



Republique Algerienne Democratique Et Populaire
Ministere De L'Enseignement Superieur et De La Recherche
Scientifique



Universite Ammar Telidji -Laghouat
Faculte des Sciences
Departement des Sciences Biologique

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE :Sciences de Nature et de Vie

FILIERE : Sciences Biologique

SPECIALITE : Microbiologie Appliquée

THEME

**Etude microbiologique et physico-
chimiques des eaux potables de trois
localités différentes dans la région de
Laghouat**

Présenté par:

**M'HAMDI TAHA YACINE
ATTIA FARES**

Devant le jury composé de:

Président

Dr **ZERROUKI MOHAMED** -Universite Ammar
Telidji –Laghouat.

Examineur

Dr **HAMIDA AMINE**- Universite Ammar Telidji -
Laghouat

Encadreur

Pr **CHAIBI RACHID** - Universite Ammar Telidji -
Laghouat

Co-
encadreur

AMEUR MERIEM ,HAMMOUDI DJAZIA
Laboratoire de contrôle de qualité-Laghouat

Année universitaire 2021/2022

Dedicace

A nos parents

A nos très chers parents qui ont toujours été là pour nous, et qui nous avons donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Nous espérons qu'ils trouveront dans ce travail toute nos reconnaissance et tout nos amour.

A nos frères et nos sœurs

A nos familles

A nos amis



Sommaire

DEDICACE.....	
REMERCIEMENTS.....	
SOMMAIRE.....	
LISTE DESTABLEAUX.....	
LISTE DESFIGURES.....	
LISTED'ABREVIATIONS.....	
Résumé.....	
Introduction.....	1

Première partie:Etude Bibliographique

I.Chapitre I: Généralité sur les eaux	4
I.1.Définition de l'eau:	4
I.1.1.Composition de l'eau:	4
I. 2. Cycle de l'eau:	5
I 3. États de l'eau:	6
I .3.1.État solide:	6
I.3.2.État liquide	7
I.3.3.État de gaz	7
I.4. Importance de l'eau:	7
I .5.L'eau en Algérie	8
I .6. Pollution del'eau:	8
I .6.1. Pollution physique	8
I .6.2. Pollution chimique:	9
I .6.3.Pollution biologique:	9
I .7. Risques liés à la pollution des eaux	10
I.7.1. Maladiesd'origine bactérienne	10
I.7.2. Maladies d'origine virale	11

I.7.3. Maladies d'origine parasitaire	11
I.7.4 Maladies liées à la présence de substance chimique dans l'eau	
Situation épidémiologique au niveau de Laghouat	11
I.8. Traitement des eaux souterraines:	12
I. 8.1.Sédimentation:	13
I. 8.2.Floculation:	13
I. 8.3.Stérilisation	13
I.9. Les Nappes :	14
I.9.1. Définition	14
I.9.2. Les différents types des nappes	14
I.10.Normes internationales	15
II.Chapitre II :Caractéristiques et potabilitédes eaux	
I.1. Caractéristiques des eaux	19
1.1.Paramètres organoleptiques:	19
La température	19
Goûts et Odeurs	19
Couleur	20
Turbidité	20
II.1.2.paramètres physico-chimiques	21
Potentiel d'hydrogène	21
Conductivité	21
Nitrates et Nitrites	21
Chlorures	22
Sulfates	22
II .2.Caractères Microbiologiques:	22
II .2.1.Germes totaux	22
II.2.2. Coliformes:	22
II .2.4.Streptocoques fécaux	23
Clostridium sulfito-réducteurs	23

III.	Chapitre III : Matériel et Méthodes	24
III.1.	Présentation de la région d'étude	24
III.1.1.	Situation géographique	25
III.1.2.	Reliefs et climat	26
III.2.	Échantillonnage et modes de prélèvements	26
	Méthodologie	26
	Choix des sites de prélèvement	27
	Prélèvement	27
	Réseau	27
	Transport et conservation au laboratoire	28
	Techniques d'analyses	28
III.3.	Les analyses physico-chimiques	28
III.3.1.	Mesure de pH	29
III.3.2.	la température	29
III.3.3.	La conductivité électrique	29
III.3.4.	Détermination de solides totauxdissous (TDS)	30
II.3.5.	Mesure de la salinité	31
III.3.6.	Turbidité	31
III.3.7.	Dosagedes nitrites	32
III.3.8.	Dosage nitrate	33
III.4.	Analyses bactériologies	34
III.4.1.	Recherche et dénombrement des germes totaux	35
III.4.2.	Recherche et dénombrementdes coliformes totaux	37
III.4.3.	Recherche et dénombrement de streptocoque fécaux	40
III.4.4.	Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs	43
IV.	Chapitre IV :Résultats et discussions	
IV.1.	Paramètres physico–chimiques	47
IV.1.1.	La température	47
IV.1.2.	Potentiel d'hydrogène(pH)	48
IV.1.3.	Chlore	50
IV.1.6.	Nitrate	51
IV.1.4.	Conductivité	52

IV.1.7. Taux des sels dissous (TDS)	54
IV.1.8. Salinité	54
IV.1.9. Calcium	55
Durété totale TH	56
Magnésium Mg	58
IV.2. Paramètres bactériologique:	
Les résultats des analyses de l'eau de réservoir	59
Les résultats des analyses de l'eau de puits	60
Les résultats des analyses de l'eau de robinet	60
Conclusion	62
Références Bibliographiques	64

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le Tout Puissant, c'est grâce à lui ce travail a été réalisé. Et aussi à vous, prophète Mohammed (Que la paix soit sur vous), nous adressons nos sincères salutations pour tout ce que vous avez donné à l'humanité.

Nous remercions particulièrement Professeur CHAIBI RACHID, pour avoir accepté d'encadrer ce travail et pour ses compétences qui nous permons de mener à bien cette étude.

Nos sincères remerciements vont également à Dr ZERROUKI MOHAMED pour l'honneur qu'elle nous fait d'avoir accepté d'être Président du jury de ce mémoire.

Nous tenons à remercier également Dr HAMIDA AMINE d'avoir accepté de participer à la commission d'examen de ce travail.

Nous tenons aussi à remercier très vivement la directrice de laboratoire de contrôle de qualité de Laghouat Mme BOUDIB et leur inspectrice AMEUR MERIEM et HAMMOUDI DJAZIA , Aussi laboratoire Algérien des eaux et laboratoire vétérinaire régional de Laghouat pour ces collaborations actives au cours de la réalisation de ce travail.

Nous remercions nos enseignants de faculté des sciences de la nature et de la vie.

A tous ceux qui ont contribué à l'avancement et la réalisation de ce mémoire, nous exprimons notre profonds remerciements.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01: Evolution de l'incidence des maladies a transmission hydrique dans la ville de laghouat durant la période (2000-2015)

Tableau 02: Valeurs limites des éléments chimiques dans l'eau potable (OMS, 2006).

Tableau 03: Localisation des sites de prélèvement

Tableau 04 : Lecture des résultats pour le dénombrement des coliformes par méthode NPP.

Tableau 05 : Table de Mac-Crady pour le dénombrement des coliformes.

Tableau 6: résultats des analyses bactériologiques de l'eau de réservoir

Tableau 7 : résultats des analyses bactériologiques de l'eau de puits

Tableau 8 : résultats des analyses bactériologiques de l'eau de robinet.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : La molécule de l'eau.

Figure 02 : Cycle de l'eau (CIE, 2013).

Figure 03 : Situation géographique de la wilaya de Laghouat

Figure 04: pH-mètre et Conductimètre électrique (photo originale).

Figure 05: Turbidimètre.

Figure 06: Spectrophotomètre (photo originale).

Figure 07: Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.

Figure 08 : Recherche et dénombrement de coliforme totaux.

Figure 09: Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau.

Figure 10 : Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-Reducteurs.

Figure 11 : variation de température dans les trois sites étudiés.

Figure 12: le pH de l'eau dans les trois sites prospectés

Figure13 : Variation de chlorure (Cl^-) de l'eau dans les trois sites.

Figure14 : Variation de nitrate (NO_3^-) de l'eau dans les trois sites.

Figure15: Variation de conductivité de l'eau dans les trois sites.

Figure 16: Variation de TDS de l'eau dans les trois sites.

Figure17: Variation de salinité de l'eau dans les trois sites.

Figure18: Variation de calcium (Ca^{2+}) de l'eau dans les trois sites.

Figure19: Variation durété totale (TH) de l'eau dans les trois sites.

Figure20: Variation de minéralisation globale (Mg) de l'eau dans les trois sites.

LISTE D'ABREVIATIONS

% pourcentage

ADE: Algériennes des eaux

BCPL bouillon lactosé au poupre de bromocrésol

CIE : Cycle de l'eau

Ca(HCO₃)₂ Bicarbonate de calcium

DSP : Direction de la santé et de la population

D/C: double concentration

Hel: Acide chlorhydrique

HCO₃: bicarbonate de calcium

KMnO₄: Permanganate de potassium

m: mètre

m³ mètre cube

mg: milligramme

mg/l milligramme par litre

ml: millilitre

MTH: maladie a transmission hydrique

N: normalité

Nacl: Chlorures de sodium

nn: nanomètre

NO₃- nitrates

NPP nombre le plus probable

O.M.S: Organisation Mondiale de la Santé

OMS: organisation mondiale de santé

pH: Potentiel d'hydrogène

S/C: simple concentration

SO₄²⁻: ions sulfates

T.D.S: solides Totaux Dissous

T° : température

TGEA: glucose tryptonée à l'extrait d'agar

TH: Titre Hydrométrique (dureté)

UNF: unité formant une colonie

UV: ultra violet

us/cm: microsiemens par centimètre

uS:microsiemens

RESUME

Les eaux souterraines sont une source inestimable d'eau des fourages pour l'humanité. Pour mettre en évidence l'influence du milieu extérieur sur la qualité des caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux potable, une enquête a été effectuée durant la période du mois Février 2022 jusqu'à le mois d'Avril 2022 dans le réseau de distribution pour trois endroits (Djbel Lahmar(réservoir) ,Ksar el Hiran(puits),Oasis nord(robinet)) situés dans la wilaya de Laghouat, allant de la source jusqu'au consommateur. Cette dernière a fait l'objet des différentes analyses selon les techniques d'évaluation de qualité de l'eau potable décrites par le journal officiel de la république algérienne. D'une part l'analyse physico-chimique des différents points de prélèvements a démontrée que les puits, présentent certains paramètres non conforme aux normes recommandées par la législation Algériennes ;(le chlorure Cl^- égale 78.1 mg/l, Nnitrate=10.03 mg/l, C=621 us/cm), D'autre part les analyses physico-chimiques de réservoir et robinet a donné des bons résultats ; (1432<C<1453 us/cm, 30<NO₃⁻<35 mg/l, 6.81<PH<7.02). De point de vue bactériologique, les résultats obtenus au puits ont démontré la présence des germes (105 colonies à 37 c°,150 ufc/100 ml à 37 c°), des Streptocoque (22 ufc/100 ml à 37 c°) et des Clostridium sulfito-réducteurs (plus de 5 halo noire dans un tube) au puits et une absence totale au réservoir et robinet. L'eau de la zone étudié ne présente aucun risque pour la consommation humaine.

Mots clés : Potable, Bactériologique, Physico-chimique, distribution, analyse, Laghouat.

Introduction

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique. Non seulement, elle est un nutriment vital, mais elle est aussi impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets (**Kirkpatrick et Fleming, 2008**). Sans cette matière simple et complexe en même temps, la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures (**Henri, 2012**).

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme à la santé des individus (**John et Donald, 2010**).

Selon (**l'OMS, 2005**) chaque année 1,8 millions de personnes dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement meurent de maladies diarrhéiques (y compris du choléra); 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant et à une hygiène défectueuse.

Les eaux souterraines représentent environ 97 % du total des eaux douces continentales liquides (**Bosca, 2002**).

Selon (**Merzoug et al, 2010**) 75 à 90 % de la population mondiale utilisent une eau d'origine souterraine. Certains travaux de recherches ont été réalisés sur la qualité des eaux souterraines concluent que les pollutions de ces eaux souterraines proviendraient d'une origine géologique et anthropique, notamment d'infiltration des eaux usées et l'utilisation des engrais chimiques en agriculture (**Nouayti et al, 2015 ; Aka et al, 2013 ; Ahoussi et al, 2013 ; Lagnika et al,2014 ; Amadou et al,2014**).

D'autres études ont révélées que la pollution des eaux souterraines est liée à la présence des fosses septiques, à l'absence du traitement, au manque du réseau

d'assainissement et au non- respect des conditions d'hygiène publique (**Guessoum et al, 2014 ; Fakh et al, 2014 ; Degbey et al, 2010**).

Cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de stations utilisées comme eau de boisson au niveau de la wilaya de Laghouat durant trois mois (Février, Mars et Avril).

Chapitre I

Généralités sur les eaux

Définition de l'eau:

L'eau liquide (H₂O) est souvent perçue comme une substance assez ordinaire car elle est transparente, inodore, insipide et se présente sur terre en grande quantité (**Graini, 2011**).

Il est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques (**Baziz, 2008**).

I.1.1.Composition de l'eau

La molécule d'eau est une molécule exceptionnelle dont les propriétés particulières liés a sa nature dipolaire, ont permis la vie sur la terre .la formation de liaisons hydrogènes entre les molécules explique que, sous nos conditions de température et de pression, il existe une phase liquide abondante sur notre planète. La molécule d'eau, de formule **H₂O** est composé d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène liés à l'atome d'oxygène par deux liaisons de covalence .sa masse molaire est de **18g** (**Schrivver et Mazzuoli, 2012**).

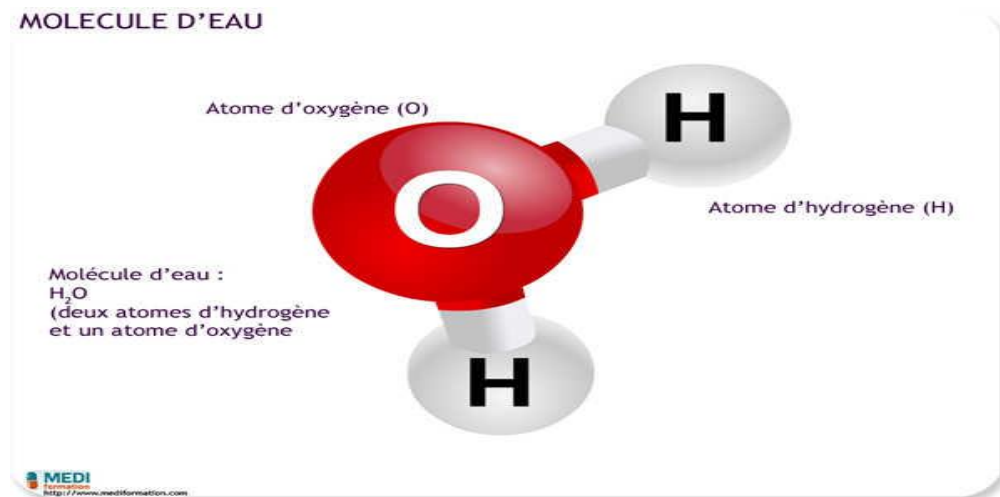


Figure 1 : La molécule de l'eau. (<https://www.infirmiers.com/fondamentale-les-molecules-du-vivant-partie-1.html>)

I. 2. Cycle de l'eau:

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère. (Ayad, 2017).

L'eau s'évapore constamment au-dessus des océans, des lacs et des forêts, elle est condensée sous forme de nuages et ensuite transportée dans le ciel par vents. Dans le ciel, les nuages se condensent sous forme de vapeur d'eau autour des particules de poussières, puis tombent en précipitations sous forme de pluie ou de neige, sous l'action de phénomènes météorologiques complexes où interviennent surtout les vents et les différences de températures.(Ayad, 2017).

L'eau qui ruisselle pénètre dans le sol où elle s'infiltre et va remplir les nappes souterraines. Elle traverse des couches de plus en plus profondes du sol et va abandonner dans son cheminement la quasi-totalité des impuretés dont elle s'était chargée (Bouziani,2000).

Les eaux souterraines circulent elles aussi, une partie se jetant directement dans la mer et le reste venant alimenter les rivières à leur source ou par le biais d'un affluent. Enfin, l'eau peut revenir directement à sa phase liquide dans l'atmosphère par la transpiration des végétaux qui éliminent ainsi une partie de l'eau contenue dans le sol et conservent une partie de l'eau de pluie dans leur feuillage (Valverde,2008)

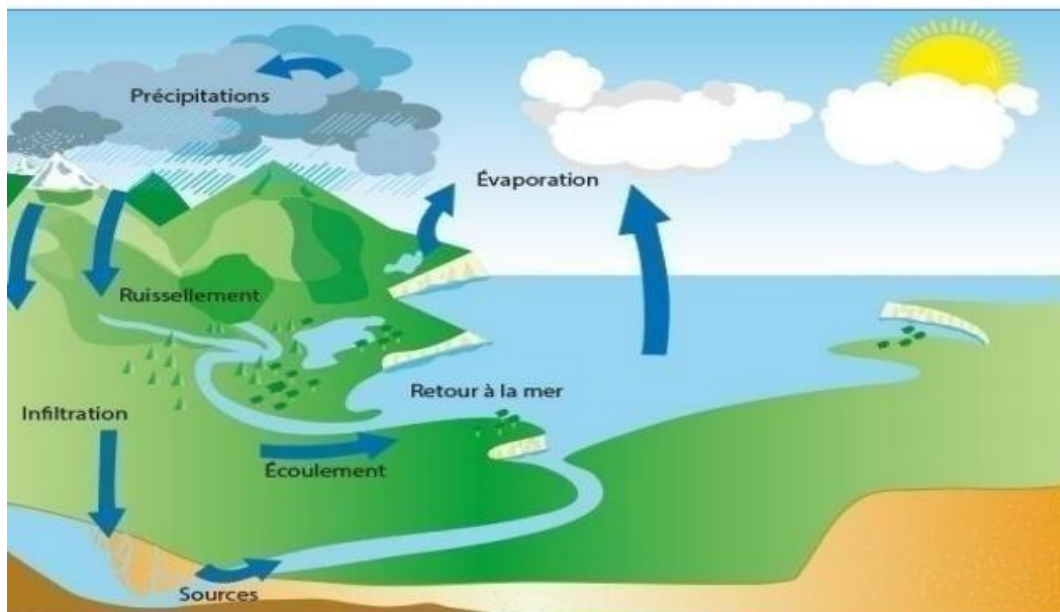


Figure 02 : Cycle de l'eau (CIE, 2013).

I 3. États de l'eau:

L'eau est un constituant fondamental de notre environnement. Elle se présente sous différents états sous forme solide, liquide et gazeuse (Musy et Higy,2004).

I 3.1. État solide:

L'eau est solide quand la température est inférieure à 0 °C. C'est la glace de la banquise au niveau des pôles, (Les calottes glaciaires des pôles Nord et Sud sont les plus grands réservoirs d'eau douce de la planète), le givre qui se forme par

temps froid sur les arbres en hiver. Les calottes glaciaires et les glaciers représentent 2,1 % de l'eau présente sur la Terre (**Musy et Higy,2004**).

I.3.2. État liquide:

Les plus grands réservoirs d'eau liquide sont les océans et les mers constitués d'eau salée ; ils représentent 97,2 % de l'eau de la Terre. Les autres réservoirs d'eau liquide sont les lacs, les rivières et les eaux souterraines. Ils sont constitués d'eau douce. Les lacs et les rivières correspondent à 0,01 % de l'eau présente sur Terre et 0,06% les eaux souterraines à de cette eau (**Rodier,1984**).

I.3.3. État de gaz:

Dans l'atmosphère, l'eau existe sous forme de gaz. C'est la vapeur d'eau présente dans l'air humide. Elle ne correspond qu'à 0,001 % de l'eau de la Terre (**Paul,2010**).

Importance de l'eau :

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes.

L'organisme élimine en permanence de l'eau. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons ; elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration).

L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports. La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme " avertit " qu'il est en état de déshydratation.(**BALDERACCHI, 2009**)

Eau en Algérie

L'Algérie est un pays semi-aride et aride, dans lequel les ressources en eau sont généralement faibles et surtout extrêmement irrégulières et localisées : Dans le Sahara, les lits d'oueds recèlent quelques nappes phréatiques souvent saumâtres : Ghir, M'Zab, Saoura, etc. sinon, ce sont des nappes profondes, semi-fossiles ou fossiles, et qui sont très peu utilisées.

Dans le nord d'Algérie l'apport principale vient du ruissellement, après précipitation. Le régime d'un oued est caractérisé par le fait que durant des mois, voire des années, le lit mal délimité est parcouru par un filet d'eau trompeur et que, tout-à-coup, et pendant un temps bref, il roule jusqu'à 5000 m³ /second provoquant une crue dévastatrice. En effet, elles sont croissantes d'Ouest en Est et affectent successivement les Monts de Tlemcen, le versant nord de l'Ouarsenis, le massif de la Kabylie, le nord Constantinois et enfin le massif des Aurès.

(ARRUS R, 1830- 1962).

Pollution de l'eau:

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit d'importantes (nuisances mauvaise odeur, fermentation, risques sanitaires, etc. **(Ladjel, 2006).**

Pollution physique:

IL s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) **(Bouziyani,2000).**

La pollution physique désigne l'autres types de pollution, telle que la pollution thermique due aux températures élevées, qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz et la pollution radioactive **(Boudjeal, Djoud 2003).**

I.5.1. Pollution chimique:

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. **(Aroua, 1994).**

L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines **(Aroua, 1994).**

Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuse. Les polluants chimiques sont classés en cinq catégories **(Boudeal et Djouid, 2003).**

Les polluants chimiques dits indésirables (nitrate, les composés phosphorés et les sels ammoniacaux:

- Les polluants chimiques toxiques
- Les pesticides et produits apparentés
- Les hydrocarbures
- Les détergents

Pollution biologique:

Un grand nombre de microorganismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons. On parle ainsi de pollution bactérienne, virale ou parasitaire **(Thomas, 1995).**

Risques liés à la pollution des eaux:

L'eau contaminée par les excréta est susceptible de transmettre les maladies gastro- intestinales .En effet la pollution fécale peut introduire dans l'eau de boisson des risques:

- A court terme lorsque les sources de pollution sont urbaines, il s'agit du déversement incontrôlé de teinture, des eaux domestiques Il peut arriver que ces eaux soient évacuées vers des puisards qui sont en communication directe avec la nappe.
- A moyen terme lorsque les sources de pollution sont industrielles Il peut s'agir des industries polluantes par leursdéchets.
- A long terme avec le développement agricole, les produits utilisés dans le but d'améliorer les rendements agricoles. On peut citer : les engrais, les pesticides etc... (**CRAAQ,2003**).

Les différents risques de l'eau sont : le risque d'ingestion ou risque directe risque de contact et le risque indirect. Le péril fécal pollue l'eau par les excréments dans les ressources aquatiques, directement lorsque celles-ci sont de surface (rivière, lac, ...) ou par infiltration de la nappe phréatique.

La mauvaise gestion des eaux souterraines polluées peut causer un multiple nombre de maladie. (**BEKKOUCHE et al, 2013**).

Maladies d'origine bactérienne:

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladie d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause:

- Le choléra (*Vibrio cholerae*).
- La fièvre typhoïde et gastro-entérite (*Salmonella typhi* et *E. coli*).
- Schigellose (*Shigella spp*).
- La tuberculose (*Mycobacterum tuberculosis*). (**Bekkouche et al ,2013**).

Maladies d'origine virale:

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

- La poliomyélite
- Les hépatites virales et entérovirus (**Bekkouche et al, 2013**).

Maladies d'origine parasitaire:

En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites exemples l'ankylostomose, la dracunculose, le téniasis etc... (**BEKKOUCHE et al, 2013**).

Maladies liées à la présence de substance chimique dans l'eau:

La fluorose qui est due à une intoxication chronique par le fluor. Le saturnisme qui est l'ensemble des manifestations dues à une intoxication par le plomb.

L'hyperthyroïdie, et la méthémoglobines provoquent des troubles graves, par altération de l'hémoglobine du sang et formation de métha-hémoglobine toxique pouvant conduire à l'asphyxie et la mort s'il n'y a pas de traitement (**Anonyme,2003**).

Situation épidémiologique au niveau de Laghouat :

Tableau 01: Evolution de l'incidence des maladies a transmission hydrique dans la ville de Laghouat durant la période (**2000-2015**)

Année	Typhoïe	Hépatie virale A	Dysentéerie
2000	20	00	22
2001	8	3	31
2002	11	1	25
2003	10	4	16
2004	9	00	16
2005	6	00	3
2006	00	00	3
2007	6	00	00
2008	00	00	00
2009	2	00	00
2010	00	2	00
2011	00	00	00
2012	1	00	00
2013	00	00	00
2014	1	00	00
2015	00	00	00

Traitement des eaux souterraines:

Les eaux souterraines qui ont une composition étroitement liée aux terrains qui les contiennent sont le plus souvent exemptes de germes pathogènes. C'est pourquoi on dit qu'elles sont naturellement pures. Néanmoins, la zone de captage doit être protégée par une réglementation efficace et prendre des précautions pour éviter une contamination de l'eau dans le réseau de distribution. Lorsque une protection continue ne plus être garantie du point de captage au point de consommation, il est impératif de procéder à une désinfection et de maintenir une concentration de chlore résiduel suffisant. Le traitement comportera l'une ou la totalité des étapes suivantes. (Kassim,2005).

Sédimentation:

C'est le traitement le plus simple. Il consiste à stocker l'eau dans les réservoirs pendant un bout de temps plus ou moins long. Les matières suspension se déposent (**Kassim, 2005**).

Floculation:

La sédimentation est favorisée par l'addition de réactifs chimiques flocculant comme le sulfate d'alumine le « flocc » qui en résulte peut éliminer dans de bonnes conditions les bactéries présentes. La décantation et filtration : on avait autre fois recours à la filtration lente de sur sable fin, directement appliquée à l'eau brute. Actuellement les eaux brutes subissent d'abord un traitement de coagulation puis de décantation et leur filtration devient alors très rapide (**Kassim, 2005**).

Stérilisation :

Elle constitue l'étape finale du traitement. Elle est destinée à inactiver les microorganismes, pathogènes ou non, qui n'ont pas été retenus au cours des opérations précédentes. Le procédé le plus répandu est la chloration (**Kassim, 2005**).

Les nappes :**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 et RENARD,1997**).

Les différents types des nappes :**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.

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**).

Normes internationales:

L'organisation mondiale de la santé au OMS, à instaurer quelque lignes directrice concernant la qualité requise pour que l'eau soit dit potable .Ces lignes directrices sont les références internationaux qui garantissent une eau saine est donc potable.

Tableau 02: Valeurs limites des éléments chimiques dans l'eau potable (OMS, 2006).

ELEMENT/ SUBSTANCE	SYMBOLE/ FORMULE	LIGNES DIRECTRICES FIXEES PAR L'OMS
Aluminium	Al	0.2 mg/l
Ammonium	NH4 ...	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	0.02 mg/l
Arsenic	As	0.01 mg/l
Barium		Pas de valeur guide
Baryum	Ba	0.7 mg/l
Beryllium	Be	Pas de valeur guide
Bore	B	0.5 mg/l
Cadmium	Cd	0.003 mg/l

Chlore	Ci	Pas de valeur mais on ne note un goût ;\partir de 250 m!!11
Chrome	Cr ²⁺ ,Cr ³⁺	Chrome total:0.05mg //
Couleur		Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺	2mg //
Cyanure	CN ⁻	0.07 mg/l
Oxygène dissous	O ₂	Pas de valeur guide
Fluorure	F	1.5mg //
Dureté	Mg/CaCO ₃	200 mg
Sulfure d'h	H ₂ S	0.05 mg /l
Fer		Pas de valeur guide
Plomb	Pb	0.01 mg/l
Manganèse	Mn	0.4 mg /l
Mercure	Hg	Inorganique:0.006mg //
Nickel	Ni	0.07 mg/l

Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂	50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité		Non mentionnée
PH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Selenium	Se	0.01 mg/l
Argent	Ag	Pas de valeur guide
Sodium	Na	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄	500 mg/l
Etain	Sn	Pas de valeur guide, peu toxique
TDS		Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1 000 mg/l
Zinc	Zn	3 mg/l

Chapitre II

Caractéristiques et potabilité des eaux

Caractéristiques des eaux :**Paramètres organoleptiques:****La température:**

La température est un facteur écologique important du milieu. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). (**Gaujous, 1995**).

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc (**Rodier, 2005**).

Goûts et Odeurs:

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur « non désagréable ». La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins exaltable et ont une certaine saveur. (**Monique, 1991**).

Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère. (**Monique, 1991**).

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre SO_2 ou le sulfure d'hydrogène H_2S ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution (**Monique, 1991**).

Couleur :

La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle, soit associée à sa pollution. La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine du visible (**Thomas, 1955**).

Turbidité:

La turbidité est liée à la présence plus ou moins importante de matières en suspension d'origine minérale ou organique (**Slimani, 2003**).

Paramètres physico-chimiques:

Potentiel d'hydrogène:

Le PH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. Les eaux usées domestiques sont généralement neutres ou basiques, de (6 à 9), donc elle n'influe pas sur le pH de milieu récepteur mais les affluents industriels constituent un facteur très important dans la modification de la valeur de pH (**Rodier, 1996**).

Conductivité:

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (**Rejsek, 2002**).

Nitrates et Nitrites :(NO_3^- et 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^+). 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, 2005**).

Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L (**Coulais, 2002**). Chez les nourrissons, la réduction du nitrate en nitrite peut provoquer une méthémoglobinémie (inaptitude du sang à transporter l'oxygène) (**Ganjour, 1995**).

Comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration (**Rodier, 2005**).

Sulfate s: (SO²⁻):

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

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, 2005**).

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 et Leceler, 1993**).

Germes totaux:

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

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

Coliformes totaux :

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, 2005).

Streptocoques fécaux:

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

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

Clostridium sulfito-réducteurs:

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

Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure La forme sporulée des *Clostridium* sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives **(Bourgeois et Mescle , 1996).**

Chapitre III

Matériel et Méthodes

Matériel et Méthodes

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la vérification de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux .

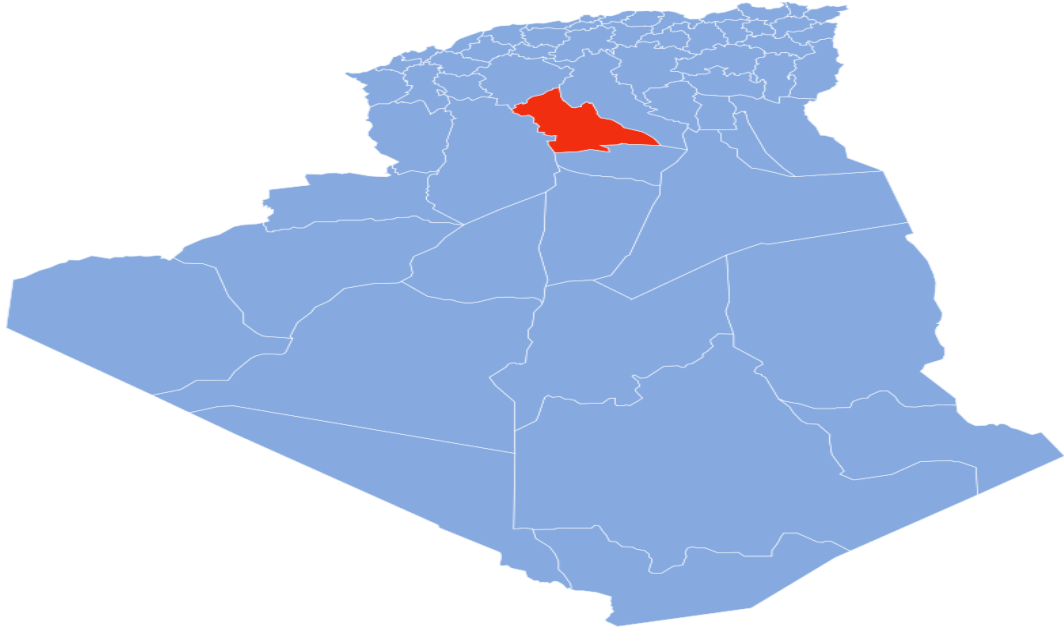
Présentation de la région :

Figure 03 : Situation géographique de la wilaya de Laghouat

Etude situation géographique

Notre zone d'étude se situe aux portes du désert. Elle occupe une position centrale, reliant les Hauts plateaux avec le Sahara; La wilaya de Laghouat est limitée sur une superficie de 25 .052 km² et se situe à une altitude allant de 700 à 1.000 m. Elle coté nord et à l'Est par la wilaya de Djelfa, au Nord Ouest par les wilayas de Tiaret et d'EL Bayadh et Au Sud par la wilaya de Ghardaïa.

Cette zone est caractérisée par un climat de type saharien ou aride. L'hiver est très froid et l'été très chaud et sec.

L'eau a été prélevée à partir de trois sites différents.

Tableau 03 : Localisation des sites de prélèvement

Origine de l'eau	Localisation
Puits	Ksar El Hiran
Réservoir	DjbelLahmar
Robinet	Oasis nord

Reliefs et climat

La wilaya se distingue par deux zones distinctes:

1- La zone de l'Atlas saharien est caractérisée par des altitudes allant de 1 000 m à 1 700 m et des pentes de 12,5 à 25 %. Cette zone au nord-ouest de la wilaya (régions d'Aflou et Brida). Elle est constituée de vieux massifs forestiers d'une superficie de 47 095 ha, de nappes alfatières couvrant une superficie de 315 125 ha ainsi que de pacages et parcours d'une superficie de 1 531 766 ha.

La population ayant un âge inférieur à 15 ans représente 34 % du total de la population.

2- La zone des Hauts Plateaux et de Plateaux sahariens, caractérisée par des altitudes allant de 700 à 1 000 m et des pentes de 0 à 3 %.

Cette zone est constituée de vastes étendues steppiques d'une superficie de 1 900 000 ha dont une grande partie a été dégradée sous l'effet des sécheresses prolongées.

Découlant du relief, le climat est de type continental au Nord-Ouest avec une pluviométrie variant de 300 à 400 mm, des chutes de neige et des gelées blanches.

Dans la région des Hauts Plateaux, le climat est de type saharien et aride. La pluviométrie varie entre 150 mm au Centre et 50 mm au Sud. Les hivers sont caractérisés par des gelées blanches et les étés par une forte chaleur accompagnée de vents de sable.

Échantillonnage et modes de prélèvements:**Méthodologie**

Ce travail a été réalisé dans le district de Laghouat pendant 3 mois de février jusqu'à Avril 2022. L'objectif est d'évaluer la qualité de l'eau dans trois cités de la wilaya de Laghouat en fonction des réglementations Algérienne. Dans l'esprit de mieux cerner les variations, le contrôle se fait à trois niveaux (Source, sortie station, réseau de

distribution); car la qualité d'une eau dépend de son origine, de son état au captage, de l'efficacité du traitement et de l'état des conduits. De plus une bonne connaissance des facteurs qui peuvent influencer la qualité de l'eau du réseau est indispensable pour les services d'exploitation afin d'anticiper et éviter les problèmes potentiels.

Choix des sites de prélèvement :

Pour mettre en évidence l'influence du milieu extérieur sur la qualité hygiénique et la qualité physico-chimique de l'eau domestique véhiculée à travers les conduites de distribution, une enquête sur l'état extérieur des ouvrages hydrauliques et du réseau de distribution est effectuée. Il sera retenu les sites qui sont exposés aux éventuels risques de pollution, tels que les décharges publiques, les débordements des eaux usées, les fuites répétitives ou mal réparées, etc.

Elle est suivie des prélèvements pour analyse, afin de détecter la pollution par certains paramètres indicateurs.

L'échantillonnage comprend, un prélèvement au niveau du puits, un prélèvement au niveau du réservoir alimenté par le forage et un prélèvement au niveau du réseau de distribution.

Prélèvement**Réseau**

Enlever s'il existe les tuyaux en caoutchouc adaptés au robinet choisi.

Se laver soigneusement les mains et avant-bras avec un produit désinfectant et les rincer abondamment avec de l'eau propre.

Ouvrir le robinet et laisser couler 3 à 5 mn.

Ouvrir le flacon en verre stérile toujours à proximité de robinet juste avant de faire le prélèvement.

Remplir le flacon et fermer immédiatement le flacon après le prélèvement, ne pas ouvrir le flacon avant l'analyse réalisée au laboratoire sinon il faut absolument refaire le prélèvement.

noter sur le flacon les indications nécessaires à son identification (Identité des préleveurs; Date et heure de prélèvement; motif de la demande d'analyse; point de prélèvement d'eau; Origine de l'eau).

- Mettre l'échantillon prélevé dans une glacière maintenue à 4°C.

Transport et conservation au laboratoire

Afin d'éviter que le taux initial en germes des eaux ne risque de subir des modifications dans le flacon, toutes les analyses sont effectuées le plus rapidement possible. L'évolution est difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs! A cet effet, la circulaire du 21 janvier 1960, relative aux méthodes d'analyses bactériologiques des eaux d'alimentation spécifie que «si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans de telles conditions, l'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil des échantillons. Si exceptionnellement l'analyse doit être reportée, il faut entreposer les échantillons à 4°C (**RODIER et al, 2005**).

Après prélèvement, les échantillons sont transportés aseptiquement à la température de 4°C dans des isothermes à l'obscurité pour assurer une conservation satisfaisante (**LARPENT, 1997**).

Techniques d'analyses

La périodicité des analyses sera fonction du débit journalier prélevé au niveau des puits et des installations de productions destinés à l'alimentation en eau potable (réservoir, robinet), mais aussi du volume journalier fourni par le réseau de distribution d'eau (**JORA, 2009**).

Analyses physico-chimiques

Dans la ville de Laghouat, l'eau destinée à la consommation est contrôlée. Les paramètres physico-chimiques concernant tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments souvent des ions

comme le chlorure, sulfate, nitrate,...etc. Nous avons donc réalisé des analyses au niveau de laboratoire Algérien des eaux pour déterminer la qualité physico-chimique de l'eau.

Mesure de pH :

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électrométrique avec électrode. Cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon, une électrode spécifique. (ADE, 2011).

La mesure se fait en :

- Appuyant sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension;
- Rinçant l'électrode avec l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable;
- Plongeant l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre centimètres;
- Attendant que la valeur soit stable avant la lecture;
- Rinçant à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir (HACHEMAOUI , 2014) .

La température

Elle a été déterminée sur les lieux de prélèvement à l'aide d'un thermomètre incorporé au pH- mètre, étalonné chaque semaine. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (ADE, 2011).

La conductivité électrique

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon, et la chute du voltage due à la résistance de la solution est utilisée pour calculer la conductivité par centimètre. Cette opération est réalisée par une conductivimètre après les étapes suivantes:

- Allumer l'appareil.
- Agiter l'échantillon doucement et verser 100ml de l'eau à analyser dans un bécher propre.
- Rincer la sonde avec de l'eau ultra pure puis avec de l'eau à analyser.
- Immerger la sonde dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la stabilisation de la mesure avec une simple agitation de la sonde.
- Enregistrer la valeur de la conductivité électrique et la température qui sont affichées sur l'appareil après la stabilisation de la lecture.
- Rincer la sonde et arrêter l'appareil. (**Boubekeur HACHEMAOUI , 2014**)



Figure 04 : pH-mètre et Conductimètre électrique. (Photo originale)

Détermination de solides totaux dissous(TDS)

La conductivité électrique a déterminée précédemment, permet de mesurer également les solides totaux dissous ; en appliquant la règle suivante.

$$\text{TDS} = \text{Conductivité} \times 0.64 \text{ (ADE, 2011)}$$

Mesure de la salinité

La salinité est déterminée par la règle suivante, après détermination de TDS.

$$\text{Salinité} = (\text{TDS})/1000 \text{ (ADE, 2011)}.$$

Turbidité

Elle est mesurée par la méthode néphélométrique ; le faisceau lumineux traverse horizontalement la cuvette contenant l'échantillon, une partie de cette lumière est diffusée par effet Tyndall grâce aux particules en suspension. Le photomultiplicateur d'électron situé à un angle de 90° par rapport au faisceau lumineux capte les photons diffusés et transforme cette énergie lumineuse en signal électrique dont le potentiel est fonction de la turbidité. (Kassim, 2005).

Cette méthode repose sur :

- Appuyer sur le bouton d'alimentation électrique situé à l'arrière de l'appareil;
- Remplir une cuvette propre jusqu'au trait (30 ml) avec de l'eau à analyser en évitant la formation de bulle d'air;
- Tenir la cuvette par le bouchon et l'essuyer avec mouchoir doux sans peluches pour retirer les gouttes d'eau et les traces de doigts;
- Placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot;
- Lire et noter le résultat affiché. (Kassim, 2005)



Figure 05 : Turbidimètre (Photo originale).

Dosage des nitrites

Les nitrites dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromotrope pour produire un complexe coloré rose dont la coloration est proportionnelle à la quantité de nitrites présents. (**Kassim, 2005**).

On prend 50ml d'eau (échantillon), puis on ajoute 01ml de réactif mixité et laisser 20 min. elles forment la couleur rose qui indique la présence de nitrite ; ensuite prendre 10ml d'échantillon et mettre dans le tube spécifique de l'appareil. La longueur d'onde 543 nm. (**Kassim, 2005**).

Puis:

- Allumer le spectrophotomètre DR/4000, presser la touche de fonction PROGRAM. HACH. Sélectionner le numéro de programme mémorisé pour les nitrites 2610 et presser ENTER. La longueur d'onde 507 nm est automatiquement sélectionnée.
- Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon .Ajouter le contenu d'une gélule de nitriver 3 à la cuvette (l'échantillon préparé)
- Boucher et agiter pour dissoudre. NB : En présence de nitrite, une coloration rose se développe.
- Presser la touche de fonction *start minut*. Une période de réaction de 20 minutes commence. Lorsque le minuteur sonne, remplir une autre cuvette (le blanc) avec 10 ml d'échantillon. Placer le blanc dans le compartiment de mesure.
- Presser la touche de fonction ZERO. L'affichage indique : 0,000mg / IN-N02
- Retirer le bouchon. Placer l'échantillon préparé dans le compartiment de mesure et fermer le capot et lire la valeur affichée en mg/l de N-N02. **(Kassim, 2005).**

Dosage de nitrate

Les nitrates présents dans l'échantillon réagissent avec l'acide chromotropique en milieu fortement acide pour former un produit de couleur jaune avec un maximum d'absorbance à 415 nm.

1. Par un pipette , on prélève 10ml eau d'échantillon dans bicher;
2. En ajoute 1ml de salicylate de sodium (en préparé 0.05mg de salicylate de sodium +10ml d'eau distillé ce réactive temporellement 24h) ;
3. En ajoute trois gouttes de NaOH30%
4. Puis, incubation à 88°C jusqu'à sèche;
5. Après presque 5h , ajouté 2ml acide sulfurique (reste 10 minute);

6. Ensuite, ajoute 15ml d'eau distillé (reste quelque min) +15ml tartrate double K^+ et Na^+
7. Laisser 10min, elles forment couleur jaune qui indique la présence de nitrate;

Enfin, ensuite prendre 10ml d'échantillon et mettre dans le tube spécifique de l'appareil pour la lecture de longueur d'onde 410 nm. (Kassim, 2005).



Figure 06: Spectrophotomètre (photo originale).

Analyses bactériologies :

La qualité microbiologique des eaux présente un facteur important qui doit être vérifiée lors de l'étude de la potabilité de l'eau. Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire d'analyse et de contrôle de qualité de la wilaya de Laghouat; à savoir la recherche des germes suivants :

- ✓ Les germes totaux;
- ✓ Les coliformes totaux ;
- ✓ Les streptocoques fécaux;
- ✓ Les clostridium sulfite-réducteurs.

Dénombrement des germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles (22°C) et les microorganismes mésophiles (37°C). Le milieu de culture est de la gélose glucosée tryptonee à l'extrait de levure (TGEA) fondue puis refroidie à 45±2°C (Rodier, 2005).

Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser (SM) on porte aseptiquement 1ml en double dans deux boîtes de pétri Vides, numérotées et préparées à cet usage. Compléter ensuite avec environ 19ml de gélose T.G.E.A fondue puis refroidie à 45±2°C. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on distribue l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.

On fait ensuite les mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 », sur une surface fraîche et horizontale et on laisse solidifier les boîtes sur paille. Les boîtes seront partagées en deux séries distinctes :

La première série sera incubée à 22±2°C pendant 24h + 4 h

La deuxième série sera incubée à 37±2°C pendant 24h + 4 h

Le calcul de la valeur du nombre (N), de microorganismes revivifiables à 22±2°C, et celle du nombre (N) de microorganismes revivifiables à 37±2°C à part, en tant que moyenne pondérée, sera fait suivant l'équation:

$$N = \frac{c}{1,1 \times d}$$

c: Somme des colonies dénombrées sur deux boîtes

d: Taux de dilution correspondant à la première dilution

Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à 22°C et à 37°C par ml d'eau est exprimé par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10^x où x est la puissance appropriée de 10 (LEBRES et MOUFFOK, 2008).

Si les boîtesensemencées, contiennent plus de 300 colonies, les résultats sont exprimés: (Figure 07) (ISO 6222, 1990).

Porter 1ml d'eau analyser dans la boîte de pétri et Compléter la boîte de pétri avec 19ml de gélose TGEA

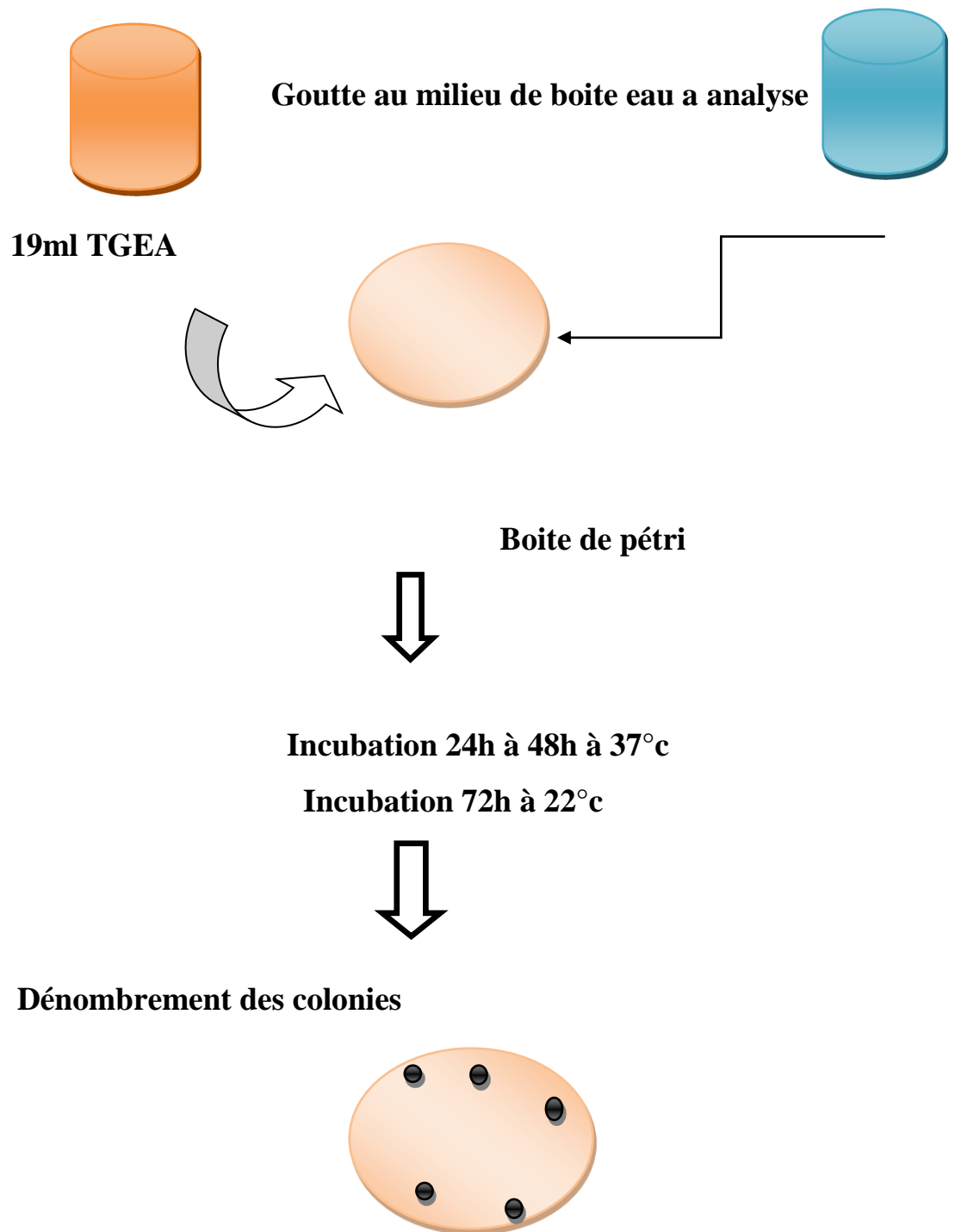


Figure 07 : Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.

Recherche et dénombrement des coliformes:

Les coliformes se présentent sous forme des bacilles à Gram négatifs (BGN), non sporogones, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C. La technique utilisée pour la recherche et le dénombrement dans le laboratoire est la NPP (Nombre le Plus Probable), dans un milieu (BCpl) liquide bouillon lactose au pourpre de bromocrésol.

La Technique en milieu liquide sur BCPL, fait appel à :

Test de présomption

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

- 2 fois 10ml dans un flacon contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.

- 2 fois 1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL s/C muni d'une cloche de Durham.

- 2 fois 0,1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham doit être chassé et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h. Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).

- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady

NPP (nombre plus Probable)/100 ml d'échantillon. (RODIER, 2009) .

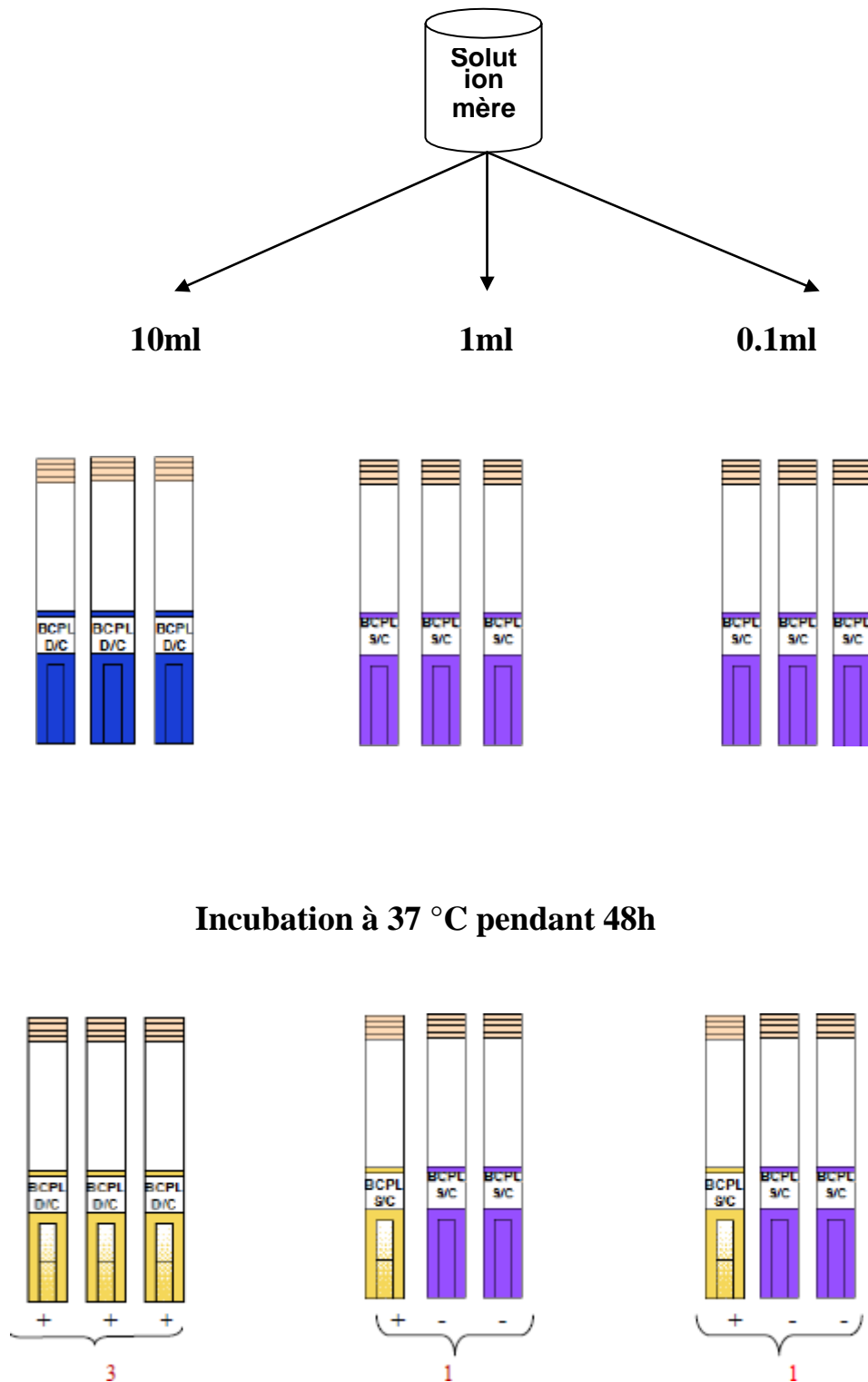


Figure 08: Recherche et dénombrement de coliforme totaux

Nous suivons la méthode de NPP pour traduire les résultats en des chiffres et pour le dénombrement des bactéries, en utilisant les tableaux suivants :

Tableau 04 : Lecture des résultats pour le dénombrement des coliformes par méthode NPP.

Inoculum ^I	Test de presomotion	Nbre Caractéristique
3t(d/c) X10 ml	+	2
	+	
	-	
3t(s/c) X 1 ml	+	1
	-	
	-	
3t(s/c) X0.1 ml	-	0
	-	
	-	

Tableau 05 : Table de Mac-Crady pour le dénombrement des coliformes

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			INDICE NPP
3 tubes (d/c)de 0.1 ml	3 tubes (s/c)de 1 ml	3 tubes (s/c)de 10 ml	
0	0	L	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11

1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	2S
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	1400

Recherche et dénombrement de streptocoque fécaux:

Les Streptocoques fécaux (*Enterococcus* ou Streptocoques D) sont des commensaux de l'intestin. Le nombre de Streptocoques étant en général peu élevé, on utilise dans un premier temps un milieu d'enrichissement relativement sélectif, le milieu de Rothe. Un trouble microbien permet de conclure que dans les tubes correspondants a cultivé au moins un Streptocoque fécal présumé provenant e l'inoculum. On doit donc vérifier dans un deuxième temps si les bactéries qui ont cultivés sont bien des streptocoques. On utilise l'action de deux agents sélectifs en repiquant une anse des milieux positifs dans le milieu de Litsky.

Test de présomption:

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

- ▶ 2 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C (double concentration)
- ▶ 2 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C (simple concentration),
- ▶ 2 fois 0.1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C :

On mélange bien le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- ▶ Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.
- ▶ La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoque fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Après l'agitation des tubes de Rothe positifs, prélevée de chacun un millilitre à l'aide d'une pipette Pasteur d'ont faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Litsky Eva (**Figure 09**).

Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

Un trouble microbien.

Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé.

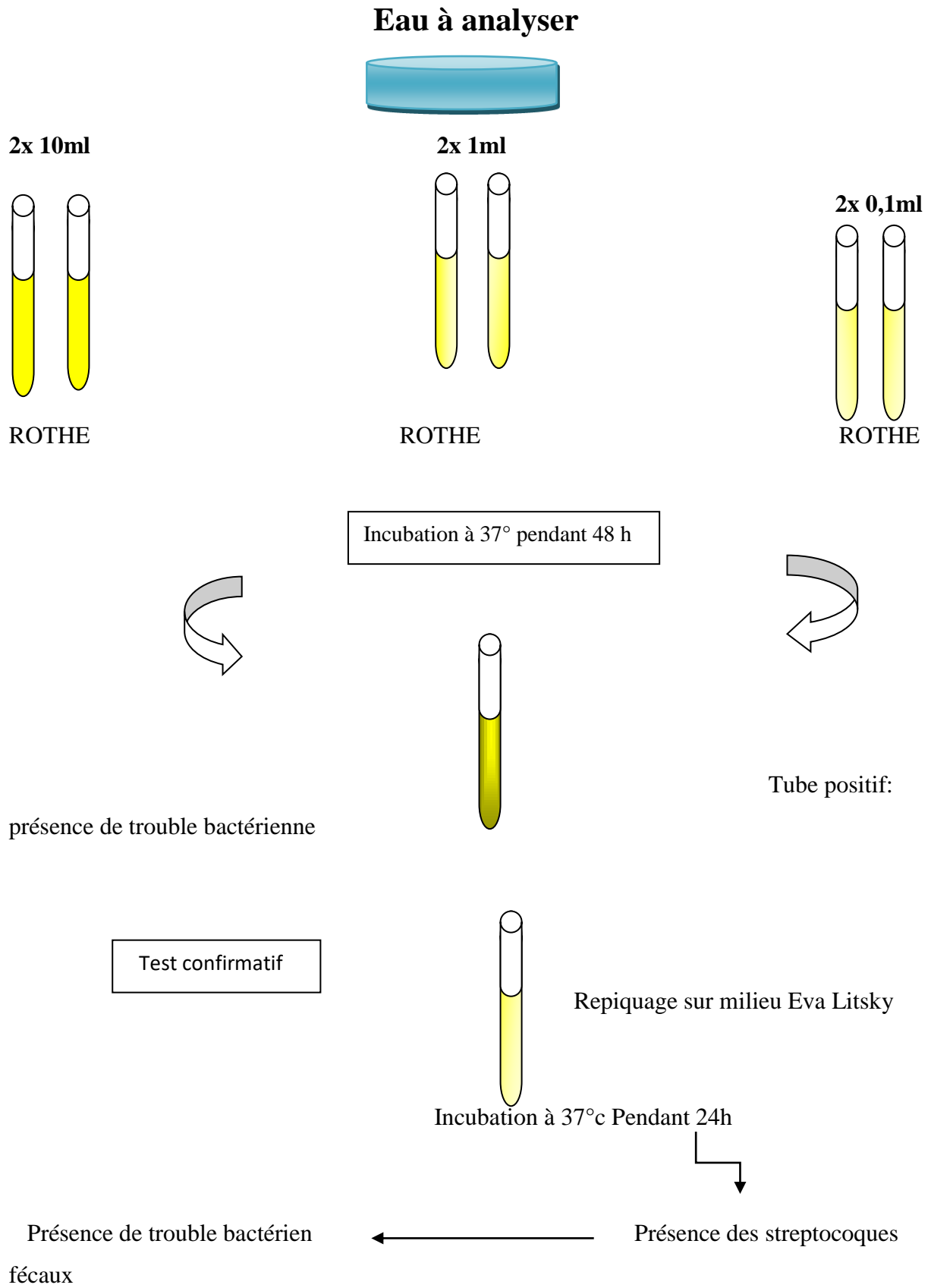


Figure 09: Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau.

Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries à Gram+.

Elles se développent entre 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (**LEBRES et MOUFFOK, 2008**).

Mode opératoire

La recherche des *Clostridium sulfito-réducteurs* se fait par deux forme ; sporulée et végétative.

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. (ADE,2011).

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 de chauffage. (ADE,2011).

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. (ADE,2011)

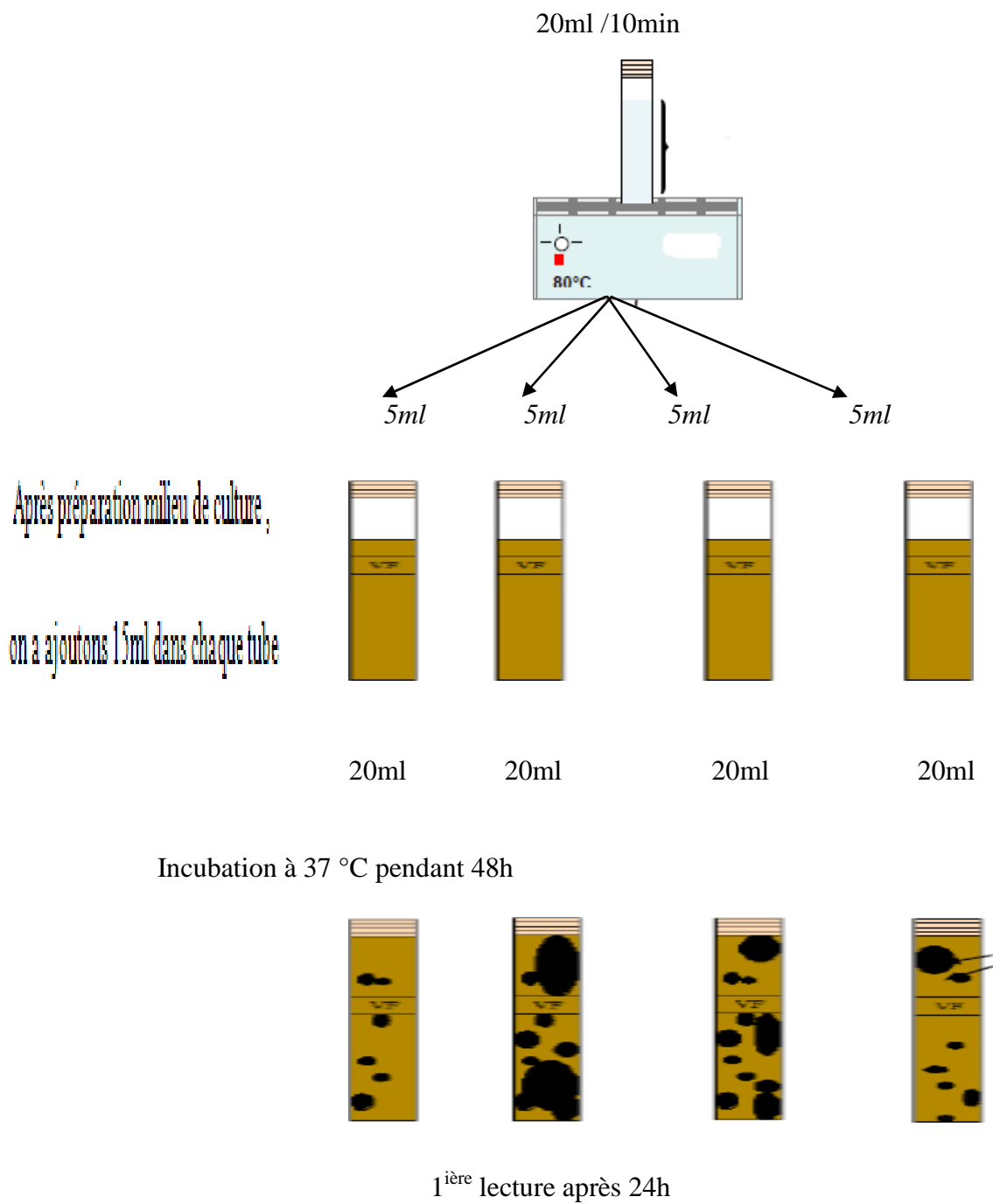


Figure 10 : Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-Reducteurs

Chapitre IV

Résultats et Discussion

Résultats et interprétations

Résultat et interprétation des paramètres physico-chimiques

Température (T°C) :

La température présente à peu près la même dans l'ensemble des stations prospectées ; la valeur la plus basse est enregistrée dans le puits et la plus élevée au niveau du réservoir.(fig.11).

Au sein des trois sites étudiés, la gamme de température n'est pas critique, où les valeurs enregistrées comprise 19.1°C comme limite inférieure et de 19.3°C comme limite supérieure.

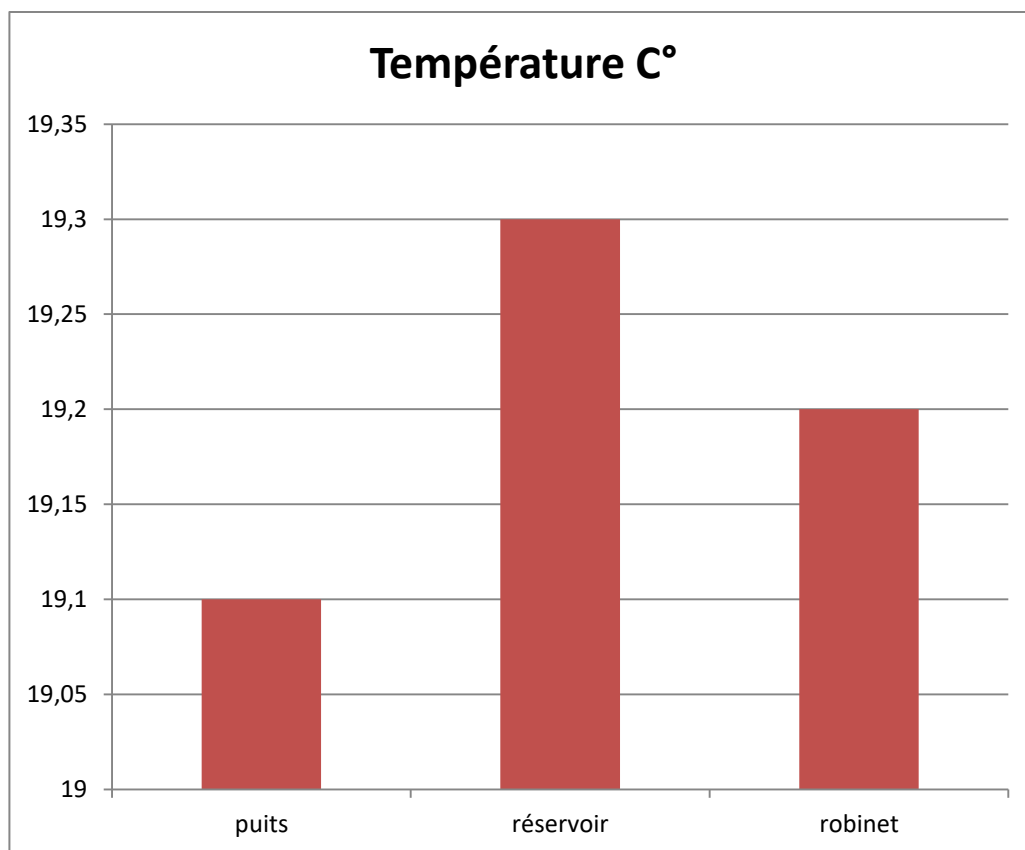


Figure 11 : variation de température dans les trois sites étudiés.

La variation thermique peut être en fonction de la profondeur de l'aquifère. Si l'aquifère est très profond, elle ne présente pas une grande variation essentiellement par les variations climatiques (**DIB, 2009**).

Selon (**RODIER, 2005**), les eaux souterraines, dont la température au cours des saisons est d'environ 12°C à 15°C, sont moins sensibles aux variations de température que les eaux superficielles dont la température varie de 2 à 30°C.

Elles ont l'avantage d'arriver dans le réseau de distribution à une température plus basse, mais, elles peuvent s'échauffer dans le réseau. La température mesurée dans les forages ne révèle pas une grande variation, et pendant la distribution, elle prend presque celle de l'air.

Une température élevée des eaux dans le réseau de distribution peut entraîner un développement planctonique important dans les conduites ou une sursaturation en gaz dissous, susceptible de rendre les eaux blanchâtres (**LADJEL, 2009**).

La température de l'eau gouverne la solubilité, en particulier celle des gaz mais aussi celle des sels (**BOEGLIN, 2000**).

Ayant des conséquences sur la conductivité (**DIB, 2009**).

Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH de l'eau est neutre, généralement proche ou égale à 7. Ce paramètre présente une évolution similaire dans l'ensemble des sites échantillonnés.

La valeur la plus élevée est enregistrée dans le puits où le pH= 7.12 .

La valeur la plus faible est enregistrée dans le réservoir où le pH=6.81. (**fig.12**) .

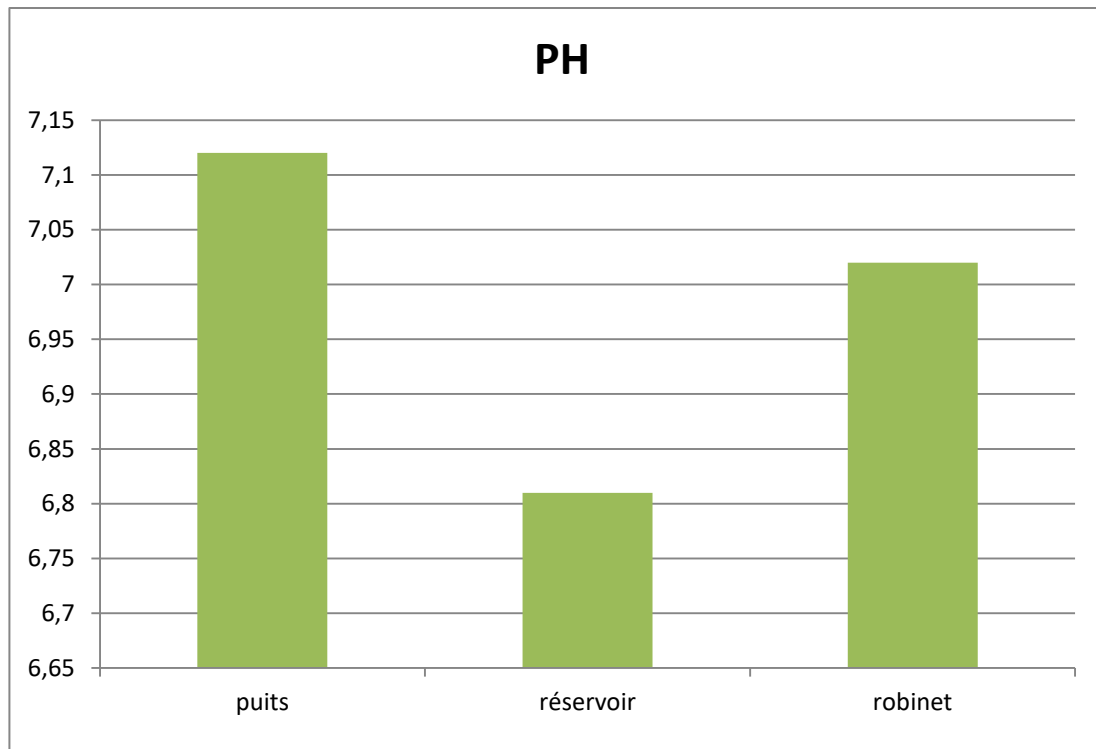


Figure 12: le pH de l'eau dans les trois sites prospectés

Les législations algériennes et européennes précisent une gamme de pH comprise entre 6,5 et 8,5 (JORA, 2000; RODIER et al, 2005).

Les eaux de la présente étude, présente des pH neutres.

Selon (LADJEL, 2009) la plupart des eaux potable présentent un caractère alcalin bicarbonaté car le pH est souvent inférieur à 8,3 ce qui est semblable aux eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien, dont elles ont un pH voisin de la neutralité à caractère alcalin via la formation de dépôts de CaCO_3 (entartrage) dans le réseau de distribution d'eau potable (TABOUCHE et ACHOUR, 2004; HARKABUS, 2006; NEZLI, 2009).

De même, pour (LADJEL, 2009) c'est une indication que ces eaux ne contiennent pas assez de CO_2 , et sont saturées en CaCO_3 , donc incrustantes, autrement dit, les eaux naturelles ont un pH qui est en fonction des concentrations en gaz carbonique dissous et en hydrogénocarbonates (BOEGLIN, 2000).

Chlore :

Les normes de chlorure de l'eau est 500 mg/l **(Iso 9297)**.

les valeurs enregistrées comprise 78.1 mg/l dans le puits comme limite inférieure et de 177.5 mg/l dans le robinet comme limite supérieure. **(figure 13)**.

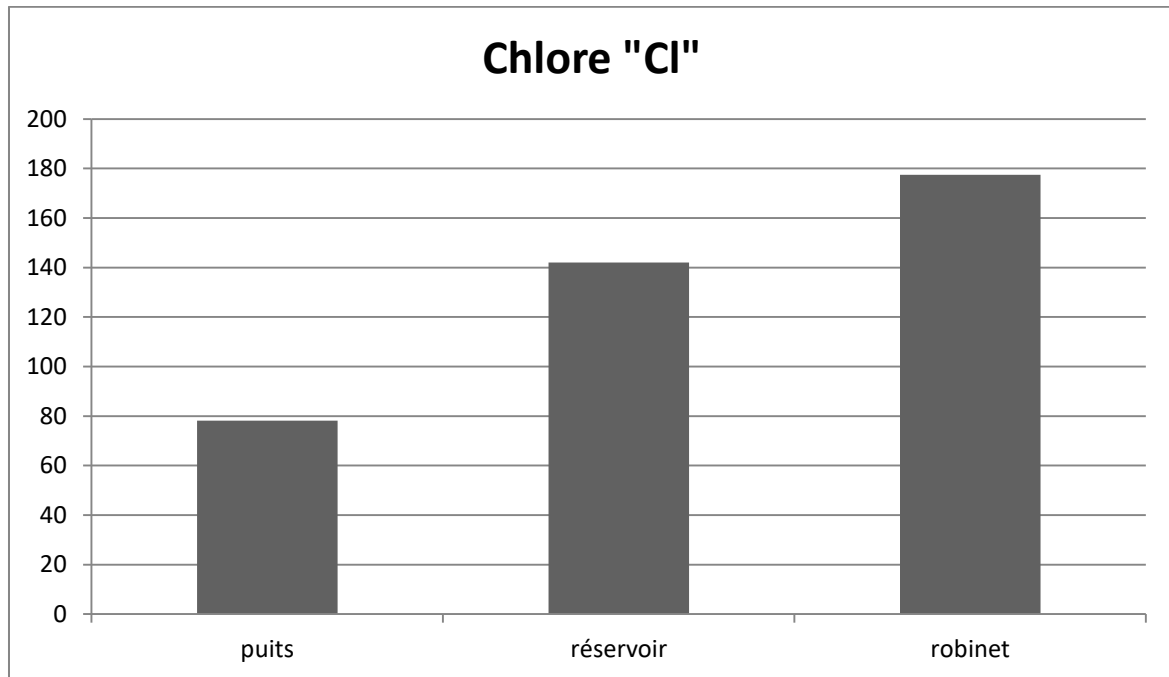


Figure13 : Variation de chlorure (cl) de l'eau dans les trois sites.

La teneur de chlore dans les eaux naturelles est susceptible de subir des variations en zones arides suite au lessivage superficiel en cas des fortes pluies. Elles peuvent avoir comme origine une contamination par les eaux usées **(DIB, 2009)**.

L'inconvénient majeur des chlorures, est la saveur désagréable, qu'elles communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l **(OMS, 1993; WHO, 2008)**.

Surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium .pour une quantité équivalente de chlorure ,la saveur peut être moins marquée en présence de calcium et de magnésium **(RODIER et al, 2005)**

Selon (GUERGAZI et ACHOUR, 2005) ,les hydrogénocarbonates sont moins dominants que les autres anions.

Nitrate (NO_3^-) :

Dans la (figure 14) les concentrations en nitrate varient d'un puits à le réservoir et le robinet. C'est dans l'eau de puits que la teneur en nitrates est la plus faible que les teneures en nitrate de réservoir et de robinet . De même la concentration en nitrate dans l'eau de réservoir et robinet (35.22 mg/l et 33.09 mg/l) est presque trois fois plus élevée que dans l'eau de puits (10.03 mg/l) .

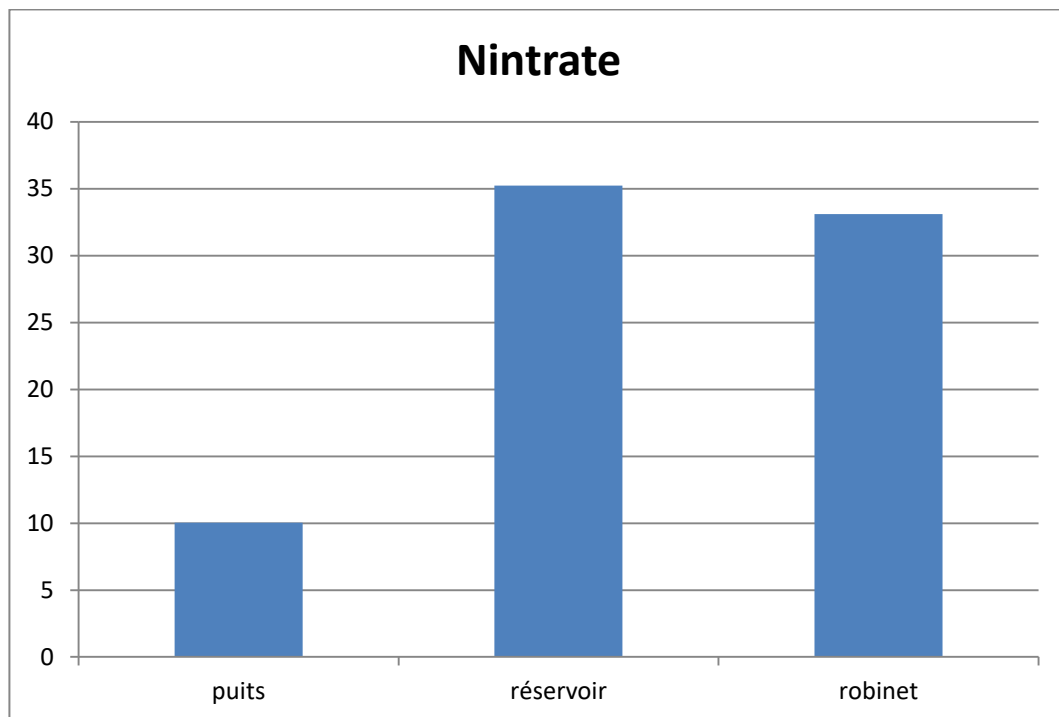


Figure14 : Variation de nitrate (NO_3^-) de l'eau dans les trois sites.

Le taux des nitrates est conforme a la norme algérienne qui a fixée à 50 mg/l (JORA, 2000).

Ces valeurs particulières peuvent être dues à une ancienne pollution, avec une transformation de l'ammonium en nitrite puis en nitrate dans le temps face a un traitement réduit et une

élévation de la température. Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique (**RODIER et al, 2005; DIB 2009**).

Dans les eaux naturelles non polluées; le taux de nitrate est très variable suivant la saison et l'origine des eaux. Il peut varier de 1 à 15 mg/l et de même une concentration de 2 ou 3 mg/l, peut être considérée comme normale (**RODIER et al, 2005**).

Sa présence excessive peut aussi provoquer un problème de santé publique important tel que la méthémoglobinémie (**BENAMAR et al, 2011**).

L'excès des nitrates dans les eaux de consommation bloquent les échanges respiratoires au niveau du sang, à des doses supérieures à 100 mg/l peuvent conduire à la formation in vivo de nitrosamines qui sont des dérivés cancérogènes (**MONTIEL, 1999**).

L'OMS (1995) a établi une dose journalière acceptable (DJA) pour les nitrates présents dans les aliments de 0,84 mg azote total/kg/jour (3,7 mg de mg NO₃⁻ /kg/j). Elle est basée sur une dose sans effet nocif observé (DSENO) de 83,5 mg azote total/kg/jour (370 mg de mg NO₃⁻ /kg/j) (**CHAUSSE et al, 2003**).

Conductivité :

La conductivité présente à peu près la même dans le réservoir et le robinet mais d'un autre point on enregistre une valeur très faible dans le puits (C=621 us/cm) par rapport aux deux valeurs précédentes **.(fig 15)**.

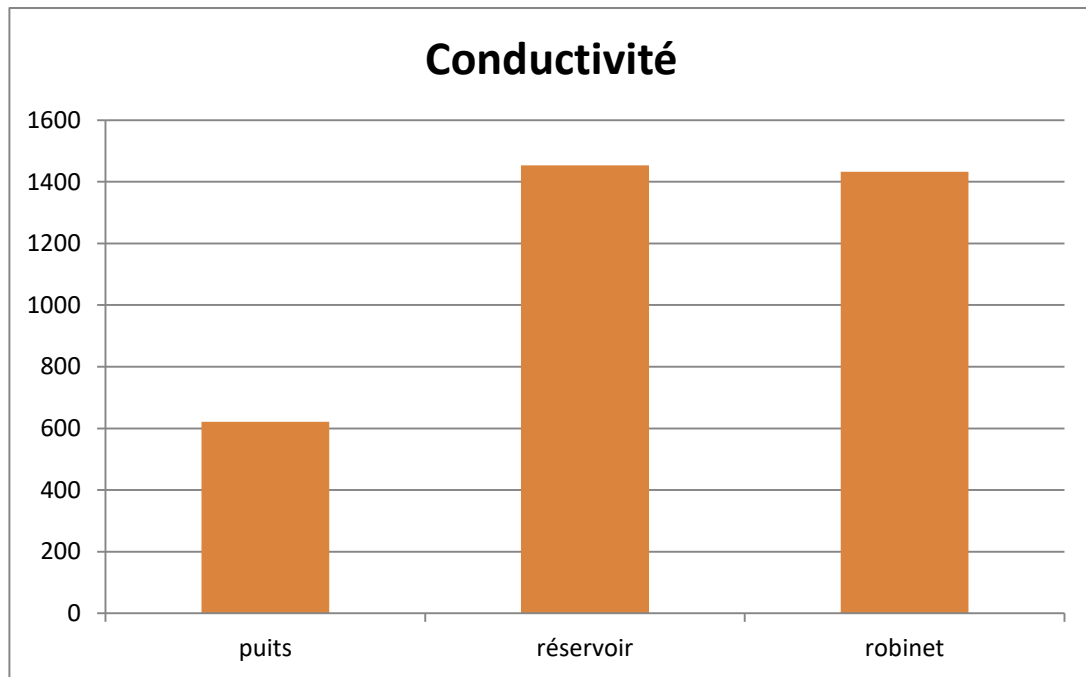


Figure15: Variation de conductivité de l'eau dans les trois sites.

Ce est conforme avec les valeurs de législations algériennes, dont les valeurs de conductivité sont fixées au-dessous d'une valeur limite de 2800 us/cm pour les eaux chargées en sels minéraux (JORA, 2000).

(RODIER et al. 2005), signalent que la variation de la conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{2+}), de sodium (Na^{+}), de chlorure (Cl^{-}), des bicarbonates (HCO_3^{-}), etc.

La conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température (DIB, 2009).

L'augmentation semble émaner de l'augmentation de température qui entraîne l'accélération de la mobilité des ions dans l'eau. La diminution peut provenir d'une viscosité du milieu. La mesure de la conductivité permet une évaluation rapide et approximative de la minéralisation globale ou la salinité de l'eau (BOEGLIN, 2000 ; DIB, 2009).

Toutes les valeurs de la conductivité obtenues au cours de la présente étude indiquent une minéralisation moyenne, des eaux d'adduction. Ces minéralisations relativement fortes témoignent d'un temps de contact plus élevé avec la matrice encaissante traduisant soit des

circulations très lentes ou des temps de séjour prolongés, soit une contamination **(DAKOURE, 2003)**.

Taux des sels dissous TDS :

On remarque que Le taux de sels dissous entre (717 mg/l et 727 mg/l) dans le réservoir et le robinet ,dans le puits égale 310 mg/l **.(figure 16)**.

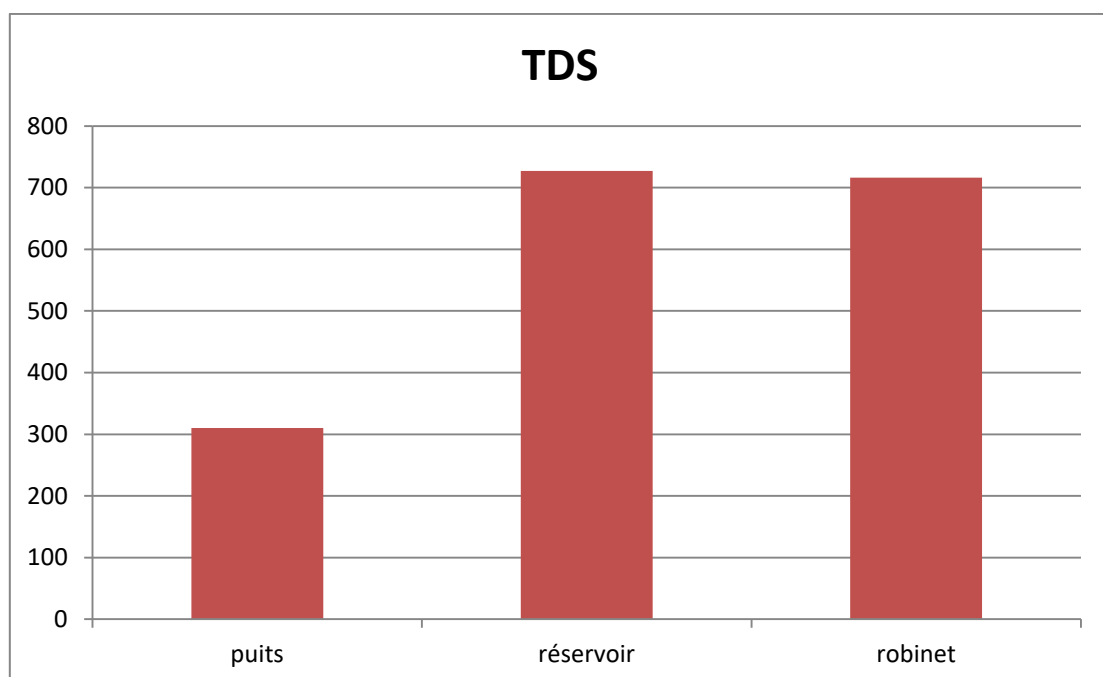


Figure 16: Variation de TDS de l'eau dans les trois sites.

les valeurs de sels dissous respectant les normes **OMS (1965)** soit 1500 mg/l ou les dépassent souvent jusqu'à 2000 mg/l.

La minéralisation est fonction de la géologie des terrains traversés. Elle est plus élevée dans les eaux souterraines **(RODIER et al, 2005)**.

Salinité :

la salinité de réservoir approximativement égale la salinité de robinet .D'autre part la salinité du puits est complètement différente et égale 0.31 (s.m⁻¹) **(figure 17)**.

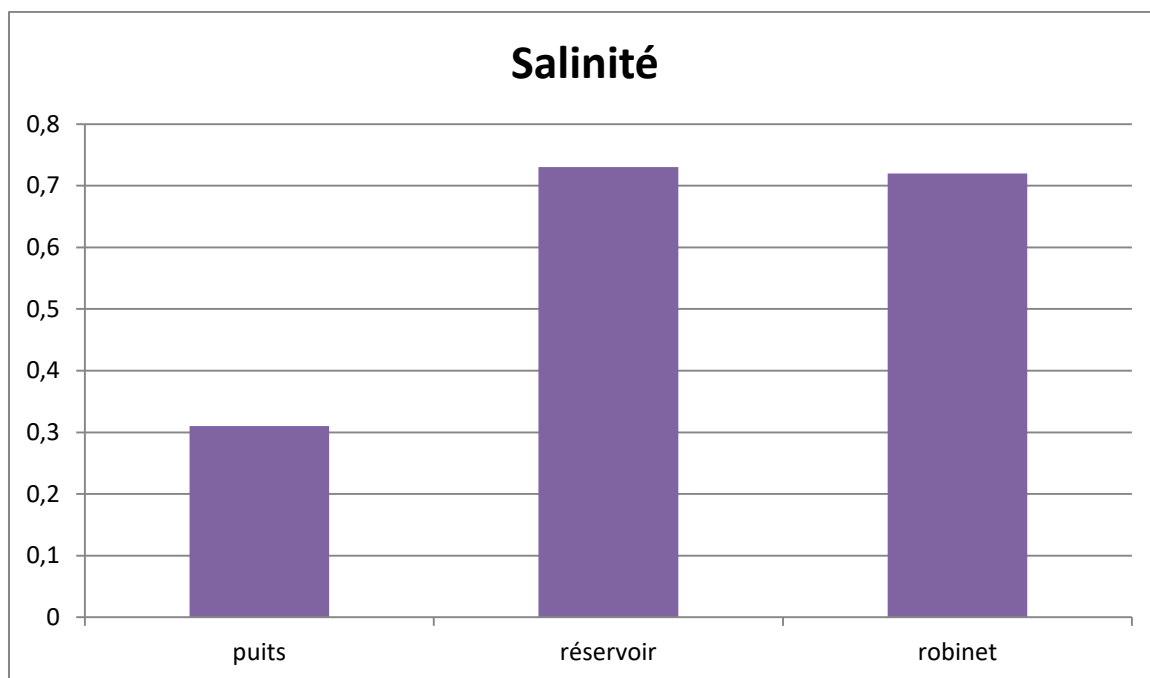


Figure17: Variation de salinité de l'eau dans les trois sites.

La salinité correspond à la quantité de sels dissous qui sont le chlorure de sodium (NaCl), chlorure de magnésium ($MgCl_2$)...etc. L'augmentation de la salinité reflète une augmentation en ions de sodium (Na^+), magnésium (Mg^{2+}), chlorure (Cl^-). Après dissociation des sels, cette salinité se mesure directement à partir de la conductivité électrique des échantillons de l'eau prélevés (**FIGARELLA et LEYRAL, 2002 ; RODIER et al, 2005**).

Calcium :

les valeurs enregistrées comprise 104.20 dans le puits comme limite inférieure et de 156.31 dans le robinet comme limite supérieure. (**figure 18**).

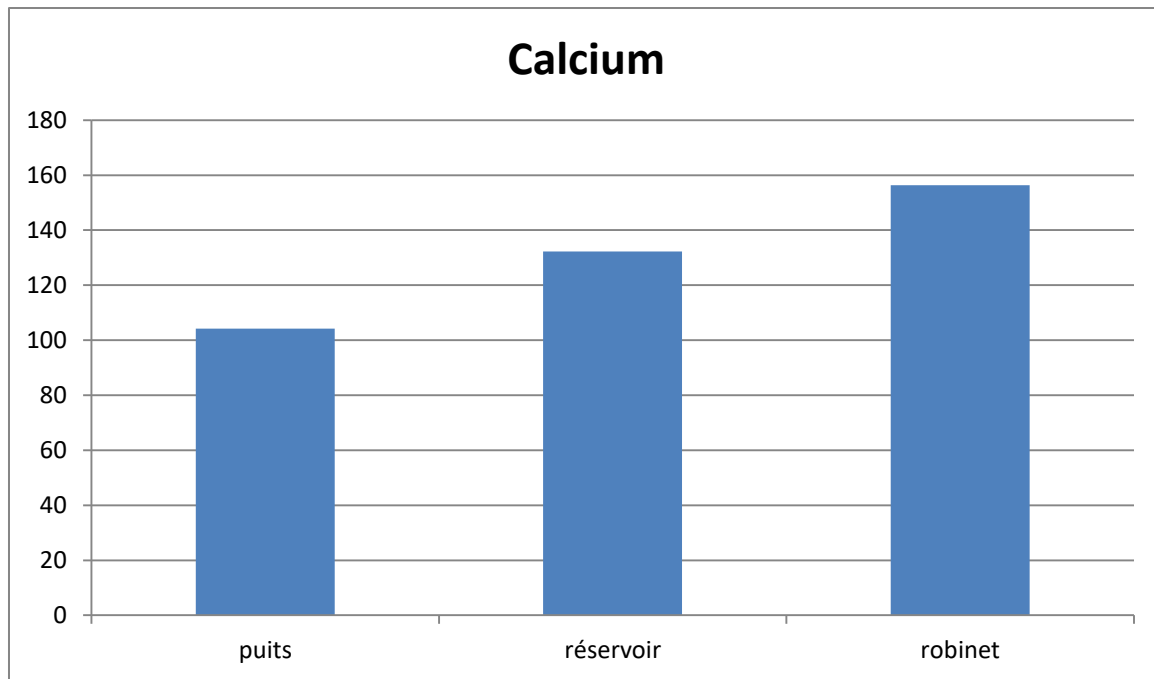


Figure18: Variation de calcium (ca+) de l'eau dans les trois sites.

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. C'est un composant majeur de la dureté de l'eau. Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrain traversé (BENAMAR et al, 2011) .

L'influence du calcium de l'eau sur la santé humaine, a été souvent discutée. Dont les recherches et les études statistiques notent qu'il n'y aurait pas de relation dose-effet avec la teneur de cet élément dans l'eau (RODIER et al, 2005 ; DIB, 2009 ; BENAMAR et al, 2011).

Durété totale TH :

Dans la (figure 19) la dureté totale des trois stations est supérieure de 180 mg/l (puits =440 mg/l ,réservoir=700 mg/l, et robinet =560 mg/l)

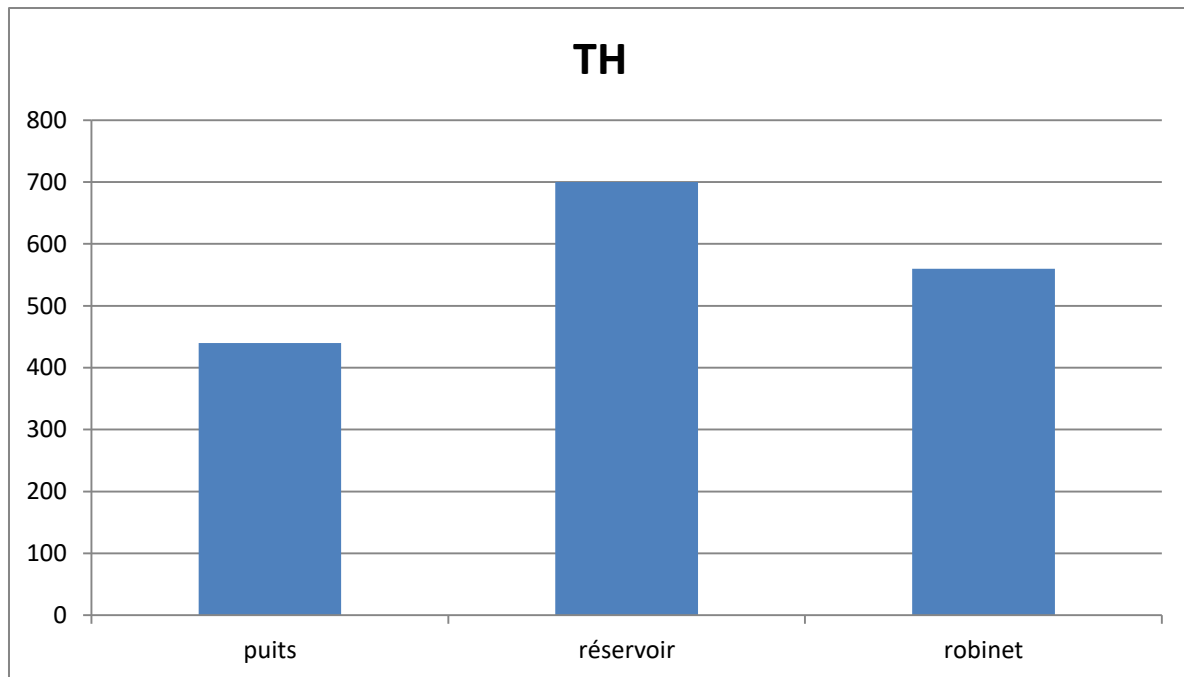


Figure19: Variation durété totale (TH) de l'eau dans les trois sites.

L'évolution de la dureté semble être liée à une augmentation en Ca^+ et/ou Mg^{++} . La dureté totale a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (**HAKMI, 2006**).

Les eaux provenant de terrains calcaires ou surtout de terrain gypseux, peuvent avoir des duretés très élevées (**RODIER et al, 2005; FIGARELLA et LEYRAL, 2002**).

Les normes OMS fixent la dureté totale exprimée en degré hydrométrique à 500 mg de CaCO_3/l (**RODIER et al, 2005**). Selon cette référence, les eaux de la présente sont dures.

La dureté d'une eau, constitue un risque notable dans l'entartrage des canalisations.

Pour une eau d'adduction, une dureté élevée contribue également à accroître la consommation de savon (**RODIER et al, 2005**).

Il a été démontré que les réservoirs, les réseaux et les points de puisage des conduites d'eau chaude sanitaire pouvaient, s'ils étaient entartrés, être favorables à l'accueil et à la prolifération des bactéries (**MEGDOUD, 2003**).

Toutefois, certaines études, rapportent qu'il semble exister un pourcentage plus élevé de mortalité par affections cardio-vasculaires, dans les régions où sont distribuées des eaux

douces. Les eaux dures peuvent limiter le transfert intestinal des ions métalliques toxiques comme le cadmium, le cuivre, le plomb, etc., contrairement aux eaux douces (RODIER et al, 2005).

Magnésium Mg :

Pour le magnésium « Mg⁺ », (figure 20) les valeurs obtenues dans tous les cas répondent rigoureusement à la valeur critique dont aucune n'a dépassé 150 mg/l (JORA, 2000).

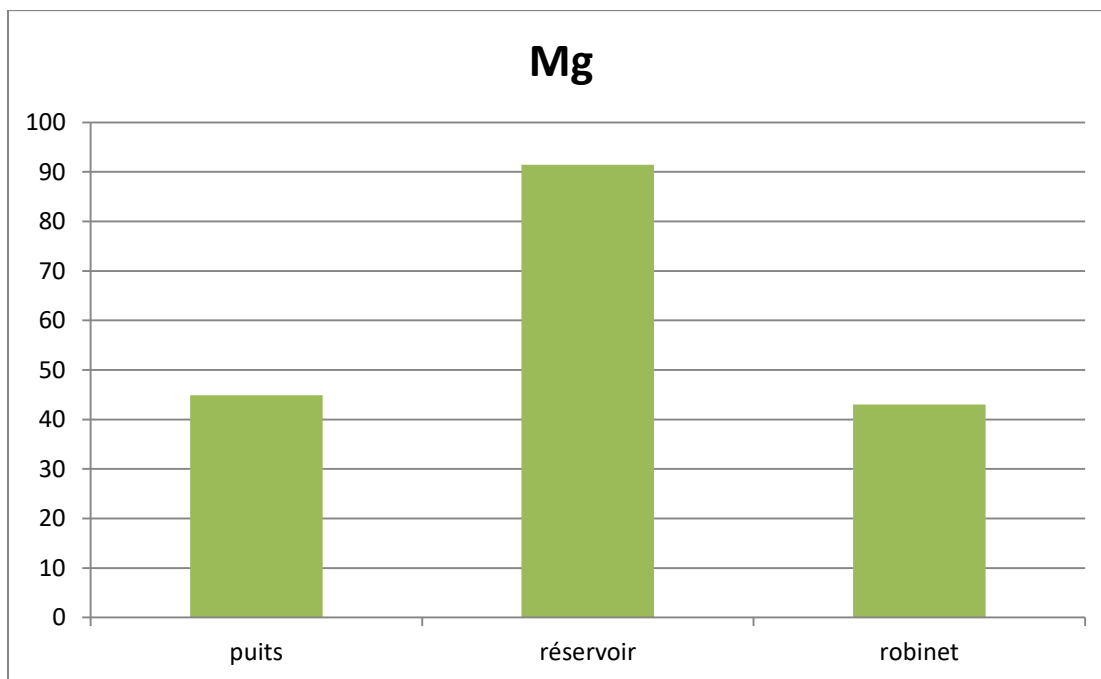


Figure20: Variation de minéralisation globale (Mg) de l'eau dans les trois sites.

Au fait que le magnésium est un élément présent dans toutes les eaux naturelles, la variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riches en (Mg⁺). (DIB, 2009).

La plupart des sels de magnésium sont très solubles dans l'eau, même le carbonate peut être dissous (300 mg/l à 20°C).

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Il est présent sous forme de carbonates et d'hydrogénocarbonates. En zones arides, il a été constaté que la consommation courante et sans problèmes majeurs pour les habitudes, des eaux contenant 200 mg/l de magnésium avec des teneurs élevées en sulfates (**RODIER et al, 2005**).

Résultat et interprétation des paramètres bactériologiques :

Remarque :

Par défaut de la réglementation algérienne concernant l'analyse bactériologique des eaux de réservoir, de robinet de puits on a parcouru vers l'interprétation des résultats d'analyses microbiologiques selon l'arrêté interministériel du 24 janvier 1998 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires (**voir annexe**).

Pour l'interprétation des résultats d'isolement des germes revivifiables à 22 °C et 37 °C le milieu pris en considération est le milieu T.G.E.A préconisé par la méthode de dénombrement.

Les résultats des analyses de l'eau de réservoir

Tableau 6: résultats des analyses bactériologiques de l'eau de réservoir

Echantillons		Résultat moyenne des prélèvements
Germes /ml		
Germes revivifiable à 37°C	T.G.E.A	-
Germes revivifiable à 22°C	T.G.E.A	-
Coliforme totaux (Ger. /100ml)		-
Streptocoque fécaux (Ger./20ml)		-
Clostridium sulfito-réducteur (Ger./20ml)		-

Une absence totale des germes (Coliformes, Streptocoque, et Clostridium sulfito-réducteur) a été enregistrée dans l'eau de réservoir

Les résultats des analyses de l'eau de puits

Tableau 7 : résultats des analyses bactériologiques de l'eau de puits

Echantillons		Résultat moyenne des prélèvements
Germes /ml		
Germes revivifiable à 37°C	T.G.E.A	+
Germes revivifiable à 22°C	T.G.E.A	+
Coliforme totaux (Ger. /100ml)		+
Streptocoque fécaux (Ger./20ml)		+
Clostridium sulfito-réducteur (Ger./20ml)		+

Une présence importante a été enregistrée des germes(105 colonies à 37 c° ,150 ufc /100 ml à 37 c°) , Streptocoque(22 ufc /100 ml à 37 c°) et Clostridium sulfito-réducteur(plus de 5 halo noire dans un tube) a été enregistrée dans l'eau de puits

Les résultats des analyses de l'eau de robinet

Tableau 8 : résultats des analyses bactériologiques de l'eau de robinet.

Echantillons		Résultat moyenne des prélèvements
Germes /ml		
Germes revivifiable à 37°C	T.G.E.A	-

Germes revivifiable à 22°C		
	T.G.E.A	-
Coliforme totaux (Ger. /100ml)		-
Streptocoque fécaux (Ger./20ml)		-
Clostridium sulfito-réducteur (Ger./20ml)		-

Une absence totale des germes (coliformes, streptocoque, et clostridium sulfito-réducteur) a été enregistrée dans l'eau de robinet

Conclusion

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, pour sa vie et ses besoins journaliers, cela implique une surveillance colossale considérablement sur le plan physico-chimique et bactériologique. La nature et l'origine des eaux, les variations du milieu et l'hydraulique du réseau de distribution, influent sur les caractéristiques physico-chimiques et bactériologique des eaux potables de la ville.

L'étude menée au cours de ce travail a pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux potables de trois endroits située dans la wilaya de Laghouat. Pour ce faire, des échantillons d'eau ont été prélevés au niveau de plusieurs points, allant de la source jusqu'au consommateur, sur lesquels des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été effectuées.

Selon les résultats obtenus durant cette étude, l'eau de ces trois localités est classée comme une eau potable avec des valeurs du magnésium et du chlore sur les normes($140 < \text{Cl}^- < 178 \text{ mg/l}$, $40 < \text{Mg}^{+2} < 95$).

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé, une dureté élevée ($500 < \text{TDS}$), donc c'est une eau qui est dure, Avec une assez bonne conductivité au réservoir et robinet ($1432 < C < 1453 \text{ us/cm}$), et faible au puits ($C = 621 \text{ us/cm}$).

Le déséquilibre du taux des nitrates dans l'eau du puits est notée (10.03 mg/l), du fait que cette eau emprunte une canalisation vétuste dans laquelle nous trouvons des dépôts de polluons qui sont le résultat de canalisation mal entretenue.

Selon le résultat de cette étude la qualité des eaux de réservoir et robinet qui est de Djbel Lahmar est plus appropriée à la consommation par rapport à l'eau du puits de Ksar el Hiran.

Du point de vue bactériologique les résultats obtenus dans le puits , sont: Streptocoques fécaux(22 ufc/100 ml à 37 c°), les Clostridium sulfito-réducteurs(plus de 5 halo noire dans un tube), et les germes totaux(105 colonies à 37 c° ,150 ufc/100 ml à 37 c°).

les résultats obtenus au le réservoir et le robinet montrent telle que mentionné par les normes algériennes. Les résultats obtenus prouvent la bonne qualité bactériologique de l'eau d'adduction. Elle ne présente aucun risque pour la consommation humaine.

Perspective

Pour prévenir contre les MTH et afin d'assurer la propreté, la sureté et la fiabilité de l'approvisionnement en eau potable de la source au robinet, plusieurs mesures doivent être prises, on peut citer :

La rénovation des réseaux vétustes et le remplacement des conduites non conformes aux normes techniques.

Le maintien de la qualité de l'eau du point de captage jusqu'au robinet du consommateur, nécessite en permanence le contrôle et la surveillance du réseau d'ADE.

Collaboration intersectorielle doit être permanente entre les secteurs d'habitat, hydraulique, la santé et d'algérienne des eaux.

Promotion d'hygiène et de la salubrité publique (amélioration des conditions de vie de citoyens).

Références bibliographiques

A/

- (ADE,2011). Norme de qualité d'une eau de boisson .
- (ADE,2011). Norme de qualité d'une eau de boisson .
- (ADE,2011) Norme de qualité d'une eau de boisson .
- (ADE, 2011). Norme de qualité d'une eau de boisson .
- (ADE, 2011). Norme de qualité d'une eau de boisson .
- (ADE, 2011) Norme de qualité d'une eau de boisson .
- (ADE, 2011). Norme de qualité d'une eau de boisson .
- (Anonyme,2003). Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation.
- (Armand, 1996). Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc
- (Aroua, 1994). . L'homme et son milieu. Edition société national. Alger,
- (Aroua, 1994). . L'homme et son milieu. Edition société national. Alger,
- (ARRUS R, 1830- 1962).
- (Ayad, 2017). Evaluation de la qualité physico-chimique et Bactériologique des eaux souterraines : cas des Puits de la région . Thèse . Ing . Microbiologie Appliquée. Univ. BADJI MOKHTAR – ANNABA

B/

- (BALDERACCHI, 2009)
- (Baziz, 2008).
- (BEKKOUCHE et al, 2013). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux destinée a l'irrigation: cas de la commune de taghzout- el – Oued . Mém. Ing . Biochimie appliqué . Univ. D'EL-OUED
- (Bekkouche et al ,2013). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux destinée a l'irrigation: cas de la commune de taghzout- el – Oued . Mém. Ing . Biochimie appliqué . Univ. D'EL-OUED
- (Bekkouche et al, 2013). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux destinée a l'irrigation: cas de la commune de taghzout- el – Oued . Mém. Ing . Biochimie appliqué . Univ. D'EL-OUED
- (BEKKOUCHE et al, 2013). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux destinée a l'irrigation: cas de la commune de taghzout- el – Oued . Mém. Ing .

Biochimie appliqué . Univ. D'EL-OUED

(BENAMAR et al, 2011).

(BENAMAR et al, 2011) .

(BOEGLIN, 1991). Contrôle des eaux douces et de consommation humaine . Article. Toute reproduction sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie est strictement interdite, « Environnement Industriel », Colmar

(BOEGLIN, 2000). Contrôle des eaux douces et de consommation humaine
(BOEGLIN, 2000 ; DIB, 2009).

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

(Bosca, 2002). Groundwater law and administration of sustainable development ;
Mediterranean Magazine, Science Training and Technology

(Bouziari,2000) . L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun

(Boudjeal, Djoud 2003). Pollution de l'Oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Thèse ing, des écosystèmes universitaires, Stif.

(Boudjeal et Djouid, 2003). Pollution de l'Oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Thèse ing, des écosystèmes universitaires, Stif.

(Bourgeois et al, 1991). Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments : Tome 1 .Edition Lavoisier .Tec et Doc

(Bourgeois et Mesclé , 1996) Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier

(Bourgeois et Mesclé , 1996). Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier

C/

(CHAUSSE et al, 2003)

Centre d'Information sur l'Eau (CIE), (2013). Le cycle naturel de l'eau, le mercredi 7 août 2013

(CRAAQ,2003). Guide de production des annuelles en caissettes 313 11- Peterson, H.G.

Water quality and Micro-irrigation for Horticulture, Agriculture et Agroalimentaire Canada
http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr_e.htm

D/

(DAKOURE, 2003).

(DIB, 2009). L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna

(DIB, 2009). L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna

(DIB, 2009). L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna

(DIB, 2009). L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna

F/

(FIGARELLA et LEYRAL, 2002 ; RODIER et al, 2005). Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris,

G/

(Ganjour, 1995).

(Gaujous, 1995).

(Graini, 2011).

(GUERGAZI et ACHOUR, 2005)

(Guessoum et al, 2014 ; Fakih et al, 2014 ; Degbey et al, 2010).

H/

(HACHEMAOUI , 2014)

(HACHEMAOUI , 2014)

(HAKMI, 2006).

(Haslay et Leceler, 1993). . Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition :Tec et Doc
.Lavoisier . Paris

(Henri, 2012). L'eau Potable, Édition réimprimée

I/

(ISO 6222, 1990).

J/

(John et Donald, 2010) Microbiologie, 3ème Édition

(JORA, 2000). Le décret exécutif n° 09-414. Journal Officiel de la République Algérienne
N°75, décembre 2009, Alger

(JORA, 2000). Le décret exécutif n° 09-414. Journal Officiel de la République Algérienne
N°75, décembre 2009, Alger

(JORA, 2000). Le décret exécutif n° 09-414. Journal Officiel de la République Algérienne
N°75, décembre 2009, Alger

(JORA, 2000; RODIER et al, 2005).

(JORA, 2009).

K/

(Kassim,2005). Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des
puits de certains quartiers du district de bamako

(Kassim, 2005). Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des
puits de certains quartiers du district de bamako

(Kassim, 2005). Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des
puits de certains quartiers du district de bamako

(Kassim, 2005). Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de bamako

(Kassim, 2005). Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de bamako

(Kassim, 2005) Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de bamako

(Kassim, 2005). Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de bamako

(Kassim, 2005). Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de bamako

(Kassim, 2005). Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de bamako

(Kassim, 2005) Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de bamako

(Kemmer, 1984). Manuelle de l'eau .Edition : Lavoisier technique et documentation.

(KETTAB A,1992). Traitement des eaux. Les eaux potables. Edition: Office des Publications Universitaires. Alger

(Kirkpatrick et Fleming, 2008). La qualité de l'eau, ROSS TECH

L/

(LADJEL, 2009). Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02 Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumer des

(LADJEL, 2009) Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02 Centre de

formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumer des
(LADJEL, 2009) Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02 Centre de
formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumer des
(Ladjel, 2006). Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02 Centre de
formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumer des
(LARPENT, 1997).
(LEBRES et MOUFFOK, 2008).
(LEBRES et MOUFFOK, 2008).
(Lepeltie, 2005).
(l'OMS, 2005)

M/

(MEGDOUD, 2003).
(Merzoug et al, 2010) Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région
d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien), Hydroécol Applied
(Monique, 1991).
(Monique, 1991).
(Monique, 1991)
(MONTIEL, 1999).

(Musy et Higy,2004). Hydrologie: une science de la nature (1ere éd). Presse polytechniques
et universitaires romandes. Amazon, France .
(Musy et Higy,2004). Hydrologie: une science de la nature (1ere éd). Presse polytechniques
et universitaires romandes. Amazon, France .

N/

**(Nouayti et al, 2015 ; Aka et al, 2013 ; Ahoussi et al, 2013 ; Lagnika et al,2014 ; Amadou
et al,2014)**. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du
Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central , Maroc), Journal de Matériel et Science
de l'Environnement

O/

(OMS, 2005). Célébration de la décennie internationale d'action : L'eau source de vie Journal
mondial de l'eau 2005, Guide de sensibilisation, Genève, Suisse ,2005-2015

OMS (W.H.O.): WORLD HEALTH ORGANISATION. (2006). Guidelines for Drinking water Quality, first addendum to third edition, Volume 1 Recommendations. **(OMS, 1993; WHO, 2008)**. Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes, 10e rev., édition 2008

P/

(POMEROL et RENARD,1997) Eléments de géologie 14ème édition

(Paul,2010). Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique n°1005. Office fédéral de l'environnement, Berne

R/

(Rodier, 1996). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod, Paris.

(Rejsek, 2002). Analyse des eaux. aspect réglementaire et techniques, Tome I .Edition Scrérén CRDPA quitaine, Bordeaux

(Rodier,1984) L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod, Paris.

(Rodier, 2005). L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(Rodier, 2005). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod, Paris.

(Rodier, 2005). L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(Rodier, 2005). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod, Paris.

(Rodier, 2005). L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(RODIER, 2009) . L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(RODIER, 2005). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod, Paris.

(Rodier, 2005). L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(RODIER et al, 2005). L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(RODIER , 2005) L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(RODIER et al, 2005) L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(RODIER et al, 2005; DIB 2009).

(RODIER et al, 2005). L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(RODIER et al, 2005). L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(RODIER et al. 2005), L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

RODIER et al, 2005 ; DIB, 2009 ; BENAMAR et al, 2011).

(RODIER et al, 2005). L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(RODIER et al, 2005; FIGARELLA et LEYRAL, 2002).

(RODIER et al, 2005). L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(RODIER et al, 2005). L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

(RODIER et al, 2005).

S/

(Slimani, 2003). Contribution à l'étude hygiénique des caractères physico-chimique des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et leur impact sur la nappe phréatique Mém. Ing. Eco et Env. Ecosystème steppique et saharien. Uni d'Ouargla

(Schrifer et Mazzuoli, 2012). La gestion durable de l'eau

T/

TABOUCHE et ACHOUR, 2004; HARKABUS, 2006; NEZLI, 2009 .

(Thomas,1955). Météorologie des eaux résiduaires. Tec et Doc, Ed Lavoisier Cedeboc,.

(Thomas, 1955). Météorologie des eaux résiduaires. Tec et Doc, Ed Lavoisier Cedeboc,