



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère De l'Enseignement Supérieur et De la Recherche Scientifique



UNIVERSITE ABBES LAGHROUR - KHENCHELA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences de la Nature et de la Vie**

Filière : **Biologie**

Option : **Microbiologie appliquée**

Thème :

*Etude de la qualité physico-chimique et
bactériologique des eaux de citernes dans la
région de Khenchela*

Présenté par :

M^{elle} **ARROUF Faïda**

Jury de soutenance :

Présidente : M^{me} **HALASSI I.** (MCB) Univ. Abbès Laghrou - Khenchela
Encadreur : M^{me} **YAKHLEF W.** (MCB) Univ. Abbès Laghrou - Khenchela
Examinatrice : M^{me} **CHORFI K.** (MAA) Univ. Abbès Laghrou - Khenchela

2018 - 2019

DEDICACES

A ceux qui n'ont jamais cessé de m'encourager, et me conseiller. A ceux qui n'ont jamais été avares ni de leur temps ni de leurs Connaissances pour satisfaire mes interrogations.

Je dédie ce modeste travail avec vif plaisir à ceux qui sont les plus proches à mon cœur, qui m'ont toujours aimé et qui ont fait toute leurs forces pour que je sois toujours heureuse.

Mes très chers parents et mes grands-parents. Qui m'ont soutenus durant toute ma vie, sans eux je serai rien

A mes **sœurs**

A mon **frère**

A toute ma **grande famille**

A mes **amis**

A tous les étudiants de microbiologie

A tous mes **professeurs...**



REMERCIEMENTS

*Je remercie en premier lieu **ALLAH** le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a donné pour l'achèvement de ce mémoire, il a été et sera toujours à côté de moi pour réussir à terminer n'importe quel travail.*

Au terme de ce travail je tiens à remercier ceux qui m'ont aidé à le réaliser, et qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance

Également à mes jury:

***Mme HALLASSI I.**, Je tiens à vous exprimer toute ma reconnaissance pour l'honneur que vous me faites de bien vouloir juger ma mémoire.*

***Mme CHORFI K.**, Vous nous avez fait un grand honneur en acceptant de siéger parmi les membres de jury de cette mémoire.*

*Ma profonde gratitude s'adresse avant tout au **Dr. YAKHLEF Wahiba** mon encadreur, qui a accepté de diriger mon travail et m'a accordé tout son attention et sa patience pour l'accomplir. Je la remercie pour sa disponibilité, ses précieux conseils scientifiques, ses encouragements ainsi que sa gentillesse qui m'a permis de mener à bien ce travail.*

Nous exprimons également notre profond remerciement et notre vive Gratitude à nos enseignants de la faculté des Science de la Nature et de la Vie -Khenchela- .

*Un grand merci à toute l'équipe du laboratoire de contrôle de la qualité de l'eau de l'Algérienne Des Eau (**ADE**) de la wilaya de Khenchela, qui m'ont fourni les meilleures conditions de travail.*



TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Dédicace	
Résumés.....	I-II-III
Liste des abréviations	IV
Liste des figures.....	VI
Liste des tableaux.....	VII
Liste des photographies.....	VIII
Introduction.....	1

Chapitre I. Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau.....	3
2. La molécule de l'eau.....	3
3. Cycle de l'eau.....	4
4. Les sources naturelles de l'eau.....	4
4.1. Les eaux de pluie.....	5
4.2. Les eaux de mer.....	5
4.3. Les eaux de surface.....	5
4.4. Les eaux souterraines.....	5
4.5. Les eaux usées.....	5
5. L'usage de l'eau.....	6
5.1. L'usage domestique.....	6
5.2. L'usage industriel.....	6
5.3. L'usage agricole.....	6
6. La pollution des eaux.....	7
6.1. Les types de polluants.....	7
6.1.1. Les polluants biologiques.....	7
6.1.2. Les polluants chimiques.....	7
6.2. Les source de polluants.....	7
6.2.1. Les polluants domestiques.....	7
6.2.2. Les polluants industriels.....	8
6.2.3. Les Polluants agricoles.....	8
6.3. Les Conséquences de la pollution.....	8
7. L'eau potable.....	9
7.1. Définition.....	9
7.2. Classification.....	9
7.3. Aspect réglementaire.....	9
7.3.1. Normes microbiologiques.....	10
7.3.2. Normes physico-chimiques.....	10

Chapitre II. Qualité de l'eau potable

1. Les paramètres organoleptiques.....	11
1.1. Couleur.....	11
1.2. Goûts et Odeurs.....	11
2. Les paramètres physiques.....	11

2.1. Turbidité.....	11
2.2. Température.....	12
2.3. Potentiel hydrogène (pH).....	12
2.4. Conductivité électrique (CE).....	12
2.5. Alcalinité.....	12
2.6. Résidu sec (RS).....	13
2.7. La matière solide dissoute totale (TDS).....	13
2.8. Oxygène dissous (O_2).....	13
3. Les paramètres chimiques.....	13
3.1. La dureté.....	13
3.2. Les sels minéraux.....	14
3.2.1. Calcium (Ca).....	14
3.2.2. Magnesium (Mg).....	14
3.2.3. Fer (Fe).....	14
3.2.4. Ammonium(NH_4^+).....	14
3.2.5. Sodium (Na).....	15
3.2.6. Nitrite (NO_2^-).....	15
3.2.7. Nitrate (NO_3^-).....	15
3.2.8. Chlorures (Cl).....	15
3.2.9. Sulfate (SO_4^{2-}).....	15
3.2.10. Phosphates (H_3PO_4).....	16
3.3. Les éléments traces métalliques.....	17
3.3.1. Cadmium (Cd).....	17
3.3.2. Manganese (Mn).....	17
3.3.3. Plomb (Pb).....	17
3.3.4. Zinc (Zn).....	17
3.3.5. Le sélénium (Se).....	17
4. Paramètres Microbiologiques.....	18
4.1. Les bactéries.....	18
4.1.1. Germes totaux.....	18
4.1.2. Les bactéries indicatrices de contamination fécale.....	18
4.1.2.1. Coliformes totaux.....	19
4.1.2.2. Coliformes thermotolérants (fécaux).....	19
4.1.2.3. Streptocoques fécaux.....	19
4.1.2.4. <i>Clostridium</i> Sulfito-Réducteurs (CSR).....	20
4.1.3. Les bactéries spécifiques.....	20
4.1.3.1. <i>Salmonella</i>	20
4.1.3.2. <i>Campylobacter</i>	21
4.2. Les virus.....	21
4.3. Les protozoaires.....	21
4.4. Les parasites.....	21
5. Les maladies à transmission hydrique.....	22
5.1. Les maladies d'origine bactérienne.....	22
5.1.1. Le choléra.....	22
5.1.2. La fièvre typhoïde et para-typhoïde.....	22
5.2. Les maladies d'origine parasitaire.....	22
5.2.1. L'onchocercose.....	22
5.2.2. Schistosomose.....	22

5.3. Les maladies d'origine virale.....	23
5.3.1. L'hépatite E.....	23
5.3.2. La poliomyélite.....	23

Matériel et Méthodes

1. Echantillonnage	24
2. Analyses physico-chimiques.....	24
2.2. Le potentiel hydrogène (pH).....	24
2.2. La conductivité électrique (CE).....	25
2.3. Dureté Totale (Titre Hydrométrique).....	25
2.4. Résidu sec (RS).....	26
2.5. Dosage des nitrates(NO_3^-).....	27
2.6. Le titre alcalimétrique complet (TAC).....	27
2.7. Minéralisation globale.....	28
3. Analyses bactériologiques.....	28
3.1. Dénombrement des germes totaux (GT).....	28
3.2. Dénombrement des Coliformes.....	29
3.3. Recherche des Streptocoques fécaux (SF).....	31
3.4. Recherche et dénombrement des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs (CSR).....	33
3.5. Recherche et dénombrement des salmonelles.....	34

Résultats et Discussion

1. Echantillonnage.....	35
2. Paramètres physico-chimiques.....	35
2.1. Le potentiel hydrogène.....	36
2.2. La conductivité électrique.....	36
2.3. La Dureté Totale.....	37
2.4. Résidu sec.....	38
2.5. Dosage des nitrates.....	39
2.6. Le titre alcalimétrique complet.....	39
2.7. Minéralisation.....	40
3. Paramètres bactériologiques.....	41
3.1. Les germes totaux.....	42
3.2. Résultats du dénombrement des coliformes totaux.....	43
3.3. Autres.....	44
4. Classification des échantillons.....	44
Conclusion.....	46
Références bibliographiques.....	47
Annexes	

Liste des figures

Figure 1. Molécule d'eau.....	3
Figure 2. Cycle de l'eau.....	4
Figure 3. Présentation des eaux souterraines.....	6
Figure 4. Mode opératoire du dénombrement des germes totaux	28
Figure 5. Recherche et dénombrement des coliformes et d' <i>E.coli</i>	30
Figure 6. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.	32
Figure 7. Recherche et dénombrement des CSR.....	33
Figure 8. Variation des pH dans les eaux de citernes étudiées.....	36
Figure 9. Variation de la conductivité électrique dans les eaux de citernes étudiées.....	37
Figure 10. Variation de la dureté totale dans les eaux de citernes étudiées.....	37
Figure 11. Diagramme des résidus secs dans les eaux de citernes étudiées.....	38
Figure 12. Variation de la teneur en nitrates dans les eaux de citernes étudiées.....	39
Figure 13. Variation du TAC dans les eaux de citernes étudiées.....	40
Figure 14. Variation de la minéralisation dans les eaux de citernes étudiées.....	41
Figure 15. Variation des germes totaux à 22 et 37°C dans les eaux de citernes étudiés.....	43
Figure 16. Variation des coliformes totaux et fécaux dans les eaux de citernes étudiés.....	44

Liste des tableaux

Tableau 1. Classes de turbidités usuelles.....	12
Tableau 2. La potabilité en fonction des résidus secs.....	13
Tableau 3. Les paramètres physicochimiques de l'eau potable.....	16
Tableau 4. Les éléments traces métalliques.....	18
Tableau 5. Paramètre bactériologique de l'eau potable.....	20
Tableau 6 : Les caractéristiques des cinq échantillons d'eau étudiés.....	35
Tableau 7. Classification de l'eau selon la dureté totale.....	38
Tableau 8. Classification des eaux potables selon leurs résidus secs	38
Tableau 9. Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité...	40
Tableau 10. Les résultats des analyses microbiologiques des eaux de citernes étudiées.....	41

Liste des photographies

Photographie 1. Le ph mètre utilisé pour la mesure du pH	25
Photographie 2. Le conductimètre utilisé pour la mesure de la CE	25
Photographie 3. Le titrage de la dureté Totale	26
Photographie 4. Matériel utilisé pour la détermination du résidu sec	26
Photographie 5. Dosage des nitrates par spectrophotomètre	27
Photographie 6. Le titrage du titre alcalimétrique complet	27

Liste des acronymes

%	:	Pour Cent
Å	:	Angström
BCPL	:	Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol
°C	:	degré Celsius
Ca²⁺	:	Ion calcium
CaCO₃	:	Carbonate de calcium
Cd	:	Cadmium
CE	:	Conductivité électrique
CF	:	Coliformes fécaux
Cl	:	Chlorures
cm	:	Centimètre
CO₃²⁻	:	Ion carbonate
CSR	:	<i>Clostridium</i> Sulfito-Réducteurs
CT	:	Coliformes totaux
D/C	:	Double concentration
DTT	:	Dichlorodiphényltrichloroéthan
EDTA	:	Acide Éthylène Diamine tétra acétique
EMN	:	Eau minérale naturelle
°F	:	degré français
GT	:	Germes totaux
h	:	Heure
H₃PO₄	:	Phosphates
HCO₃⁻	:	Ion bicarbonate
HEV	:	Hépatite virale E
Hg	:	Mercure
JORA	:	Journal officiel de la république algérienne
m³	:	Mètre Cube
MES	:	Matières en Suspension
Mg	:	Milligramme
Mg²⁺	:	Ion magnésium

ml	:	Millilitre
mm	:	Millimètre
Mn	:	Manganèse
Na	:	Sodium
Na Cl	:	Chlorure de sodium
NH₄⁺	:	Ammonium
NO₂⁻	:	Nitrite
NO₃⁻	:	Nitrate
NPP	:	Nombre le plus probable
NTU	:	Unité néphélobométrique de turbidité
O₂	:	Oxygène
OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé.
Pb	:	Plomb
pH	:	Potentiel hydrogène
RS	:	Résidu sec
S	:	Sulfure d'hydrogène
S/C	:	Simple concentration
S/cm	:	Siemens/ Centimètre
S/m	:	Siemens / mètre
Se	:	Sélénium
SO₂	:	Dioxyde de soufre
SO₄⁻²	:	Sulfate
TDS	:	Matières totales dissoutes
TGE	:	Tryptone Glucose Extract
TH	:	Titre Hydrométrique
UCV	:	Unité de couleur vraie
UFC	:	Unité Formant Colonie
VF	:	Viande-foie
Zn	:	Zinc
µS	:	Micro siemens

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie. C'est un facteur de production déterminant dans le développement durable qui devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques.

Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables (**Reggam *et al.*, 2015**). En Algérie, l'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture l'irrigation et l'industrie (**Remini, 2010**).

La qualité des eaux est devenue une opération majeure et obligatoire ces dernières années, afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivants ou l'exploiter pour la consommation humaine ou l'utilisation industrielle. L'eau destinée à l'alimentation humaine doit présenter un certain nombre de critères aussi bien organoleptiques, physicochimiques et microbiologiques car, elle constitue un réservoir important pour la survie et la dissémination des microorganismes (bactéries, virus, protozoaires et parasites). Ces microorganismes véhiculés directement ou indirectement, sont pathogènes pour l'homme. Ils sont à l'origine de nombreuses maladies infectieuses (Choléra, hépatite A...etc.) dites maladies à transmission hydrique (MTH) (**Nanfack *et al.*, 2014**).

Le phénomène de vente de l'eau potable stockée en camions-citernes est devenu une chose courante dans plusieurs villes algériennes. Le transport par camion-citerne peut être un moyen rapide d'amener de l'eau lors de la première phase d'une urgence. Cependant, cette distribution peut, parfois, présenter des problèmes de salubrité.

Ainsi, l'objectif de notre travail est l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux vendues en camions citernes et destinées à la consommation humaine dans la région de Khenchela. Parallèlement aux prélèvements, nous avons mené une enquête auprès des propriétaires de ces camions, afin d'élucider toutes les raisons qui pourraient altérer la qualité de cette eau de consommation.

Ce mémoire est réparti en trois grandes parties :

La première partie est consacrée à l'étude bibliographique qui est composée de deux chapitres. Le premier porte sur des généralités sur l'eau et le deuxième traite les caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques de l'eau

potable, ainsi que les différentes MTH qui affectent la santé humaine. La deuxième partie est réservée à la présentation du matériel et des méthodes mis en œuvre dans ce travail. Et enfin, la troisième partie détaille la discussion des résultats obtenus ainsi que leur interprétation.

1. Définition de l'eau

L'eau c'est la vie, l'eau est une molécule inodore, incolore et sans saveur, présente dans la nature sous différentes formes et elle est indispensable pour la vie des différents êtres vivants, elle est le milieu de dispersion pour plusieurs réactions chimiques et biochimiques, et avec une valeur nutritionnelle nulle, elle est classée comme un corps chimique complexe dans ces constants physiques et physico-chimiques. « H_2O » est la formule chimique de cette molécule (Vester, 1989 ; Hachemaoui, 2014).

2. La molécule de l'eau

L'analyse structurale a permis de connaître la forme de la molécule d'eau, c'est une sorte de compas dont l'axe est occupé par l'atome d'oxygène et dont les bras sont formés par deux atomes d'hydrogène. L'angle H—O—H a une valeur de $104,45^\circ$.

Chaque atome d'hydrogène et celui d'oxygène mettent en commun chacun un électron pour former deux liaisons chimiques de forte énergie (Les liaisons de covalence). Cet arrangement électronique confère à la molécule d'eau une grande stabilité chimique. La longueur de la liaison O—H est de $0,96 \text{ \AA}$ (Olivaux, 2007).

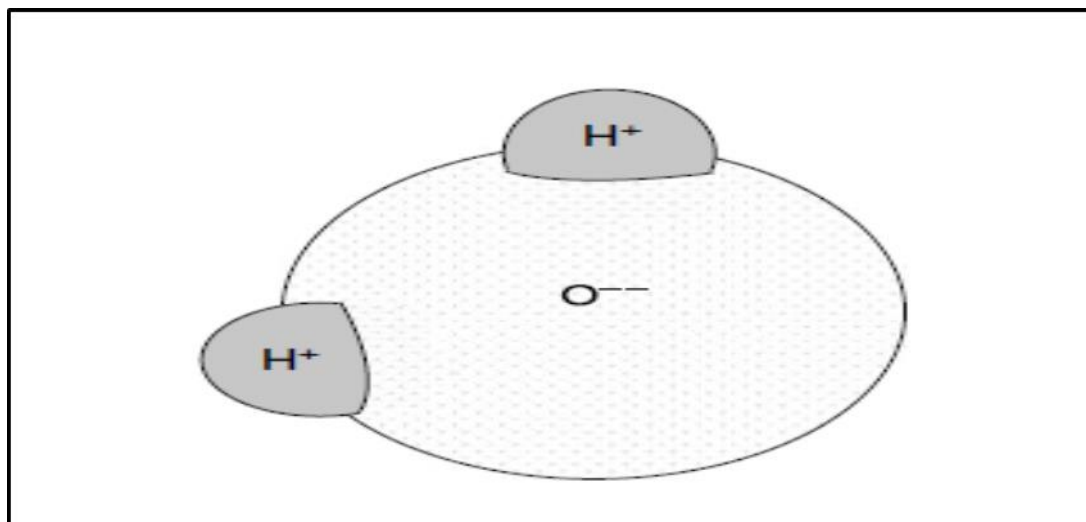


Figure1. Molécule d'eau (Spellman et Frank, 2008).

3. Cycle de l'eau

L'eau, élément sous trois formes (liquide, l'état gazeux et solide), parcourt un cycle éternel. L'évaporation lente et incessante des fleuves, des lacs et des mers provoque la formation dans la haute atmosphère, de nuages qui par condensation se transforment en pluie. Une fraction des eaux de pluie ruisselle à la surface du sol et va grossir les cours d'eau et les lacs, d'où elle est sujette d'une part à l'évaporation d'autre part à l'infiltration à travers le sol. Une partie des eaux d'infiltration est reprise par la végétation qu'elle alimente avant d'être rejetée dans l'atmosphère c'est l'évapotranspiration. L'autre partie s'accumule dans le sous-sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour peuvent former des sources émergentes à la surface du sol (Coulibaly, 2005).

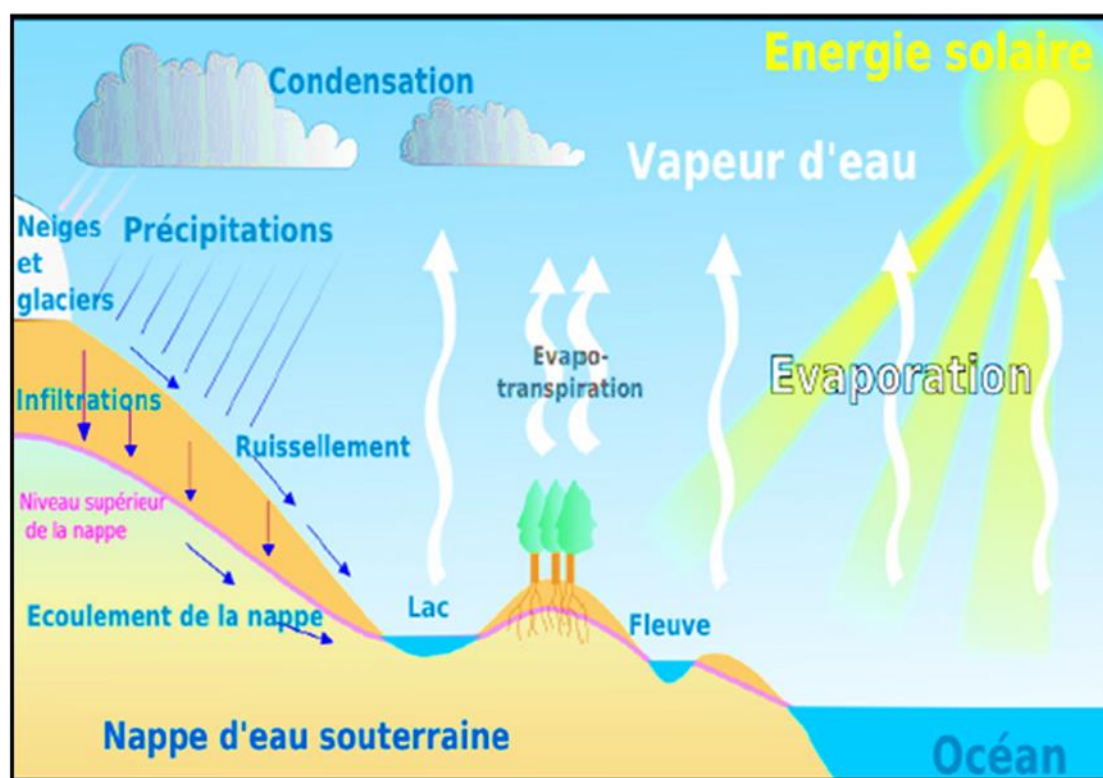


Figure2. Cycle de l'eau (Sari, 2014).

4. Les sources naturelles de l'eau

On trouve quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de mer, les eaux de surface et les eaux souterraines. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.

4.1. Les eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour la consommation humaine. Elles sont très douces par la présence d'oxygène et d'azote et l'absence des sels dissous, comme les sels de magnésium et de calcium (**Desjardins, 1997; OFEFP, 2003**).

4.2. Les eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Ces eaux sont caractérisées par une grande salinité (varie de 33000 à 37000 mg.l⁻¹). Ce qui rend l'utilisation de ces eaux difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (**Ayad, 2017**).

4.3. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont constituées par les eaux des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs, des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement (**Manceur et Djaballah, 2016**).

Elles sont également vulnérables aux pollutions, de ce fait, les eaux de surface nécessitent des installations de traitement conséquentes comprenant généralement des opérations de clarification, floculation, filtration, chloration (**Hadef et Hasni, 2017**).

4.4. Les eaux souterraines

Les eaux de pluie qui ne sont ni ré-éaporées, ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (**Hadef et Hasni, 2017**).

4.5. Les eaux usées

Les eaux usées sont des eaux chargées de polluants, soluble ou non provenant essentiellement de l'activité humaine, industrielle ou agricole. Elles doivent être traitées avant d'être réintroduites vers d'autres sources d'eaux pour qu'elles ne causent pas de pollution de ces autres sources (**kesbi, 2016**).

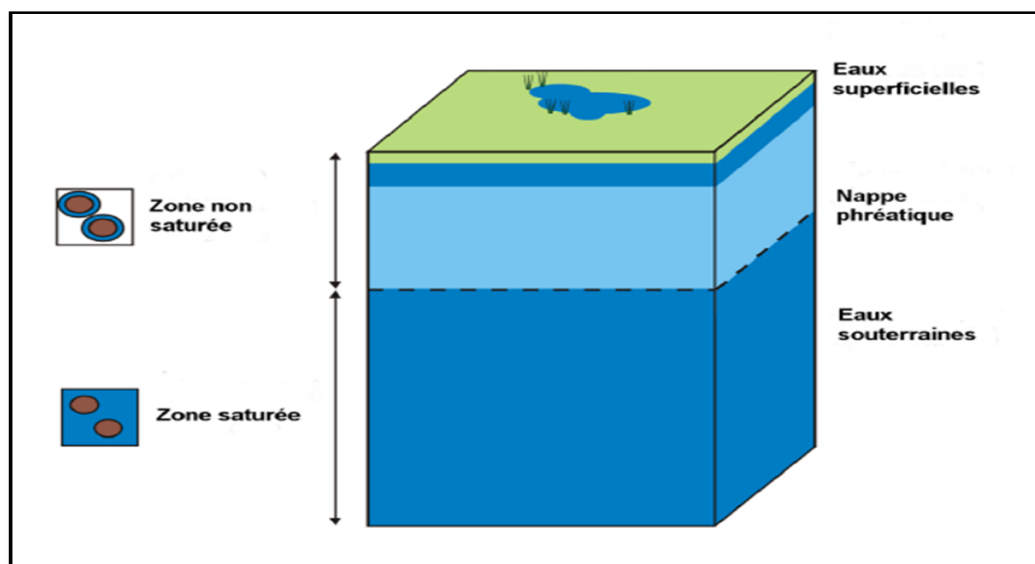


Figure3. Présentation des eaux souterraines (RAMSAR, 2010).

5. L'usage de l'eau

5.1. L'usage domestique

Les eaux de consommation publique sont utilisées à différentes fins. Un habitant consomme environ 230 l par jour, n'en utilise que le 1% pour la boisson et 6% pour la préparation de la nourriture, les 93% restant sont consacrés aux baignoires (39%), aux sanitaires (20%), au lavage de la linge (12%), de la vaisselle (10%), à des usages domestiques divers (6%) et au lavage des voitures et arrosage du jardin (6%) (Defrancesch, 1996).

5.2. L'usage industriel

L'industrie est consommatrice de l'eau. Elle a de multiples fonctions, par exemple celle de fluides de refroidissement et de substance primaire (dans le domaine de la production) ou de solvant et de milieu réactionnel (dans l'industrie chimique par exemple) (Gilli *et al.*, 2004).

5.3. L'usage agricole

L'agriculture est une grande consommatrice de l'eau pour l'irrigation et l'élevage. L'irrigation nécessite des volumes élevés. Par-exemple un hectare de maïs consomme environ 20.000 m³ d'eau pendant sa période végétative, et un hectare de riz consomme environ 40.000 m³ en moyenne (Bengarnia, 2016).

6. La pollution des eaux

La pollution des eaux est définie comme “ tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ” (**Bengaibona, 2010**).

6.1. Les types de polluants

6.1.1. Les polluants biologiques

La pollution biologique est définie comme la présence des microorganismes (bactérie, virus, protozoaires, champignons...) et des macroorganismes. Le risque le plus important pour l'eau récupérée à partir des toitures ou d'écoulement au sol est la contamination microbienne, en particulier par les pathogènes intestinaux. La grande majorité des problèmes de santé liés à l'eau et, surtout les plus graves résultent d'une contamination microbiologique. Le risque microbiologique est majoritairement associé à l'ingestion d'eau contaminée avec les matières fécales humaines ou animales ou par des insectes et d'autres animaux morts (**Bengaibona, 2010**).

6.1.2. Les polluants chimiques

C'est une pollution due au déversement de substances chimiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les biocides, les pesticides (DTT, Lindane,...), les métaux lourds (Pb, Cd, Hg...) (**Taghezout, 2015**).

Certains éléments chimiques qui se trouvent dans l'eau sont utiles, et même indispensables à la santé de l'homme, à faibles concentrations mais peuvent devenir toxiques lorsqu'ils sont absorbés en très grande quantité. Ils comprennent les sels minéraux et les composés toxiques. Ce sont des polluants majeurs des cours d'eau par leur abondance et leurs effets biologiques (**Samake, 2002**).

6.2. Les source de Polluants

6.2.1. Les polluants domestiques

Dans le cas d'un assainissement, collectif ou individuel, défectueux, des substances indésirables contenues dans les eaux des vannes et les eaux ménagères peuvent être transférées à la nappe (matières organiques, détergentes, solvants, antibiotiques, micro-organismes...). Le cas se produit avec les puits perdus,

l'assainissement individuel avec infiltration dans le sol mal conçu ou mal dimensionné, les stations d'épurations urbaines surchargées (**Touhari, 2015**).

6.2.2. Les polluants industriels

Les polluants d'origine industrielle sont très variés selon le type d'activité: substances organiques banales, produits organiques de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux, métaux lourds...Les pollutions sont exceptionnelles (incident dans un procès) mais encore trop souvent chroniques (fuite de réservoirs, de canalisations...) (**Beauchamp, 2006**).

6.2.3. Les polluants agricoles

La concentration des élevages peut entraîner un excédent de déjections animales par rapport à la capacité d'absorption des terres agricoles ; ces déjections, sous l'effet du ruissellement de l'eau et de l'infiltration dans le sous-sol, enrichissent les cours d'eau et les nappes souterraines en dérivés azotés et constituent aussi une source de pollution bactériologique. Les engrais chimiques (nitrates et phosphates), employés en agriculture, altèrent la qualité des cours d'eau et des nappes souterraines vers lesquels ils sont entraînés (**Zouag et Belhadj, 2017**).

Les herbicides, insecticides et autres produits phytosanitaires utilisés par les agriculteurs s'accumulent dans les sols et les nappes phréatiques et polluent les cours d'eau.

6.3. Les Conséquences de la pollution

- Les matières organiques solubles abaissent la teneur en Oxygène dans les cours d'eau, ce qui conduit à la réduction et à la mort de la faune aquatique.
- Les matières en suspension, s'accumulent au fond des cours d'eau, lacs et étangs et causent l'augmentation de la turbidité.
- Les acides sont toxiques à la vie aquatique et détériorent les réseaux d'égaux.
- Les huiles et les graisses flottants conduisent au colmatage des conduites et donnent un aspect esthétique indésirable.
- Les matières toxiques et métaux lourds sont toxiques à la vie aquatique.
- Le phosphore et l'azote conduisent à l'eutrophisation des cours d'eau.
- Le phosphore est un élément limitant la croissance des plantes et du phytoplancton.

- Les coliformes fécaux et pathogènes participent à la contamination bactériologique des cours d'eau (Zouag et Belhadj, 2017).

7. L'eau potable

7.1. Définition

La définition d'une eau potable repose sur des normes établies par une réglementation. Cette dernière varie d'une communauté économique ou d'un pays à l'autre et est évolutive (Olivaux, 2007). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une eau potable est une eau propre à l'alimentation, donc dépourvue de tout élément nocif. Elle doit être limpide, incolore, inodore et fraîche (7-12C°). Ces qualités sont facilement décelées par nos sens, nous rejetons d'instinct une eau trouble (matières ou microbes en suspension), colorée, mal odorante (fermentation).

L'eau potable n'est pas stérile. On y tolère de 100 à 1000 bactéries non pathogènes par cm³. Par contre elle ne doit contenir ni germes parasitaires (kystes d'amibes, œufs d'ascaris, d'oxyures), ni microbes pathogènes (bacilles typhiques, vibron cholérique, bacille dysentérique, virus de la poliomyélite...) (Menant *et al.*, 1984).

7.2. Classification

7.2.1. Eaux du robinet

L'eau du robinet est un produit vivant, issu d'une eau brute, elle-même surveillée, protégée. Mais, celle-ci n'est qu'une matière première qui va encore être élaboré, transformée pour devenir conforme aux normes définies par la réglementation (Beaulieu et Fisset, 2009).

7.2.2. Eaux embouteillées

Les eaux embouteillées ou eau minérale naturelle (EMN) proviennent d'une nappe ou d'un gisement souterrain exploité à partir d'une ou plusieurs émergences, naturelles ou forées, constituant la source et est mise en bouteille à la source. L'EMN en particulier se caractérise par son origine souterraine, sa stabilité de composition et sa « pureté originelle » (Constant et Hawili, 2011).

7.3. Aspect réglementaire

Selon la définition qui est donnée par les directives de l'OMS, une eau de boisson saine c'est-à-dire potable ne présente aucun risque notable pour la santé d'une

personne qui la consommerait sur toute la durée de sa vie. Elle doit présenter des qualités microbiologiques et physico-chimiques conformes aux exigences de normes en vigueur afin de ne pas porter atteinte à la santé du consommateur (**Goita, 2014**).

7.3.1. Normes microbiologiques

Une eau potable ne doit pas contenir d'organismes pathogènes tels que les bactéries, les virus, les protozoaires, ou les champignons. La détection de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination d'origine fécale. La présence de ces germes pathogènes dans une source d'approvisionnement en eau peut engendrer des épidémies de maladies d'origine hydrique (**Ouandaogo, 2008**).

7.3.2. Normes physico-chimiques

La régularité des maladies d'origine hydrique dues aux pathogènes microbiologiques peut avoir des manifestations rapide et/ou à court terme suivant le type de microbe. De même les contaminants chimiques de l'eau peuvent engendrer aussi d'épidémies qui ne sont à majorité détectable à long terme après la contamination du point d'eau comme dans le cas de l'arsenic. Le suivi de la qualité physico-chimique de l'eau destinée à la consommation est nécessaire pour s'assurer que leur teneur demeure en deçà des valeurs pouvant engendrer une toxicité chez l'homme comme stipulé par les normes de qualité des eaux potable de l'OMS. Les paramètres régulièrement suivi lors des contrôles de qualité physico-chimiques comprennent : le pH, les teneurs en pesticides (nitrite, nitrate, potassium....) (**Madi, 2010**).

1. Les paramètres organoleptiques

1.1. Couleur

Une eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire (**Monique, 1991**).

1.2. 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 perceptible et ont une certaine saveur. 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. 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 (**Maiga, 2005**).

2. Les paramètres physiques

2.1. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organiques et micro-organismes...), étant souvent lié à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines (nappes peu profondes). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. Et sont exprimées en unités et correspondent à une mesure optique de passage de lumière. D'autres unités comparables sont employées, l'unité néphélométrique de turbidité ou NTU (**Joel, 2003**).

Tableau 1. Classes de turbidités usuelles (Joel, 2003).

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

2.2. Température

Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles. Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Au-dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables. Elle accélère également la plupart des réactions physico-chimiques (Maiga, 2005).

2.3. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH de l'eau mesure sa concentration en ion H^+ . Il traduit son caractère acide ou basique. Le pH de l'eau influe sur la vie des bactéries (acidophiles, neutrophiles et basophiles). L'eau potable doit avoir un pH compris entre 6,5 et 8,5 (Vinassého, 2007).

2.4. Conductivité électrique (CE)

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique entre deux électrodes. La pluparts des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau. L'unité de mesure de la conductivité est siemens /cm (S/cm): $1 \text{ S/m} = 104 \mu\text{S/cm} = 103 \text{ S/m}$ (Joel, 2003; Eddabra, 2011).

2.5. Alcalinité

A l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogéo-carbonates, carbonates et hydroxydes (Rodier *et al.*, 2009).

2.6. Résidu sec (RS)

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. 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 ; Rodier, 2005).

Tableau 2. La potabilité en fonction des résidus secs (Rodier, 2005).

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

2.7. La matière solide dissoute totale (TDS)

Les solides dans l'eau se trouvent soit en solution ou en suspension, et se distinguent par le passage de l'échantillon de l'eau à travers un filtre de fibres de verre. Par définition, les matières en suspension sont retenues sur le dessus du filtre, et les solides dissous passent à travers le filtre avec de l'eau. Lorsque la partie filtrée de l'échantillon d'eau est placée dans une coupelle, puis évaporé, les solides dissous dans l'eau restent comme résidu dans la capsule d'évaporation. Cette matière est appelée matières totales dissoutes ou TDS (Spellman et Frank, 2008).

2.8. Oxygène dissous (O₂)

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques (Rejsek, 2002).

3. Les Paramètres chimiques

3.1. La dureté

La dureté est principalement causée par la présence de calcium et de magnésium dans l'eau et elle est exprimée en mg/L de CaCO₃. En général, la dureté carbonatée est définie par la concentration dans l'eau des cations Ca²⁺ et Mg²⁺ qui sont associés aux anions de l'alcalinité (HCO₃⁻ et CO₃²⁻). En général, l'eau qui présente une concentration en carbonate de calcium inférieure à 75 mg/l est considérée comme une eau douce;

entre 75 et 150 mg/l, on parle d'eau à dureté moyenne; entre 150 et 300 mg/l, d'eau dure; et à plus de 300 mg/l, d'eau à dureté élevée (**Redjem et Rahmouni, 2018**).

3.2. Les sels minéraux

3.2.1. Calcium (Ca)

Le corps humain comprend une moyenne 1,2 kilogramme de calcium essentiellement dans le squelette .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 (**Sari, 2014**).

3.2.2. Magnésium (Mg)

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature et il est présent dans la plupart des eaux naturelles. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel et aussi il est indispensable pour la croissance et pour la production de certaines hormones (**Savary, 2010**).

3.2.3. Fer (Fe)

Le fer est un élément assez abondant dans les roches sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. Le fer est soluble à l'état d'ions ferreux (Fe^{2+}) mais insoluble à l'état d'ions ferriques (Fe^{3+}). La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer ou corrodent les canalisations et colore les dalles de forages en brun/rouille. Il est essentiel pour l'homme mais son excès dans les eaux de consommation peut donner un goût particulier et causer des altérations des tissus (**OMS, 2003**).

3.2.4. Ammonium(NH_4^+)

Il est important d'éliminer l'ammonium avant l'introduction de l'eau dans le réseau parce qu'il réagit avec le chlore pour produire des chloramines, qui sont des désinfectants moins efficaces et peuvent provoquer des goûts désagréables. Certaines bactéries prolifèrent aussi en transformant l'ammonium en nitrites puis en nitrates. L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Dans les eaux profondes, sa présence peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe. Il

doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution (**Maiga, 2005**).

3.2.5. Sodium (Na)

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, 2005**).

3.2.6. Nitrite (NO₂⁻)

L'azote, élément essentiel de la vie, est présent en abondance dans la nature sous formes gazeuse, organique ou minérale. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant (**Savary, 2010**).

3.2.7. Nitrate (NO₃⁻)

Les nitrates existent naturellement dans le sol et peuvent aussi provenir des déchets industriels et des engrais, ils participent au cycle de l'azote. Les nitrates en excès à la surface du sol vont être entraînés par infiltration dans les nappes phréatiques et provoquer leur pollution et parfois celles des eaux de surface. Leurs présences dans les eaux de surface, combinées avec les phosphates, entraînent la multiplication des algues qui produisent des toxines à l'origine de l'eutrophisation des eaux, des troubles au niveau du système digestifs (cancer de foie) et du système nerveux (troubles sensitifs et paralysies) (**Lawson, 2011**).

3.2.8. 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. A partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium Na Cl (**Sari, 2014**).

3.2.9. Sulfate (SO₄⁻²)

Les ions sulfates sont utilisés principalement dans l'industrie chimique. Ils sont rejetés dans l'eau à travers les déchets industriels. Cependant, les niveaux les plus élevés se produisent habituellement dans les eaux souterraines et proviennent de sources naturelles. Toutefois, dans les zones où l'approvisionnement en eau potable contenant

des niveaux élevés de sulfate, l'eau potable peut constituer la principale source de consommation (OMS, 2003).

3.2.10. Phosphates (H_3PO_4)

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, 2005).

Tableau 3. Les paramètres physicochimiques de l'eau potable.

Paramètres	Selon l'OMS (2000)	Selon le JORA (2011)	Unité
Température	25	25	°C
pH	6.5 -8.5	6,5 - 8.5	/
Conductivité	1000	2800	µs /cm
Dureté totale	50	100-150	°F
Oxygène dissout	5	5	mg/l
Calcium	100	75-200	mg/l
Magnésium	50	150	mg/l
Sodium	150	200	mg/l
Potassium	12	20	mg/l
Sulfates	250	200-400	mg/l
Chlorures	600	200-500	mg/l
Nitrates	50	50	mg/l
Nitrites	0.1	0.1	mg/l
Ammonium	0.5	0.5	mg/l
Phosphates	5	5	mg/l

3.3. Les éléments traces métalliques

3.3.1. Cadmium (Cd)

Le cadmium est un élément relativement rare et n'existe pas naturellement à l'état natif. Dans les milieux aquatiques, la mobilité et la biodisponibilité du cadmium s'accroissent lorsque le pH, la dureté et la salinité sont faibles et lorsque le potentiel d'oxydoréduction est élevé (**Ben aakame, 2015**).

3.3.2. Manganèse (Mn)

Le manganèse 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, 2005**).

3.3.3. Plomb (Pb)

La présence du plomb dans l'eau de consommation est habituellement attribuable au phénomène de corrosion qui survient dans les composantes structurales des réseaux de distribution et dans la tuyauterie domestique qui contiennent du plomb. La corrosion du plomb survient en milieu acide lorsque le plomb métallique de la tuyauterie ou des soudures entre en contact avec un agent oxydant (ex. : oxygène dissous ou chlore). Le plomb métallique est alors converti en une forme oxydée (habituellement Pb^{2+}) qui se dissout dans l'eau (**Chausse et al., 2003**).

3.3.4. Zinc (Zn)

Le zinc est un oligo-élément essentiel qui se trouve dans presque tous les aliments et dans l'eau potable sous forme de sels ou de complexes organiques. Le régime alimentaire est normalement la principale source de zinc. Bien que les niveaux de zinc dans les eaux de surface et les eaux souterraines ne dépassent pas 0,01 et 0,05 mg/l, respectivement, les concentrations dans l'eau du robinet peut être beaucoup plus élevée à cause de la dissolution de zinc à partir de tuyaux (**OMS, 2003**).

3.3.5. Le sélénium (Se)

Le sélénium est considéré comme un métal très rare, il est très peu abondant dans la croûte terrestre. Dans les terrains sédimentaires, il est présent dans certaines formations riches en matière organique. Sa libération dans les eaux est déterminée par les variations de potentiel redox et s'observe le plus souvent dans les nappes captives

car il est soluble en conditions oxydantes dans les régions sélénifères (**Benaakame, 2015**).

Tableau 4. Les éléments traces métalliques.

Paramètres	Selon l'OMS (2000)	Selon le JORA (2011)	Unité
Argent	0.05	0.05	mg/l
Arsenic	0.05	0.05	mg/l
Cadmium	0.05	0.01	mg/l
Chrome	0.05	0.05	mg/l
Cuivre	1	1.5	mg/l
Fluor	1.5	1.5	mg/l
Manganèse	0.5	0.5	mg/l
Mercure	0.001	0.001	mg/l
Plomb	0.05	0.055	mg/l
Sélénium	0.01	0.01	mg/l
Zinc	5	5	mg/l

4. Les Paramètres 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**).

4.1. Les bactéries

4.1.1. Germes totaux

Les germes totaux ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies et aéro-anaérobie facultatifs, capables de former des colonies de taille et de formes différentes dans un milieu de culture nutritif gélosé après incubation à 37°C pendant 48h (**Tourab, 2013**).

4.1.2. Les bactéries indicatrices de contamination fécale

Les bactéries indicatrices de contamination fécale ce sont les indicateurs microbiens de pollution fécale appelés aussi germes test ou germes témoins de contamination fécale. Il s'agit de genres et d'espèces de bactéries présents en grand

nombre dans les matières fécales humaines ou animales. Leur détection dans les eaux indique l'importance de la pollution biologique faisant l'objet d'un contrôle et, par conséquent, la présence possible d'agents entéropathogènes (**Goita, 2014**).

4.1.2.1. Coliformes totaux

Les coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le terme « coliforme » correspond à des microorganismes en bâtonnets, aéro-anaérobies facultatifs, Gram négatif, non sporulants, oxydase négatif, capables de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés inhibitrices et capables de fermenter le lactose avec production de gaz à 35-37°C (**Rodier, 2005**).

4.1.2.2. Coliformes thermotolérants (fécaux)

Les coliformes thermotolérants forment un sous-groupe de bactéries de coliformes qui fermentent le lactose à une température comprise entre 44 à 45 °C pendant 24 h. Ce groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Entérobacter aerogenes*, *Klebsiella...*etc.), la souche type est *Escherichia coli* (**Rodier, 1996**).

➤ *Escherichia coli*

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 (**Bourgeois et Mescle, 1996**).

L'absence d'*E. coli* dans l'eau potable indique généralement que celle-ci ne contient pas de bactéries intestinales pathogènes, Mais elle n'indique pas nécessairement une bonne qualité sanitaire de l'eau, car cette bactérie et les autres coliformes sont en général plus sensibles à la désinfection que les agents pathogènes plus résistants au chlore tels que les virus et les oocystes de cryptosporidies. Certaines souches d'*E. coli* (comme *E. coli O157:H7*) peuvent provoquer une intoxication et cela uniquement lorsque certaines conditions sont réunies (**Goitta, 2014**).

4.1.2.3. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de Lance Field. Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Catalase négatif et

anaérobies facultatives. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes (Sharpe, 1979).

4.1.2.4. *Clostridium* Sulfito-Réducteurs (CSR)

Les *Clostridium* Sulfito-Réducteurs sont des bactéries commensales de l'intestin ou saprophytes du sol, elles sont souvent considérées comme des témoins de contamination fécale ancienne ou intermittente Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolées ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure. La forme sporulée est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (Bourgeois, 1996 ; Bordjah, 2011).

Tableau 5. Paramètre bactériologique de l'eau potable.

Facteur	Selon l'OMS (2002)	Selon le JORA (2011)
Germes totaux	100/100 ml	100/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	0/100 ml
Coliformes fécaux	0/100 ml	0/100 ml
Streptocoques fécaux	0/100 ml	0/100 ml
<i>Clostridium</i> Sulfito- Réducteurs	0/100 ml	0/100 ml

4.1.3. Les bactéries spécifiques

4.1.3.1. *Salmonella*

Les bactéries du genre *Salmonella* appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Les caractères qui permettent d'identifier une *Salmonella* sont l'absence de fermentation du lactose. Les *Salmonella* sont particulièrement des parasites du tube digestif de l'homme et des animaux. La contamination humaine se fait habituellement par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. C'est derniers sont le plus souvent d'origine animale (coquillages, viande hachée, œufs). La contamination des aliments peut aussi être d'origine humaine et liée à des manipulations par un personnel porteur de salmonelles (**Bengarnia, 2016**).

4.1.3.2. *Campylobacter*

Les *Campylobacters* sont des bâtonnets minces, tournés en spirale, sporulés, Gram négatif, mobiles avec un mouvement caractéristique en tire-bouchon grâce à un flagelle polaire unique à une ou deux extrémités de la cellule. La plupart des *Campylobacters* sont véhiculées aux milieux aquatiques par les résiduares des abattoirs. Ces bactéries sont présentes dans l'intestin de nombreuses espèces animales, en particulier d'animaux domestiques (**Bengarnia, 2016**).

4.2. Les virus

Les virus associés à une transmission hydrique sont des virus entériques, c'est-à-dire qu'ils infectent les cellules du tractus intestinal et sont excrétés dans les selles des personnes infectées. Ces virus posent des problèmes significatifs en termes de santé publique, ils sont responsables de gastro-entérites, d'hépatites, de paralysies, de méningites ou encore de maladies respiratoires. Ces virus sont excrétés en grande quantité par voie fécale et vont contaminer l'environnement (**Meunier, 2014**).

4.3. Les protozoaires

Les protozoaires constituent un groupe diversifié de microorganismes. Ce sont, pour la plupart, des organismes libres qui peuvent vivre en eau douce et qui ne présentent aucun risque pour la santé humaine. Certains protozoaires entériques sont pathogènes, et ils ont été associés à des éclosions de maladies transmises par l'eau potable. Les protozoaires les plus préoccupants *Giardia* et *Cryptosporidium*. Ces organismes peuvent se retrouver dans l'eau à la suite d'une contamination directe ou indirecte par des matières fécales d'humains ou d'animaux. La transmission de *Giardia* et de *Cryptosporidium* se fait souvent de personne à personne (**Schuster et al., 2005**)

4.4. Les parasites

Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme : d'oeufs, de kystes ou de vers. Ils ne sont pas détruits par la chloration et par les autres méthodes de désinfection chimique mais peuvent être éliminés mécaniquement à l'aide d'une bonne filtration de l'eau de boisson (**Bouziari, 2000**).

5. Les maladies à transmission hydrique

5.1. Les maladies d'origine bactérienne

5.1.1. Le choléra

Le choléra est une maladie à incubation courte (quelques heures à 5 jours) due à une bactérie *Vibrio cholerae* dont le principal vecteur est l'homme. La maladie résulte de l'absorption d'eau ou aliments contaminés. Une fois dans l'intestin, les vibrions sécrètent notamment la toxine cholérique, principal responsable d'une importante déshydratation avec une évolution mortelle sans réhydratation et antibiothérapie. L'homme joue à la fois le rôle de milieu de culture et de moyen de transport pour le vibrion cholérique. Les selles diarrhéiques libérées en grande quantité sont responsables de la propagation des bacilles dans l'environnement et de transmission oro-fécale. Les matières fécales émises contiennent 10⁸ à 10⁹ vibrions par ml soit 10¹² à 10¹³ agents pathogènes par personnes/jours (**Bengaibona, 2010**).

5.1.2. La fièvre typhoïde et para-typhoïde

Fièvre typhoïde et para typhoïde est une infection bactérienne causée par l'ingestion d'aliments ou d'eau contaminés par *Salmonella typhi*, *S. para typhi A* et *S. para typhi B*, qui peuvent à partir de l'intestin envahir les tissus de l'hôte et provoquer une septicémie avec fièvre élevée (**Benzaïd, 2012**).

Chez l'homme la plupart des autres sérotypes de *Salmonella* provoquent des gastroentérites aiguës avec diarrhée. Environ 12 millions de personnes sont infectées par la typhoïde chaque année (**OMS, 2000**).

5.2. Les maladies d'origine parasitaire

5.2.1. L'onchocercose

L'onchocercose ou cécité des rivières est une maladie parasitaire ayant pour vecteur un insecte qui se reproduit dans l'eau. C'est la deuxième cause principale de cécité d'origine infectieuse dans le monde. La lutte contre les gîtes larvaires d'insectes dans les rivières constitue un des piliers de la prévention (**Lepori, 2013**)

5.2.2. Schistosomose

Schistosomose est une maladie causée par des vers parasites schistosomes qui pénètrent les schistosomoses. Ce sont des maladies parasitaires dues à des vers plats (schistosomes), à transmission urinaire ou fécale, faisant intervenir des hôtes intermédiaires (mollusques d'eau douce), dont la symptomatologie est le reflet des lésions provoquées par la migration ou l'embolisation des œufs. Ce sont des maladies en extension, directement liées au développement agricole et à l'augmentation des réseaux d'irrigation (eaux), sévissant en foyers sur un mode endémo-épidémique (**Almeda et al., 1994**).

5.3. Les maladies d'origine virale

5.3.1. L'hépatite E

L'hépatite E est une maladie à support hydrique et on a mis en cause l'eau ou des produits alimentaires contaminés dans le cas de flambées majeures. La consommation de l'eau de boisson ayant subi une contamination fécale a provoqué des épidémies et la consommation de fruits de mer crus a été à l'origine de cas sporadiques dans les zones d'endémie. Les facteurs de risque de l'infection à hépatite virale E (HEV) sont liés à des conditions d'assainissement médiocres dans une grande partie de la planète (**Gaillard, 2011**).

5.3.2. La poliomyélite

La poliomyélite est une maladie infectieuse virale, provoquée par trois *Poliovirus*, sérotypes 1, 2 et 3, et caractérisée par une atteinte des neurones moteurs de la moelle épinière et parfois du bulbe rachidien. La lyse de ces neurones entraîne des paralysies flasques atteignant de façon asymétrique et apparemment aléatoire des muscles moteurs des membres et du tronc. La paralysie des muscles respiratoires peut entraîner le décès (**Conrad, 2012**).

1. Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate, l'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau (**Rodier et al., 2009**).

Les prélèvements d'eau ont été réalisés durant le mois de Mai 2019 à partir de cinq camions citernes qui sillonnent la wilaya de Khenchela. Les échantillons d'eau utilisés pour l'analyse physico-chimique ont été prélevés dans des flacons en plastique, selon la méthode décrite par (**Rodier et al., 2009**), Des flacons en verre, stérilisés au four Pasteur à 180 °C pendant 2 heures, ont été utilisés pour les échantillons d'eau destinés à l'analyse bactériologique. Les prélèvements ont été réalisés dans les meilleures conditions d'asepsie, en suivant les étapes suivantes :

- Préparation des flacons propres en plastique d'un litre pour l'échantillonnage.
- Ouvrir la vanne d'échantillonnage et permettre à l'eau de s'écouler pendant au moins 2 minutes avant la collection.
- Remplir chaque flacon lentement avec un faible débit pour éviter les turbulences et la formation des bulles d'air.
- Fermer le flacon et s'assurer qu'il n'y a pas de vide au-dessus de l'échantillon.

1.1. Transport des échantillons

Les paramètres initiaux des eaux peuvent subir des modifications lors du transport, c'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible.

Les échantillons sont transportés sous froid dans une glacière isothermique (-4°C), dans le but de ne pas influencer la flore bactérienne de cette eau.

2. Analyses physico-chimiques

2.1. Le potentiel hydrogène (pH)

La mesure de ce paramètre est réalisée par l'utilisation d'un pH mètre de type AD1000. Cette méthode consiste à plonger l'électrode dans l'échantillon d'eau contenu dans un bêcher et lire directement la valeur après stabilisation de l'affichage sur l'écran du pH mètre (**Rodier et al., 2005**).



Photographie 1. Mesure du pH.

2.2. La conductivité électrique (CE)

La conductivité a été mesurée à l'aide d'un conductimètre. Après plusieurs rinçages de l'électrode avec de l'eau distillée, On la plonge dans un récipient contenant de l'eau à examiner. Enfin le résultat de la CE est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Rodier *et al.*, 2005).



Photographie 2. Mesure de la CE.

2.3. La Dureté Totale (Titre Hydrométrique)

La dureté totale détermine la concentration en calcium et en 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 Diamine Tétra acétique (EDTA) (Rodier *et al.*, 2009). L'estimation du titre hydrométrique a été faite par l'expression suivante :

$$\text{TH} = 1000 \times [(C \times V_1) / V_2]$$

TH : C'est le titre hydrométrique en mg/l

C : Concentration en milliéquivalent par litre d'EDTA

V_1 : Volume en ml de solution EDTA utilisé pour le titrage

V_2 : Volume d'échantillon



Photographie 3. Le titrage de la dureté Totale

2.4. Résidu sec (RS)

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé (Rodier et Bernad, 2009). L'estimation du RS a été faite par l'expression suivante:

$$RS = (Pp - Pv) 10 \times 1000$$

RS : Résidu Sec en mg/l

Pv : poids vide de la capsule

Pp : poids plein de la capsule



Photographie 4. Matériel utilisé pour la détermination du résidu sec.

2.5. Dosage des nitrates(NO_3^-)

En présence de salicylate de sodium, les NO_3^- donnent le paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. La lecture se fait à une longueur d'onde de 420 nm (ISO7890/3, 1994) (Annexe1).



Photographie 5. Dosage des nitrates par spectrophotomètre.

2.6. Le titre alcalimétrique complet (TAC)

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 (Rodier *et al.*, 2009).

L'estimation du titre Alcalimétrique complet a été faite par l'expression suivante :

$$TAC = (N_{HCl} \times V_{HCl} \times 1000) / 10$$

TAC : Titre Alcalimétrique en °F

V_{HCl} : Volume en ml de solution d'HCl utilisé pour le titrage

N_{HCl} : Concentration d'HCl



Photographie 6. Le titrage du titre alcalimétrique complet.

2.7. Minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous (**Degremont, 1990**). Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (**Rodier et al., 2009**).

3. Analyses bactériologiques

3.1. Dénombrement des germes totaux (GT)

La technique d'ensemencement en masse, sur Gélose Tryptone Glucose Extract (TGE) a été utilisée pour dénombrer les germes totaux à 22 et à 37 °C.

Des volumes de 1 ml des échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide de pipettes graduées stériles, puis déposés goutte par goutte sur les boîtes de Pétri vides. 10 ml de milieu gélosé, maintenu en surfusion mais légèrement refroidie, ont été coulés aseptiquement dans chaque boîte. Homogénéiser en gardant à la boîte de Pétri fermée des mouvements circulaires (en dessinant des 8 sur la paillasse). Laisser refroidir la gélose sans la bouger (Figure 4).

Un comptage de colonies a été effectué après 48h d'incubation, Les résultats sont exprimés en nombre d'unité formant colonie (UFC) par 1 ml de l'échantillon (**Rodier et al., 2009**)

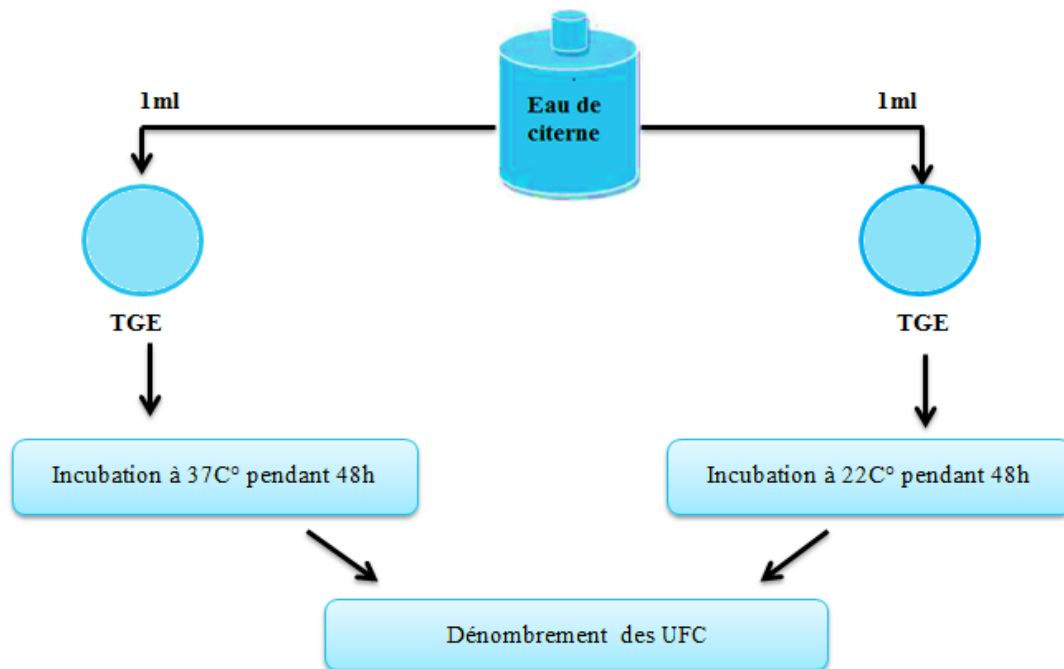


Figure 4. Mode opératoire du dénombrement des germes totaux.

3.2. Dénombrement des Coliformes

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes dans les eaux, en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP), se fait en deux étapes consécutives : un test présomptif réservé à la recherche des coliformes totaux (CT) et un test confirmatif réservé à la recherche des coliformes fécaux (CF) thermo-tolérants et l'*Escherichia coli*.

3.2.1. Test présomptif

Trois séries de 3 tubes (avec cloche de Durham) du bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL) double concentration (D/C) et simple concentration (S/C) ont étéensemencées avec l'échantillon (Figure 5). Après avoir chassé l'air éventuellement présent dans les cloches, on mélange bien le milieu et l'inoculum et puis on incube tous les tubes à 37°C pendant 24 à 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. 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 Grady (Annexe 3) qui nous donne le nombre le plus probable (NPP) (Rodier *et al.*, 2005).

3.2.2. Test confirmatif

On repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham, On incube à 44 °C pendant 48 heures. Les tubes qui présentent un trouble bactérien et un dégagement de gaz, après 48 h d'incubation à 44°C ± 0,5°C, confirment la présence des CF.

L'apparition d'anneau rouge en surface, témoin la production d'indole par *E. coli* après ajout de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs. Le dénombrement d'*E. coli* s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Grady (Rodier *et al.*, 2005).

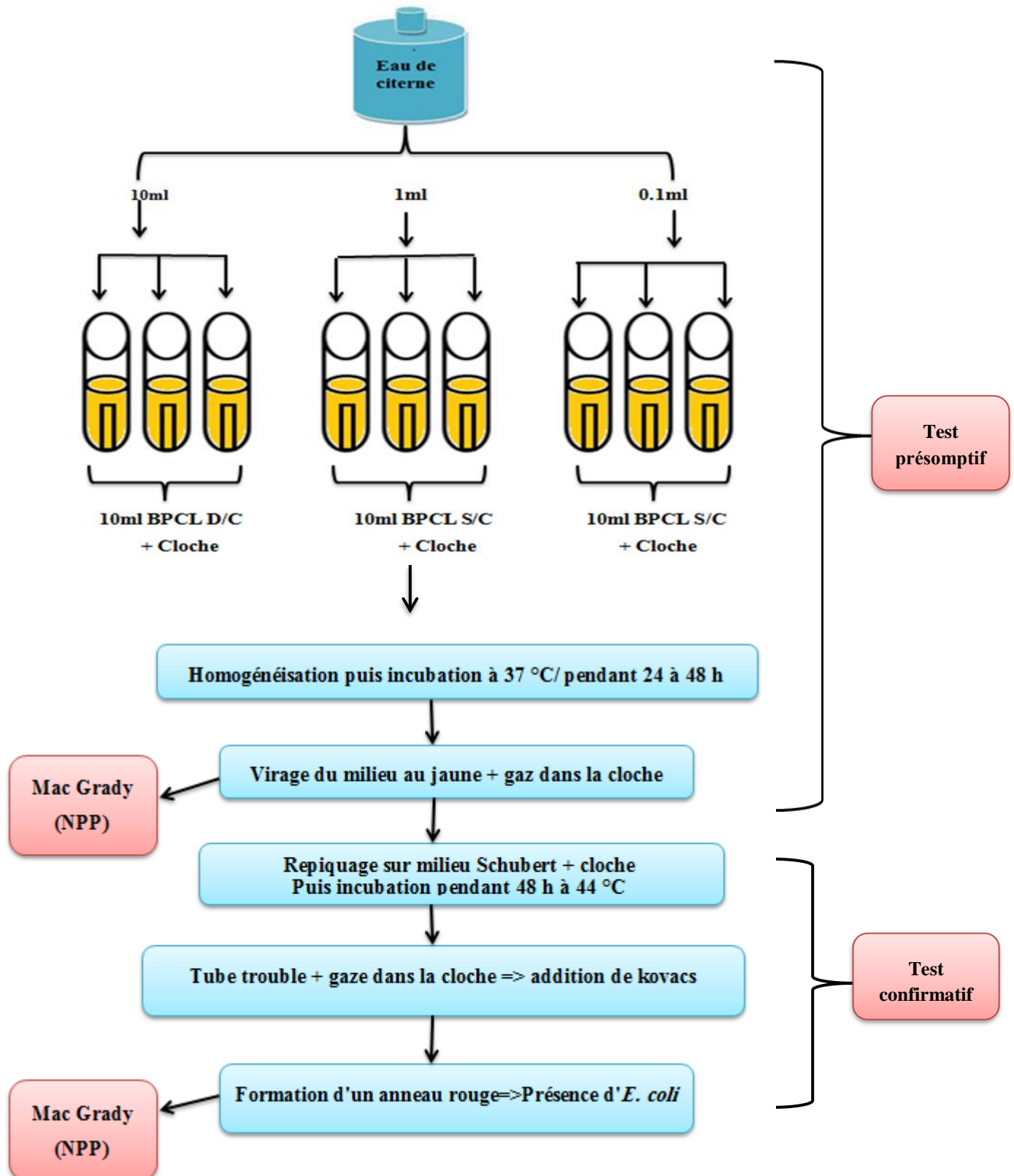


Figure 5. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

3.3. Recherche des Streptocoques fécaux (SF)

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux se fait par deux tests consécutifs : un test présomptif sur le milieu de Rothe et un test confirmatif sur le milieu Eva Litsky. L'incubation se fait à 37° C pendant 24h à 48h.

3.3.1. Test présomptif

On ensemence 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à double concentration (D/C) avec 10ml de l'échantillon, 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration (S/C) avec 1ml de l'échantillon et 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration (S/C) avec 0,1 ml de l'échantillon. Puis on homogénéise soigneusement, par agitation, le contenu des tubes en s'assurant, une fois celle-ci terminée, que la teinte du bouillon est uniforme en haut et en bas du tube, de façon à ce que la concentration en inhibiteur soit identique en tous points.

Ensuite on incube les tubes à 37°C et la lecture est faite après 24 à 48 heures. Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période sont présumés contenir un streptocoque fécal et sont soumis à un test confirmatif.

3.3.2. Test confirmatif

Après agitation des tubes positifs, on prélève quelques gouttes avec une pipette Pasteur stérile, et on les dépose dans les tubes du milieu Eva Litsky à l'éthyl violet et azide de sodium. Après 24 h d'incubation à 37°C, tous les tubes présentant une culture et un jaunissement ont été considérés comme positifs. 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 (Figure 6).

Nous notons le nombre de tubes positifs dans chaque série puis on se reporte à la table de Mac Grady pour connaître le nombre de streptocoques fécaux présents dans 100 ml de l'échantillon (**Rodier *et al.*, 2009**).

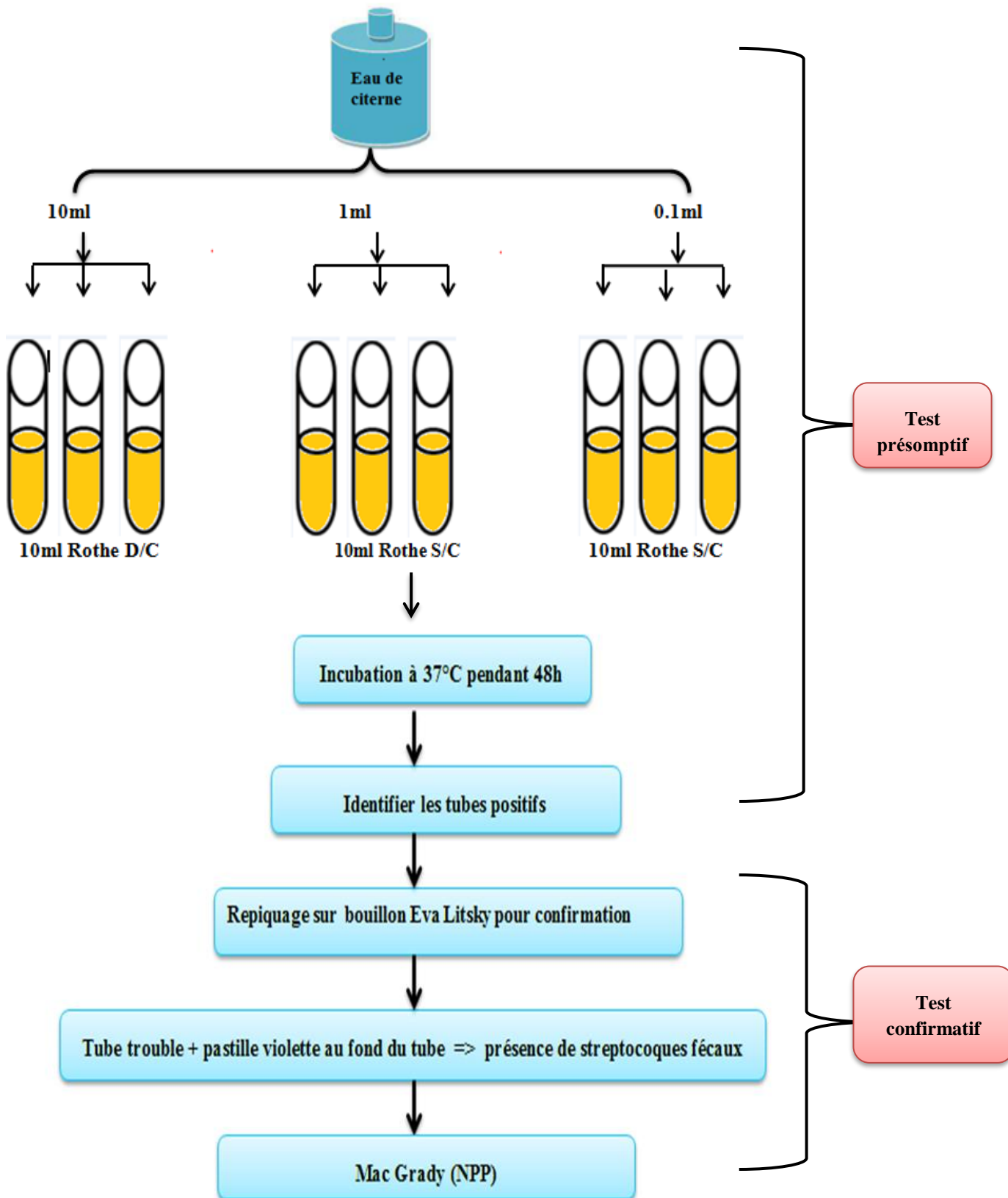


Figure 6. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.

3.4. Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs (CSR)

Dans un bain marie à 80°C, on introduit 5 tubes contenant chacun 5 ml de l'eau à analyser. On les laisse environ 10 minutes pour détruire les formes végétatives des bactéries sulfito-réductrices présentes. Après chauffage, on refroidit immédiatement les tubes sous l'eau de robinet jusqu'à une température de 45°C (Figure 7).

Dans chacun des tubes, on ajoute environ 20 ml de la gélose viande-foie(VF), déjà fondue, refroidie à 45°C et additionnée de ses additifs (alun de fer et sulfite de sodium). On mélange tous doucement le milieu et l'inoculum en évitant la formation des bulles d'air. On laisse solidifier la gélose sur paillasse environ 30 minutes avant l'incubation à 37°C pendant 48 heures.

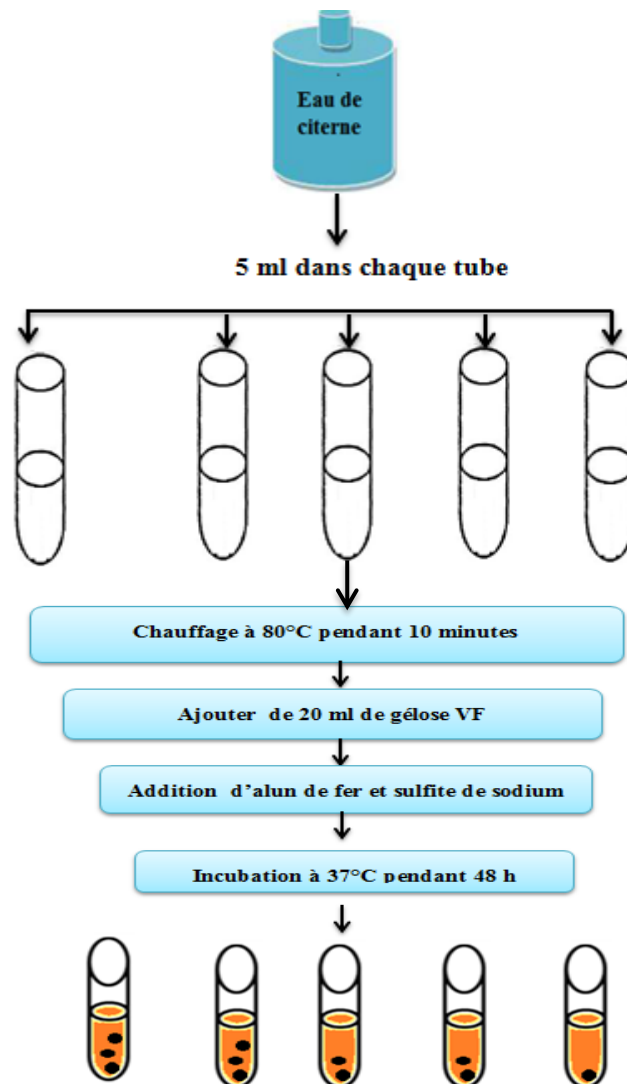


Figure 7. Recherche et dénombrement des CSR.

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. Après l'incubation, 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 exprimait les résultats en nombre de germes par 20 ml (**Rodier et al., 2009**).

3.5. Recherche et dénombrement des salmonelles

La recherche des salmonelles comporte plusieurs étapes : un pré enrichissement, enrichissement, un isolement et identification (**Lebres et al., 2002**)

- **L'enrichissement:** Ensemencement d'un milieu liquide sélectif (milieu au sélénite SFB) à partir de l'échantillon à analyser puis incubé à 37°C pendant 24 heures.
- **L'isolement:** A partir du bouillon d'enrichissement, effectuer des isolements sur 2 milieux différents. Deux séries d'isolement au moins doivent être pratiquées: l'une après 18 – 24 heures d'incubation, l'autre après 48 heures. Les géloses d'isolement sont incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures. Au bout de 24 heures il est souvent possible de différencier les colonies à lactose positif et au bout de 36 à 48 heures, toutes les colonies ont généralement leurs aspects caractéristiques. Selon le milieu d'isolement choisi, ces aspects sont les suivants :
- **Sur gélose *Salmonella- Shigella*:** Des colonies incolores à centre noir : *Salmonella* à H₂S.
- **L'identification:** Des colonies présumées *Salmonella* ou suspectées, se fait à l'aide de: tests biochimiques (**Bengarnia, 2016**).

1. Echantillonnage

Notre étude portait sur cinq échantillons d'eau de citernes mobiles. Les échantillons à tester ont été collectés à partir de cinq différentes communes de la région de Khenchela durant le mois de Mai 2019. Les prélèvements ont été réalisés à partir des robinets des citernes.

En outre de leurs sources, les citernes sélectionnées diffèrent entre elles par leur âge (entre 5 et 10 ans), leur nature (métallique, plastique) et leur couleur. Les eaux de ces citernes sont principalement utilisées pour la boisson (Tableau 6).

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques des cinq échantillons ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyse de la qualité microbiologique et physicochimique des eaux, des produits agro-alimentaires, cosmétiques et détergents (EURL SID, Khenchela).

Tableau 6. Les caractéristiques des cinq échantillons d'eau étudiés.

Citernes	1	2	3	4	5
Commune	El- Mahmel	Khenchela	Ouled- Rechache	Taouzient	El Hamma
Heure de prélèvement	10 H	10 H	9H	10H	10 H
Source d'eau	Falek Bouzouek	Forage Trik Al-Izzar	Forage de Khelifa	Bouhmar Batna	Ain- Mimoune
Fréquence de nettoyage	Une fois par année	Une fois chaque 3 mois	Une fois par mois	Une fois par semaine	Une fois par mois
Utilisation de l'eau de Javel	Non	Oui	Non	Non	Oui
Nature de citerne	Métallique	Métallique	Métallique	Plastique	Plastique
Couleur	Grise	Grise	Grise	Verte	Verte
Age	10 ans	7 ans	7 ans	5 ans	6 ans

2. Paramètres physico-chimiques

Les résultats des paramètres physico-chimiques obtenus sont représentés dans l'annexe 4.

2.1. Le potentiel hydrogène

Le pH est un paramètre important qui représente le degré d'ionisation du milieu étudié, il nous donne également une indication sur le niveau de la pollution de l'eau. (**Brisou et Denis, 1980**). Les valeurs de pH enregistrées dans notre étude varient entre (7.18 et 7.32) (Figure 8). Ces résultats montrent des pH neutres, qui ne dépassent pas ceux exigés par la législation Algérienne et Européenne, qui précisent comme niveau guide des pH entre 6,5 et 8,5 (**Rodier et al., 2005; JORA, 2011**). Sari (**2014**) a également obtenu des valeurs de pH voisins de la neutralité (7,08 à 7,25) lors de son étude réalisée sur l'eau de la source « Attar » localisée dans la wilaya de Tlemcen. Cependant, Heriarivony et ses collègues (**2015**) ont signalé des valeurs de pH qui tendent vers l'acidité (4,34 à 6,92) pour des eaux de puits, à Madagascar.

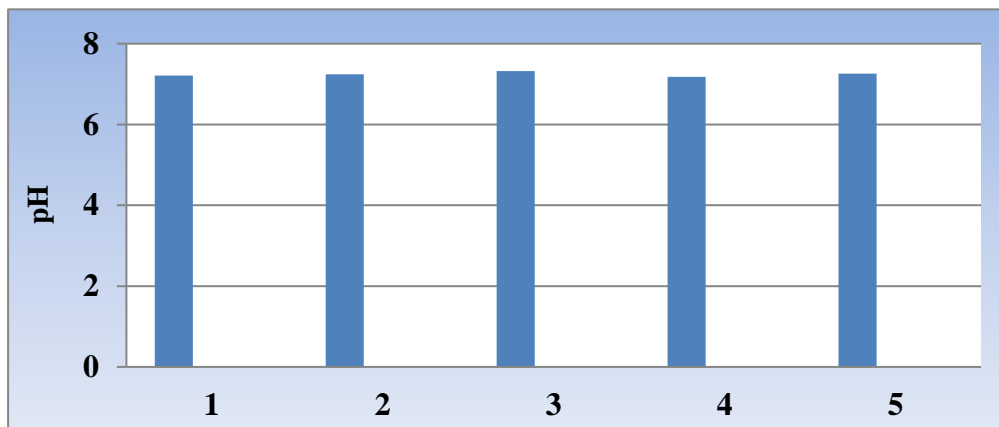


Figure 8. Variation des pH dans les eaux de citernes étudiées.

2.2. La conductivité électrique

La conductivité donne une idée sur la minéralisation d'une eau et elle est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau. En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Les valeurs de la CE enregistrées dans notre étude varient entre 594 $\mu\text{S/cm}$ et 2190 $\mu\text{S/cm}$ (Figure 9), ces dernières ne dépassent pas les normes de potabilité de l'eau (2800 $\mu\text{S/cm}$) (**JORA, 2011**). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Bengarnia (**2016**) sur les eaux de consommation de la région d'oued Es-Saoura Béni-Abbès (Béchar) qui a enregistré des valeurs de CE variantes entre 558 $\mu\text{S/cm}$ et 2766 $\mu\text{S/cm}$. Labiod (**2010**) a cependant enregistré, dans ses études sur les eaux souterraines du Hamma et Fourchi (Constantine), des valeurs de conductivité de 1060 $\mu\text{S/cm}$ et de 1800 $\mu\text{S/cm}$, respectivement.

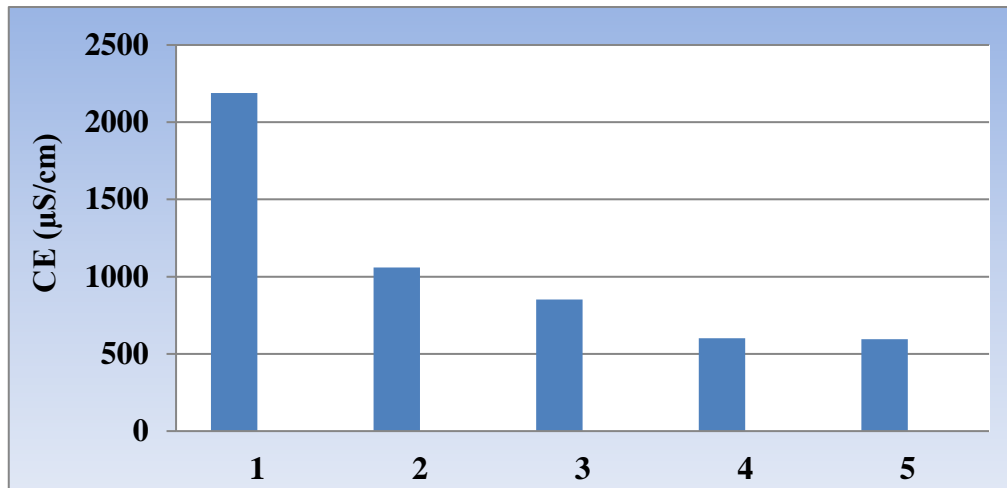


Figure 9. Variation de la conductivité électrique dans les eaux de citernes étudiées.

2.3. La Dureté Totale

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (Rodier, 2009). Une eau douce assure une meilleure solubilisation des métaux lourds toxiques, les eaux provenant de terrains calcaires ou surtout de terrains gypseux, peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 100°F de CaCO₃ par litre (Figarella et Leyral, 2002; Rodier *et al.*, 2005).

Nos résultats obtenus, exprimés en degré français ont permis d'observer une variation de la dureté entre (22 °F et 45 °F) (Figure 10). Ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à 50°F (JORA, 2011).

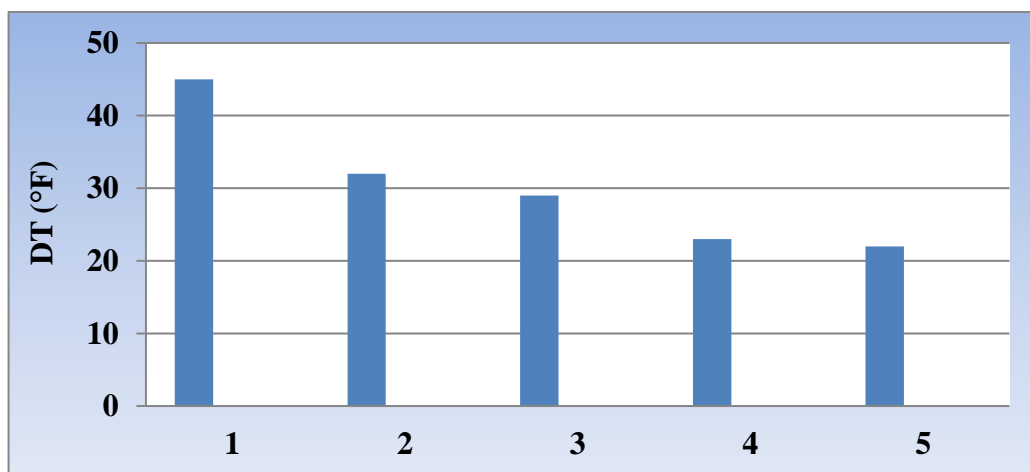


Figure 10. Variation de la dureté totale dans les eaux de citernes étudiées.

Selon Berne et Cordonnier (1991) et à partir du tableau 7. Le 60 % des eaux des citernes étudiées (N° 3, 4 et 5) sont considérées comme des eaux moyennement dures, Les 40% restants (N°1 et 2) sont considérées comme des eaux dures. Ces dernières valeurs rejoignent les résultats

obtenus par Sari (2014) (43.6 et 45.6 °F) dans leur étude sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen).

Tableau 7. Classification de l'eau selon la dureté totale (Berne et Cordonnier, 1991)

DT 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	Eau dure

2.4. Résidu sec (RS)

On appelle résidu sec les très fines particules dissoutes dans l'eau (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluant, micro-organismes,...) qui donnent un aspect trouble à l'eau et s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique. D'après les résultats consignés dans la figure 11, nous avons remarqué que les résidus secs des eaux étudiées varient entre 370 et 1490 mg/l (Figure11).

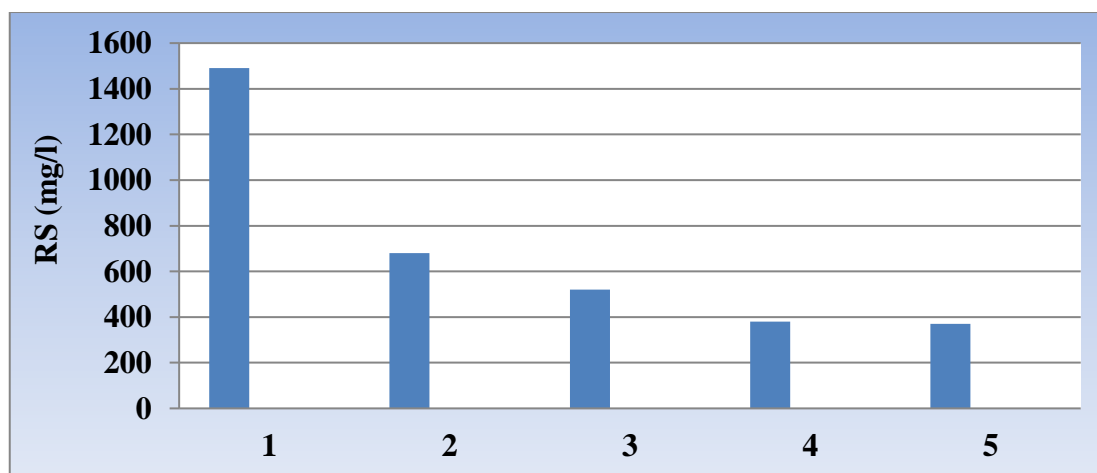


Figure11. Diagramme des résidus secs dans les eaux de citernes étudiées.

En se basant sur le tableau 8, on peut classer nos échantillons d'eaux en trois catégories, les eaux de citernes N° 4 et 5 ont une qualité bonne, les eaux de citernes N° 2 et 3 ont une qualité passable, les eaux de citerne N°1 ont une qualité médiocre.

Tableau 8. Classification des eaux potables selon leurs résidus secs (Rodier *et al.*, 2005)

Qualité	Bonne	Passable	Médiocre	Mauvaise
Résidu sec (mg/l)	0-500	500-1000	1000-2000	2000-4000

2.5. Dosage des nitrates(NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. D'après les résultats obtenus indiqués sur la figure 12 on constate que les valeurs des nitrates de nos échantillons (12 à 26 mg/l) ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à 50 mg/l (JORA, 2011). Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Benaouda (2016) dans le cadre de son étude de la qualité physico-chimiques de l'eau de la ville de Tlemcen destinée à la consommation humaine, Où il a enregistré des teneurs qui varie entre 0.1 et 0.6 mg/l.

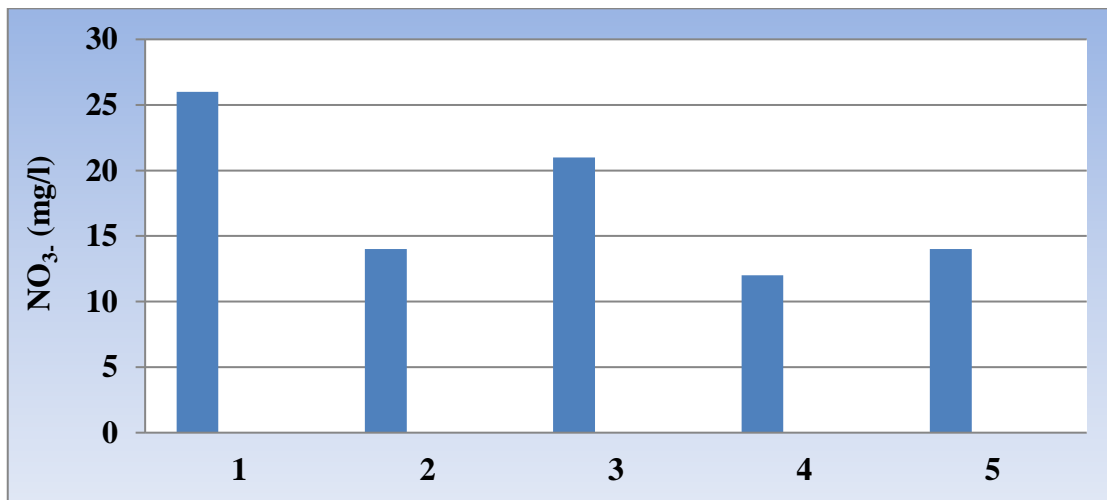


Figure 12. Variation de la teneur en nitrates dans les eaux de citernes étudiées.

2.6. Le titre alcalimétrique complet (TAC)

Le TAC représente la concentration en ions carbonates, bicarbonates et hydroxydes libre présents dans l'eau (Berne et Cordonnier, 1991). La formation d'une couche carbonatée assurant la protection des canalisations contre certains risques de corrosion nécessite une alcalinité minimale (Kouider, 2006). La figure 13 montre une variation du titre alcalimétrique dans nos échantillons d'eaux de citernes, entre 18 et 21 °F. Ces résultats ne dépassent également pas les normes Algérienne (50 °F) (JORA, 2011). Ces valeurs rejoignent les résultats obtenus par Arrouf et Lagha (2018) dans leur étude sur la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux de puits à usage domestique de la région de Khenchela (3,5 et 20 °F). Par ailleurs, elles sont supérieures à valeurs obtenues par Heriarivony et ses collègues (2015) (4 °F et 14,80 °F) dans leur étude sur les caractères physico-chimiques des eaux de puits de la région Vakinankaratra (Madagascar).

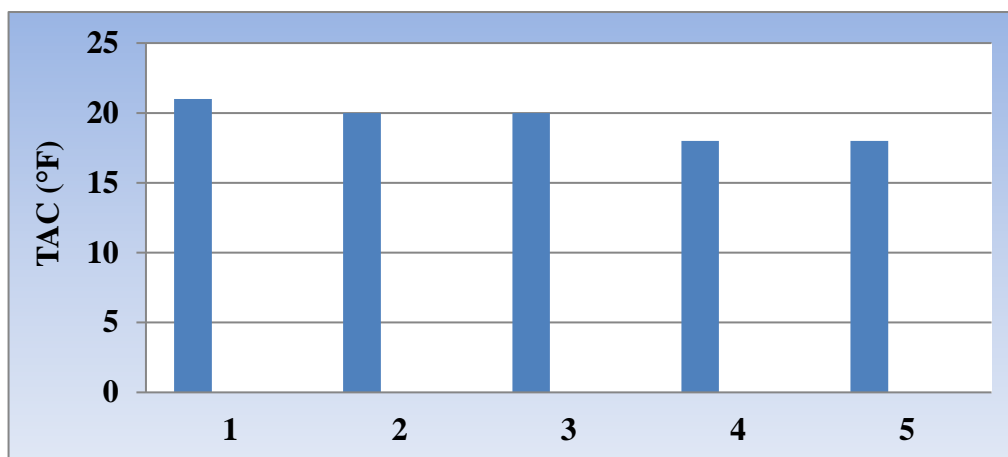


Figure 13. Variation du TAC dans les eaux de citernes étudiées.

2.7. Minéralisation

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous (Degremont, 1990). Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (Rodier, 2009).

Tableau 09. Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (Rodier, 2009).

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
Conductivité < 50	1,365079 x Conductivité
50 < Conductivité < 166	0,947658 x Conductivité
166 < Conductivité < 333	0,769574 x Conductivité
333 < Conductivité < 833	0,71592 x Conductivité
833 < Conductivité < 10000	0,458544 x Conductivité
Conductivité > 10000	0,850432 x Conductivité

La minéralisation des eaux étudiées varie entre 450 et 1664 mg/l (calculée à partir de la conductivité) (Figure 14). Ces valeurs sont beaucoup supérieures à celles obtenues par Touil et ses collègues (2011) (181.1 et 393.8 mg/l) dans leur étude sur la qualité des eaux douces vendues en camions-citernes dans la région de Ouargla. Setti (2013) classe les eaux avec une minéralisation sous la valeur 600 mg/l comme eau de bonne qualité. D'autre part l'OMS recommande pour des considérations gustatives une teneur limite de 1500 mg/l pour les eaux destinées à la consommation humaine (Rodier, 2009). L'eau de citerne N°1 dépasse cette limite est donc considérée comme eau très minéralisée. Les eaux des citernes N°4 et 5 sont faiblement minéralisées. Enfin, les eaux des citernes N°2 et 3 possèdent une bonne minéralisation.

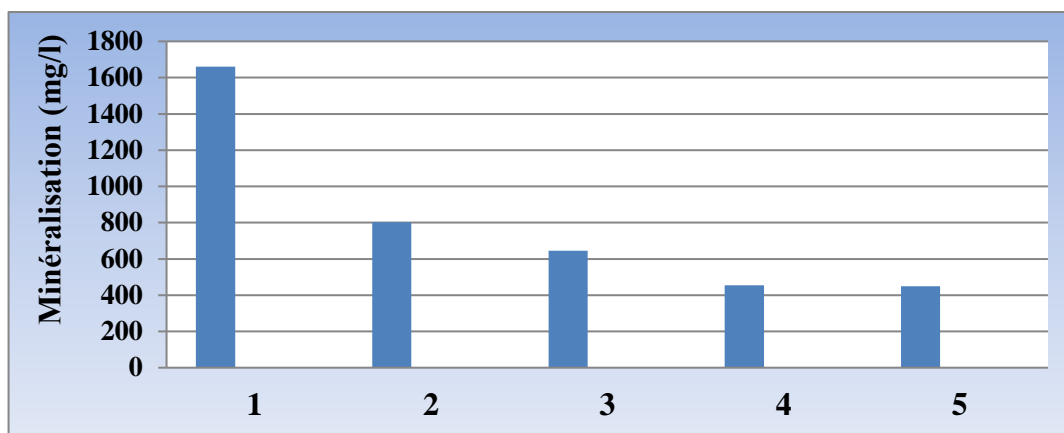


Figure 14. Variation de la minéralisation dans les eaux de citernes étudiées.

3. Paramètres bactériologiques

Les analyses microbiologiques des eaux permettent d'apprécier le risque dû aux microorganismes pathogènes, susceptibles d'être trouvés dans les eaux consommées par les citoyens, et de provoquer des maladies. Elles permettent également de contrôler l'efficacité des traitements de désinfection.

Tableau 10. Les résultats des analyses bactériologiques des eaux de citernes étudiées.

Paramètres	1	2	3	4	5	Normes (OMS)
Germes totaux à 37°C /ml	16	12	15	18	13	20 UFC/ml
Germes totaux à 22 °C /ml	36	38	28	34	28	100 UFC/ml
Coliformes totaux /100ml	15	9	11	15	9	10 germes / 100ml
Coliformes fécaux /100ml	00	00	00	00	00	00
<i>Escherichia coli</i>	00	00	00	00	00	00
Streptocoques D / 50ml	00	00	00	00	00	00
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs à 46°C /ml	00	00	00	00	00	00
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs à 46°C /20ml	00	00	00	00	00	5 germes / 20 ml
<i>Salmonella</i>	00	00	00	00	00	00

Dans notre étude nous avons recherché des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans la matière fécale des hommes et des animaux à sang chaud, et qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur. Il s'agit des Germes totaux, les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux, les *Clostridium* sulfito-réducteurs et les salmonelles.

Les résultats des analyses microbiologiques obtenus sont représentés dans le tableau 10.

3.1. Les germes totaux

Le dénombrement des bactéries mésophiles aérobies et anaérobies facultatives est considéré comme un type d'indicateurs 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 microorganismes qui se développent à 22°C, sont des saprophytes présents naturellement dans l'eau. Celles qui se développent à 37°C, température du corps humain, proviennent de l'homme ou d'animaux à sang chaud (**Figarella et al., 2007**).

Les résultats des dénombrements de la charge mésophile totale, consignés dans la figure 15, montrent une variation du nombre des colonies, qui oscille entre 28 et 38 UFC/ml pour les germes totaux à 22°C et entre 13 et 18 UFC/ml pour les germes totaux à 37°C. Toutes ces valeurs ne dépassent pas les normes de l'OMS qui indiquent des un nombre de colonies ≤ 100 UFC/ml à 22°C et ≤ 20 UFC/ml à 37°C.

Tourab (**2013**) a, par contre, signalé des valeurs de la flore mésophile totale supérieures aux notre, pour ses études sur les eaux souterraines dans la plaine du Haouz (Maroc). Soit, 10 à 4300 UFC/ml à 22°C et entre 10 UFC/ml à 4500 UFC/ml à 37°C).

La variation de la charge des germes totaux semble être liée aux paramètres abiotiques comme la température et le pH, qui influencent le développement des microorganismes dans le milieu aquatique (**Ouhmidou et al., 2015**). Il faut signaler que les températures modérées enregistrées durant notre période d'échantillonnage (Mai, 2019) expliquent, probablement, la faible charge bactériologique enregistrée.

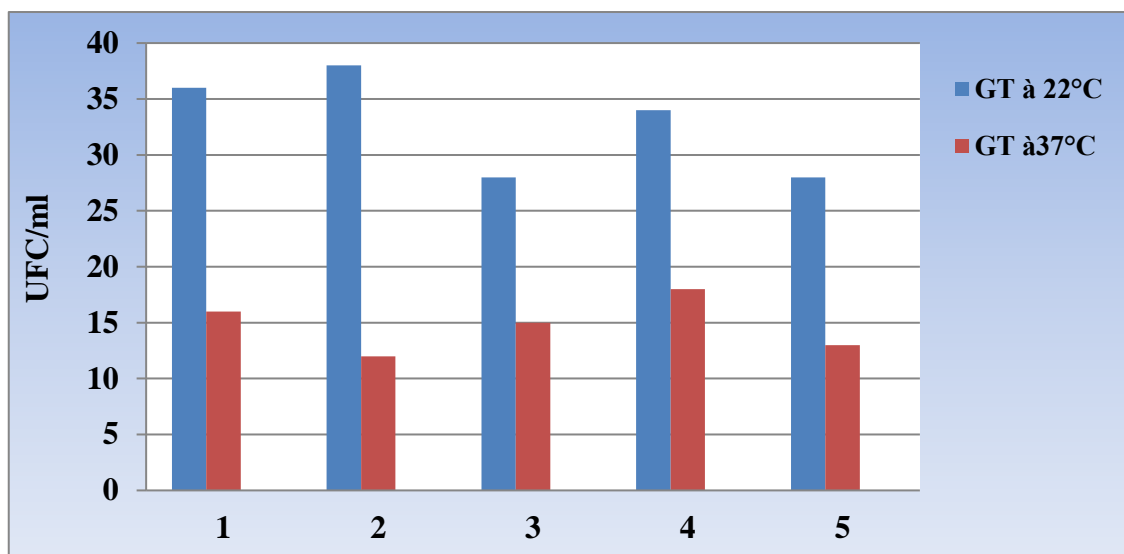


Figure 15. Variation des germes totaux à 22 et 37°C dans les eaux de citernes étudiés.

3.2. Résultats du dénombrement des coliformes totaux

La présence des coliformes totaux possédant une origine animale ou humaine, indique une contamination fécale récente (**Chevalier, 2003**). D'après les résultats présentés dans la figure 18, on remarque que la charge bactérienne en coliformes totaux varie entre 9 à 15 UFC/100ml. Ainsi le 40% de nos échantillons (N° 2 et 5) ne dépassent pas les normes algériennes et celles de l'OMS (**1994**), qui recommandent des taux en CT inférieurs à 10 UFC/100ml. Cependant les 60% (N° 1, 3 et 4) restants dépassent légèrement ces normes.

Nos résultats sont comparables à ceux de Touil et ses collègues (**2011**) qui ont signalé une contamination par les streptocoques fécaux pour le 66% de ses échantillons d'eau potable transportée par les camions-citernes. Sari (**2014**) a, cependant, signalé l'absence de tout type de contamination dans les résultats de son étude sur l'eau de la source Attar (Tlemcen).

A partir des données de l'enquête réalisée sur les camions citernes étudiés, nous pouvons constater que les résultats positifs sont probablement dus aux facteurs suivants :

- La nature métallique des réservoirs (uniquement 02 cas étudiés utilisent des réservoirs en polyéthylène (PE), le reste, 03 cas, utilisent des réservoirs en acier galvanisé) peut engendrer des phénomènes de corrosion (**Touil et al., 2011**).
- L'exposition de ces camions au soleil, peut également favoriser la dégradation de la qualité de l'eau en particulier le développement des algues et des mousses.
- Une durée de stockage de l'eau dans ces réservoirs dépassant 2 jours (norme requise par la législation algérienne) peut altérer sa qualité (**Bouziati, 2000**).

-L'ignorance des conditions de stockage et des méthodes de nettoyage des citernes par les propriétaires. La fréquence de nettoyage dépasse un mois pour le 90% des cas étudiés. Ce dernier s'effectue seulement par la pression de l'eau et sans utilisation de désinfectants.

A titre d'exemple, un des échantillons (N°1) pour lequel le réservoir est de nature métallique et il n'y a quasiment pas d'utilisation de désinfectants lors du nettoyage, nous observons un taux élevé de germes totaux (36 UFC /ml) et 15 germes /100 ml pour les coliformes totaux.

- Enfin, l'emplacement des fontaines et des sources d'eau dans des endroits impropres favorisent leur contamination.

- Il faut noter, que les résultats de la recherche des coliformes fécaux étaient négatifs pour tous les échantillons étudiés (Figure16).

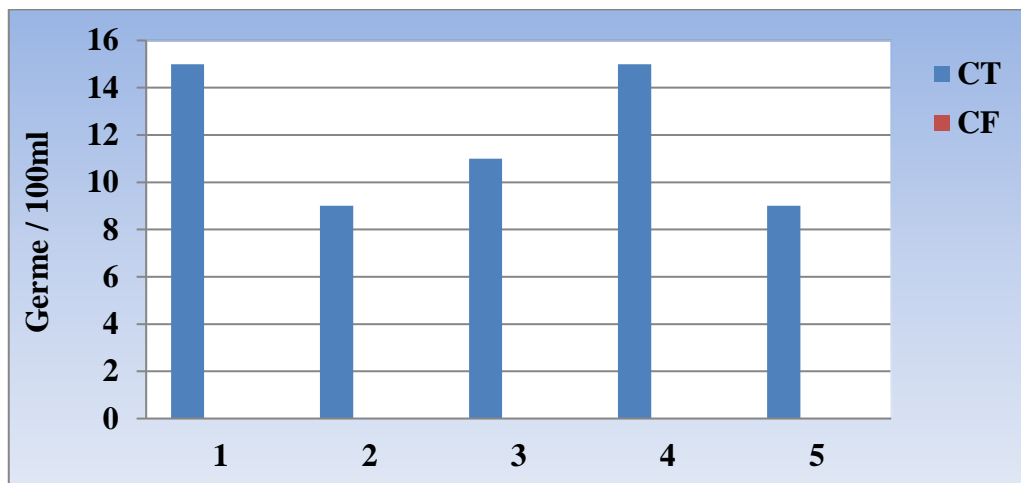


Figure 16. Variation des coliformes totaux et fécaux dans les eaux de citernes étudiés.

3.3. Autres

Des résultats négatifs, pour le 100 % des échantillons des eaux des citernes, ont été marqués pour la recherche des streptocoques fécaux, des *Clostridium* sulfito-réducteurs et des salmonelles.

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs, qui témoignent une contamination fécale ancienne en raison de leur aptitude d'être plus persistantes en milieu aquatique, ont été absentes dans les eaux de citernes analysés car elles sont moins abondantes dans la flore intestinale des humains et des animaux par rapport aux coliformes.

Le nombre relativement très faible des Salmonelles dans les eaux potables et le nombre limité de prélèvements, explique, probablement, leur absence dans l'ensemble des eaux de citernes analysées.

Afin de préserver ces eaux de toute éventuelle contamination microbienne, des nettoyages périodiques des citernes et des réservoirs d'eaux, en utilisant les désinfectants appropriés comme l'eau de javel, sont nécessaires. Un contrôle bactériologique régulier de ces eaux, dans les infrastructures spécialisées comme les laboratoires d'hygiène du secteur sanitaire, est également recommandé.

4. Classification des échantillons

On se basant sur les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques, nous pouvons classer nos 5 échantillons d'eaux de citernes en 3 catégories.

- **La catégorie 1** : contient une eau de qualité physicochimique et bactériologique très bonne. Il s'agit des eaux de citernes N° 2 et 5 qui ont présenté une bonne minéralisation avec l'absence totale des germes indicateurs d'une contamination fécale ;
- **La catégorie 2** : contient des eaux de qualité physicochimique et bactériologique acceptable. Il s'agit des eaux de citerne N°3.
- **La catégorie 3** : regroupe des eaux qui présentent une qualité physico-chimique acceptable et une qualité bactériologique mauvaise. Il s'agit des eaux de citerne N°4.
- **La catégorie 4** : Regroupe des eaux qui présentent une qualité physicochimique médiocre (minéralisation très élevée) et une qualité bactériologique mauvaise. Il s'agit des eaux de citerne N°1.

De son lieu de captage jusqu'au robinet, l'eau destinée à la consommation humaine est soumise à de nombreux contrôles, ce qui en fait le produit alimentaire le plus surveillé.

Dans le but d'évaluer la qualité physicochimique et bactériologique des eaux potables vendues par les camions-citernes, et destinées à la consommation humaine, de la wilaya de Khenchela, cinq échantillons d'eau ont été prélevés à partir de différentes régions (Khenchela, El-Mahmel, Ouled-Rechache, El-Hamma et Taouzient), durant le mois de Mai 2019.

Les résultats de la caractérisation physico-chimique montrent que le 20 % de nos échantillons ont présentés une eau très minéralisée (1661 mg/l), le reste des échantillons (80 %) ont, cependant, présenté des eaux de bonne qualité physico-chimique à acceptable.

La méthode du nombre le plus probable a été utilisée pour l'étude bactériologique. Les résultats reflètent une contamination par les coliformes totaux, qui a dépassé les normes (15 germes / 100 ml), pour le 40% des échantillons. Les résultats de la recherche des coliformes fécaux, des streptocoques, des Clostridies sulfito-réducteurs et des salmonelles étaient, néanmoins, négatifs pour tous les échantillons étudiés.

A travers ces résultats, nous constatons, une mauvaise prise en charge hygiénique du transport, stockage et vente de cet élément vital pour certain échantillons. La fréquence de nettoyage qui dépasse 7 jours pour toutes les citernes et l'ignorance quasi total des méthodes de leur nettoyage par les propriétaires justifie ces résultats.

Dans l'intérêt d'apporter un apport complémentaire à cette étude, il serait intéressant :

- D'élargir le nombre et la zone d'échantillonnage ;
- Réaliser des prélèvements durant plusieurs saisons ;
- Suivre la qualité hygiénique des eaux transportées par les camions-citernes depuis la source jusqu'au consommateur.

Almeda J., Corachan M., Sousa A., Ascaso C., Carvalho M., Rollinson D. et al (1994) Schistosomiasis in the Republic of Sao Tome and Principe: Human studies. Trans R Soc Trop Med Hyg. 88: P.P. 406-409.

Arrouf W., Iagha I. (2018) Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux de puits à usage domestique de la région de Khenchela, mémoire de master Université Abbes Laghrour (Khenchela) P.45.

Ayad W. (2017) Evaluation de la qualité physico-chimique et Bactériologique des eaux souterraines : cas des Puits de la région d'el-harrouch (wilaya de Skikda).Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba. P.P.116.

Beauchamp J. (2006) Qualité et pollution des eaux souterraines. Polycopié, Université de Picardie Jules Verne (France). P.30.

Beaulieu P., Fisset B. (2009) Eau du robinet : une exigence de qualité, Cahiers de nutrition et de diététique. 44 : P.P. 294 -301.

Benaakame R. (2015) Caractérisation hydro-chimique, toxicologique et évaluation de risques sanitaires des eaux souterraines de la région de Sidi-Kacem (Maroc). Thèse de Doctorat, Université Mohammed V Rabat (Maroc). P.223.

Benaouda W. (2016) Étude qualitative physico-chimiques de l'eau de la ville de Tlemcen destinée à la consommation humaine, Université de Tlemcen.P.P.64.

Bengaibona B. (2010) Analyse comparée des qualités microbiologique et Physico-chimique des eaux de pluie stockées dans des citernes en ferro ciment : Cas des impluviums de DORI. Mémoire de Master, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (Burkina Faso). P.P.56.

Bengarnia B. (2016) Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued Es-Saoura cas de Béni-Abbès, Ougarta et Zeghamra. Thèse de Doctorat, Université Oran1. P.P.122.

Berne F., Cordonnier J. (1991) Traitement des eaux. Ed. Tec. P.P. 6-14.

Bordjah A. (2011) Analyse physico-chimique et microbiologique du lait demi-écrémé Haddadi Cherif El-Hidhab Sétif. Mémoire de Master, Institut national spécialisé de la formation professionnelle Haddadi Cherif El-Hidhab Sétif .P.P.77.

Bourgeois C. M., Mescle J. F. (1996) Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments ED. Lavoisier.Tec et Doc .P. 260- 261.

Bourier R., Satin M., Selmi B. (2010) « Guide technique de l'assainissement », 4^{ème} édition, Paris. P.P. 776.

Bouziani M. (2000) L'eau de la pénurie aux maladies, Ed. Iben Khaldoun, Oran. P.P. 247.

Brisou J. F., Denis F. (1980) Techniques de surveillance de l'environnement maritime. Ed. Masson, France. P.206.

Chausse K., Normandin L., Gauvin D., Levallois P. (2003) Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Ed. Institut national de santé publique, Québec (Canada). P.14.

Chevalier P. (2003) Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, (Canada). P.4

Conrad C. (2012) Evaluation des propriétés en culture de nouvelles souches atténuées de poliovirus candidates a un nouveau vaccin inactivé .Thèse de Doctorat, Université de Lorraine (France). P.P.98.

Constant F., Hawili N. (2011) Les eaux embouteillées. Cahiers de nutrition et de diététique. 46 : P.P. 40 - 45.

Coulibaly K. (2005). Etudes de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de Doctorat, Université de Bamako (Mali). P.24.

Defrance -Schk M. (1996) L'eau dans tous ses états. Ed. Ellipses (Paris). P.P. 632.

Degremont G. (2005) Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10^{ème} Edition. Tec et doc, Paris (France). P.3- 38.

Desjardins R. (1997) Le traitement des eaux, Ed. de l'école polytechnique de Montréal, Québec (Canada). P.P.46-112.

Eddabra R. (2011). Evaluation de la contamination bactériologique des eaux usées des stations d'épuration du Grand Agadir: Isolement, caractérisation moléculaire et

anti bio résistance des espèces du genre *Vibrio*. Thèse de Doctorat, Université Ibn Zohir et Université de Strasbourg, Agadir (Maroc). P.P.120.

Figarella J., Leyral G. (2002). Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris (France). P. 360.

Gaillard S. (2001) Virus de l'hépatite E: Mise en place du diagnostic moléculaire au laboratoire de virologie du CHU de Grenoble. Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier (France).P.P.99.

Gilli E., Mangan C., Murdy J. (2004) Hydrogéologie : objets, méthodes, applications. ED. Dunod (Paris). P.301.

Goita A. (2014) Les bactéries pathogènes d'origine hydrique de l'épidémiologie à la prévention. Thèse de Doctorat, Université Mohamed V– Souissi –Rabat (Maroc). P.P.134.

Hachemaoui B. (2014) Qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de SOUK TLATA. Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen. P.P.66.

Hadef D., Hasni M. (2017) Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'oued Boutane région de Khemis-Miliana W.Ain Defla. Mémoire de Master, Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana (Ain - Defla). P.43.

Haslay C., Leceler H. (1993) Microbiologie des eaux d'alimentation. ED. Tec et Doc, Lavoisier (Paris). P.107.

Heriarivony S. C., Razanamparany B., Rakotomalala J. E. (2015) Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation (puits) de la commune rurale d'antanifotsy, région vakinankaratra, Madagascar, Larhyss Journal, 24 : P.P. 7-17.

Joel G. (2003) La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités (Paris) P.P.168.

Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) (2011) Décret exécutif N° 11-125 du 17 RabieEthani 1432 correspondant au 22 Mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, P.P.7-25.

Kesbi R. (2016) Etude des performances épuratoire d'une STEP de l'ouest algérien cas de nouvelle STEP d'Aine – Témochent. Mémoire de master, université Aboubaker Belkaide (Tlemcen).

Kouider B.Z. (2006) Etude et traitement de l'eau du barrage Djorf El Torba de la wilaya de Bechar par filtration sur sables, Mémoire de Magister en Eau et Environnement, Université Hassiba Ben Bouali, (Chlef). P.66.

Labiod K. (2010) Etude du caractère incrustant des eaux et son inhibition par des essais chimiques et d'électrodéposition. Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine. P.109.

Lawson L. (2011) Amélioration de la désinfection solaire de l'eau de consommation par photo fenton. Mémoire de Master, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (Burkina Faso). P.P.51.

Lebres E., Azizi D., Hamza A., Taleb F., Taouchichet B. (2002) «Microbiologie des Eaux» manuel des travaux pratiques Institut Pasteur.

Lepori A.S. (2013) L'onchocercose : données actuelles et nouvel horizon thérapeutique. Thèse de Doctorat, Université de Lorraine (France). P.P.103.

Madi-bamdou R. (2010) Potabilisation des eaux de consommation par photo Fenton. Mémoire d'Ingénieur, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (Burkina Faso). P.P.42.

Maiga A. (2005) Qualité organoleptique de l'eau de Consommation produite et distribuée Par L'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière. Thèse de Doctorat, Université de Bamako (Mali) P.P.77.

Manceur Y., Djaballah S. (2016) Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa. Mémoire de Master, Université Labri Tébessi Tébessa. P.36.

Menant G., Oria M., Raffin J. (1984) Anatomie, physiologie, hygiène, 32ème élément de Médecine Tropicale, Janvier 1984.

Meunier C. C. (2014) Virus entériques transmissibles par voie alimentaire : détection, typage, pouvoir infectieux et nouvelles technologies. Thèse de Doctorat, Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech) P.P.269.

Monique H. (1991) Les eaux naturelles et les eaux de consommation saint Laurent. Institut national de la recherche scientifique, Université du Québec (Canada). P.P.165.

Nanfack N., Carine A., Fonteh F., Anyangw E., Vincent K. et al., (2014) Eaux non conventionnelles: un risque ou une solution aux problème d'eau pour les classes pauvres, Larhyss Journal,17 : P.P.47- 64.

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) (2003).Guide pratique : Echantillonnage des eaux souterraines publié par l'office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne (Suisse). P.31.

Olivaux Y. (2007) La nature de l'eau. Ed. Marco Pietteur (France). P.563.

OMS (2000) Directive de qualité pour l'eau de boisson, Critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève .P.P.1050.

OMS (2003) Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. (Switzerland). P.P.540.

Organisation internationale de normalisation (ISO), (1994) Qualité de l'eau. Dosage des nitrates. Méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique. NA 1656, ISO 7890/3, Ed. INAPI, Alger.P.4.

Ouandaogo S. (2008) Ressources en eau souterraine du centre urbain de Ouagadougou au Burkina Faso, qualité et vulnérabilité. Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse (Burkina Faso). P.P.245.

Ouhmidou M., Chahlaoui A. (2015) Caractérisation bactériologique des eaux du barrage Hassan Addakhil (Errachidia-Maroc). Larhyss Journal, 22 : P.P. 183-196

RAMSAR (2010) Gestion des eaux souterraines ; Lignes directrices pour la gestion des eaux souterraines en vue de maintenir les caractéristiques écologiques des zones humides, Switzerland. P.P. 12-13.

Redjem F., Rahmouni R. (2018) Evaluation de la qualité de l'eau potable distribuée dans la commune de Hamma Bouziane (wilaya de Constantine). Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine. P.P.37.

Reggam A., Bouchelaghem H., Houhamdi M. (2015) Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie), journal of materials and environmental science, 6 :P.P.1417-1425.

Rejsek F. (2002) Analyses des eaux, les aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén Crdp Aquitaine, Bordeaux (France). P. 109.

Remini B. (2010) La problématique de l'eau en Algérie du nord, Larhyss Journal, 8 : P.P.27-46.

Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L. (2005) L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris (France). P.1384.

Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009) L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, Paris (France). P.P.1579.

Rodier J. (1996) Analyse de l'eau. 8ème Edition. Dunod, Paris (France).P.P.412.

Samake H. (2002) Analyse Physico-Chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de bamako durant la Période 2000 et 2001, Thèse de Doctorat, Université de Bamako (Mali).P.P.77.

Sari H. (2014) Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen), Mémoire de Master, Université Abou –Bekr Belkaid Telemcen. P.P.63.

Savary P. (2010) Guide des analyses de la qualité de l'eau, Ed. Territorial Voiron, (France). P.P.261.

Schuster C. J., Ellis A.G., Robertson W.J., Charron D.F. (2005) Infectious disease outbreaks related to drinking water in Canada, 1974-2001. Rev. Can. Santé Publique, 96, P.P. 254- 258.

Setti A. (2013) Quelle eau choisir pour la préparation des biberons destinée aux nourrissons. Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier (France). P. 15

Sharpe M. E. (1979) Identification of the lactic acid bacteria, identification methods for microbiologists. Skinner F.A and D.W, Lovelock. Ed. Academic Press (London). P.P.1233 – 1255.

Spellman G., Frank R. (2008) The Science of water: concepts and applications. 2ème édition CRC Press Taylor & Francis Group. (USA). P.P.417.

Taghezout F. (2015) Impact environnemental des rejets d'eau le long du littoral occidental Algérien. Mémoire de Magister, Université d'Oran. P.P.123.

Touil Y., Benlamnour F., Reghis A., Hadj M. (2011) Suivi de la qualité des eaux douces vendues dans la Région de Ouargla du fabricant au consommateur. Université Kasdi Merbah Ouargla.P.491-497.

Tourab H. (2013) Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Haouz. Mémoire de Master, Université Cadi Ayyad Marrakech (Maroc).P.83.

Vester F. (1989) L'Eau c'est la vie. 1^{ème} édition Ulisse, Québec (Canada). P.P.154.

Vinassého O. A. (2007) Problématique de l'eau et de l'assainissement en milieu scolaire en République du Bénin: cas de la ville de Porto Novo, Université d'Abomey Calavi (Bénin).P.23.

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

Zouag B., Belhadj Y. (2017) Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta « Tlemcen ». Thèse de Doctorat, Université Abou Bekr Belkaïd (Tlemcen).P.P.121.

Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de citernes dans la région de Khenchela

Résumé

L'évaluation de la qualité des eaux potables des camions-citernes, qui sillonnent la région de Khenchela, a révélé une qualité physico-chimiques bonne à acceptable pour la plupart des échantillons. Par contre l'étude bactériologique a montré une contamination par les coliformes totaux (15 germes/100ml) pour le 40% des échantillons. A la lumière de ces résultats, nous pouvons dire que les facteurs de risques de contaminations bactériologique sont bel et bien présents et nécessitent une attention plus sérieuse par tous les acteurs intervenant dans cette chaîne qui va de la source jusqu'au consommateur.

Mots clés : eau potable, camion-citerne, qualité, physico-chimique, microbiologique, Khenchela.

Abstract

The evaluation of the quality of the drinking water of the tankers, which crisscross the Khenchela region, revealed acceptable to good physicochemical quality for most samples. On the other hand, the bacteriological study showed a contamination by total coliforms (15 germs / 100ml) for the 40% of the samples. In the light of these results, we can say that the risk factors of bacteriological contaminations are indeed present and require more serious attention by all the actors intervening in this chain which goes from the source to the consumer.

Key-words: drinking water, tankers, quality, physicochemical, microbiological, Khenchela.

دراسة الجودة الفيزيو كيميائية والبكتريولوجية لمياه الصهاريج في ولاية خنشلة

ملخص

كشفت تقييم نوعية مياه الشرب الموزعة في الصهاريج التي تجوب منطقة خنشلة، عن جودة فيزيائية وكيميائية جيدة الى مقبولة لمعظم العينات. من ناحية أخرى، أظهرت الدراسة البكتريولوجية تلوثاً بالبكتريا القولونية الكلية (15 جرثومية / 100 مل) بالنسبة لـ 40% من العينات. في ضوء هذه النتائج، يمكننا أن نقول إن عوامل خطر التلوث البكتريولوجي موجودة بالفعل وتتطلب عناية جديّة من قبل جميع الجهات الفاعلة التي تتدخل في هذه السلسلة من المصدر إلى المستهلك.

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب، شاحنة صهريج، جودة، فيزيائية كيميائية، ميكروبيولوجية، خنشلة.

Nom : ARROUF

Prénom : Faïda

Diplôme: Master

**Thème : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des
eaux de citernes de la région de Khenchela**

Résumé

L'évaluation de la qualité des eaux potables des camions-citernes, qui sillonnent la région de Khenchela, a révélé une qualité physico-chimiques bonne à acceptable pour la plupart des échantillons. Par contre l'étude bactériologique a montré une contamination par les coliformes totaux (15 germes/100ml) pour le 40% des échantillons. A la lumière de ces résultats, nous pouvons dire que les facteurs de risques de contaminations bactériologique sont bel et bien présents et nécessitent une attention plus sérieuse par tous les acteurs intervenant dans cette chaîne qui va de la source jusqu'au consommateur.

Mots clés : eau potable, camion-citerne, qualité, physico-chimique, microbiologique, Khenchela.

Devant le jury:

Présidente : **M^{me} HALASSI I.** (MCB) Univ. Abbès Laghrour - Khenchela

Promotrice : **M^{me} YAKHLEF W.** (MCB) Univ. Abbès Laghrour - Khenchela

Examinatrice : **M^{me} CHORFI K.** (MAA) Univ. Abbès Laghrour - Khenchela