Terny et au niveau des cascades d'El Ourit au Sud du bassin d'oued Sekkak **(BOUANANI A.R., 2004)**.

1.4.2. Les calcaires de Zarifet

Il s'agit de bancs calcaires séparés par de minces intercalations de calcaires marneux écailleux, parfois quelques peu fossilifères, marquant presque partout la base très nette du Kimméridgien et reposent directement en concordance sur les grès de Boumediene formant les falaises des environs de Tlemcen. L'épaisseur de cette formation peut atteindre 25 m au col de Zarifet **(BOUANANI A.R., 2004)**.

1.4.3. Dolomies de Tlemcen

D'âge Kimméridgien moyen-Kimméridgien supérieur, il s'agit de dolomies cristallines grises, avec de nombreuses cavités remplies de calcite. Elles affleurent autour d'Ain Fezza, dans la forêt de Zarifet, au Nord de Tlemcen, dans les djebels Teffatiss et, Ain El Houtz et sur le plateau de Terny; Elles peuvent être surmontées par les calcaires de Stah épargnés par la dolomitisation. Cette formation peut atteindre 200 m aux environs de Tlemcen à El Ourit et on la rencontre dans tous les sous-bassins étudiés **(BOUANANI A.R., 2004)**.

MATERIELS

ET

METHODES

1. Analyse de l'eau

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physicochimiques et microbiologiques de l'eau de la source : source Attar.

Les analyses bactériologiques et physicochimiques ont été réalisées au sein du laboratoire de l'ADE Tlemcen.

L'étude de qualité de l'eau de source comporte trois étapes :

- Prélèvement, échantillonnage
- Analyse
- Interprétation

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

2. Échantillonnage et modes de prélèvements

Les échantillons sont pris dans des flacons en verre de 250 ml stérilisés, s'ils font objet d'une analyse bactériologique et pour l'analyse physico-chimique on utilise des flacons en P.E.T (Poly Éthylène) de 1,5 litre bien nettoyés.

La date, l'heure de prélèvement, la température de l'eau et l'air, le pH et la conductivité sont relevés sur site.

La source coule à travers un grand tuyau qui permet de remplir directement les flacons et les bouteilles. Dans le cas de l'analyse bactériologique, on laisse donc l'eau couler pendant un certain moment au voisinage d'une flamme puis on remplit les flacons.

L'analyse doit être effectuée le plus vite possible en transportant les échantillons dans des glacières, dont la température est comprise entre 4 et 6°C. Car la variation de cette dernière est susceptible de modifier la population bactérienne.

3. Méthodes d'analyses organoleptiques

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement.

3.1 .Test de la couleur

La couleur a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplis d'eau prélevée de la source.

3.2 .Test de l'odeur et de la saveur

L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.

La saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation.

3.3 .Mesure de la 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 néphélogéométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser.

4. Méthodes d'analyses physicochimiques

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et d'éventuels éléments traces.

La conductivité, la température et le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.

4.1. Mesure de la température

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

4.2 .Mesure du 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.

4.3. Mesure de la conductivité

Elle est mesurée à l'aide d'un conductivimètre à l'électrode constitué de deux lames carrées de 1cm de côté en platine, on émerge complètement l'électrode dans l'eau à analyser.

➤ **Mode opératoire.** (ANNEXE 02).

4.4. Mesure de la minéralisation

À partir de la conductivité (Tableau 03)

4.5. Dosage de l'alcalimétrie (TA)

4.5.1. Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCL), dilué en présence de la phénophtaléine

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

4.5.2. Réactifs utilisés, mode opératoire (ANNEXE 02)

4.5.3. Expression des résultats

$\text{TA} = (\text{NHCL} \times \text{VHCL}) \times 1000/\text{Vo}$ en meqg.

NHCL: Normalité d'HCL;

VHCL : Volume d'HCL;

Vo : Volume de l'échantillon.

4.6. Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)

4.6.1. Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (HCl), dilué en présence de méthyle orange.

Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.

4.6.2. Réactifs utilisés, mode opératoire : (ANNEXE 02).

4.6.3. Expression des résultats

$\text{TAC} = (\text{NHCL} \times \text{VHCL}) \times 1000/\text{Vo}$ en meqg.

NHCL: Normalité d'HCL ;

VHCL: Volume d'HCL ;

Vo : Volume de l'échantillon.

4.7. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

4.7.1. Principe

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel di sodique de l'Acide Éthylène Diamintetracétique (EDTA).

4.7.2. Réactif utilisés, mode opératoire : (ANNEXE 02).

4.7.3. Expression des résultats

$$TH = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) \times 1000/V_0 \text{ en meqg.}$$

TH : C'est le titre hydrométrique en meqg

$$(1 \text{ meqg} = 5 \text{ }^\circ\text{F})$$

N_{EDTA} : Normalité d'EDTA ;

V_{EDTA}: Volume d'EDTA ;

V_o : Volume de l'échantillon.

4.8. Dosage des ions calcium

4.8.1. Principe

Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant on précipite le magnésium sous forme de Mg (OH)₂ vers un pH = 12, par addition de la soude, indicateur utilisé est sensible aux seuls ions de calcium, c'est le murexide qui répond à cette condition.

4.8.2. Réactifs utilisés, mode opératoire (ANNEXE 02).

4.8.3. Expression des résultats

$$[Ca^{2+}] = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) \times 1000/V_0 \times 20 \text{ (en mg/L).}$$

4.9. Dosage des ions magnésium

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne.

$$TH = TCa^{2+} + TMg^{2+} \quad \Longrightarrow \quad TMg^{2+} = TH - TCa^{2+} \text{ (en mg/L)}$$

TH: Dureté totale ;

TCa²⁺: Dureté calcique;

TMg²⁺:Dureté magnésienne.

4.10. Dosage d'ion chlorure : Méthode de Mohr

4.10.1. Principe

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

4.10.2. Réactifs utilisés, mode opératoire (ANNEXE 02).

4.10.3. Expression des résultats

$$[Cl^-] = (N_{AgNO_3} \times V_{AgNO_3}) \times 10000/V_0 \times 35.45 \text{ (en mg/L).}$$

N_{AgNO₃}: Normalité d'AgNO₃;

V_{AgNO₃}: Volume d'AgNO₃;

V_o: Volume de l'échantillon.

4.11. Dosage des ions sulfates par spectrophotomètre UV visible

4.11.1. Principe

Les ions sulfates de l'échantillon réagissent avec le Baryum du Sulfa Ver 4 pour former un précipité de sulfate de baryum.

L'intensité de la turbidité est proportionnelle à la concentration en sulfate.

Le Sulfa Ver 4 renferme également un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension. La lecture est obtenue à 450 nm.

4.11.2. Réactifs utilisés, mode opératoire (ANNEXE 03).

5. Paramètres de pollution

Le mode opératoire des paramètres de pollution a été mentionné dans Annexe3. Selon le programme HACH.

5.1. Dosage des nitrites par spectrophotomètre UV visible

5.1.1. Principe

Le nitrite présent dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Ce dernier se combine à l'acide chromo tropique pour produire un complexe de couleur rose dont l'intensité est directement proportionnelle à la concentration de nitrite dans la solution. La lecture est obtenue à 507 nm.

5.1.2. Réactifs utilisés, mode opératoire (ANNEXE 03).

5.2. Dosage de l'ammonium par spectrophotomètre UV visible

5.2.1. Principe

Le stabilisateur minéral complexe la dureté de l'échantillon. Le dispersant à l'alcool polyvinylique favorise la coloration lors de la réaction du réactif au Nessler avec les ions d'Ammonium. La coloration jaune est proportionnelle à la concentration en ammoniacque. La lecture est obtenue à 425 nm.

5.2.2. Réactifs utilisés, mode opératoire (ANNEXE 03).

5.3. Dosage des nitrates par spectrophotomètre UV visible

5.3.1. Principe

Le nitrate présent dans l'échantillon réagit avec l'acide chromo-tropique en condition fortement acide pour former un produit jaune dont l'absorbance maximale se mesure à 410 nm.

5.3.2. Réactifs utilisés, mode opératoire (ANNEXE 03).

5.4. Dosage de phosphate par spectrophotomètre UV visible

5.4.1. Principe

L'orthophosphate réagit avec le molybdate dans le réactif Phos Ver 3 pour former un complexe phosphomolybdate. Ce complexe est réduit par l'acide ascorbique contenu dans le réactif Phos Ver 3, donnant une coloration bleue proportionnelle à la concentration de phosphanate présente dans l'échantillon initial. La lecture est obtenue à 880 nm.

5.4.2. Réactifs utilisés, mode opératoire (ANNEXE 03).

5.5. Dosage de fer total par spectrophotomètre UV visible

5.5.1. Principe

Le réactif pour Ferro Ver convertit la totalité du fer soluble et la plus grande partie du fer insoluble de l'échantillon en fer ferreux soluble.

Le fer ferreux réagit avec la 1.10 phénanthroline (indicateur) du réactif pour développer une coloration orange proportionnelle à la concentration de fer. La lecture est obtenue à 510 nm.

5.5.2. Réactifs utilisés, mode opératoire (ANNEXE 03).

6. Méthodes d'analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de L'A.D.E de Tlemcen, consistent à rechercher :

- Les *Germes totaux* ;
- Les *Coliformes totaux et fécaux* ;
- Les *Streptocoques fécaux* ;
- Les *Clostridium sulfito-réducteurs*.

6.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

6.1.1. Milieu de culture

Gélose Glucose Tryptonée à l'extrait de Levure et Agar TGEA.

6.1.2. Mode opératoire

- On prend deux boîtes de pétri stériles et on note sur chaque boîte la date et la température d'incubation ;
- Près d'un bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boîte ;
- On fait couler la gélose préalablement fondue et refroidie à 45 °C ;

- On agite doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène;
- On incube une boîte à 37 °C pendant 48 heures et l'autre à 22 °C pendant 72 heures.

6.1.3. Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en nombre des UFC par 1 ml.

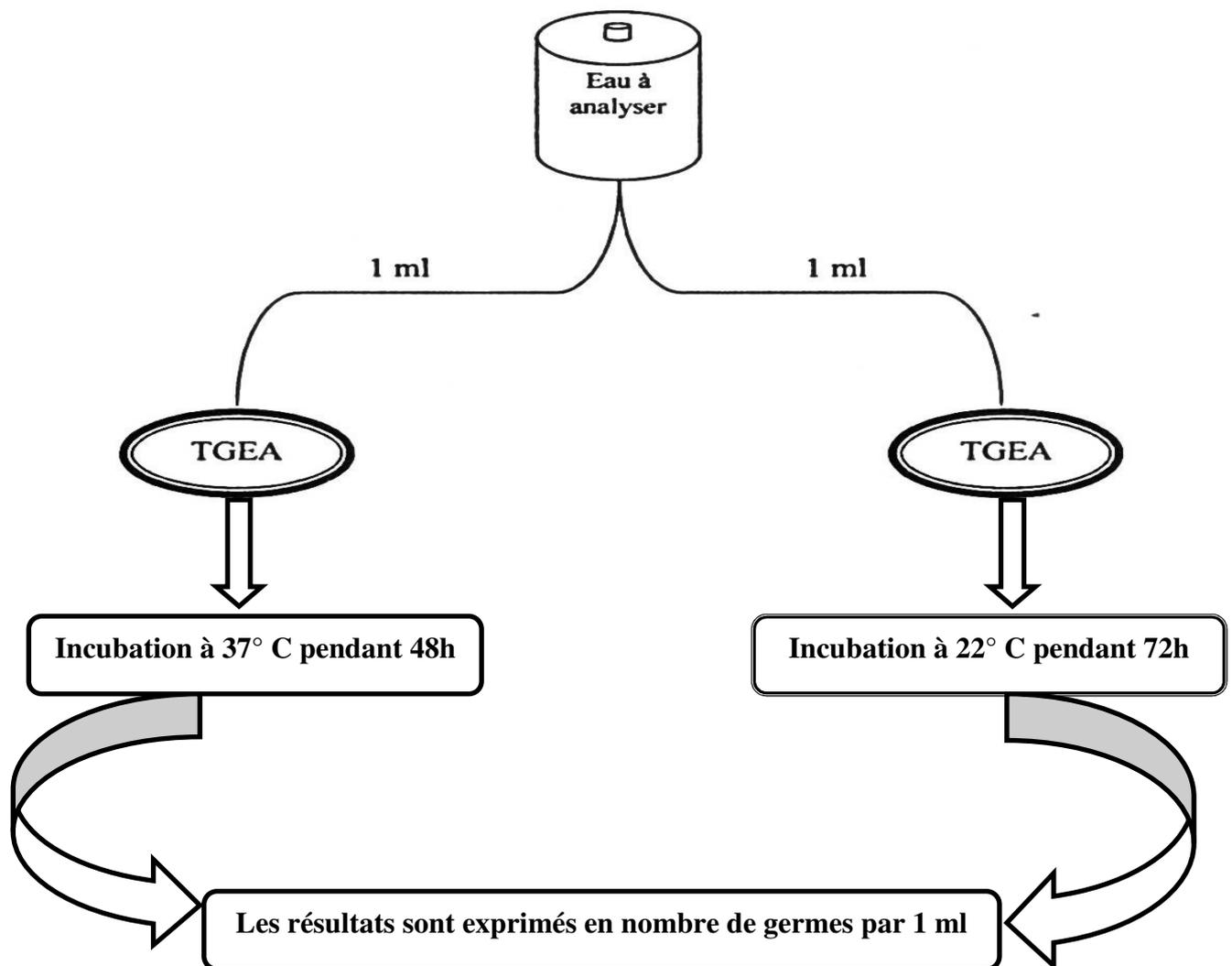


Figure 10 : Recherche et dénombrement des *germes totaux*.

6.2. Recherche et dénombrement des coliformes et d'*Escherichia coli*

6.2.1. Milieux de culture

- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à double concentration (D/C) ;
- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple concentration (S/C) ;
- milieu de confirmation : bouillon de schubert ;
- réactif de kovacs pour la recherche d'indole.

6.2.2. Mode opératoire

1^{ère} étape: Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes.

On ensemence

- 3 tubes de 10 ml de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures ;
- Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche.

❖ Expression des résultats des *Coliformes totaux*

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

2^{ème} étape: Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. Coli*.

- On repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ;
- On incube à 44 °C pendant 24 heures ;
- On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois ;
 - ✓ Un trouble avec un dégagement gazeux ;
 - ✓ Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E. Coli* Après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.

6.2.3. Expression des résultats des *Coliformes fécaux*

Le dénombrement d'*E. Coli* s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Credy.

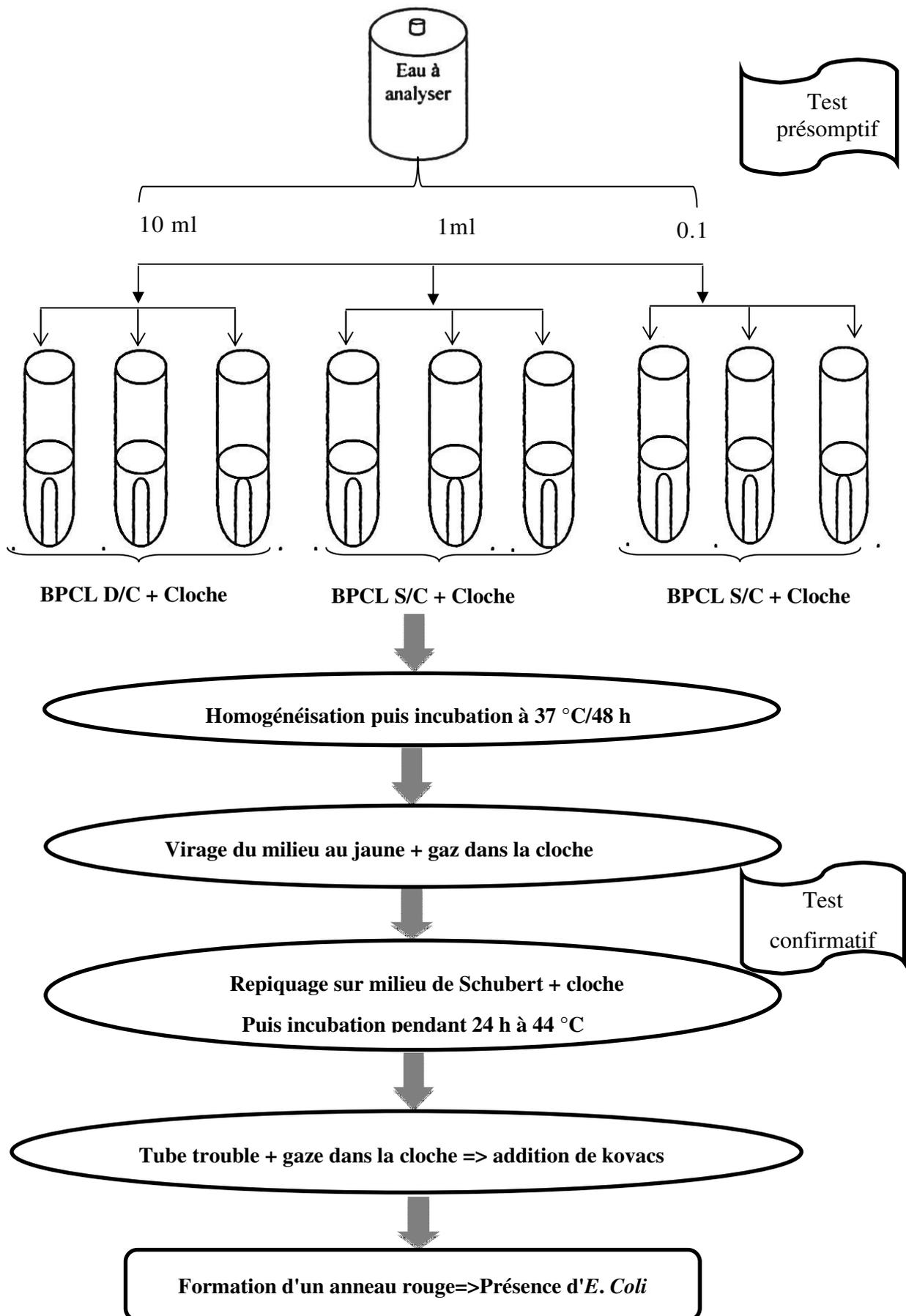


Figure 11: Recherche et dénombrement des coliformes et *d'E. Coli*.

6.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

6.3.1. Milieu de culture

- Milieu de Rothe à double concentration (D/C) ;
- Milieu de Rothe à simple concentration (S/C) ;
- Milieu de confirmation Eva Litsky.

6.3.2. Mode opératoire

1^{ère} étape : Test présomptif

On ensemence

- 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (D/C) avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (S/C) avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de bouillon de Rothe (S/C) avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- On incube à 37 °C à 48 heures ;
- Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs et sont soumis au test confirmatif.

2^{ème} étape : Test confirmatif

- On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Eva Litsky à l'éthyle violet d'acide de sodium ;
- On incube à 37 °C pendant 24 heures ;
- L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un *STREPTOCOQUE FECALE*, parfois la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

6.3.3. Expression des résultats

Les résultats de dénombrement sont exprimés comme ceux *d'E. Coli* en nombre de germes par 100 ml d'échantillon. En se référant à la table Mac Credy.

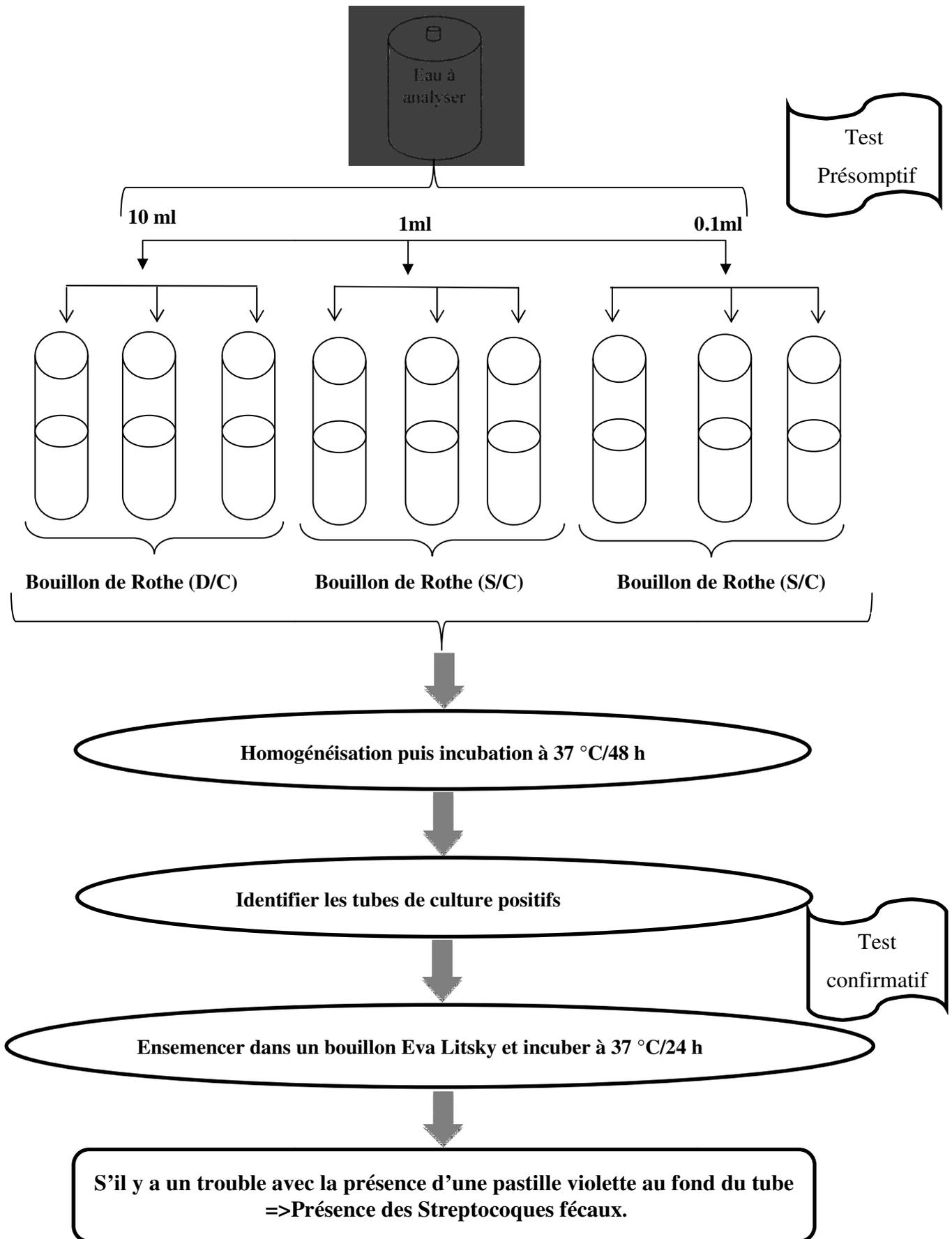


Figure 12: Recherche et dénombrement des *Streptocoques Fécaux*

6.4. Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*

6.4.1. Milieu de culture

- Gélose viande foie (VF) ;
- Additifs de sulfite de sodium ;
- Additifs d'alun de fer.

6.4.2. Mode opératoire

❖ **Forme sporulée**

- On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'échantillon d'eau à analyser (5 ml dans chaque tubes) ;
- On place les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 mn ; dans le but de détruire toutes les formes végétatives.
- On refroidit à 45 °C puis on ajoute 2 gouttes d'alun de fer et 4 gouttes de sulfites de sodium puis on remplit les 4 tubes par la gélose viande foie;
- On mélange doucement, en évitant d'introduire les bulles d'air ;
- On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 24 heures, car très souvent les spores des anaérobies sulfito-réducteurs sont envahissantes ce qui rendra la lecture impossible,
Sinon on fera une deuxième lecture après 48 heures ;
- Les *Clostridium sulfito-réducteurs* réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium.

❖ **Forme végétative**

La recherche des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs sous forme végétative se fait de la même manière que celle de la forme sporulée à l'exception de l'étape du chauffage.

6.4.3. Expression des résultats

- On compte toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre dans chaque tube et on rapporte le nombre total des colonies dans les 4 tubes.
- On exprime les résultats en nombre de germes par 20 ml.

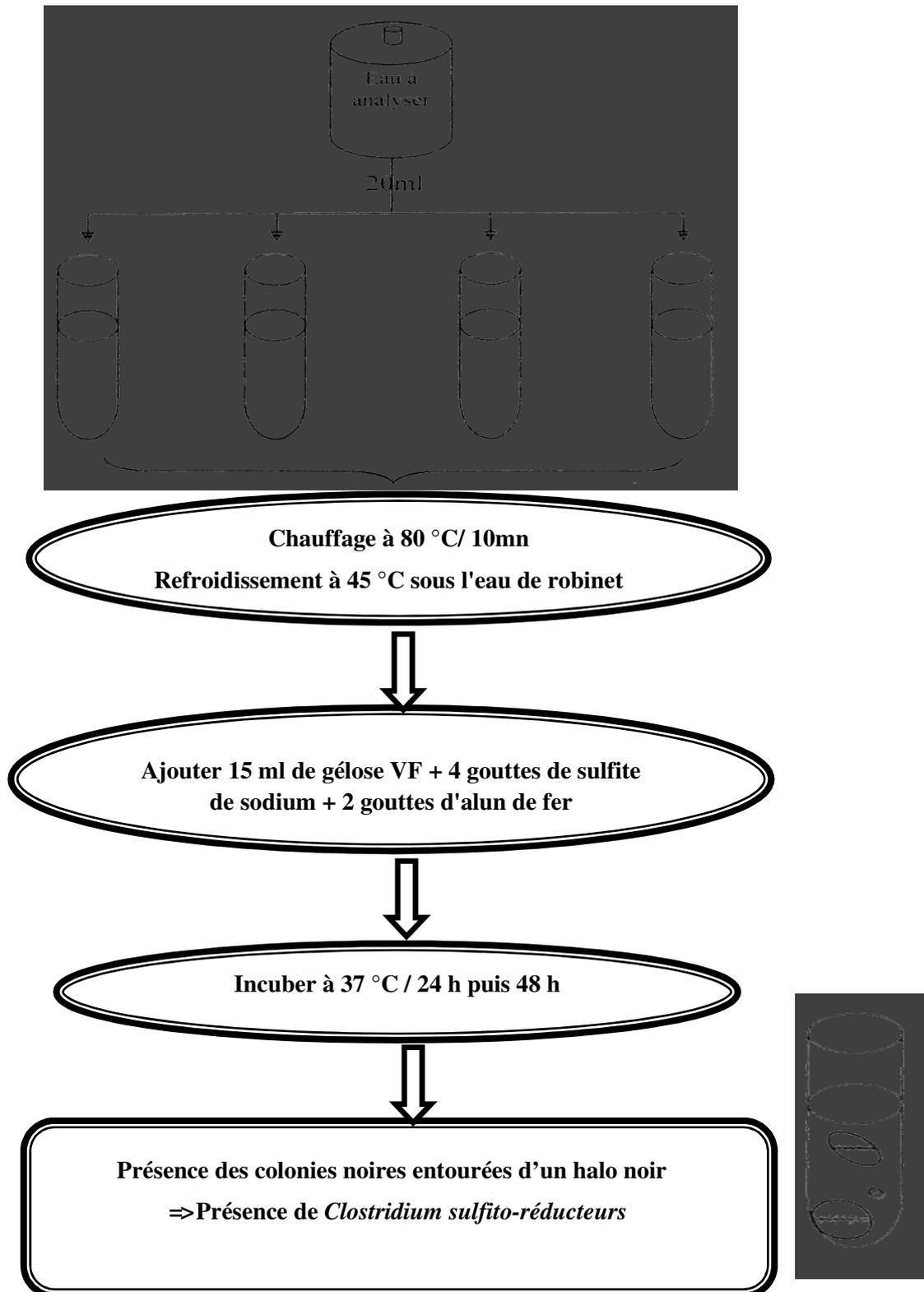


Figure 13 : Recherche et dénombrement des spores des *Clostridium sulfite-réducteurs*

RESULTATS
ET
DISCUSSIONS

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

Les eaux souterraines sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles, néanmoins, de nombreuses nappes sont influencées par la qualité des eaux de surface (ARMAND L., 1996).

1. Les analyses physico-chimiques

1.1. Résultats des analyses

Les analyses ont pour but d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau de la source Attar ; pour cela trois prélèvements ont été effectués chaque mois.

Tableau 10: Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de source Attar

Paramètres	1 ^{er} Prélèvement 18/02/2014	2 ^{eme} Prélèvement 17/03/2014	3 ^{eme} Prélèvement 15/04/2014	Normes Algériennes	Unités
PH	7.17 à 14.3°C	7.08 à 16.2 °C	7.25 à 15.9°C	6.5-8.5	-
Conductivité	881 à 14.5 °C	878 à 16.4 °C	886 à 15.3°C	2800	µs/cm
Salinité	0.2 à 14.5 °C	0.2 à 16.1 °C	0.2 à 15.2°C	-	g/l
Turbidité	0.656	0.427	0.570	5	NTU
TA	00	00	00	-	mg/L
TAC	335	335	337	500	mg/L
TH (dureté totale)	45.6	43.6	44.5	50	°F
Ca ⁺⁺	59	58	57	200	mg/L
Mg ⁺⁺	71	70	73	150	mg/L
CL ⁻	49	49	52	500	mg/L
CO ₃ ⁻	00	00	00	-	mg/L
HCO ₃ ⁻	409	409	411	-	mg/L
CaCO ₃	456	436	445	500	mg/L
Nitrites (NO ₂ ⁻)	<0.001	<0.001	<0.001	0.1	mg/L
Ammonium (NH ₄ ⁺)	<0.01	<0.01	<0.01	0.5	mg/L
Phosphores P	0.03	0.01	0.03	5	mg/L
Phosphates (Po ₄ ³⁻)	0.09	0.03	0.09	0.5	mg/L
Fer(Fe)	0.02	0.04	0.01	0.3	mg/L
Sulfates (So ₄ ⁻²)	34	34	38	400	mg/L
Nitrates (NO ₃ ⁻)	74.8	69	68.2	50	mg/L

1.2. Classification de l'eau de source

1.2.1. Classification selon Stabler

Selon Stabler, la classification des eaux se fait tout simplement en comparant les teneurs en pourcentage des cations entre eux et des anions entre eux.

Dans notre cas, la teneur en magnésium (Mg^{2+}) est la plus élevée parmi les cations considérés et pour les anions c'est la teneur en bicarbonates (HCO_3^-) qui est la plus élevée.

Cette classification montre que l'eau de la source Attar est bicarbonatée et magnésienne.

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

1.3. Interprétation et discussion

La composition minérale des eaux dépend généralement des terrains traversés, principalement des différentes couches géologiques ainsi que la charge physico-chimique et biologique des eaux d'infiltrations.

Les analyses permettent aussi de déterminer la concentration de certaines substances qui peuvent rendre 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 :

1.3.1. Paramètres organoleptiques

➤ Odeur

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

➤ Couleur

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

➤ Turbidité

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau.

La turbidité traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.). L'eau étudiée est une eau claire ; ceci est dû à l'infiltration de l'eau dans le sol. Elle a une turbidité qui varie entre 0.427 et 0.656 NTU ce qui est conforme à la norme algérienne qui recommande comme valeur limite 5 NTU au maximum.

1.3.2. Paramètres physico- chimiques

➤ Le potentiel d'hydrogène (pH)

C'est l'un des paramètres parmi les plus importants pour 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**).

Le pH obtenu pour notre eau étudiée est de 7,08 à 7,25, ceci est conforme aux normes algériennes qui fixent des valeurs de pH entre 6.5 et 8.5.

➤ 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 température de notre eau étudiée est presque constante (14 et 16°C) malgré le changement de température de l'air selon le climat (16.8 et 30°C). Ceci montre que la zone de l'aquifère est assez profonde.

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

➤ La conductivité

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment (**FRANK J. et KEMMER N., 1992**).

L'eau étudiée présente des valeurs comprises entre 878 et 886 $\mu\text{s}/\text{cm}$ qui restent conformes à la norme algérienne indiquant une valeur limitée de 2880 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 20°C.

➤ 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 de l'eau de la source Attar est comprise entre 43.6 et 45.6 °F (436 et 456 mg/l de CaCO_3).

Elle répond aux normes indiquées par la réglementation Algérienne.

➤ 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 l'eau étudiée les valeurs de calcium trouvées sont comprises entre 57 et 59 mg/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 des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies du jurassique ou du trias moyen) (RODIER J., 2005).

Notre eau présente des teneurs importantes de magnésium, la valeur déterminée pour l'eau étudiée varie entre 70 à 73 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.

➤ L'ion chlorure

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés.

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l.

La teneur de notre échantillon est comprise entre 49 et 52 mg/l. Elle reste conforme aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

➤ Les bicarbonates

La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés (RODIER J., 2005). 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.

L'eau de la source Attar à une teneur élevée en bicarbonates par rapport aux ions considérés. Cette teneur confirme son origine bicarbonatée.

➤ L'ion sulfate

La valeur des sulfates trouvée au niveau de la source étudiée est comprise entre 34 et 38 mg/l, elle reste inférieure à la concentration maximale admissible décrétée par les normes Algériennes 400 mg/L. et même inférieure au niveau guide évalué à 200 mg/L.

➤ L'ion phosphate

Des teneurs supérieures à 0.5 mg/L doivent constituer un indice de pollution. Ce n'est pas le cas pour notre eau étudiée, nous avons trouvé une teneur comprise entre 0.03 et 0.09 mg/L ; Elle est inférieure aux normes prescrites par la réglementation algérienne qui fixent une valeur maximale admissible de 0.5 mg/l.

➤ 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 maximale de 0.1 mg/L, la valeur enregistrée de nitrite pour l'eau étudiée est inférieure à 0.001 mg/L ce qui répond aux normes.

➤ 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 notre source est inférieure à 0.01 mg/L, elle est dans la norme prescrite.

➤ 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, l'écoulement de décharge d'ordures, ou de contamination avec les déchets des animaux ou des humaines.

Pour l'eau étudiée, la valeur des nitrates obtenue est supérieure à la norme prescrite, elle est comprise entre 68.2 et 74.8 mg/l.

Donc, elle est de qualité médiocre par rapport à La réglementation algérienne qui recommande pour les eaux naturelles une valeur limite de 50 mg/L au maximum; Car une teneur en nitrate supérieure à la valeur citée peut provoquer des risques de méthémoglobinémie chez les nourrissons de moins de six mois alimentés au biberon, en raison que les nitrates (NO_3^-) transformés en nitrites (NO_2^-) dans l'estomac, conduisent à l'oxydation et à la transformation de l'hémoglobine. Cet effet toxique, appelée également «cyanose du nourrisson» ou « syndrome du bébé bleu », entraîne une réduction des capacités de transport de l'oxygène par le sang. Chez l'adulte, les nitrites sont soupçonnés de provoquer des cancers.

Ce qui implique que cette eau ne peut pas être consommée sauf, s'il elle est mélangée avec une autre eau contenant une faible dose en nitrate ou elle passe par des traitements spécifiques tels que l'échange ionique sur résines (ou une dénitrification).

➤ L'ion fer

La valeur limite donnée par la réglementation Algérienne est de 0.3 mg/L. les résultats obtenus pour notre eau étudiée sont conformes aux normes prescrites. Ces derniers sont compris entre 0.01 et 0.04 mg/l.

2. Les analyses bactériologiques

2.1. Résultats des analyses

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire ADE, et consiste à la recherche des *Coliformes totaux* et *fécaux*, des *Streptocoques fécaux*, des *Clostridium sulfito-réducteurs* et des *germes totaux*. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 11: Les résultats des analyses bactériologiques

Paramètres	1 ^{er} Prélèvement 18/02/2014	2 ^{eme} Prélèvement 17/03/2014	3 ^{eme} Prélèvement 15/04/2014	Normes Algériennes
Coliformes Totaux	00	00	00	00
Coliformes fécaux	00	00	00	00
Streptocoques fécaux	00	00	00	00
Clostridium sulfito- réducteurs	FV : 00 FS : 00	FV : 00 FS : 00	FV : 00 FS : 00	02 00
Germes Totaux à 37°C	04	08	10	10
Germes Totaux à 22°C	10	00	02	100

FV : forme végétative

FS : forme sporulée

2.2. Interprétation et discussion

L'eau souterraine est le vecteur des microorganismes pathogènes ou non pathogènes.

Lorsque le pouvoir d'autoépurations du sol est très efficace, pratiquement l'eau souterraine en est dépourvue dans les conditions naturelles. Un problème particulier est posé par les aquifères Karstiques au sein desquels l'autoépuration est faible, nulle (**CASTANY G., 1982**).

Les eaux des nappes peu profondes sont souvent contaminées après de fortes précipitations (**RODIER J., 2009**).

Concernant l'eau de la source Attar, les analyses bactériologiques ont permis d'en déduire les résultats suivants :

2.2.1. Les Coliformes totaux et fécaux

Les Coliformes totaux parmi lesquels *E.coli*, représentent approximativement 10% des micro-organismes intestinaux humaines et animaux, sont considérées comme étant un organisme indicateur de pollution.

La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence des coliformes fécaux et des coliformes totaux dans 100 ml.

En ce qui concerne l'eau en objet, on constate l'absence des coliformes totaux témoignée par l'inexistence des tubes positifs confirmant l'absence des coliformes fécaux, en particulier *Escherichia-Coli*. Ceci montre que l'eau de la source ATTAR est conforme aux normes concernant les coliformes fécaux.

2.2.2. Les Streptocoques fécaux

La même exigence pour les coliformes fécaux est portée sur les Streptocoques fécaux, c'est aussi le cas de l'eau étudiée ; on constate l'absence totale des Streptocoques fécaux. Confirmant ainsi les normes de potabilité en relation avec ce paramètre.

2.2.3. Les Clostridium sulfito- réducteurs

Les Clostridium sulfito- réducteurs sont aussi d'origine fécale, si elles se trouvent normalement dans les matières fécales elles peuvent également vivre et se multiplier dans les milieux naturels. Elles sont souvent recherchées pour vérifier l'autoépuration des sols vis-à-vis de l'eau.

Les deux formes des Clostridium Sulfito- Réducteurs (sporulées et végétatives) sont absentes dans l'eau étudiée, ce qui correspond aux normes algériennes qui excluent sa présence.

2.2.4. Les Germes totaux

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique ; celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne. La stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe de protection.

Les résultats obtenus varient entre 02 et 10 germes /ml à 22°C, et 04 à 10 germes /ml à 37°C. Ils restent toutes fois conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne (≤ 10 germes par ml à 37°C et ≤ 100 germes par ml à 22° C).

CONCLUSION
ET
RECOMMENDATIONS

Conclusion et recommandations

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

L'étude menée au cours de ce modeste travail à pour but d'évaluer la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Attar située à la ville de Tlemcen destinée à la consommation humaine.

Il en ressort de cette étude que :

L'eau de cette source est classée comme une eau bicarbonatée avec une prédominance du magnésium ; Donc cette eau provient des terrains qui se caractérisent par une formation rocheuse de type calcaire dolomitique (Nature des Monts de Tlemcen).

Du point de vue organoleptiques, les échantillons prélevés sont clairs ne présentent ni odeur, ni saveur désagréable.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé:

- Une dureté importante est de l'ordre de 44.5°F (445mg/l); donc c'est une eau qui est très dure.
- Une conductivité moyenne de 882μs/cm; donc c'est une eau minéralisée.
- Une teneur en nitrate élevée dépassant la norme de potabilité de l'eau.

L'origine des nitrates peut provenir des terrains traversés par l'eau, on ne peut en déduire qu'une origine artificielle « pollution » vu qu'en amont il existe des habitations et que la source est située dans une région agricole. Et cette dernière n'est pas protégée par des périmètres de protection selon la réglementation algérienne en vigueur.

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

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

Concernant les paramètres physico-chimiques effectués obéissent aux normes de potabilité de l'eau à l'exception des nitrates.

En conséquence, il est nécessaire de rechercher par une étude hydrogéologique l'origine de cette pollution qui est due par les nitrates et de protéger le périmètre proche de l'émergence de l'eau pour éviter les risques de contaminations.

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

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

A

- **ALPHA SIDIKI MAIGA, 2005.** Qualité organoleptique de l'eau dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Bamako. Mali. P 20.
- **ANDRIAMIRADIS L., 2005.** Mémento technique de l'eau. 2^{ème} édition: Degremont.P: 8.
- **ARMAND L., 1996.** Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc. P : 37.

B

- **BERNARD C., 2007.** Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar .llc.
- **BERNE F. et CORDONNIER J., 1991.** Traitement des eaux. Edition : Tec. P : 6-14.
- **BENEST., 1985.** Évolution de la plate-forme de l'Ouest Algérien et du Nord-est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : stratigraphie, milieux de dépôt et dynamique sédimentaire. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 95, 581.P : 145.
- **BONNIN J., 1982.** Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles. P : 23-24-27-32-33.
- **BONTOUX J., 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces : qualité et santé, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons.2^{ème} édition : Cebedoc. P : 81-82-120.
- **BOUANANI A.R., 2004.** Hydrologie, transport solide et modélisation, étude de quelques sous bassins de la Tafna (NW-Algérie).Thèse de doctorat. Institut de géologie. Université de Tlemcen.
- **BOURGEOIS C.M., MESCLE J. F.et ZUCCA J., 1991.** Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1 .Edition: Lavoisier .Tec et Doc .P: 260- 261.
- **BOURGEOIS C.M., MESCLE J.F., 1996.** Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier .P : 5- 6.
- **BRIERE F.G., 2000.** Distribution et collecte des eaux. 2^{ème} édition : École Polytechnique de Montréal .P :299-300.

C

- **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.

- **CODEX STAN et COIN, 1981.** La pratique de l'eau : usages domestiques .Collectif et industriel .Édition : Moniteur. Paris : 3-29-326-327.
- **COULAIS J .M., 2002.** Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves. Édition. des ateliers.
- **CRUYPER K. et DENNEG K., 1993.** La qualité de l'eau à la sortie du robinet: Revue de tribune de l'eau. Éditions Cebedoc.

D

- **DEFRANCESCHI M., 1996.** L'eau dans tous ses états. Edition: Ellipses. P: 61.
- **DEGREMONT G., 1990.** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 2^{ème} édition: Copyright dégreumont. P: 129.
- **DEGREMONT G., 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10^{ème} édition : Tec et doc. P: 3- 38.
- **DUPONT A., 1974.** Hydraulique urbaine. « Hydrologie, captage et traitement des eaux ».Tome 1.3^{ème} édition: Eyrolles. Paris .P: 26-28-34-64

E

- **EDBERG R., RACZYNSKI M., PROST J.C. et ELMUR T., 2000.** Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural. Aspect techniques et financiers .Oieau, France .P : 5.

F

- **FIAMBSCH HAMBSCH B., 1998.** Chang from chlorine résidual distribution to no chlorine residual distribution in groundwater system. Water supply. Vol 6 N°3/4. Germany. P: 145-152.
- **FRANK J. et KEMMER N., 1992.** Manuel de l'eau. Édition : Lavoisier. P 3 .102.105.
- **FRANÇOIS ANCTIL, 2008.** L'eau et ses enjeux. Edition de Boeck. P:134.
- **FRIEDLI C., 2002.** Chimie générale pour ingénieur. Edition : presse polytechniques.

G

- **GAUJOUR D., 1985.** La pollution des milieux aquatiques: Aide mémoire. Édition: revue et augmenté. P: 49.

- **GAUJOUR D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. 2^{ème} édition : Lavoisier. P : 49.
- **GENOUTDET, 2001.** L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.
- **GOMELLA G., GUERREE H. et NEVEUX MARC, 1974.** La distribution de l'eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Edition Eyrolles.
- **GOMELLA G. et GUERREE H., 1980.** Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Tome 1:La distribution.3^{ème} édition Eyrolles. P:21-22.

H

- **HASLAY C. et LECELER H., 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition : Tec et Doc .Lavoisier . Paris : 101-107.
- **HUBERT P. et MARIN M., 2001.** Quelle eau boirons-nous demain ? Edition: Fabienne Travers. P: 64-124.

J

- **JEAN LUC CELLERIC, 2002.** La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau. Edition. Ministère de l'agriculture et de la pêche. Direction de l'espace rural et de la forêt. Paris.

K

- **KEMMER F., 1984.** Manuelle de l'eau .Edition : Lavoisier technique et documentation. P: 95- 96-112.
- **KETTAB A., 1992.** Traitement des eaux. Les eaux potables. Edition: Office des Publications Universitaires. Alger: 4. P 118-111-123.
- **KETTAB A., 2005.** De l'eau pour un développement durable.ENP.LRS: EAU.

L

- **LANTEIGNE J., 2003.** Encyclopédie de l'agora.
- **LEFÈVRE J.G., 1991.** Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi: la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot.
- **LEPELTIER S., 2005.** Un bon état écologique des eaux.

- **LUNA B. et KENNETH S., 1972.** L'eau. Edition: Time-Life: 1. P: 9-39-110-115.
- **LUNC J. et LAGRADETTE M., 2004.** L'eau potable et l'assainissement. Edition Johannes. Paris.

M

- **MARCEL F.R., 1986.** Dictionnaire français d'hydrologie de surface. Edition: Masson. P: 94.
- **MARGAT J., 1992.** L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective. Edition: Harmattan.
- **MARSILY G., 1995.** L'eau. Edition: Flammarion 128.
- **MENS et DEROUANE, 2000.** État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.
- **MERCIER J., 2000.** Le grand livre de l'eau. Edition: La reconnaissance du livre. Collecte art de vivre. P 91.

O

- **OMS (Organisation mondiale de santé), 1994.** Protection et amélioration de la qualité de l'eau. 2^{ème} édition. Volume 1. Genève: 18.
- **OUAHDI A., 1995.** Les maladies à transmission hydrique. Santé plus Alger N°45.

P

- **POMEROL C. et RENARD M., 1997.** Élément de géologie. 11^{ème} édition: Masson. P: 523.
- **PERRY J., 1984.** Microbiologie: cours et question de révision. Edition Dunod. Paris.

R

- **RODIER J., 1996.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6^{ème} édition: Dunod, Paris.
- **RODIER J., 1999.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 7^{ème} édition: Dunod, Paris.
- **RODIER J., 2005.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ème} édition: Dunod, Paris.
- **RODIER J., 2009.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9^{ème} édition: Dunod, Paris.

S

- **SATIN M. et SELMI B., 1999.** Guide technique de l'assainissement. 2^{ème} édition: Moniteur. P:75.
- **SCHWARTZBORD L., 1991.** Virologie des milieux hydriques. Édition Lavoisier, Tec et Doc. Paris.

T

- **TAUP ENAC, 2006.** Physique-chimie. 5^{ème} éditions: Bréal.

U

- **UNICEF, 1999.** Manuel sur l'eau. N°2. P : 42-43.

V

- **VALENTIN N., 2000.** Gestion des eaux : Alimentation en eau assainissement. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris.
- **VILAGINES R., 2000.** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. Edition: Tec et Doc. Lavoisier.
- **VILAGINES R., 2003.** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} Edition : Tec et Doc. Lavoisier. P: 3- 187.

W

- **WHO (World Health Organization), 1994.** Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2^{ème} édition. Vol 2.Genève.

Z

- **ZELLA L., 2007.** L'eau pénurie ou incurie. Edition: OPU. Office des Publications. Universitaires.

❖ SITE WEB

- **Site Internet 1:** <http://www.eaurmc.fr/juniors/cahiers-pédagogiques/cycle-eau.php>.
- **Site Internet 2:** Le cycle de l'eau, CE2 MIRI école de MATAIREA.
- **Site Internet 3:** <http://www.lenntech.com/fran%C3%A7ais/eauxsouterraines/proprietes.htm>.
- **Site Internet 4:** <http://www.lenntech.fr/bibliotheque/maladies/cholera/maladiehydrique/cholera.htm#ixzz2yewHwZM3>.
- **Site Internet 5:** <http://www.lenntech.fr/bibliotheque/maladies/typhoide/maladiehydrique/typhoide.htm#ixzz2yevA07qr>.
- **Site Internet 6:** [www. Wikipedia.fr](http://www.Wikipedia.fr), 2014.
- **Site Internet 7:** [www.google earth](http://www.google.com/earth), 2014.
- **Site internet 8:** http://www.tutiempo.net/clima/Tlemcen_Zenata/605310.htm.

❖ PUBLICATIONS

- **ENCYCLOPÉDIE MÉDICAL, 1997.**
- **ENCYCLOPÉDIE Microsoft (ENCARTA, 2006).**
- **FOLIGUET J., 1982.** Journal water research.
- **PFOHL A., LESZKOWICZ, 1999.** Schwartozbrod. Institution. Faculté de pharmacie Nancy France. Source.

❖ JOURNAUX

- Journal officiel de la République Algérienne N°35 171998.

ANNEXES

**ANNEXE N°01: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation
(NA 6360-1992)**

Tableau 12: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation

➤ **Facteurs organoleptiques**

Paramètres	Unité	niveau Guide	Concentration max. admissible	Observations
Odeur	Seuil de perception à 25°C	00	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune odeur ne doit être perçue
Saveur	Seuil de perception à 25°C	00	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune saveur ne doit être perçue
Couleur	mg/l' échelle PT/Co	00	25	/
Turbidité	NTU Néphelométrique Turbidité Unité	-	5	/

➤ Paramètres bactériologiques

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration max. admissible	Observations
1- Eau traitée à l'entrée du réseau				
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0	Turbidité (1NTU), pour la désinfection au chlore, il est préférable que le pH=6,8
Coliformes	Nbre/100ml	-	0	Chlore libre résiduel 2,2 à 0,5mg/l après 30Mn (minimum) de contact
2- Eau de boisson en bouteille				
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0	La source doit être exempte de contaminant fécal
Coliformes	Nbre/100ml	-	0	
3- Eau potable de source				
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/ lml	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/ lml	100	-	
Streptocoques Streptocoques fécaux	Nbre/100ml	-	0	-
Clostridium sulfite réducteurs	Nbre/20ml	-	0	

➤ Facteurs physico- chimiques

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration max. admissible	observations
pH		6,5 à 8,5		
Conductivité	µS / cm à 20°C	-	2280	
Résidu sec	mg/l après séchage a 105°		2000	En correspondance avec la normalisation des eaux
Dureté totale	mg/l CaCO ₃	100	500	
Calcium	mg/l	75	200	
Magnésium	//	-	150	
Sodium	/	-	200	
Potassium	//	-	10	
Sulfates	//	200	400	
Chlorures	//	200	500	
Nitrates	//	-	50	
Nitrites	//	-	0,1	
Ammonium	//	0,05	0,5	
Phosphates	//	-	0,5	
Oxydabilité (KMnO ₄)	//		3	Mesure faite à chaud et en milieu acide
O ₂ dissous	//	5	8	
Aluminium	//	-	0,2	

➤ Facteur indésirables ou toxiques

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration max. admissible	observations
Argent	mg / l	-	0,05	
Arsenic	//	-	0,05	
Baryum	//	-	1	
Cadmium	//	-	0,01	
Cyanures	//	-	0,05	
Chrome	//	-	0,05	
Cuivre	//	0,05	1,5	
Fer	//	-	0,3	
Fluor	//	0,3	2	
Manganèse	//	-	0,5	
Mercure	//	-	0,001	
Plomb	//	-	0,05	
Hydrogène Sulfuré	//		0,02	Non décelable organologiquement
Sélénium	//	-	0,01	
Zinc	//	-	5	
Pesticides et produit apparentés Au total par substance individualisée		-	0,5 0,1	<ul style="list-style-type: none"> • des insecticides - organochlorés persistants - organophosphorés - carbonates • herbicides • fongicides • PCBE PCI
Détergent ABS	µg / l	-	0,2	Chloration
Phénols	Mg/l		2	S'il ya chloration à l'exclusion des phénols naturels qui ne réagissent pas au chlore
Hydrocarbures dissous	µg / l	-	10	

ANNEXE N°02 : Méthodes d'analyses physico-chimiques

1. Mesure de la conductivité

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.
- On rince abondamment l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure.

2. Détermination du titre alcalimétrique (TA)

2.1. Réactifs utilisés

- Acide chlorhydrique HCL(0.02N);
- Solution de phénophtaléine (pp) ;

2.2 Mode Opérateur

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

3. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

3.1. Réactifs utilisés

- acide chlorhydrique HCL 0.02N
- solution de méthyle orange;

3.2. Mode opératoire :

Dans un erlenmayer de 250ml : on prélève 10ml à analyser, on ajoute 2 gouttes méthyle orange, on titre ensuite avec l'HCL à 0.02 N jusqu'au virage du jaune au jaune orange.

4. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

4.1. Réactifs utilisés

- Solution d'EDTA (Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique à 0.02N ;
- Solution tampon (pH= 10) ;
- Indicateur coloré Noir d'Eriochrom T (N.E.T) ;

4.2. Mode opératoire

Dans un erlenmayer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser, on chauffe au bain marie à une température d'environ 60°C puis on ajoute 0.5 ml de la solution tampon (pH= 10) et 3 gouttes d'indicateur coloré (N.E.T), ensuite on titre avec l'EDTA jusqu'au virage du rouge au bleu.

5. Dosage du l'ion de calcium

5.1. Réactifs utilisés

- Solution d'EDTA (Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique (0.02N);
- Solution NaOH (O. IN);
- Murixide ;

5.2. Mode opératoire

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

6. Dosage des ions des chlorures « méthode de Mohr »

6.1. Réactifs utilisés

- Solution de chromate de potassium à 10 % ;
- Solution de nitrate d'argent à 0.02 N ;

6.2. Mode opératoire

Dans un erlenmayer de 250ml, prélève 10ml d'eau à analyser, puis on ajoute 3 gouttes de chromate de potassium à 10 % puis on titre avec le nitrate d'argent (AgNO_3 0.02N) jusqu'au virage au rouge brique.

ANNEXE N°03 : Méthodes d'analyse Spectrophotométrie d'absorption moléculaire

Tous les dosages sont effectués au niveau d'un spectrophotomètre de marque (ODYSSEY / HACH) DR 2500.

Mode opératoire

- Appuyer sur programme HACH : Sélectionner le programme qui correspond à chaque élément mesuré.
- Transférer 10 ml d'eau distillée dans une cuve (blanc).
- Transférer 10 ml de l'échantillon dans une autre cuve (l'échantillon préparé).
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif dans la cuve de l'échantillon préparé.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie, en suite OK, une période de réaction va commencer.
- Lorsque la minuterie ralentie, essuyer l'extérieur du blanc et introduire dans le compartiment de cuve.
- Appuyer sur zéro, l'indication suivant apparaît sur l'écran 0,00 mg/L.
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et introduire dans le compartiment de cuve.
- Lire le résultat directement sur l'écran en mg/L.

Remarque : la préparation du blanc et de l'échantillon varie d'un dosage à un autre.

1. Dosage des nitrites

- Programme : 371.
- Blanc : 10ml d'eau à analyser.
- Échantillon : 10ml d'eau à analyser + pochette de réactif pour nitrite Nitri ver 2.

2. Dosage de l'azote ammoniacal

- Programme : 380
- Blanc : 25ml d'eau distillée + 3 gouttes minéral stabiliser +3 gouttes agent dispresing (polyvinyle alcool) + 1 ml de réactif Nessler.
- Échantillon : 25ml d'eau à analyser + 3 gouttes minéral stabiliser + 3 gouttes agent dispresing (polyvinyle alcool) + 1 ml de réactif Nessler.

3. Dosage des nitrates

- Programme : 344.
- Blanc : dans un tube de réactif « A » Nitra ver X et pipeter 1 ml d'eau à analyser.
- Échantillon : blanc + pochette de réactif « B » Nitra ver X.

4. Dosage des phosphates

- Programme : 490.
- Blanc : 10ml d'eau à analyser.
- Échantillon : 10ml d'eau à analyser + pochette de réactif Phos ver 3.

5. Dosage du fer

- Programme : 265.
- Blanc : 10 ml d'eau à analyser
- Échantillon : 10ml d'eau à analyser + pochette de réactif Ferro ver.

6. Dosage des sulfates

- Programme : 680.
- Blanc : 10ml d'eau à analyser.
- Échantillon : 10ml d'eau à analyser + pochette de réactif Sulfa ver 4.

ANNEXE N°04: Composition des milieux de culture

1. Milieux liquides

1.1. Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL)

Double Concentration (D/C) :

-L'extrait de viande de bœuf	
-Peptone	2 g
-Lactose	14 g
-Pourpre de bromocrésol 1%	10 g
-Eau distillée	0,06 g
-PH = 6.9+/-0.2	1000 ml

Simple Concentration(S/C) :

-L'extrait de viande de bœuf	
-Peptone de caseine	1 g
-Lactose	7g
-Pourpre de bromocrésol 1%	5 g
-Eau distillée	0,03 g
-PH = 6.9+/-0.2	1000 ml

Autoclavage pendant 15 min à 120°C

1.2. Milieu de Schubert :

-Tryptone	10 g
-Peptone	10g
-Acide glutanique	0.2g
- Tryptophane	0.2g
-Sulfate de magnésium	0,7 g
-Sulfate d'ammonium	0,4 g
-Chlorure de sodium	2 g
-Citrate de sodium	0,5g
-Mannitol	7,5g
-Eau distillée	1000 ml
-PH = 7.6	

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

1.3. Milieu de Rothe :**Double Concentration (D/C) :**

- Peptone de caséine	40 g
-Extrait de viande	3 g
-Glucose	8 g
-Chlorure de sodium	8 g
-Phosphate dipotassique	5,4 g
-phosphate mono potassique	5,4g
-Azide de sodium	0,4 g
-Eau distillée	1000 ml
-PH = 6.9+/-0.1	

Simple Concentration(S /C) :

-Peptone de caséine	20 g
-Extrait de viande	1.5g
-Glucose	4 g
-Chlorure de sodium	4 g
-Phosphate dipotassique	2,7 g
-phosphate mono potassique	2,7 g
-Azide de sodium	0,2 g
-Eau distillée	1000 ml
-PH = 6.9+/-0.1	

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

1.4. Milieu d'Eva Litsky :

-Tryptone	20 g
-Glucose	5 g
-Chlorure de sodium	5 g
-Phosphate mono potassique	2,7 g
-Phosphate di potassique	2,7g
-Azide de sodium	0,3 g
-Solution d'éthyle violet	5 g
-Eau distillée	1000 ml
-PH =6,8 à 7	

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

2. Milieux solides

2.1. Gélose Tryptone Extrait de levure (TGEA)

-Extrait de levure	1 g
-Peptone de caséine	5g
-Glucose	1 g
-Extrait de viande	3g
-Agar	18g
-Eau distillée	1000 ml
-PH	7

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

2.2. Gélose Viande Foie

-Base viande foie	20 g
-Glucose	0,75 g
-Amidon	0,75 g
-Sulfite de sodium	1,2 g
-Carbonate de sodium	0,67 g
-Agar-agar	11 g
-Eau distillée	1000 g

Dissoudre les constituants, répartir en tubes ou en flacon, Autoclavage (15min à 120 °C)

ANNEXE N°05 : Préparation des solutions (Laboratoire ADE)**1. Préparation de solution EDTA 0,02N**

-EDTA (poudre séchée pendant 1heure à 180°C)	3,7264
-Eau distillée	1000 ml

2. Préparation de solution Acide chlorhydrique O, 1N

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

*** Préparation de solution Acide chlorhydrique O, 02N**

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

3. Préparation de solution N.E.T

-Noir d'eriochrome T (N.E.T)	0,4 g
-Alcool éthylique	100 ml

Conserver à l'abri de la lumière

4. Préparation de solution tampon à PH = 10

-Chlorure d'ammonium	34 g
-Ammoniaque	285 g
-Tartrate double de K et Na	200 g
-Eau distillée	1000 ml

5. Préparation de solution Phénophtaléine à 0,5%

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

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

- méthyle orange	0.5g
- Eau distillée	100 ml

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

-Nitrate d'argent (AgNO_3 séché)	1.6985g
- Eau distillée	500 ml

Conserver à l'abri de la lumière

8. Chromate de potassium K_2CrO_4

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

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

- NaOH	1.124g
- Eau distillée	275 ml

ANNEXE N°06: Table MAC CREDY
Nombre le plus probable et intervalle de confiance 3-3-3

Nombre de tubes donnant une réaction positive			N.P.P. dans 100 ml	Limites 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	1	03	< 0,5	9
0	1	0	03	< 0,5	13
1	0	0	04	< 0,5	20
1	0	1	07	1	21
1	1	0	07	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	09	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1 300
3	3	1	460	71	2 400
3	3	2	1 100	150	4 800

RESUMÉ

L'eau de la source « Attar » dite Ain el wisir représente une ressource importante pour l'alimentation en eau potable pour les habitants du village Attar (wilaya de Tlemcen). A cet effet, le présent travail consiste à effectuer une étude qualitative et quantitative du point de vue physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source en se basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation et la réglementation en vigueur, ceci pour assurer la santé et le bien être du consommateur. Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que cette eau est dure et minéralisée avec une teneur élevée en magnésium et en bicarbonates, par rapport aux autres ions considérés : ceci est lié aux terrains traversés. Cependant, les résultats obtenus obéissent aux normes de potabilité de l'eau à l'exception des nitrates. Concernant l'analyse bactériologique, les résultats ont révélé l'absence totale des indicateurs de contamination fécale tels que les Coliformes totaux, fécaux et Streptocoques fécaux. On conclue que cette eau est de qualité suspecte du point de vue qu'elle est riche en nitrate .Elle est impropre à la consommation humaines

Mots clés : eau, eaux souterraines, source, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques, normes de potabilité.

ملخص

يمثل منبع "عين الوزير" مسمى بعين العطار مصدرا هاما للتزويد بالمياه الصالحة للشرب لسكان حي العطار بتلمسان. لذا فإن هذا البحث يضم دراسة فزيولوجية و بيكتولوجية بالاعتماد على المعايير الوطنية الضابطة بها لاستهلاك المياه و الحفاظ على صحة المستهلك. و النتائج الفزيولوجية لهذا الماء تبين أنها غنية بالأملاح المعدنية خاصة المغنيزيوم و البيكربونات، مع أنها صالحة للشرب باستثناء كمية النترات المرتفعة. أما التحاليل البيكتولوجية بينت أنها خالية من كل مؤشرات التلوث. مما يقودنا للإستنتاج أن ماء هذا المنبع غير صالح للشرب.

الكلمات المفتاحية: ماء، منبع، مياه جوفية، تحاليل فيزيوكيميائية، تحاليل بيكتولوجية، معايير الصلاحية

ABSTRACTS

The water from the spring called Ain el wisir or Ain Attar is an important resource for drinking water for the villagers Attar, Tlemcen. To this end, the present work is to perform a qualitative and quantitative study .of the physico-chemical point of view and bacteriological water source based on Algerian standards of potability of drinking water and there gulations , This is to ensure the health and wellbeing of the consumer. The results of physico-chemical analyzes showed that the water is hard and mineralized with a high content of magnesium and bicarbonates, over other ions of concern, this is related to the land through. However, the results obtained obey standards potability except Nitrates. On the bacteriological analysis results revealed the complete absence of indicators of contamination such as total coliforms, faecal coliforms, faecal streptococci.We conclude that water quality is suspect from the point of view it is rich in nitrate. It is unfilt for human consumption

Keywords: Water, groundwater, source, physico-chemical analysis, bacteriological analysis, standards of portability.