

République Algérienne
Démocratique et Populaire

Ministère De l'Enseignement Supérieur et De la
Recherche Scientifique



**UNIVERSITE ABBESLAGHROUR- KHENCHELA FACULTE
DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE DEPARTEMENT
DE BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE**

Mémoire de fin d'étude Pour l'Obtention de diplôme de MASTER en microbiologie appliquée.

Thème

Contrôle bactériologique de la potabilité de l'eau des puits et/ou des sources

Présenté par

Badis Imen

Bouhrara Naama

Tiar Fatiha

Jury de soutenance :

Président: Dr Mayouf Nozha

(MCB) Univ. Abbès Laghrour Khenchela

Encadreur : Dr Hanoun Saida

(MCB) Univ. Abbès Laghrour Khenchela

Examineur : Dr Bertella Anis

(MCB) Univ. Abbès Laghrour Khenchela

2020/2021

Remerciement

Louange à Allah, seigneur de l'univers, le tout puissant et miséricordieux, qui nous a inspiré et comblé de bienfaits, nous lui rendons grâce.

A l'issue de ce travail nous tenons à remercier :

Dr : Hanoun Saida, qui nous a proposé ce thème, qui nous a guidées tout au long de ce travail, pour son aide, sa disponibilité et son accueil

Qu'elle en soit vivement remerciée.

Dr : Mayouf Nozha, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de ce travail,

Hommage respectueux.

Dr : Bertella Anis pour bien vouloir faire partie du jury et d'examiner ce travail.

A ceux qui nous ont aidé à réaliser ce travail, nous tenons à remercier vivement le staff de l'ADE, du directeur aux agents : Mr. Hoggas Toufik, Merkiche Naoual, Assia, Ammani, Ilham, et Mounir. Mordjane Khaoula qui nous a accompagnées pas à pas pendant ce travail.

Merci de votre aide à franchir les obstacles de ce travail.

Dédicace

A mes parents,

Parce que vous êtes presque autant que moi les auteurs de ce travail,

*A **maman**, tu es « my strength », merci pour tous les sacrifices, ta présence rassurante, tu m'as transmis les valeurs fondamentales de la vie,*

*A **Papa**, « My man », merci pour m'avoir soutenue tout au long ces années, ton amour, sans ton confiance ce travail n'a jamais pu voir la lumière,*

Papa et Maman je suis fière que je sois votre fille.

*A **mon mari Rahim**, « my other half » merci de me soutenir, de m'encourager, et surtout de supporter mon caractère et mon absence durant la réalisation de ce travail. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle.*

*A **Israa**, « my cupcake », merci d'avoir coloré ma vie, ton sourire est le bonheur, que Dieu te protège, Je te dédie ce travail avec mes vœux de réussite, de prospérité et de bonheur.*

*A **mon grand-père Ahmed** « My Rock », pour votre encouragement tout au long ces années, mes grand mères, et Papi. Que dieux vous garde.*

*A **mes Sœurs Soumia et walaa**, « My angels » merci d'être toujours présentes lorsque j'ai eu besoin de réconfort, merci de m'avoir partagé mes joies et atténué mes peines et surtout m'écouter.*

*A **Mon frère Karim**, « my support system » merci pour ton soutien et tous les moments de joie.*

*A **mon petit frère préféré Badro** « My inspiration », ton sourire est la source de ma joie, que Dieux de protège.*

*A **Hadjer, Ibïsssem, Chahida, Fatma, Hanan** « mes besties » pour votre soutien malgré les kilomètres qui nous séparent, merci d'être toujours fidèles pour notre amitié.*

A tous mes amis, et ceux que je connais faute d'espace je ne peux pas vous citer...

Merci à tous ceux qui j'ai oublié....

Big up à tous !

Imen

Résumé

L'objectif de notre travail était d'évaluer la qualité microbiologique de l'eau potable. Dans ce but des analyses bactériologiques ont été réalisées sur cinq prélèvements en suivant le réseau d'alimentation Tachekranet, les deux premiers échantillons concernent la source elle-même et le forage qui alimente le réservoir puis trois prélèvements aléatoires ont été effectués dans le but de contrôler la qualité de l'eau qui arrive aux consommateurs. Nos résultats ont révélé l'absence des coliformes totaux et fécaux, des streptocoques totaux et fécaux, des *Clostridium* sulfito-réducteurs ainsi que les salmonelles dans tous les échantillons. Par ailleurs, on a détecté la présence de *Pasteurella pneumotropica* dans l'échantillon (E1). Ces analyses ont montré que les échantillons analysés destinés à la consommation humaine présentent une bonne qualité bactériologique et répondent aux critères de potabilité décrites par les normes nationales et internationales.

Mot clés : qualité microbiologique, eau potable, forage Tachekranet, Khenchela.

Abstract

The objective of our work consists of assessing the microbiological quality of drinking water. For this purpose bacteriological analyzes were carried out on five samples following the Tachekranet supply network, the first two samples concern the source itself and the borehole that supplies the reservoir, then three random samples were taken in order to control the quality of water intended for consumers. Our results revealed the absence of total and fecal coliforms, total and fecal Streptococci, *Clostridium* sulfite-reducing agents and Salmonella in all samples. However, the presence of *Pasteurella pneumotropica* was detected in the sample (E1). These analyzes showed that the analyzed samples intended for human consumption present a good bacteriological quality and compatible with the potability properties described by national and international standards

Keywords: microbiological quality, drinking water, Tachekranet borehole, Khenchela.

ص خ لملا

قوج ولو پور كېملا قدوجلا مي يۇن ىلا لم عا اذه فدهي تلايلا حنلا تېرجأ ضرغا اذلو ، برشلا هايمل ، نازخلا و مسنن عىملا نم نېنېج لوأ ذخأ مت نزار و شاك دادملا ا كك بشل قعياك تانېع سمخ ىلع قوج ولو پور كېملا نېكلا مسملا قهوجوملا هايمل قدوج قنوارم لجأ نم قنواوشع تانېع ثلاث تذخأ مت .

دوجو مدع انجوانن ترهظأ Streptocoques ، Coliformes totaux و Coliformes fécaux ، Clostridiumsulfitoreducteurs ، fécaux ، totaux و Salmonelles دوجو نع فشكلا مت كلك ذلك (*Pasteurella pneumotropica* قنېغلا يند E1).

قديج قوج ولو پور كېملا قدوج مېفت يرشېلا كلاهس لال قصص خمل او اهلېلح مت يئلا تانېغلا نأ تلايلا حنلا هذه ترهظأ قنلودلا و قنېطولا رنېواعملا يند اهلېلح صوصنملا برشلا قنېلېاق رنېواعمب يندو .

قنېشوخ ، نزار و شاك عىم ، برشلا هايمل ، قوج ولو پور كېملا قدوجلا : قوج اننملا تاملكلا

Table des matières

Introduction	01
---------------------------	----

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les eaux

I . Définition de l'eau	03
II. Propriétés de l'eau	03
II .1. Propriétés organoleptiques.....	03
II .1.1. La couleur.....	03
II .1.2. La flaveur et l'odeur.....	03
II.2. Propriétés physicochimiques de l'eau.....	04
II.2.1. Paramètres physiques.....	04
a. La température.....	04
b. Potentiel d'hydrogène.....	04
c. La conductivité électrique.....	04
d. La turbidité.....	04
II.2.2. Les propriétés chimiques.....	04
a. Oxygène dissous.....	04
b. Chlorures (sels).....	05
c. La matière organique dissoute.....	05
d. Le phosphore.....	05
e. Le potassium.....	05
f. Le carbone.....	05
g. Les Matières en suspension.....	06
II.2.3. Paramètres globaux.....	06
a. La demande chimique en oxygène (DCO).....	06
b. la demande biochimique en oxygène (DBO5).....	06
c. La biodégradabilité.....	06
II.3. Les éléments traces métalliques.....	06
III. Le cycle d'eau.....	07
IV. Les sources d'eau potable.....	07
IV.1. Les eaux superficielles.....	07
IV.2. L'eau souterraine.....	07
IV.2.1. Les nappes d'eau souterraine.....	07

IV.2.2.L'aquifère.....	08
IV.3.Principales différences entres eaux de surfaces et eaux souterraines	08
Chapitre II : Microbiologie de l'eau	
I. Nature des bactéries présentes dans l'eau.....	10
I.1. Les bactéries autochtones (originaires)	
I.2. les bactéries eaux rouges et ferrugineuses.....	10
I.2. 1. Les bactéries du genre <i>Sphaerotilus-Leptothrix</i>	10
I.2.2.Les <i>Sphaerotilus</i> , les <i>Leptothrix</i> et les <i>Crenothrix</i>	10
I.3. Bactéries sulfitoréductrices.....	10
II. Les germes responsables de contamination des eaux potables.....	11
II.1. Les bactéries.....	11
II.2. Les virus.....	11
II.3. Les protozoaires.....	11
II.4. Les helminthes.....	12
II.5. Les champignons.....	12
III. Les indicateurs microbiologiques de l'eau.....	12
III.1. Les coliformes totaux.....	13
III.2. Les coliformes fécaux.....	13
III.3. Les streptocoques fécaux.....	13
III.4. <i>Clostridium perfringens</i> et autres <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	14
IV. Pollution de l'eau.....	14
IV.1. Origine de pollution.....	14
IV.1.1. La pollution industrielle.....	14
IV.1.2. Pollution naturelle.....	14
IV.1.3. La pollution agricole	14
IV.1.4. La pollution domestique	15
IV.2. les eaux usées	15
V. Traitement des eaux potables	15
V.1. Les étapes du traitement de l'eau	15
V.1.1. Dégrillage et tamisage.....	15
V.1.2. Oxydation.....	15
V.1.3. Clarification.....	16
V.1.4.Désinfection	16

V.1.5. Stérilisation	16
V.1.6. Autres traitements.....	16
VI. Les maladies à transmission hydrique.....	16
VI.1. Qu'est-ce qu'une maladie liée à l'eau.....	16
VI.2. Les agents des maladies hydriques.....	17
VI.2.1. Les bactéries.....	17
VI.2.1.1. Bactéries entérotoxigènes	17
a. <i>Escherichia coli</i> entérotoxigènes.....	17
b. <i>vibrio cholerae</i>	17
c. <i>Aeromonas</i>	17
VI.2.1.2. Bactéries entéroinvasives	18
a. Salmonelle	18
b. <i>Shigella</i>	18
c. <i>Campylobacter</i>	18
d. <i>Yersinia enterocolitic</i>	19
VI.2.1.3. Autres espèces responsables	19
VI.2.2. Les virus.....	19
VI.2.2.1. Le virus de la poliomyélite	19
VI.2.2.2. Rotavirus.....	19
VI.2.2.3. Adénovirus.....	19
VI.2.2.4. Virus de Norwalk.....	20
VI.2.2.5. Virus responsables des hépatites.....	20
a. Virus de l'hépatite A.....	20
b. Virus de l'hépatite E.....	20
c. Virus de l'hépatite C.....	20
Partie expérimentale : Matériel et méthodes	
I. Présentation de la zone d'étude.....	21
II. Echantillonnage.....	22
II.1. Localisation des sites de prélèvement.....	22
II.2. Mode de prélèvement.....	24
II.3. Transport et conservation des échantillons.....	24
III. Protocole expérimental.....	24
III.1. Préparation des dilutions décimales.....	25

III.2. Recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).....	25
III.3. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	26
III.4. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide.....	27
III.5. Recherche et dénombrement des spores de <i>Clostridium</i> sulfito- réducteurs.....	27
III.6. Recherche des germes pathogènes.....	28
III.6.1. Recherche des staphylocoques.....	28
III.6.2. Recherche des salmonelles.....	29
III.6.3. Recherche d'autres bactéries à Gram négatif.....	29

Partie expérimentale : Résultats et discussion

I. Résultats.....	33
I.1. La flore totale aérobie mésophile.....	33
I.2. Les coliformes.....	34
I.2.1. Les coliformes totaux.....	34
I.2.2. Les coliformes fécaux.....	34
I.3. Les streptocoques fécaux.....	35
I.4. Les <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	35
I.5. Les germes pathogènes.....	36
I.5.1. Les staphylocoques.....	36
I.5.2. Les salmonelles.....	36
I.5.3. Recherches d'autres germes pathogènes.....	37
II. Discussion.....	40
II.1. La flore totale aérobie mésophile.....	40
II.2. Les coliformes totaux et fécaux.....	40
II.3. Les streptocoques totaux.....	42
II.4. Les <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	43
II.5. Les salmonelles.....	44
II.6. Germe pathogène différents.....	44
Conclusion.....	46

Références bibliographique

Annexes

Liste des abréviations Ph

: potentiel hydrogène. f^0

ou fH^0 : degrés français

MDO : matière organique dissoute

COP : carbone organique particulaire

CIP : carbone inorganique particulaire

CID : carbone inorganique dissous

COD : carbone organique dissous.

MES : matières en suspension

DCO : demande chimique en oxygène

DBO5 : demande biochimique en oxygène

ETM : éléments traces métalliques

OMS : organisation mondiale de la santé

ECET : *Escherichia coli* entérotoxigène

LT : entérotoxines thermolabiles

ST : entérotoxines thermosensible

LPS : lipopolysaccharide

NPP : nombre le plus probable **MPN**

: Most Probable Number **TGEA**:

Gélose tryptone glucose Agar

Bcpl : bouillon lactose au bromocrésol pourpre

D/C : double concentration

S/C : simple concentration

SS : milieu salmonelle shigelle

ADE : Algérie des eaux

Liste des figures

Liste des figures		
N°	Titre	Page
1	situation de réservoir Tachekranet et des bâtiments rue fringuel par rapport le forage Tachekranet	21
2	photos de lieu de fourrage et le prélèvement d'échantillons	23
3	tuve	28
4	Quelques manipulations lors de l'analyse de l'eau	30
5	étapes d'ensemencement de la galerie API 20 ^E	31
6	interprétation du virage des couleurs après l'ajout des réactifs	32
7	Résultats négatifs de la FTAM sur gélose TGEA	33
8	Résultat négatif de la croissance des coliformes fécaux sur bouillon BCPL.	34
9	Résultat négatif des streptocoques totaux sur bouillon Rothe	35
10	ultat négatif des staphylocoques sur gélose Baird Parker	36
11	Résultat positif pour la recherche des germes pathogènes sur gélose HK pour E1	37
12	Photos des résultats de la GalerieAPI 20 ^E	39
13	Résultats du dénombrement de la FTAM dans l'eau potable	40
14	Résultats de dénombrement des Coliformes totaux dans l'eau potable	41
15	Résultats de dénombrement des Coliformes fécaux dans les échantillons analysés	42
16	Résultats de dénombrement des Streptocoques fécaux dans l'eau potable	43
17	Résultats de dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs dans l'eau potable	43
18	sultats de la recherche des Salmonelles dans l'eau potable	44

Liste des tableaux

Liste des tableaux		
N°	TITRE	Page
1	Principales différences entre eaux de surfaces et eaux souterraines	09
2	Protozoaires d'origine hydrique	12
3	Lieu et heure des prélèvements	22
4	Dénombrement de la FTAM dans les cinq échantillons analysés	33
5	Résultats de dénombrement des coliformes totaux pour les cinq échantillons analysés	34
6	Résultats de la recherche des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs pour les cinq échantillons sur Gélose viande foie	35
7	Résultats de la recherche des salmonelles pour les cinq échantillons sur Géloses SS et HK	36
8	Résultats de la recherche des germes pathogènes pour les cinq échantillons sur gélose SS et HK	37
9	Les résultats de test API 20E	38

Introduction

L'eau est un élément essentiel à la vie. Elle représente le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70 % de leurs poids en moyenne) (**Michard, 2002**).

Elle recouvre plus d'un tiers de la planète et représente une masse colossale de $1,5 \cdot 10^{15}$ Kt, dont plus de 97% sont mobilisées dans les océans et les mers. Les eaux de surface de lacs et des cours d'eau ne représentent donc qu'un volume relativement très réduit mais elles ont un rôle majeur car c'est la fraction accessible aux besoins de l'Homme. Elle permet aussi le transport des substances solubles et en suspension entre les différents écosystèmes de la planète (**Bousseboua, 2002**).

Cependant, ces ressources en eau douce sont exposées à diverses pollutions d'origine multiples : industrielle, urbaine et agricole, générant des dommages pour l'homme et pour son environnement (la faune et la flore). Cette pollution signifie la présence d'une substance ou des micro-organismes au-delà d'un seuil pour lequel des conséquences négatives sont susceptibles de se produire (**Ramade, 2000**).

L'organisation mondiale de la santé estime que 80% des maladies qui touchent la population mondiale sont directement associées à l'eau, on retrouve ainsi en permanence 400 millions de personnes atteintes de gastroentérite, 200 millions, de schistosomiase (bilharziose), 160 millions de paludisme et 300 millions d'onchocercose. On considère par ailleurs que les eaux polluées sont responsables de 50% des cas de mortalité infantile. (**Desjardins, 1990**).

Par conséquent, l'eau doit subir un contrôle pour assurer sa qualité physicochimique, organoleptique bien que microbiologique avant qu'elle arrive aux consommateurs soit comme eau de bouteille ou de robinet. Ces caractères doivent répondre aux directives de l'OMS. Cette dernière signale que près de 25 millions de personnes décèdent chaque année du fait de la consommation d'eau contaminée dans les pays en voie de développement (**Diop, 2006**).

Dans cette optique, nous nous sommes fixées l'objectif de contribuer à l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux des sources et des fourrages dans la wilaya de kenchela, notre étude comprend deux parties : une synthèse bibliographique et une partie expérimentale.

La partie bibliographique repose sur deux chapitres : le premier porte sur des généralités sur l'eau, tandis que le deuxième s'intéresse à l'étude de la microbiologie de l'eau et les maladies à transmission hydrique.

La partie expérimentale comporte une présentation de la zone d'étude, le matériel et les méthodes nécessaires pour effectuer les analyses bactériologiques, puis les principaux résultats et leur discussion par rapport aux travaux antérieurs. Enfin on a conclu notre travail par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I : généralités sur l'eau

I. Définition de l'eau

L'eau est un liquide incolore, inodore et insipide. C'est un corps composé résultant de la fusion de trois volumes : deux d'hydrogène et un d'oxygène sous la forme chimique H₂O. Sa température d'ébullition est de 100 C⁰ et se solidifie à 0C⁰. Les eaux naturelles tiennent en solution des gaz, des sels en suspension, des poussières et des microbes pathogènes (**Haslay et al., 1993**).

On entend par eau de consommation humaine toute eau destinée à :

- ✓ la boisson et aux usages domestiques ;
 - ✓ la fabrication des boissons gazeuses et de la glace ;
 - ✓ la préparation au conditionnement et à la conservation de toutes denrées alimentaire.
- (**Journal officiel, 2005**).

II. Propriétés de l'eau

II.1. Propriétés organoleptiques

Ces caractères sont appréciés par les sens, essentiellement, la vue, le gout et l'odorat. La détermination de ces paramètres est subjective car elle fait appel aux sens qui se diffèrent d'un individu à un autre.

II .1.1. La couleur

L'eau a une couleur dite variée ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre couleur (**Rodier, 2003**). Ce paramètre est mesuré au laboratoire par colorimétrie ou photométrie.

II .1.2. La flaveur et l'odeur

L'eau ne doit présenter aucune saveur soit aromatique ou désagréable ainsi qu'elle doit inodore. Toute odeur est un indicateur de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition (**Rodier, 2003**).

II.2. Propriétés physicochimiques de l'eau

II.2.1. Paramètres physiques

a. La température

La température des eaux est liée d'une part, aux variations saisonnières et journalières de la température ambiante et d'autre part, aux rejets des activités anthropiques (eaux de refroidissement). Sa perturbation peut influencer la vie aquatique (pollution thermique), en effet plus la température de l'eau s'élève, plus sa quantité maximum d'oxygène dissous diminue. Elle joue un rôle important dans les processus bactériens comme la nitrification et la dénitrification. (Maie *et al.*, 2007).

b. Potentiel d'Hydrogène

Le pH n'a qu'un effet direct sur la survie et le transport des microorganismes pathogènes (Marsily, 1995). L'effet du pH du sol sur le transport des microorganismes pathogènes se manifeste principalement au niveau du processus d'adsorption. (Kemp *et al.*, 1992)

c. La conductivité électrique

La conductivité permet d'apprécier la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement donc la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain puis comparé à la valeur signalé au laboratoire. (Kendouci, 2017).

d. La turbidité

La turbidité indique la réduction de la limpidité de l'eau, elle joue un rôle important dans la filtration et correspond généralement à la quantité de matières en suspension (MES) dans l'eau composée de limon, d'argile, de particules organiques et inorganiques, ainsi que du plancton et autres microorganismes. (Kendouci, 2017).

II.2.2. Les propriétés chimiques

a. Oxygène dissous

L'oxygène est essentiel pour la respiration des organismes vivants hétérotrophes. La concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans l'eau s'exprime en mg/l. Le dioxygène dissous provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (maximum 9 mg /l à 20C⁰) (Hood, 2009).

b. Les chlorures (sels)

Le chlore peut se rencontrer sous diverses formes d'oxydation allant du Cl^- au $\text{Cl}^{\cdot-}$. Dans l'eau exposée à l'atmosphère, il est surtout rencontré sur la forme des ions chlorures (**Hem, 1985**). À forte concentration, les chlorures donnent un goût salé à l'eau. En fonction du cation associé (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}), le seuil de détection du goût diffère et se situe ordinairement entre 200 et 300 mg/l. Toutefois, dans l'eau potable, il n'y a pas d'indication fondée sur la santé quant à la teneur en ions chlorures. (**OMS, 2011**).

c. La matière organique dissoute

La MOD est constituée en grande partie d'azote organique décomposé par les bactéries principalement en Ammonium puis en nitrites et enfin en nitrates.

d. Le phosphore

Les roches s'érodent lentement sous l'action de la nature et libèrent ainsi le phosphore qu'elles contiennent dans l'environnement. Il ne doit être naturellement présent qu'en faible quantité dans l'eau. (**Michaud, 2005**).

e. Le potassium

Le potassium est le cation le plus abondant du liquide intracellulaire et joue un rôle important dans un grand nombre de fonctions cellulaires pour lesquelles les besoins de l'organisme par jour sont importants. (**Houillier et al., 2004**).

f. Le carbone

On le trouve le carbone dans les eaux sous plusieurs formes, le carbone organique particulaire (COP), le carbone inorganique particulaire (CIP), le carbone organique dissous (COD) et le carbone inorganique dissous (CID).

- ✓ **Le carbone inorganique** à plusieurs origines dont les principales sont : l'érosion des roches sédimentaires, la dissolution de CO_2 atmosphérique, la dissolution des minéraux carbonatés, la dégradation des matières organiques par l'activité des micro-organismes.
- ✓ **le carbone organique** a trois sources: le carbone organique allochtone « naturel », telle que la matière humique issue du lessivage des sols d'un bassin versant, le carbone organique autochtone qui provient de la production primaire du milieu aquatique tels que les végétaux supérieurs, algues benthiques et phytoplancton et le carbone organique allochtone d'origine anthropique (rejets domestiques, industriels et agricoles traités ou non). (**Hernes et al., 2009**).

g. Les Matières en suspension

Les matières en suspension (MES) sont des particules d'origine minérale et organique caractérisées par une faible taille et/ou densité, ce qui leur permet de se déplacer dans les cours d'eau sans toucher au fond. (Yamashita *et al.*, 2008)

II.2.3. Paramètres globaux**a. La demande chimique en oxygène (DCO)**

La mesure de la demande chimique en oxygène (D.C.O.) est une détermination de la matière organique dans l'eau basée sur son oxydabilité par le bichromate. Elle est exprimée en mg d'O₂/l, la DCO est considérée comme indicatrice de pollution puisqu'elle accompagne normalement les effluents urbains et la plupart des effluents industriels. Lors de l'examen physicochimique du milieu, il est donc toujours intéressant de procéder à son dosage (Pierre, 1972).

b. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

La demande biochimique en oxygène estime la quantité d'oxygène requise par les bactéries pour stabiliser la matière organique biodégradable dans des conditions aérobies (Wei, 2000).

c. La biodégradabilité

C'est un rapport qui détermine l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux. Le rapport DCO/DBO5 donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent (Cammack *et al.*, 2004).

On convient généralement des limites suivantes:

- ✓ $DCO/DBO5 < 2$: l'effluent est facilement biodégradable ;
- ✓ $2 < DCO/DBO5 < 3$: l'effluent est biodégradable ;
- ✓ $DCO/DBO5 > 3$: l'effluent n'est pas ou très peu biodégradable.

II.3. Les éléments traces métalliques

L'origine des ETM dans les milieux aquatiques est le ruissellement de l'eau et du lessivage des sols, ils peuvent être sous formes dissoute, colloïdale et particulaire. Leurs transferts dépendent des paramètres physicochimiques des milieux ainsi que de leur degré de mobilité, on distingue les groupes suivants

- ✓ Les éléments très mobiles (As, Sb, Mo, Cd)
- ✓ Les éléments modérément mobiles (U, Co, Cu, Ni)

- ✓ Les éléments « non-mobiles » (Zn, Cr, V, Th, Pb)
- ✓ Les éléments les plus immobiles (Zr, Ti, Ta) (**Benkaddour, 2018**).

III. Le cycle d'eau

L'eau recouvre 72 % de la surface du globe. Elle est un des éléments fondamentaux de notre planète, elle est présente partout autour de nous sous des formes très variées : liquide (pluies, nuages, brouillards), solide (la neige, le givre, les glaces, les glaciers) ou gazeuse (vapeur).

IV. Les sources d'eau potable

Les ressources en eau sont extrêmement variables et inégalement réparties, alors que les besoins à satisfaire augmentent chaque jour (**Margat, 1971**), les eaux douces ne représentent qu'une partie mineure de la totalité de l'eau englobée dans la terre, elles constituent cependant une source important d'eau potable.

IV.1. Les eaux superficielles

Les eaux superficielles ou de surface ont pour origine les eaux de ruissellement ou les nappes souterraines dont l'émergence constitue une source. Elles sont trouvées stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (barrages) où courantes (rivières, fleuves) ou peut apparaitre une grande hétérogénéité de la qualité selon la profondeur.

IV.2. L'eau souterraine

C'est l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du socle rocheux soit les pores présents dans les milieux granulaires tels les sables et les graviers. Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas canalisée comme un ruisseau ou une rivière mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain (**Kendouci, 2017**). On la trouve sous forme de nappe ou aquifère.

IV.2.1. Les nappes d'eau souterraine

C'est de l'eau contenue dans les roches poreuses saturées par les eaux de pluie qui se sont infiltrées. On distingue deux types de nappes :

- ✓ **Les nappes libres** : communiquent avec la surface car une couche perméable les recouvre; les pores de la roche sont partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé et les eaux de pluies peuvent imprégner la nappe par toute la surface. Son niveau monte ou baisse en fonction des précipitations. Elle se renouvelle rapidement. Les nappes phréatiques appartiennent à cette catégorie.

- ✓ **Les nappes captives** : sont recouvertes par au moins une couche géologique imperméable qui confine l'eau. Sous pression, celle-ci peut jaillir dans des forages dits artésiens. Les nappes captives sont souvent profondes, quelques centaines de mètres voire plus. Elles se renouvellent plus lentement. Leur alimentation provient pour partie de zones affleurantes. Lorsque moins de 5 % de ces eaux sont renouvelés à l'année, ces nappes sont dites fossiles.

IV.2.2.L'aquifère

Un aquifère est un corps (couche, massif) de roches perméables comportant une zone saturée suffisamment conductrice d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine et le captage de quantité d'eau appréciable (**Kendouci, 2017**).

IV.3. Principales différences entre eaux de surfaces et eaux souterraines

Le tableau ci-dessus montre la différence entre eaux de surfaces et eaux souterraines

Tableau (1) : Principales différences entre eaux de surfaces et eaux souterraines (Piemont *et al.*, 2020)

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraine
Température	Variable suivant la saison	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout au MES(argiles, algues..)sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acide humique) ou due à une précipitation (Fe-Mn)
Gout et odeur	Fréquents	Rare sauf (H ₂ S)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, précipitation, des rejets	Sensiblement constante ; en général, nettement plus élevée dans les eaux de surfaces de la même région
Fe et Mn divalents (dissous)	Généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
Co ₂ agressif	Généralement absent	Teneur parfois élevée
O ₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation absent dans le cas d'eau très polluée	Teneur faible ou nulle
H ₂ S	Généralement absent	Parfois présent
NH ₄	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silices	Teneur en générale modérée	Teneur parfois élevée
Ca,Mg,HCO ₃	Variable selon la région	Teneur très souvent élevée si roche calcaire ou calcaro-magnésienne
Micropolluants minéraux et organiques	Selon rejets industriels	Présent en fonction des épandages agricoles ou rejets industriels en surface une pollution accidentelle peut subsister plus longtemps
Solvants chlorés	Rarement présent	Peuvent être présents (pollution de nappe)
Éléments vivants	Bactéries dont certaines pathogènes, virus, animal ou végétal	Ferrobactéries sulfatoréductrices fréquentes
Caractère eutrophique	Possible : accentué par les températures élevées	Non



Microbiologie de l'eau

Chapitre II : Microbiologie de l'eau

L'eau est un habitat pour de nombreux micro-organismes, Elle peut être un fournisseur de pathologies d'étiologie chimique, bactérienne, virale ou parasitaire lorsqu'elle n'est pas potable et qu'elle est contaminée par des effluents contenant des matières fécales humaines ou animales. Cependant, quelle que soit son origine, elle n'est jamais stérile, une eau pure n'existe pas; elle contient naturellement une flore bactérienne plus ou moins variée et abondante qui la spécifie.

I. Nature des bactéries présentes dans l'eau

I.1. Les bactéries autochtones (originaires)

Ces bactéries peuvent se multiplier car elles n'exigent que peu ou pas du tout de matière organique (oligotrophes; autotrophes). Parmi les bactéries autochtones que l'on trouve dans l'eau, les plus communes sont: les bactéries oxydant le soufre, bactéries ferriques, bactéries spiralées, certaines espèces pigmentées ou non pigmentées, et quelques formes sporulées. Dans certaines conditions favorables elles peuvent produire des altérations (Bengarnia, 2016).

I.2. Les bactéries eaux rouges et ferrugineuses

Ce sont des micro-organismes qui interviennent dans le processus d'oxydation des ions ferreux en ions ferriques. On en distingue trois groupes: les bactéries filamenteuses du groupe *Sphaerotilus-Leptothrix*, les bactéries pédonculées du genre *Gallionella* et aussi certains membres du groupe *Thiobacillus*.

I.2.1. Les bactéries du genre *Sphaerotilus-Leptothrix*

La stagnation de l'eau permet un développement anormal de ces bactéries qui, en éliminant l'oxygène du milieu, créent une atmosphère anaérobie entraînant la putréfaction des matières organiques, l'apparition d'odeurs et de goûts nauséabonds.

I.2.2. Les *Sphaerotilus*, les *Leptothrix* et les *Crenothrix*

Ont pour origine des dépôts mucilagineux et visqueux formés dans les eaux de distribution qui proviennent de source ou de forages profonds contenant du fer dissous et du gaz carbonique. L'eau devient trouble et colorée avec un goût et odeur désagréable. (Bengarnia, 2016).

I.3. Bactéries sulfitoréductrices

Les bactéries sulfitoréductrices sont les agents biologiques majeurs du processus naturel de réduction du soufre. Elles sont bien connues en raison des phénomènes de

corrosion des métaux ferreux dont elles sont responsables. Germes ubiquitaires, on les rencontre pratiquement toujours dans le sol, les eaux douces, les eaux salées et le tube digestif de l'Homme et des animaux. Il s'agit d'un groupe physiologique rassemblant des bactéries de morphologie diverse, ayant en commun la propriété d'utiliser comme accepteurs d'électrons les sulfates et les sulfures. Les premiers comprennent les genres *Desulfohalobium* (**Bengarnia, 2016**).

L'eau peut contenir plusieurs microorganismes responsables de nombreuses maladies souvent mortelles pour l'Homme, donc le contrôle bactériologique d'une eau potable doit logiquement consister à la recherche des germes pathogènes, cette opération est très difficile en raison du nombre d'analyses à réaliser et de leur coût. Mais il existe une alternative à réaliser c'est la recherche des indicateurs de contamination fécale.

II. Les germes responsables de contamination des eaux potables

II.1. Les bactéries

Le pouvoir pathogène d'une bactérie est soit spécifique (il engendre des pathologies spécifiques), soit opportuniste (il ne s'exprime que sur des individus affaiblis). Parmi ces bactéries, les plus connues sont les espèces du genre *Salmonella* qui sont presque toutes pathogènes (responsables de fièvres typhoïdes et paratyphoïdes ainsi que de gastroentérites) et les *Escherichia coli* dont certaines souches sont responsables de redoutables gastroentérites et diarrhées. (**Vandermeersch, 2006**).

II.2. les virus

L'infection d'un individu par un virus hydrique se produit dans la majorité des cas par l'ingestion, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation. Les virus sont relativement spécifiques d'un hôte. Il existe des virus adaptés à chaque type d'hôtes (animaux, hommes, plantes, champignons, algues, bactéries). Les virus entériques transmis par ingestion sont, avec les virus respiratoires transmis par inhalation d'aérosols, les plus importants pour la santé humaine. (**Vandermeersch, 2006**).

II.3 Les protozoaires

La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites et se développent aux dépens de leur hôte. Ils sont souvent rencontrés dans les eaux où ils se nourrissent de matière organique ou de bactéries. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste (en particulier, oocyte pour

Cryptosporidium et kyste pour *Giardia*) (Vandermeersch, 2006). Le tableau ci-dessus présente quelques protozoaires présents dans l'eau et les symptômes qu'ils engendrent.

Tableau(2): protozoaires d'origine hydrique

Protozoaire	Symptômes
<i>Giardia lamblia</i>	Douleurs abdominales, diarrhée (la giardiose est maintenant l'infection humaine entérique non bactérienne ayant la plus forte incidence)
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Diarrhées accompagnées de douleurs abdominales, de vomissement et de fièvre
<i>Toxoplasma</i>	Toxoplasmose
<i>Microsporidium</i>	Diarrhée

II.4. Les helminthes

Il peut s'agir de vers plats (plathelminthes), ou ronds (némathelminthes), qui peuvent engendrer des maladies très graves. Ce sont des vers intestinaux, rejetés avec les matières fécales animales ou humaines (souvent sous forme d'œufs très résistants). La contamination se fait par voie digestive lors de l'absorption d'eau contaminée par des œufs ou des larves, ou alors par voie transcutanée c'est à dire, par fixation puis pénétration de larves à travers la peau. (Vandermeersch, 2006).

II.5. les champignons

Les champignons recherchés dans l'eau se transmettent par voie cutané-muqueuse, et sont à l'origine d'affections cutanées. Ce sont les moisissures et les levures (mycètes unicellulaires). Parmi les moisissures, nous pouvons citer comme espèces pathogènes :

- *Allescheriabydii*,
- *Géotrichum candidum*,
- *Aspergillus fumigatus*.

Parmi les levures, on peut citer *Candida albicans*, d'origine fécale responsable de diverses mycoses (infections cutané-muqueuses buccales, vaginales et cutanées) (El attifi, 2011).

III. Les indicateurs microbiologiques de l'eau

La majorité des microorganismes pathogènes (virus, bactéries ou protozoaires pouvant causer des maladies) susceptibles de se trouver dans l'eau proviennent de déjections humaines

ou animales pour cela une eau potable doit être salubre et libre des bactéries indicatrices d'une contamination fécale, ce sont les indicateurs microbiologique. De nombreux microorganismes ou groupe de microorganismes sont retrouvés dans la matière fécale mais seules quelques espèces ont le potentiel de servir d'indicateur.

Les caractéristiques de l'indicateur sont:

- Uniquement associé à la présence d'organismes pathogènes;
- Absent naturellement dans l'environnement;
- Autant résistant à l'environnement (transport et survie) et à la désinfection que les autres microorganismes pathogènes;
- Facilement isolable (cultivable) et identifiable;
- Ne doit pas se multiplier dans l'environnement;
- Doit pouvoir être détecté par des tests simples et robustes;
- Présent en quantité proportionnelle au degré de contamination, à la concentration de microorganismes pathogènes et de risque sur la santé (**Bengarnia, 2016**).

III.1. Les coliformes totaux

Les « coliformes » sont des bactéries appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*, correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulés, aéro/anaérobies facultatifs, possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35-37C°, ils sont sensibles au chlore. (**Hamed, 2012**).

III.2. Les coliformes fécaux

Les coliformes regroupent des bactéries très hétérogènes, faisait partie de la famille des *Enterobacteriaceae*. Sont des hôtes spécifiques du tube digestif de l'homme et des animaux homéothermes (*E.coli*) alors que d'autres sont saprophytes d'écosystèmes aquatiques et tellurique divers. Les premiers sont thermotolérants et se développent encore à 44C⁰ tandis que les seconds sont psychrotrophes (**Bousseboua, 2002**).

III.3. Les streptocoques fécaux

Ce sont des bactéries Gram positives, catalases négatives, en forme de cocci, commensaux du tube digestif. Les entérocoques appartiennent au groupe D de Lancefield, Ils sont capables de se développer entre 10 et 45 °C à pH 9,6 et dans 6.5% de NaCl, ce sont des bactéries qui se développent en aérobie (**Gleeson, 1997**).

III.4. *Clostridium perfringens* et autres *Clostridium* sulfito-réducteurs

Ces bactéries sont des anaérobies strictes qui réduisent les sulfites (SO_4) en hydroxyde de soufre (H_2S). Elles sont Gram positif, sporulées, non-motiles, en forme de bâtonnet. Ces microorganismes sont utilisés principalement en Europe pour évaluer la qualité microbiologique de l'eau potable (**Higgins et al., 2003**).

IV. Pollution de l'eau

De nos jours, les ressources en eau douce sont exposées à diverses pollutions d'origine multiples : industrielle, urbaine et agricole, générant des dommages pour l'homme et pour son environnement (la faune et la flore).

La pollution signifie la présence d'une substance au-delà d'un seuil pour lequel des conséquences négatives sont susceptibles de se produire (**Ramade, 2000**).

IV.1. Origine de pollution

L'origine des substances polluantes peut être divisée en quatre catégories (**Gaujout, 1995**).

VI.1.1. La pollution industrielle

Elle provient des usines et elle est caractérisée par la présence d'une grande diversité des polluants, selon l'utilisation de l'eau tels que les hydrocarbures (raffinerie), les métaux (traitement de la surface), les acides, les bases, les produits chimiques divers (industries chimiques), l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques), les matières radioactives (centres nucléaires, traitement des déchets radioactifs). Il peut y avoir un effet toxique sur les organismes vivants par l'assemblage de certains éléments dans les denrées alimentaires tels que les métaux et les pesticides (**Calvet et al., 2005**).

VI.1.2. Pollution naturelle

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de la pollution telle que l'ébullition volcanique. (**Grosclaude, 1999**).

VI.1.3. La pollution agricole

Issue des fermes ou des cultures et elle se caractérise par les fortes teneurs en sels présente dans les produits chimiques du traitement (pesticides, minéraux (NO_2 , P, K,) et la engrais...) (**Grosclaude, 1999**).

VI.1.4. La pollution domestique

La pollution domestique ou microbiologique provient des habitations et elle est, en général, transportée par le réseau d'assainissement (eau usée) jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organique, des sels minéraux et des nettoyants (**Gaujout, 1995**). Elle peut être responsable de la détérioration des conditions de clarté et d'oxygénation de l'eau ainsi que de la croissance de l'eutrophisation dans les rivières (**Faurie et al., 2003**).

VI.2. les eaux usées

Elle est issue des activités anthropiques (domestiques, industrielles, agricoles) qui a été dégradée après usage. Le rejet direct de ces eaux dans le milieu naturel représente la forme de pollution la plus dommageable pour l'ensemble des écosystèmes. Ces eaux transportent des concentrations élevées en matières polluantes (azote, phosphore, matière organique, métaux lourds, bactéries pathogènes...), ce qui détériore la qualité des eaux pour les milieux récepteurs (rivières, lac,...) (**Kalle, 1963**).

V. Traitement des eaux potables

Toutes les eaux du milieu naturel dites 'brutes' ont besoin d'un traitement avant d'être consommées, afin de répondre aux normes en vigueur définissant une eau bonne pour la consommation humaine. Elles sont alors acheminées jusque dans une usine de production d'eau potable. Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité liée à son origine, l'eau principale traitée étant les eaux de surface et les eaux souterraines (**Régis et al., 2009**).

V.1. Les étapes du traitement de l'eau

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié. L'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable.

V.1.1. Dégrillage et tamisage

Le passage de l'eau captée à travers des grilles et tamis élimine les plus gros débris (**Degremont, 2005**).

V.1.2. Oxydation

Si la charge organique est très importante ou s'il y a de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse en solution, l'oxydation facilite leur élimination lors de la phase de clarification. Cette étape d'oxydation peut se faire avec du chlore ou de l'ozone (**Degremont, 2005**).

V.1.3. Clarification

La clarification regroupe les procédés de coagulation-floculation, décantation ou flottation et de la filtration. Le but est d'éliminer les MES (matières en suspension) minérales et organiques d'une eau brute ainsi qu'une partie des matières organiques dissoutes, fraction floculable (OMS,2006).

V.1.4. Désinfection

En raison de la présence occasionnelle de germes (Entérocoques, *Escherichia Coli*) l'injection d'hypochlorite de sodium existante sera conservée pour assurer ainsi une désinfection de l'eau distribuée dans le réseau. La chloration sera maintenue à 0,3 mg/l comme l'impose le plan Vigipirate en place. L'injection du chlore, là encore, sera effectuée directement dans la conduite à l'aide d'une pompe doseuse et à partir d'un bac de 60 litres. Cette désinfection à l'eau de javel sera asservie au débit entrant. (Ross, 1998).

V.1.5. Stérilisation

C'est la destruction de tous les organismes vivants. L'eau est stockée dans de grands réservoirs de stockage pour être ensuite distribuée.

V.1.6. Autres traitements

Éventuellement, la dureté de l'eau est corrigée pour éviter la corrosion ou l'entartrage des canalisations. En cas de pollutions spécifiques, aux nitrates ou aux pesticides par exemple, des traitements de dépollution supplémentaires sont appliqués. À la sortie de l'usine de potabilisation, l'eau est acheminée vers des réservoirs (châteaux d'eau) puis jusqu'aux robinets (Degremont, 2005).

VI. Les maladies à transmission hydrique

L'approvisionnement en eau fait un défi de jour après jour donc c'est l'aspect quantitatif qui est primordiale mais il ne faut jamais négliger l'aspect qualitatif dont la priorité est les risque biologique vue l'émergence des maladies à transmission hydriques.

VI.1. Qu'est-ce qu'une maladie liée à l'eau

On entend par «maladies liées à l'eau» celles contractées par ingestion, par contact direct ou encore les maladies pour lesquelles l'eau est le milieu de vie d'hôtes de larves ou de parasites», elles sont transmise par :

- ✓ les aliments contaminés par l'eau ou par les mains sales : maladies du péril fécal.

- ✓ Les maladies d'origine hydrique transmises par voie transcutanée: soit par pénétration de larves de parasites : schistosomoses, anguillulose, ankylostomiase, soit par pénétration microbienne: mycobactérioses atypiques (Ulcère de Buruli)
- ✓ par voie respiratoire: légionelloses (aérosols)
- ✓ par ingestion avec l'eau de boisson d'un hôte intermédiaire: dracunculose (ingestion accidentelle de Cyclops) (Aubry et al., 2012).

VI.2. Les agents des maladies hydriques

VI.2.1. Les bactéries

VI.2.1.1. Bactéries entérotoxinogènes

a. *Escherichia coli* entérotoxinogènes

Bacille à Gram négatif appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*. *E. coli* produit habituellement de l'indole, fermente le lactose, mais ne produit pas d'acétone. (Beytout et al., 2002).

b. *Vibrio cholerae*

C'est un bacille Gram(-) incurvé, très mobile, non capsulé, non sporulé, aérobie préférentiel anaérobie facultatif, l'optimum de croissance est de 40°C mais il résiste à 4°C. Il est halotolérant (Janick, 1994).

c. *Aeromonas*

Les *Aeromonas* spp sont des bacilles droits Gram négatif. Ils sont oxydase et catalase positives, aéroanaérobies facultatifs. Ils peuvent survivre à des températures allant de zéro à 45°C. (Fraise et al., 2008).

➤ Physiopathologie et signes cliniques

Les bactéries entérotoxinogènes provoquent des affections semblables qui, à leur paroxysme, s'assimilent aux syndromes cholériformes. Leur pouvoir pathogène est principalement dû à la toxine exogène (Janick, 1994)

➤ Traitement

Le traitement consiste principalement sur la réhydratation par voie orale ou intraveineuse afin de compenser les pertes digestives d'eau et d'électrolytes. Dans les cas graves, les antibiotiques en cures de 3 jours (antibiotiques tétracyclines) sont donnés.

VI.2.1.2. Bactéries entéroinvasives

a. *Salmonelle*

Les salmonelles sont des bacilles à Gram négatif. Elles sont aéroanaérobies facultatifs, Les endotoxines synthétisées par les salmonelles sont responsables de leur pathogénicité (Guiraud et al., 2004).

➤ Symptomatology

Le germe provoque un syndrome inflammatoire intestinal avec diarrhée en général hydrique de type sécrétoire souvent muco-purulente et sanguinolente. Chez les nourrissons, la déshydratation peut entraîner un état de toxicose grave. L'absence de rétrocession de la diarrhée au-delà de 5 jours doit faire rechercher un autre diagnostic (Aumaître et al., 2004).

➤ Traitement

Une antibiothérapie peut abaisser le taux de mortalité avec une réhydratation en cas des diarrhées.

b. *Shigella*

Les shigella sont extrêmement proches de *Escherichia coli* mais lactose et uréase négatif et ne produisent pas de gaz. Elles entraînent la dysenterie bacillaire (shigellose). Leur toxine dysentérique a des propriétés entérotoxiques, neurotoxiques et cytotoxiques. En revanche, l'endotoxine est responsable de l'apparition de fièvre. (Janick, 1994).

➤ Traitement

Il repose sur l'administration d'antibiotiques et, si besoin, sur la réhydratation.

c. *Escherichia coli* entéroinvasives

Les symptômes dus à une infection à ECEI sont semblables à celles observées lors d'une infection à *Shigella* : une diarrhée sanglante et purulente, fièvre, déshydratation. Cette affection touche toutes les tranches d'âge.

➤ Traitement

Repose sur l'administration d'antibiotiques et, si besoin, sur la réhydratation.

d. *Campylobacter*

Ce sont des bâtonnets minces, tournés en spirale, sporulés, gram négatif, mobiles. La plupart de ces bactéries sont véhiculées aux milieux aquatiques par les résiduaux des abattoirs (Nauciel, 2000).

e. *Yersinia enterocolitica*

Yersinia est un coccobacille à Gram négatif, non sporulé, anaérobie facultatif catalase positive, oxydase négative. L'optimum de croissance est inférieur à 37 ° C (25–29 ° C) (Stephen et al., 2006).

VI.2.1.3. Autres espèces responsables

Il existe autres espèces responsables de la contamination hydrique de l'être humain mais d'importance mineur certaines comme: les leptospires *Legionella*, les *pseudomonas* et les mycobactéries atypiques.

VI.2.2. Les virus**VI.2.2.1. Le virus de la poliomyélite**

Les poliovirus, comme tous les Picornaviridae, n'ont pas de peplos. Ils résistent au pH acide supérieur à 3, à l'alcool, à l'éther et aux solvants des graisses ainsi qu'à la chaleur (Janick, 1994). Les symptômes initiaux sont de la fièvre, de la fatigue, des céphalées, des vomissements, une raideur de la nuque et des douleurs dans les membres. Dans un petit nombre de cas, la poliomyélite entraîne une paralysie, souvent définitive. La vaccination est le seul moyen de prévention.

VI.2.2.2. Rotavirus

Le rotavirus fait partie de la famille des *Reoviridae*. C'est un virus nu. Le génome viral est constitué de 11 segments d'ARN bicaténaire (ARNbc) (Parez, 2008).

Le virus provoque des vomissements, une diarrhée. Chez 77% des patients, la température corporelle est supérieure à 37,9 ° C. La survenue des vomissements précède habituellement la diarrhée, dont la durée s'établit en moyenne à 5 jours (Dearlove, 1982).

Le traitement est le repos au lit et liquides dans les cas les plus graves, des liquides peuvent être administrés par voie intraveineuse.

VI.2.2.3. Adénovirus

Sont des virus à ADN double brin non enveloppés appartenant à la famille des *Adenoviridae*. Les espèces A, B, C, D, E et F circulent dans le monde et ont été impliqués dans des flambées d'infection chez l'homme (Joseph et al., 2016).

Chez l'immunocompétent la plupart des infections à HAdV sont sub-cliniques. Chez les immunodéprimés les manifestations cliniques sont variées. Elles concernent l'arbre

respiratoire, l'œil, le tube digestif, et de façon moins fréquente l'appareil urinaire et le foie (Feghoul, 2017).

Le virus provoque aussi une gastroentérite avec un syndrome fébrile. Le traitement est de rétablir la réhydratation du corps.

VI.2.2.4. Virus de Norwalk

Petit virus de 27 nm de diamètre, à ARN monocaténaire. On le classe dans la famille des *Caliciviridae*. Il est responsable de près d'un tiers des cas de gastroentérite chez l'adulte. Il reste cependant difficile à détecter de vue l'absence de réactif de dépistage commercialisé. (Crainic, 1993).

VI.2.2.5. Virus responsables des hépatites

a. Virus de l'hépatite A

Fait partie de la famille des *Picornaviridae* genre *Hepatovirus*. Il est composé d'une capsidie icosaédrique celle-ci protège un ARN. (Janick, 1994).

b. Virus de l'hépatite E

Il appartient à la famille des *Hepeviridae*, virus à ARN simple brin de polarité positive (Yamada et al., 2009).

c. Virus de l'hépatite C

Le virus de l'hépatite C est classé dans la famille des *flaviviridae*, composé d'un génome à ARN monocaténaire. (Belaygue, 2017).

➤ Symptomatologie et traitement

Les hépatites virales provoquent une asthénie, anorexie, troubles digestifs, fièvre et courbature. L'hépatomégalie est inconstante. La rate est hypertrophiée. On constate un ictère cutanéomuqueux une dizaine de jours après le début de l'infection. Ces affections sont cependant très polymorphes. Il existe des formes anictériques, ainsi que des formes cholestatiques suggérant un ictère par obstruction des voies biliaires. (Janick, 1994).

I. Présentation de la zone d'étude

Le forage Tachekranet se situe dans le village de fringuel, un petit village qui fait partie de la commune d'ELHAMMA. Le forage alimente un réservoir, qui par son tour alimente les bâtiments de rue fringuel. La figure 01 donne un aperçu sur le forage et le réservoir.



Figure (1) : situation de réservoir Tachekranet et des bâtiments rue fringuel par rapport au forage Tachekranet.

II. Echantillonnage

II.1. Localisation des sites de prélèvement

Afin d'évaluer la qualité microbiologique de l'eau potable au niveau des bâtiments de rue de Fringuel, des prélèvements ont été effectués à partir de la source jusqu'à l'abonné (consommateur). Ils ont lieu le 08 juin 2021. Le tableau 03 montre le lieu et l'horaire de chaque prélèvement.

Tableau(3): lieux et heures des prélèvements

Lieu de prélèvement	Type d'ouvrage	Heure
Tachekranet	forage	9:00
Tachekranet	Réservoir	9:14
Bâtiment rue de Fringuel cité Elferdaous	Fontaine	9:27
Bâtiment rue de Fringuel cité Elssalam	Fontaine	9:48
Bâtiment rue de Fringuel cité Elouroud	Fontaine	10:00

La figure 02 montre le lieu de forage et le prélèvement d'échantillons.



Figure (2): lieu de fourrage et le prélèvement d'échantillons

II.2. Mode de prélèvement

Pour prélever des échantillons d'eau afin de réaliser les analyses bactériologiques on a suivi la procédure suivante :

- Utiliser des récipients stériles (flacons en verre) secs et propres.
- Le prélèvement doit être effectué dans des conditions aseptiques.
- Flamber le robinet.
- Laisser couler l'eau du robinet grand ouvert pendant au moins 30 secondes avant de prélever l'échantillon.
- Refermer partiellement le robinet pour pouvoir prélever l'échantillon sans éclaboussures.
- Ouvrir le flacon stérile près du robinet et le remplir (trois quart) soigneusement, prendre soin que l'eau passée sur les mains du manipulateur ou sur des objets extérieurs ne pénètre pas dans la bouteille.
- Une fois le flacon est rempli, fermer le rapidement près du robinet afin d'éviter tout entrée de l'air (éviter une éventuelle contamination).
- Identifier l'échantillon et l'envoyer au laboratoire pour l'analyse dans les 24h qui suivent le prélèvement au maximum car tout dépassement de ce délai risque de fausser les résultats.

II.3. Transport et conservation des échantillons

Dans le but d'éviter un changement dans la flore microbienne de l'eau, les flacons sont placés et transportés dans une glacière.

III. Protocole expérimental

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et le dénombrement des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser. Une analyse complète de l'eau a été effectuée en se basant sur la recherche et le dénombrement des paramètres suivants :

- Flore totale aérobie mésophile.
- Coliformes totaux et fécaux.
- Streptocoques fécaux.
- Clostridium sulfito-réducteurs.
- Les germes pathogènes principalement les salmonelles et les staphylocoques (*Staphylococcus aureus*).

Les analyses ont été réalisées au niveau des laboratoires de l'ADE-khenchela et les laboratoires pédagogiques de l'université Abbès-Lagrour el Hamma.

III.1. Préparation des dilutions décimales

Partie expérimentale Matériel et méthodes

Des dilutions au 1/10 ont été réalisées par l'ajout de 1ml de l'eau à analyser à 9 ml de l'eau distillée stérile dans un tube à essai. Agiter pour homogénéiser. Puis des dilutions à 1/100 ont été réalisées par l'addition de 1 ml de la précédente dilution à 9 ml de l'eau distillée stérile. Le nombre des dilutions dépend de la nature et de la richesse microbienne de l'eau.

III.2. Recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

➤ Mode opératoire

- ✓ Repartir 1ml des dilutions préparées dans une boîte de pétrie.
- ✓ Faire fondre la gélose TGEA dans un bain Marie, la refroidir à 45°C, puis la couler dans les boîtes contenant l'échantillon.
- ✓ Agiter doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène de l'eau avec la gélose sans faire des bulles.
- ✓ Laisser refroidir sur un plan parfaitement horizontal.

➤ **Incubation** : incuber une boîte de chaque dilution à 37°C et l'autre boîte à 22°C, les boîtes sont incubées à l'envers pour éviter la formation des gouttelettes d'eau.

➤ **Lecture et expression des résultats** : Le dénombrement est réalisé sur les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies, les résultats sont exprimés en nombre de UFC /ml en appliquant la loi de Guiraud suivante :

On calcule la moyenne pondérée N à partir des boîtes de deux dilutions successives d1 et d2 (au moins une boîte doit contenir plus de 15 colonies)

$$N = \frac{\sum c}{(V \times (n1 + 0,1 \times n2) \times d1)}$$
 (Guiraud, 1998).

N : nombre d'UFC (NE nombre estimé)

C : nombre de colonies dénombrées sur une boîte (c1 pour la dilution d1 et c2 pour d2)

V : volume d'inoculumensemencé sur une boîte

n1 : nombre de boîtes retenues à la première dilution

n2 : nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution

d1 : taux de dilution correspondant à la première dilution

III.3. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

➤ Mode opératoire

Test présomptif

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

- ✓ 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 9 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- ✓ 3 fois 1ml dans 3 tubes contenant 9 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- ✓ Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches et bien mélanger le milieu, l'incubation a été effectuée à 37 °C pendant 24 à 48 heures.
- ✓ Seront considérés comme positif +, les tubes présentant à la fois :un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche)et un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).
- ✓ Ledénombrement se fait par la méthode du NPP en se référant à la table de Mac Grady(**Annexe 01**).

Test confirmatif

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes fécaux surtout la présence d'*Escherichia coli*.

- On prend les tubes de BCPL positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux 1ml, puis l'ensemencer dans 9 ml du milieu BCPL (en triple). L'incubation est effectuée à 44 °C pendant 24 h.Ledénombrement se fait par la méthode du NPP en se référant à la table de Mac Grady.
- Pour mettre en évidence la production d'indole,prélever à partir des tubes de BCPL positifs quelques gouttes à l'aide d'une pipette puis faire un repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche. Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu. Les cultures ont été incubées à 44 °C pendant 24 h.
- Seront considérés comme positif les tubes présentant à la fois :un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche). Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par *Escherichia coli* après addition de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

III.4. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide

➤ Mode opératoire

Test de présomption

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

- ✓ 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C (double concentration);
- ✓ 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C (simple concentration),
- ✓ 3 fois 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C
- ✓ Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- ✓ L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.
- ✓ Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu.
- ✓ Le dénombrement se fait par la méthode du NPP en se référant à la table de Mac Grady.

Test de confirmation

- ✓ A partir des tubes de Rothe positifs, après agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur dans un tube contenant le milieu Eva Litskey.
- ✓ Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.
- ✓ Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois un trouble microbien et une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.
- ✓ Le dénombrement se fait par la méthode du NPP en se référant à la table de Mac Grady, le nombre de streptocoque fécaux est exprimé par 100 ml d'eau analysée.

III.5. Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs

➤ Mode opératoire

- ✓ Porter dans deux tubes de 10 ml de l'échantillon à analyser.
- ✓ Chauffer les tubes à 80°C, pendant 10 minutes; puis les refroidir brutalement sous l'eau de robinet à fin de provoquer un choc thermique qui a pour but d'éliminer la forme végétative et conserver seulement la forme sporulée des bactéries Sulfite-Réductrices.
- ✓ Complémenter ensuite le volume de chacun des tubes avec environ 15 ml de gélose VF (pour un flacon de 250ml de VF on ajoute 36 gouttes d'Alun de Fer et 9ml de Sulfite de Sodium) et mélanger avec précaution.
- ✓ Laisser solidifier, puis incuber à 37°C pendant 48 heures avec une première lecture après 16 heures d'incubation.

Partie expérimentale Matériel et méthodes

- ✓ seront considérés comme positif, les tubes contenant de grosses colonies noires.
- ✓ Le résultat est exprimé par le nombre des *Clostridium* sulfito-réducteurs par 10 ml d'échantillon analysé.

III.6. Recherche des germes pathogènes

III.6.1. Recherche des staphylocoques

➤ Mode opératoire

- ✓ Faire couler la gélose Baird Parker puis la laisser refroidir.
- ✓ Ensemencer à la surface refroidie de la gélose 0.1 ml de l'échantillon à analyser.
- ✓ Incuber les boîtes à 37°C pendant 24 h à 48 h.
- ✓ Les colonies caractéristiques sont noires entourées par un halo clair qui correspond à la protéolyse de jaune d'œuf.

La figure 03 montre le processus d'incubation dans l'étuve.



Figure (3) : incubation à l'étuve

III.6.2. Recherche des salmonelles

➤ Mode opératoire

La recherche des Salmonelles comporte plusieurs étapes dont la première est un enrichissement puis un isolement dans deux milieux sélectifs différents : le premier est la gélose SS et le deuxième c'est l'Hecktoen puis une étape d'identification est réalisée si la culture est positive.

L'enrichissement

Est réalisé par un ensemencement de 20 ml d'un milieu liquide sélectif (bouillon sélénite cystéine) par 2 ml de l'échantillon à analyses puis faire l'incubation à 37°C pendant 24 heures.

L'isolement

A partir du bouillon d'enrichissement, effectuer un isolement sur 2 milieux sélectifs différents. Deux séries d'isolement au moins doivent être effectuées : l'une après 18-24 heures d'incubation, l'autre après 48 heures. Les cultures 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 acquièrent 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* H₂S⁺.
- Sur gélose Hecktoen : Colonies vertes à centre noir.

L'identification

L'identification des colonies présumées *Salmonella* ou suspectées, se fait à l'aide de : tests biochimiques, test antigéniques.

III.6.3. Recherche d'autres bactéries à Gram négatif.

➤ **Mode opératoire**

L'enrichissement : Est réalisé par l'ensemencement d'un milieu liquide non sélectif (eau peptonée) 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 isollements sur 2 milieux différents la gélose SS et l'Hecktoen. Les milieux d'isolement sont ensemencés par 1ml de la dernière préparation.

Identification : Les colonies qui poussent font l'objet d'une identification en utilisant la galerie API20^E.

La figure 04 montre quelques manipulations lors de l'analyse de l'eau



Figure(4): Quelques manipulations lors de l'analyse de l'eau.

➤ La galerie API 20E

C'est une galerie miniaturisée qui comporte 20 tests biochimiques utilisés pour l'identification des entérobactéries. Cette galerie contient des enzymes, des protéines et des différents sucres : Glucose, Mannitol, Inositol, Sorbitol, Rhamnose, Saccharose, Melibiose, Amygdaline et Arabinose

✓ **Technique**

- **Préparation de la suspension bactérienne** : à l'aide d'une pipette pasteur stérile prélever des colonies bien isolées à partir du milieu gélosé en les homogénéisant dans de l'eau physiologique stérile.
 - **Inoculation de la galerie API 20E**
- ❖ inscrire la date et les références de la souche bactérienne sur la languette latérale de la boîte.
 - ❖ Remplir les alvéoles du fond de la boîte l'eau distillée stérile pour créer une atmosphère humide.
 - ❖ remplir tubes et cupules des tests : CIT, VP, GEL.
 - ❖ Remplir uniquement les tubes (et non les cupules) des autres tests.
 - ❖ Créer une anaérobiose dans les tests ADH, LDC, ODC, H₂S, URE en remplissant leur cupule d'huile de paraffine.
 - ❖ Refermer la boîte d'incubation et la placer dans l'étuve à 37°C pendant 24h.

La figure(5) montre les étapes d'ensemencement de la galerie API 20^E.

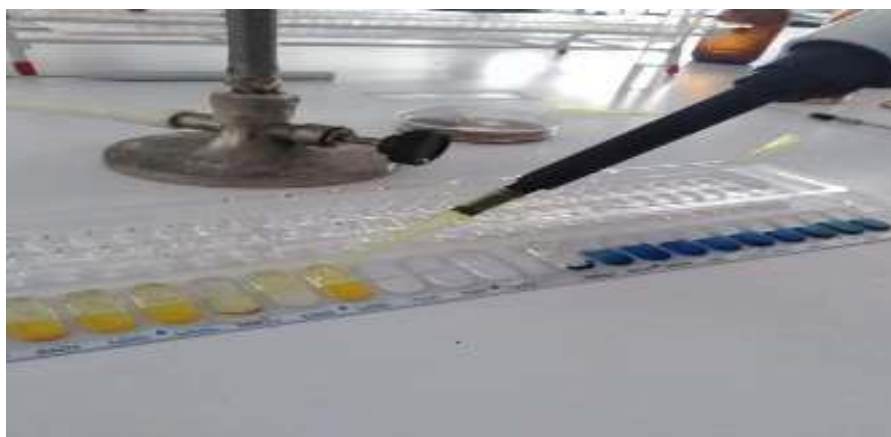


Figure (5):étapes d'ensemencement de la galerie API 20^E.

- **La lecture**

La lecture de la galerie API20E se fait en se référant à un tableau de lecture en se basant sur le virage des couleurs des microtubules (**Annexe 02**) et l'identification est obtenue à l'aide d'un logiciel d'identification. La figure ci-dessous montre les changements des couleurs et y compris les milieux qui nécessitent l'ajout d'un réactif

La figure 06 montre la procédure de la lecture.

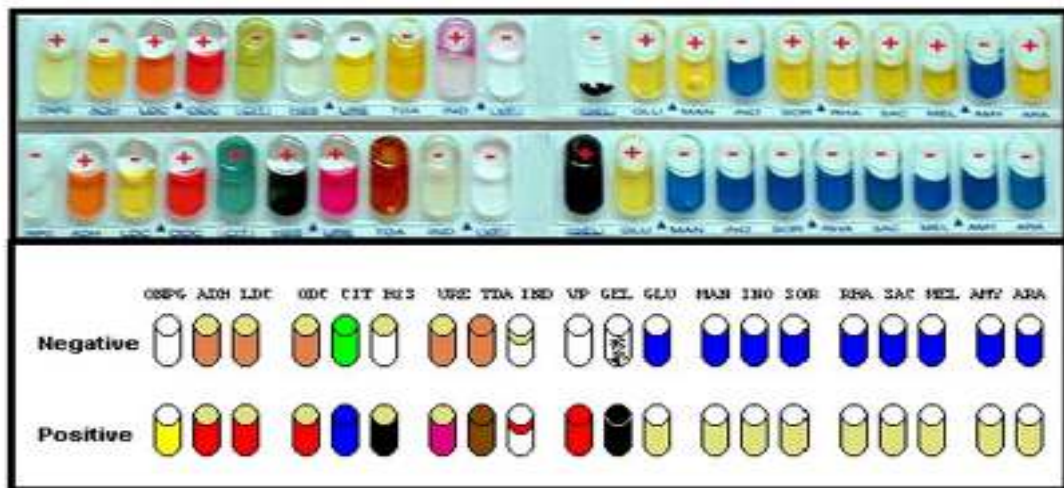


Figure (6) : interprétation du virage des couleurs après l'ajout des réactifs.

I. Résultats

I.1. La flore totale aérobie mésophile

Les principaux résultats du dénombrement de la flore totale aérobie mésophile sont représentés dans le tableau (4).

D'après les résultats obtenus, nous avons noté une absence totale de tous les germes (FTAM) dans les différents échantillons analysés (figure 07).

Tableau (4) : Dénombrement de la FTAM dans les cinq échantillons analysés.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5
Moyenne UFC/ml	0	0	0	0	0



Figure(7) : Résultats négatifs de la FTAM sur gélose TGEA.

I.2. Les coliformes

I.2.1. Les coliformes totaux

Tous les échantillons n'ont pas présenté une contamination en coliformes totaux (Tableau 5). La réglementation algérienne ne définit pas une norme pour cette flore. Pour cela, nous essayerons de comparer nos résultats aux normes de l'OMS.

Tableau (5): Résultats de dénombrement des coliformes totaux dans les cinq échantillons analysés.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5
Cellules/ml	0	0	0	0	0
NormesOMS /100ml	0 Cellule/100 ml				

I.2.2. Les coliformes fécaux

Aucun résultat positif n'a été enregistré dans le bouillon BCPL pour le dénombrement des coliformes fécaux (absence de trouble bactérien, absence de dégagement du gaz dans la cloche de Durham et absence du virage de la couleur) (Figure 8).



Figure (8): Résultat négatif de la croissance des coliformes fécaux sur bouillon BCPL.

I.3. Les streptocoques fécaux

Les résultats de la recherche des streptocoques totaux sont illustrés dans la figure(9).

Nous avons noté une absence de la croissance bactérienne sur le bouillon Rothe, par conséquent, nos échantillons ne présentent pas une contamination par les streptocoques fécaux.



Figure (9):Résultat négatif des streptocoques totaux sur bouillon Rothe.

I.4. Les *Clostridium* sulfito-réducteurs

Nos résultats montrent que ces germes ont été absents dans la totalité des échantillons analysés (absence de colonies noires sur gélose Viande Foie)(Tableau 6).

Tableau(6) : Résultats de la recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs pour les cinq échantillons surgélos Viande Foie.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5
Présence/Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Normes OMS/10ml	0 UFC/ml				

I.5. Les germes pathogènes

I.5.1. Les staphylocoques

Nous avons indiqué l'absence des staphylocoques sur gélose Baird Parker dans les cinq échantillons analysés (figure 10).



Figure(10): résultat négatif des staphylocoques sur gélose Baird Parker.

I.5.2. Les salmonelles

Les principaux Résultats de la recherche des salmonelles pour les cinq échantillons sur géloses SS et HK sont mentionnés dans le tableau (7).

Tableau (7) : Résultats de la recherche des salmonelles pour les cinq échantillons analysés sur géloses SS et HK.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5
Milieu d'enrichissement	-	-	-	-	-
Milieu HK	-	-	-	-	-
Milieu SS	-	-	-	-	-
NormesOMS /100ml	0 UFC/ml				

L'analyse des résultats obtenus montre qu'aucun résultat positif n'a été enregistré pour la recherche des salmonelles dans les cinq échantillons analysés sur les différents milieux utilisés (Milieu d'enrichissement (sélénite cystine), gélose SS et gélose Hecktoen).

I.5.3. Recherches d'autres germes pathogènes

Nous avons détecté la présence de colonies transparentes, lisses et bombées seulement sur gélose HK et pour l'échantillon E1 (figure 11). Les autres prélèvements ont donné un résultat négatif (tableau 08).



Figure (11): Résultat positif pour la recherche des germes pathogènes sur gélose HK pour E1.

Tableau (8) : Résultats de la recherche des germes pathogènes pour les cinq échantillons sur gélose SS et HK.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5
Milieu SS	-	-	-	-	-
Milieu HK	+	-	-	-	-

➤ Résultats de la Galerie API 20E

Les principaux résultats des tests de la galerie API 20 E sont présentés dans le tableau 09 et la figure 12

Tableau(9) : Les résultats de test API 20E.

Test	Couleur initiale	Couleur après incubation	Résultat
ONPG	Transparent	Transparent	–
ADH	jaune	jaune	–
LDC	jaune	jaune	–
ODC	jaune	jaune	–
CIT	vert	vert	–
H₂S	Transparent	Transparent	–
URE	jaune	jaune	–
TDA	Move	Move	–
IND	Anneau jaune	Anneau rouge	+
VP	blanc	rouge	+
GEL	Tache noir	Tache noir	–
GLU	bleu	bleu	–
MAN	bleu	bleu	–
INO	bleu	bleu	–
SOR	bleu	bleu	–
RHA	bleu	bleu	–
SAC	bleu	bleu	–
MEL	bleu	bleu	–
AMY	bleu	bleu	–
ARA	bleu	bleu	–



Figure(12) : Photos des résultats de la GalerieAPI 20E.

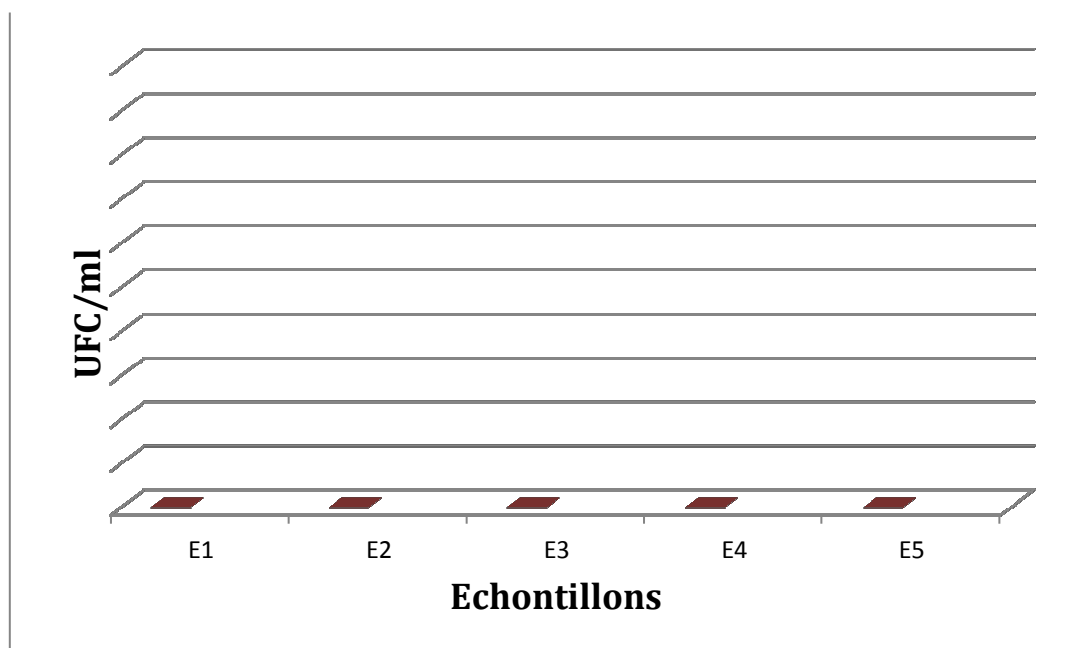
L'étude et l'interprétation des tests biochimiques ont permis d'identifier la souche : *Pasteurella pneumotropica*.

II. Discussion

II.1. La flore totale aérobie mésophile

C'est la flore la plus recherchée dans les analyses microbiologiques qui nous renseigne sur la qualité hygiénique de l'eau potable.

Selon Bengamia (2016) en Algérie, l'eau potable collectée présente un taux de contamination microbienne élevé (entre 00 à $140 \cdot 10^5$ UFC/ml). Le dénombrement de cette flore de nos échantillons de l'eau potable a donné un résultat négatif (figure 12) ce qui est conforme aux normes de l'OMS de potabilité de l'eau qui est 0 UFC/ml dans 100 ml de l'eau. Ces résultats nous montrent que les cinq échantillons de l'eau potable analysés sont de bonne qualité bactériologique.



Figure(13): Résultats du dénombrement de la FTAM dans l'eau potable.

II.2. Les coliformes totaux et fécaux

L'importance de la recherche de ces bactéries est que sont des indicateurs d'une contamination fécale de l'eau de premier ordre. De plus, leur résistance aux agents désinfectants, et notamment au chlore, est voisine de la résistance des bactéries pathogènes; ils vont donc constituer de bons indicateurs d'efficacité de traitement (Rodier et al., 2009).

Le dénombrement des coliformes totaux dans nos échantillons de l'eau potable analysés a donné un résultat négatif, ce qui suggère qu'ils ont une bonne qualité hygiénique et microbiologique (figure 14). Par ailleurs, Bengarnia (2016) a rapporté la présence des coliformes totaux dans tous les échantillons analysés avec des charges qui varient entre 00 à $140 \cdot 10^5$ UFC/ml. La présence des coliformes n'est pas obligatoirement une indication directe de la contamination fécale. Certains coliformes sont, en effet, présents dans les résidus humides rencontrés.

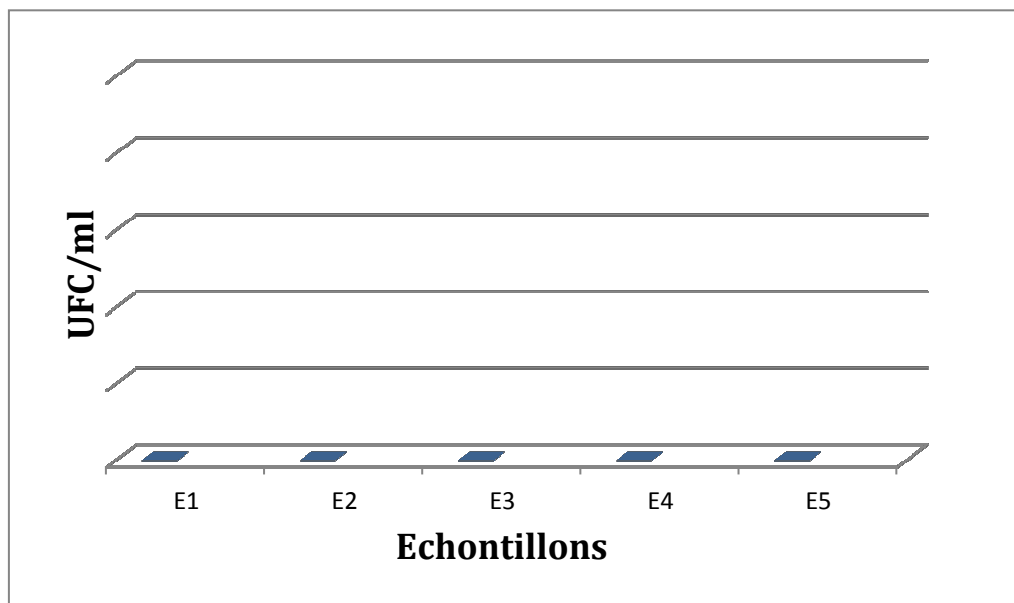
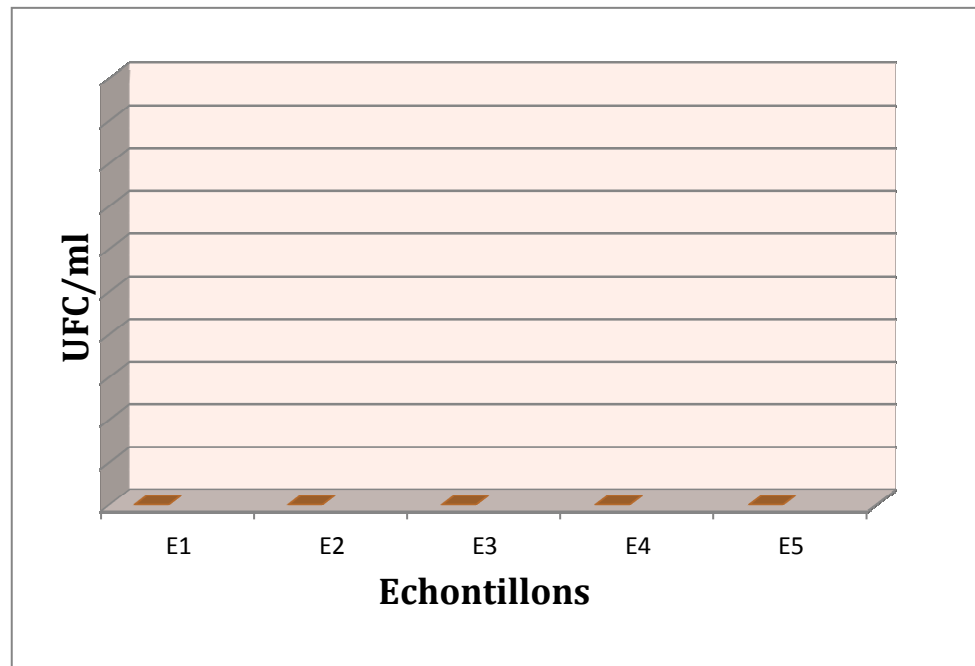


Figure (14): Résultats de dénombrement des Coliformes totaux dans l'eau potable.

Le dénombrement des coliformes fécaux a également donné un résultat négatif. Notons que les eaux potables testées présentent une qualité microbiologique bonne (Figure 15). Ces valeurs sont inférieures à celles rapportées par Bengarnia (2016), qui a enregistré un taux de coliformes totaux dans les différents échantillons qui varie entre $14 \cdot 10^4$ à $140 \cdot 10^5$ UFC/ml, avec une dominance d'*E. coli* qui représente 90% et qui confirme que cette contamination est d'origine fécale.

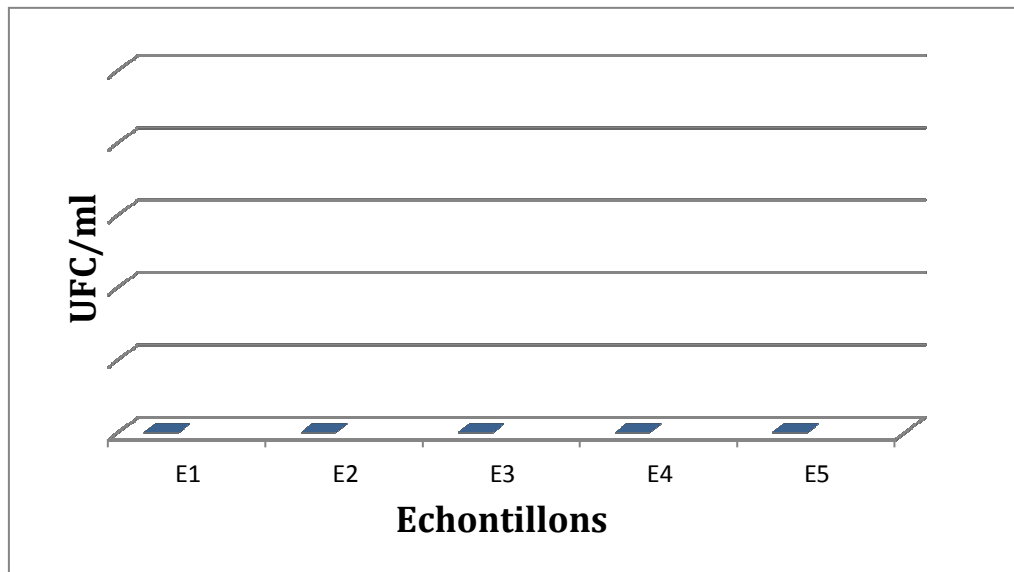


Figure(15) : Résultats de dénombrement des Coliformes fécaux dans les échantillons analysés.

II.3. Les streptocoques totaux

La caractéristique avantageuse des streptocoques réside dans leur capacité de survie dans l'eau, leur résistance à la dessiccation, au pH élevé, à la chloration et au traitement de l'eau en aérobie comparativement aux *E. coli* (Byappanahalli, 2000). La norme pour les Streptocoques fécaux est l'absence des germes dans 100 ml de l'eau potable.

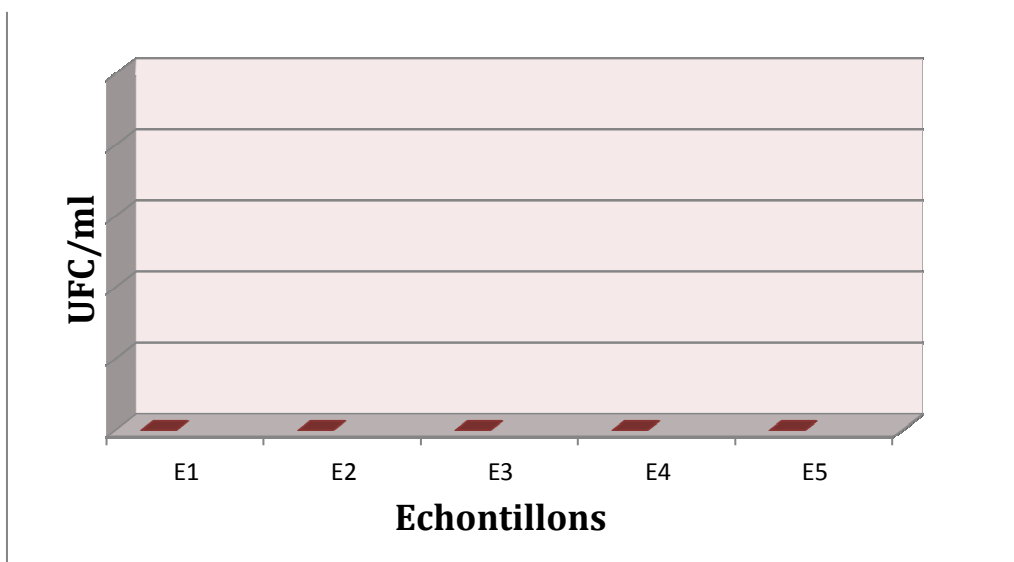
Dans notre étude, les résultats de la recherche de ces germes dans tous les échantillons (E1-E2-E3-E4-E5) étaient négatifs (Figure 16), ce qui présente une conformité à la norme. Selon l'étude rapportée par Bengarnia (2016), l'échantillon 1 contenait un taux de contamination égale à 6.10^4 UFC/ml. En revanche, dans l'échantillon 2 le taux contamination était 14.10^4 UFC/ml et 00 UFC/ml a été enregistré dans l'échantillon 3.



Figure(16): Résultats de dénombrement des Streptocoques fécaux dans l'eau potable.

II.4. Les Clostridium sulfito-réducteurs

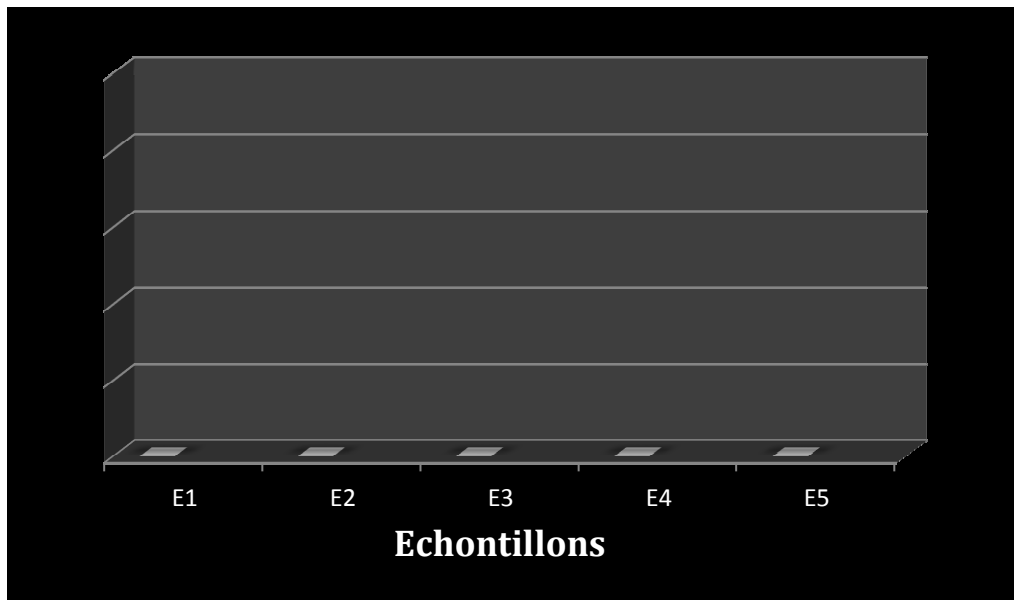
Ils sont actuellement considérés comme de bons indicateurs de l'efficacité des traitements vis-à-vis des parasites et en particulier de *Cryptosporidium* (Rodier et al., 1996). Selon Bengarnia (2016), une absence totale de ces germes a été montrée dans les différents échantillons. Les résultats de la recherche de ce genre de micro-organismes dans les cinq échantillons de l'eau potable analysés ont montré l'absence totale ce qui répond aux normes de l'OMS (Figure 17).



Figure(17): Résultats de dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs dans l'eau potable.

II.5 Les salmonelles

L'analyse microbiologique de ce groupe microbien pathogène n'a pas montré de contamination (Figure 18), ce qui est conforme à la réglementation algérienne. Dans l'étude de Bengarnia (2016), une absence de cette bactérie dans tous les échantillons a été notée. En général, l'isolement des salmonelles dans l'eau potable est difficile à mettre en évidence.



Figure(18): Résultats de la recherche des Salmonelles dans l'eau potable.

II.6. Germe pathogène différents

On a utilisé une galerie API20E pour l'identification de la bactérie issue de l'échantillon E 1 sur gélose HK. La galerie nous a permis d'identifier *Pasteurella pneumotropica* dans l'échantillon prélevé. Cette bactérie est responsable des infections systémiques vu la dissémination rapide et massive du système circulatoire et même l'invasion des tissus. Son origine est principalement animale.

Elle a été occasionnellement isolée par Debabza (2015) à partir d'un lit dans une salle de soins et à partir d'un cathéter veineux dans une unité de soins intensifs. Une survie plus longue de *P. pneumotropica* sur le plastique a été démontrée dans une étude allemande. Par ailleurs, Serre et al (2011) ont montré que *Pasteurella pneumotropica* peut survivre dans différents types d'eau, cependant, cette résistance était très faible, quelle que soit la qualité de l'eau (robinet, aux salines ou distillées) car la culture est devenue rapidement négative après 4 ou 6 jours après l'inoculation de l'eau. Cela semblait être plus cohérent avec la biologie d'autres espèces du groupe des *Pasteurellacées*.

Conclusion

L'eau distribuée aux consommateurs pour l'utilisation domestique surtout celle destinée à la consommation humaine doit toujours avoir une bonne qualité bactériologique et physicochimique afin d'éviter toute éventuelle contamination provoquant l'apparition des maladies à transmission hydrique mettant le consommateur en danger surtout en absence de sensibilisation dans le cas où les conditions d'hygiène ne répondent pas aux normes exigées.

Notre travail porté sur l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau distribuée dans la wilaya de Khenchela plus précisément le forage de Tachekranet et son réseau d'alimentation.

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées sur les cinq prélèvements ont montré :

- ✓ Une absence totale des indicateurs de contamination fécale ainsi que les germes signalés comme pathogène dans les normes de l'OMS.
- ✓ La détection de *Pasteurella pneumotropica* dans l'eau de robinet d'un domicile d'un consommateur, ce qui suggère une pollution des conduites et la contamination lors de son passage dans cette dernière, vu l'absence des autres germes indicateurs de contamination fécale et pathogène dans le même prélèvement.

Ce modeste travail nous a permis de conclure que l'eau distribuée dans les cités de Rue Fringuel est de très bonne qualité bactériologique. L'analyse périodique de l'eau potable reste toujours une nécessité pour protéger le consommateur et évaluer l'efficacité des traitements de désinfection ainsi que l'état des conduites (eau stagnante, précipitation de calcaire, biofilms...).

En perspective, il sera très utile d'évaluer aussi la qualité physicochimique de l'eau. Il sera intéressant d'effectuer l'analyse bactériologique ainsi que physicochimique de l'eau d'autres cités, l'eau de source et les puits dans la wilaya de Khenchela à fin d'assurer la santé publique. D'autres analyses seront très utiles en cas de variation des qualités organoleptiques notamment une couleur et une odeur désagréable dans les eaux distribuées aux consommateurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- **Aubry.P, Bernard.A.**, 2012. Les maladies liées à l'eau, medecine tropicale diplôme de medecine tropicale des pays de l'ocean indien.
- **Aumaître.H, Lecaillon E., Ollivier .S, Bouchaud.O.**, 2004. Diarrhées bactériennes, EMC-Chirurgie 1.

B

- **Benkaddour.B.**, 2018. Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie).thèse de doctorat. Université de Perpignan via Domita et Université de Mostaganem.
- **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 Oran.
- **Bousseboua,H.**, 2002microbiologie générale, Edition d'université Mentouri constantine. P 37-102.
- **Belaygue.F.**, 2017.L'hépatite C Les nouveaux traitements et Les recommandations. Thèse d'exercice en pharmacie. Université Toulouse III - Paul Sabatier
- **Beytout, J., Delmont, J.,Marchou,B. et Pichard,E.**,2002. manuel des maladies infectieusespourl'Afrique.Edition JOHNLIBBEY. Vol (589)
- **Byappanahalli, M.N.**2000. Assessing the persistence and multiplication of fecal indicator bacteria in Hawaii's soil environment. These de Doctorat. Université de Hawaii-Manoa, Honolulu, Hawaii, USA.

C

- **Cammack WK, Kalff J, Prairie YT**, 2004. Fluorescent dissolved organic matter in lakes: relationships with heterotrophic metabolism. Limnology and Oceanography. P : 2034-2045.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Calvet,R.,BarriusoE.,Benoit,P.,Charnay,M.P.,Coquet,Y.**, 2005.Devenir des pesticides dans les sols: conséquences agronomiques et environnement, Editions France AGRICOLE DUNOD, Paris. P :637.
- **Crainic.R, Nicolas.J.C.,1993** .Agent de Norwalk et virus apparentés. Virologie médicale, Edition Médicale Internationale.p :259.

D

- **Dearlove.J**, 1982 Clinical range of neonatal rotavirus gastroenteritis. Br Med J(Clin Res Ed).
- **Debabza.M**, 2015.Emergence en milieu hospitalier des bacilles Gram négatifs multirésistants aux antibiotiques : étude bactériologique et moléculaire.Thèse de doctorat. Université Bdji Mokhtar-Annaba.
- **DEGREMONT**, 2005 « Mémento technique de l'eau », 10^{ème} édition Tom1 .et Tome 2.
- **Diop.C.**, 2006. Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en Sacher et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar. **mémoire** de diplôme d'études approfondies de production animale .Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

E

- **El attiffi.A.**, 2011. La qualité microbiologique des eaux de baignade. Thèse de doctorat. Université Mohammed .V. Faculté de médecine et de pharmacie-Rabat-

F

- **Faurie,C.,Erra,C.,Médorie,P.,Devane,J.,Remptime, J.L.**, 2003.Écologie, approche scientifique et pratique. 5^{ème} édition LAVOISIER.823p
- **Feghoul.L.**, 2017.Mécanismes d'action et de résistance des Adénovirus C au Brincidofovir. Thèse de doctorat de virologie .Université Sorbonne Paris Cité.
- **Fraisse.T, Lechiche,C, Sotto.A, Lavigne.J.**, 2008 Infections à Aeromonas spp. : étude rétrospective de 1997 à 2004 au CHU de Nîmes. Laboratoire de bactériologie, virologie, parasitologie, groupe hospitalo-universitaire de Carémeau.

G

- **Gaujout.D.**, 1995.La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire,2eme édition TEC et DOC. Paris. 520p
- **Gleeson C.**, 1997. The coliform index and waterborne disease. E & FN Spoon.
- **Grosclaude,G.C.**,1999.L'eau,TomeII,usageetpolluants,Institutnational de la recherche agronomique. Paris, France. 210p
- **Guiraud.J, Rosec.J.**, 2004.Pratique des normes en microbiologie alimentaire.AFNOR.p :161.

H

- **Hamed.M**, 2012. Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba,Thèse d'Ingénieur d'état en Biologie,Université des Sciences et Technologies Béchar, Béchar, Algérie.
- **Haslay, C.,Leclerc, H.**, 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation .Tech et Doc Lavoisier Ed, Paris.
- **Hem J. D.**, 1985. Study and interpretation of chemical characteristic of natural water. 3 nd Edition. University of Virginia, United States of Geological Survey Water-Supply. Paper 2254 Washington, DC, USA. 263p.
- **Hernes PJ, Bergamaschi BA, Eckard RS**,2009. Fluorescence-based proxies for lignin in freshwater dissolved organic matter. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences.
- **Higgins, J. A, M. Cooper, L. Schroeder-Tucker, S. Black, D. Miller, J. S. Karns, Manthey,R. Breeze, and Perdue.M.L.**, 2003, A field investigation of Bacillus anthracis contamination of U.S. Department of Agriculture and other Washington, D.C,. buildings duringtheanthraxattack of October 2001. Appl Environ Microbiol .p: 593-599
- **Hood.E.**,2009.Glaciers as a source of ancient and labile organic matter to the marine environment. Nature 462, p :1044–1047

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Houillier. P, Blanchard. Aet Pailard .M,** 2004. Métabolisme du potassium, Elsevier SAS. 1 : 138-157

J

- **Janick R.,** 1994. Maladies bactériennes et virales d'origine hydrique. Sciences pharmaceutiques. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Joseph Fourier Grenoble.
- **Joseph P. Lynch, Adriana E. Karon.,** 2016. Adenovirus: Epidemiology, Global Spread of Novel Serotypes, and Advances in Treatment and Prevention. Pubmed.
- **Journal officiel de la république algérienne.,** 2005 N° 6030 .. Art 111.

K

- **Kalle. K.,** 1963. Über das Verhalten und die Herkunft der in den Gewässern und in der Atmosphäre vorhandenen himmelblauen Fluoreszenz. Deutsche Hydrografische Zeitschrift. P 153–166.
- **Kendouci.M.,** 2017. Étude De Risque De Pollution Des Eaux Souterraines De La Ville De Béchar Et Valorisation Du Sable En Vue De Son Utilisation En Traitement Des Eaux Usées. Thèse de doctorat en science .Université Oran.
- **Kemp. J.S, Paterson. E, Gammack. S.M, Cresser. M.S, Killham. K.,** (1992): Leaching of genetically modified Pseudomonas fluorescens through organic soils: influence of temperature, soil pH and roots, Bio and Fert of Soils, vol. 1.

M

- **Maie N, Scully NM, Pisani O,** 2007. Composition of a protein-like fluorophore of dissolved organic matter in coastal wetland and estuarine ecosystems. Water Research.
- **Marsily. J.L.,** 1995. Pathogens in livestock waste, their potential for movement through soil and environmental pollution, vol.2

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Margat J, Monition L.**, 1971. Les eaux souterraines gestion et protection.OMS.
- **McCrary.**, 1915. The numerical interpretation of fermentation-tube results.
- **Michard,G.**, 2002.Chimie des eaux naturelles.Principes de géochimie des eaux.Édition Publisud.565p.
- **Michaud, A. R., Lauzier, R., & Laverdière, M. R.**, 2005. Mobilité du phosphore et intervention agroenvironnementale en bassin versant agricole: Étude de cas du ruisseau au Castor, tributaire de la rivière Aux Brochets, Québec.vol. 16, n^o1.

N

- **Nauciel C. Vildé JL.**, 2000. Bactériologie médicale. Paris Masson. Elsevier Masson 2^{ème} édition.p :528.
- **Parez N, Garbarg-Chenon A.**, 2008 Des caractéristiques structurales et antigéniques des Rotavirus au développement des vaccins. Journal de pédiatrie et de puériculture .Elsevier.p :78-85
- **OMS**, 2006. Guidelines for drinking-water quality .First Addendum to third edition. Volume 1.Recommendations
- **OMS**,2011. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. Geneva. 564p

P

- **Piemont Anne, Antoine Coatalem, Bernard Hinaut , Carole Quintela, Cécilia Cazaban, Claude Delporte, Claude Prevot, Dan Gorski, Didier Perrin, Egbert de Jong, Emilie Sutton-Sharp, Eric Toledo, Eric Judenne, Fabian Fenoglio, Françoise Petitpain Perrin, Gérard Flores, Guy Vanderghote, Hervé Gorisse, Javier Perez, Jean-Baptiste Arrminjon, Jean-Luc Malige, Jean-Marc Hoen, Jean-Michel Faccioli, Laurent Guey, Magalie Denisan, Marjorie Gavach, Naomi Scholten, Olivier Bremond, Pascal Troles, Pedro Fonseca, Philippe Declercq, Pierre-Emmanuel Pardo, Roger Nicol, Samuel Lochmatter, Sarah**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Cheret, Simona Roncelli, Sylvain Donnaz, Sylvie Baig, Temple Ballard, Troy Holst, Valentina Lazarova, Valentine Camy.,2020.Momento degremont Suez .

- **Pierre M.,** 1972. Mesure de la demande chimique en oxygène dans l'eau de mer. Revue des travaux de l'institut des pêches maritimes (00035-2276) (ISTPM) vol.39p :361-365.

R

- **Régis.B.Selmi.B.,** 2009. Technique de la gestion et de la distribution de l'eau, Des ressources à la consommation écogérée. Edition le moniteur.
- **Rodier J.,** 2018.L'analyse de l'eau contrôle et interprétation.
- **Rodier,J.** 1984. L'analyse de l'eau «eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer ». Paris: Bordas Rodier,J.1996. L'analyse de l'eau «eau naturelle, eau résiduaire ,eau de mer» (8e édition) Paris :Dunode.p :1434.
- **Ross,N.,**1998. Pathogènes et parasites dans les eaux potables et usées, Infrastructure, n°3, p :4.

S

- **Serre.S, Veillet .F, Hardy.P, Kodjo.A,**2004. Survival of rodent isolated Pasteurella pneumotropica, Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa in different types of water .Revue Méd. Vét, 155, 8-9, 435-439
- **Stephen H. Gillespie.P, Hawkey.M.,** 2006. Principles and Practice of Clinical Bacteriology Second Edition.p:620.

V

- **Vandermeersch.S.,**2006. Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes.Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire - Université Libre de Bruxelles .

W

- **Wei Xu.**, 2000. Effet de la variation périodique de charge de DBO5 sur le comportement dynamique d'un traitement dynamique d'un traitement biologique opérant selon le mode de boues activées. Mémoire présentée comme exigence partielle de la maîtrise en science des pâtes et papiers .Université du Québec.

Y

- **Yamada, K., Takahashi, M., Hoshino, Y., Takahashi, H., Ichiyama, K., Nagashima, S., Tanaka, T., and Okamoto, H.**, 2009. ORF3 protein of hepatitis E virus is essential for virion release from infected cells.Pubmed.
- **Yamashita Y, Jaffé R, Maie N, et al.**,2008. Assessing the dynamics of dissolved organic matter (DOM) in coastal environments by excitation emission matrix fluorescence and parallel factor analysis (EEM-PARAFAC). The American Society of Limnology and Oceanography, Inc.

Netographie.

- **OMS.URL :**<https://www.who.int/topics/poliomyelitis/fr/>. Consulté le 30 mai 2021.

Annexes

Annexe 1 : Table de McCrady

Nombre de résultats positifs			NPP	Catégorie lorsque le nombre d'essais de mesures est de 1 pour le lot considéré	Limites de confiance			
					>95%	>95%	>99%	>99%
0	0	0	<0,30		0.00	0.94	0.00	1.40
0	0	0	0.30	3	0.1	0.95	0.00	1.40
0	1	0	0.30	2	0.01	1.00	0.00	1.60
0	1	1	0.61	0	0.12	1.70	0.05	2.50
0	2	0	0.62	3	0.12	1.70	0.05	2.50
0	3	0	0.94	0	0.35	3.50	0.18	4.60
1	0	0	0.36	1	0.02	1.70	0.01	2.50
1	0	1	0.72	2	0.12	1.70	0.05	2.50
1	0	2	1.1	0	0.4	3.5	0.2	4.6
1	1	0	0.74	1	0.13	2.00	0.06	2.70
1	1	1	1.1	3	0.4	3.5	0.2	4.6
1	2	0	1.1	2	0.4	3.6	0.2	4.6
1	2	1	1.5	1	0.5	3.8	0.2	5.2
1	3	0	1.6	3	0.5	3.8	0.2	5.2
2	0	0	0.92	1	0.15	3.50	0.07	4.60
2	0	1	1.4	2	0.4	3.50	0.2	4.6
2	0	2	2	0	0.5	3.8	0.2	5.2
2	1	0	1.5	1	0.4	3.8	0.2	5.2
2	1	1	2.0	2	0.5	3.8	0.2	5.2
2	1	2	2.7	0	0.9	9.4	0.5	14.2
2	2	0	2.1	1	0.5	4.0	0.2	5.6
2	2	1	2.8	3	0.9	9.4	0.5	14.2
2	2	2	3.5	0	0.9	9.4	0.5	14.2
2	3	0	2.9	3	0.9	9.4	0.05	14.2
2	3	1	3.6	0	0.9	9.4	0.05	14.2
3	0	0	2.3	1	0.5	9.4	0.3	14.2
3	0	1	3.8	1	0.9	10.4	0.5	15.7
3	0	2	6.4	3	1.6	18.1	1.0	25.0
3	1	0	4.3	1	0.9	18.1	0.5	25.0
3	1	1	7.5	1	1.7	19.9	1.1	27.0
3	1	2	12	3	3	36	2	44
3	1	3	16	0	3	38	2	52
3	2	0	9.3	1	1.8	36.0	1.2	43.0
3	2	1	15	1	3	38	2	52
3	2	2	21	2	3	40	2	56
3	2	3	29	3	9	99	5	152
3	3	0	24	1	44	99	3	152
3	3	1	46	1	9	198	5	283
3	3	2	110	1	20	400	10	570
3	3	3	>110					
autres valeurs			non cité dans la table ISO 7218 : 1996 (F)					

Annexes

Annexe 2 : table de lecture de la galerie API20e

GEL	gélatine (origine bovine)	0,6	hydrolyse (protéase) (GELatine)	pas de diffusion du pigment	diffusion du pigment noir
PNPG	4-nitrophényl-βD galactopyranoside	0,22	β-galactosidase (Para-NitroPhényl-βD Galactopyranosidase)	incolore	jaune
[GLU]	D-glucose	1,56	assimilation (GLUcose)	transparence	trouble
[ARA]	L-arabinose	1,4	assimilation (ARABinose)	transparence	trouble
[MNE]	D-mannose	1,4	assimilation (ManNose)	transparence	trouble
[MAN]	D-mannitol	1,36	assimilation (MANnitol)	transparence	trouble
[NAG]	N-acétyl-glucosamine	1,28	assimilation (N-Acétyl-Glucosamine)	transparence	trouble
[MAL]	D-maltose	1,4	assimilation (MALtose)	transparence	trouble
[GNT]	potassium gluconate	1,84	assimilation (potassium GlucoNaTe)	transparence	trouble
[CAP]	acide caprique	0,78	assimilation (acide CAPrique)	transparence	trouble
[ADI]	acide adipique	1,12	assimilation (acide ADIrique)	transparence	trouble
[MLT]	acide malique	1,56	assimilation (MaLaTe)	transparence	trouble
[CIT]	trisodium citrate	2,28	assimilation (trisodium CITrate)	transparence	trouble
[PAC]	acide phénylacétique	0,8	assimilation (acide PhénylACétique)	transparence	trouble
OX	(voir notice du test oxydase)	-	cytochrome-oxydase	(voir notice du test oxydase)	