

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine: Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option: Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Département: Biologie

Thème :

Impact des différents facteurs régissant la qualité de l'eau potable pendant son trajet, depuis la station de traitement jusqu'aux différents usagers : cas de quelques quartiers de la ville de Guelma

Présenté par :

M^{me}. AMRANI Zeyneb

M^{elle}. BOUNEB Hayat

M^{me}. MAAFA Warda

Devant la commission composée de :

Président: BOUSBIAA Issam	(MCB)	Université de Guelma
Examineur: BOUCHELAGHEM El Hadi	(MCB)	Université de Guelma
Encadreur: GHRIEB Lassaad	(MCA)	Université de Guelma
Membre: SOUKI Lynda	(Prof)	Université de Guelma
Membre: MOUKHTARI Abd El Hamid	(MCB)	Université de Guelma
Membre: AISSAOUI Riadh	(MCB)	Université de Guelma

Juin 2017

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine: Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option: Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Département: Biologie

Thème :

Impact des différents facteurs régissant la qualité de l'eau potable pendant son trajet, depuis la station de traitement jusqu'aux différents usagers : cas de quelques quartiers de la ville de Guelma

Présenté par :

M^{me}. AMRANI Zeyneb

M^{elle}. BOUNEB Hayat

M^{me}. MAAFA Warda

Devant la commission composée de :

Président: BOUSBIAA Issam	(MCB)	Université de Guelma
Examineur: BOUCHELAGHEM El Hadi	(MCB)	Université de Guelma
Encadreur: GHRIEB Lassaad	(MCA)	Université de Guelma
Membre: SOUKI Lynda	(Prof)	Université de Guelma
Membre: MOUKHTARI Abd El Hamid	(MCB)	Université de Guelma
Membre: AISSAOUI Riadh	(MCB)	Université de Guelma

Juin 2017

Remerciements

Tout d'abord on remercie le bon dieu tout puissant de la bonne santé, de la volonté et de la patience qu'il nous a donné au long de notre existence pour en arriver là.

Nous tenons à remercier les membres de jury ; Monsieur **BOUSBIAA Issam** en tant que président et Monsieur **BOUCHLAGHEM El Hadi** en tant qu'examineur, qui nous ont fait l'honneur de juger ce travail et tous les membres de la commission : Mme **SOUIKI. L**, Mr **MOKHTARI. A**, et Mr **AISSAOUI. R**.

Nos remerciements et notre très grande gratitude vont à Monsieur : **GHRIEB Lassaad**, pour avoir accepté de diriger ce travail avec compétence, pour sa confiance, son encouragement, sa patience et pour son aide, ainsi que pour ses conseils précieux.

Nos reconnaissances et notre gratitude vont à l'égard de Madame **BOUDJEBIEUR Assia**, à tout le personnel de la Direction de l'Algérienne des eaux Guelma, et au personnel du laboratoire de la station de traitement de l'eau de Hammam Debagh.

Nos remerciements vont également à tous nos enseignants de la faculté et particulièrement l'équipe de la formation de la promotion de Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire **2017**.

Nous voudrions rendre un hommage particulier à la patience de nos parents qui ne se sont guère fatigués de prier pour nous, de nous supporter, de nous soutenir tout au long de notre parcours universitaire.

Et enfin nous souhaitons une bonne chance et une suite à tous nos collègues de la promotion sortante 2017 du master Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire.

Résumé

L'eau source de vie, peut devenir une source de maladie lorsque sa qualité se dégrade. Notre travail s'est effectué au niveau du laboratoire de la station de traitement de Hammam Debagh et qui avait pour objectif de voir l'impact des différents facteurs réagissant la dégradation de la qualité de l'eau potable au cours de son trajet depuis la station de traitement des eaux de Hammam Debagh, passant par les châteaux d'eau et le réseau de distribution, jusqu'à l'arrivée aux différents consommateurs.

Les paramètres physicochimiques suivis sont la température, le pH, la conductivité électrique, la turbidité, les MES, les éléments majeurs et les éléments de pollution.

Les paramètres microbiologiques mesurés se résument en la détermination et la recherche des coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux et des germes totaux.

Les résultats obtenus pour tous ces paramètres physicochimiques et bactériologiques pendant la période d'étude montrent que les eaux prélevées sont propres à la consommation sans aucun danger sur la santé humaine.

Mots clés :

Eau potable, station de traitement, château d'eau, consommateurs, réseau de distribution.

Abstract

The water source of life can become a source of disease when its quality deteriorates.

Our work was performed at the laboratory of the treatment plant of Hammam Debagh and whose objective was to see the impact of the various factors reacting the degradation of the quality of the drinking water during its journey from the station Water treatment of Hammam Debagh, passing through the water towers and the distribution network, until the arrival to the different consumers.

The physicochemical parameters monitored are temperature, pH, electrical conductivity, turbidity, SM, major elements and pollution element.

The measured microbiological parameters are summarized in the determination and the search of total Coliform. And faecal streptococci and total germs.

The results obtained for all these physicochemical and bacteriological parameters during the study period show that the water with drawn is suitable for consumption without any danger to human health.

Keywords: potable water, Treatment plant, water tower, consumers, Distribution network

الملخص

الماء مصدر الحياة يمكن أن يصبح مصدرا للمرض عندما تتدهور نوعية يتم عملنا في مخبر محطة معالجة المياه بحمام دباغ و التي تهدف إلى معرفة تأثير مختلف العوامل التي تؤدي إلى تدهور نوعية المياه الموجهة إلى الشرب مسارها من محطة معالجة المياه بحمام دباغ مرورا بأبراج المياه عبر شبكة توزيع وصولا إلى المستهلك بمدينة قلمة.

العوامل الفيزيائية هي درجة الحرارة , الحموضة , الناقلية , التعكر , المواد الصلبة العالقة,العناصر الملوثة كالنترات و النتريت و العناصر الرئيسية كالكالسيوم, المغنيزيوم و الكلوريد الخ.

العوامل الميكروبيولوجية التي تتلخص في مختلف أنواع البكتيريا التي تشكل مصدر لتلوث .

النتائج المتحصل عليها للمعايير الفيزيائية , الكيمائية و البكتريولوجية خلال فترة الدراسة تبين ان المياه الموجهة إلى المستهلكين تستهلك دون أي خطر على صحة الإنسان.

الكلمات المفتاحية : ماء صالح للشرب, محطة معالجة , برج المياه, المستهلك, شبكة التوزيع, نوعيته.

Table de matière

Remerciement

Résumé

Table de matière

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviations

Introduction général1

Chapitre I : Généralité

Introduction.....3

1. Sources de l'eau sur terre3

1.1. Les eaux souterraines3

1.2. Les eaux de surface4

1.3. Les eaux atmosphériques4

2. Consommation de l'eau4

2.1. La consommation domestique.....5

2.2. La consommation industrielle5

2.3. La consommation agricole5

3. Pollution de l'eau6

3.1. La pollution domestique.....6

3.2. La pollution agricole6

3.3. La pollution industrielle6

4. Traitement de l'eau de surface7

4.1. Le prétraitement7

4.2. Le traitement de clarification7

4.2.1. La coagulation-floculation.....7

4.2.2. La décantation.....8

4.3. La filtration sur sable.....8

4.4. La désinfection	9
5. L'eau et la santé.....	9

Chapitre II : Cadre géographique de la zone d'étude

1. Description du site	10
2. Le stockage de l'eau.....	13
3. La distribution de l'eau	13
4. La dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux :	14
4.1. Différents matériaux utilisés dans les réseaux de distribution des eaux potables	14
4.1.1. Le Polychlorure de vinyle (PVC)	14
4.1.2. L'Acier galvanisé	14
4.1.3. La fonte.....	15
4.1.4. PEHD.....	15
4.1.5. L'Amiante ciment.....	15
4.2. Les fuites	16
4.3. Les incrustations.....	16
5. Origine des altérations de la qualité de l'eau potable.....	16

Chapitre III: Matériel et méthode

1. Choix de points de prélèvement.....	19
2. Échantillonnage.....	20
3. Méthodes d'analyse	20
3.1. Mesure in situ	20
3.1.1. La température.....	20
3.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)	21
3.1.3. La Conductivité électrique.....	21
3.1.4. La salinité	22
3.1.5. Le chlore	22
3.2. Mesure au laboratoire.....	22
3.2.1. La turbidité	22

3.2.2. Le résidu sec	23
3.2.3. La matière organique	23
3.2.4. La matière en suspension MES	25
3.3. Les paramètres chimiques	26
3.3.1. La dureté totale (titre Hydrotimétrique TH)	26
3.3.2. L'alcalinité (TA + TAC).....	27
3.3.2.1. Titre alcalimétrique TA	27
3.3.2.2. Titre Alcalimétrique complète (TAC) :	28
3.3.3. La teneur en sel dissous(TDS).....	28
3.3.4 Les éléments majeurs.....	28
3.3.4.1. Le calcium Ca^{2+}	28
3.3.4.2. Le magnésium Mg^{+}	29
3.3.4.3. Les chlorures (Cl^{-})	30
3.3.4.4. Les sulfates SO_4^{-}	31
3.3.4.5. Détermination du bicarbonate HCO_3^{-}	32
3.3.5. Les éléments de pollution	32
3.3.5.1. Les Nitrates NO_3^{-}	32
3.3.5.2. Les Nitrites NO_2^{-}	33
3.3.5.3. L'ammonium NH_4^{+}	34
3.3.5.4. Les phosphates (PO_4^{-3})	35
3.3.6. Les éléments en trace.....	36
3.3.6.1. Le fer (Fe^{2+})	36
3.4. L'analyse bactériologique	37
3.4.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	37
3.4.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	40
3.4.3. Dénombrement des germes totaux.....	42

Chapitre IV : Résultat et discussion

1. Mesure in situ.....	44
1.1. La température.....	44
1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH).....	45
1.3. La conductivité.....	45
1.4. La salinité.....	46
1.5. Le Chlore.....	46
2. Mesure au laboratoire.....	47
2.1. La turbidité.....	47
2.2. Résidu sec (RS).....	48
2.3. Matière organique.....	49
2.4. Paramètre chimique.....	50
2.4.1. Dureté totale ou titre Hydrotimétrique (TH).....	50
2.4.2. L'alcalinité (Titre alcalimétrique + Titre alcalimétrique complet).....	50
2.4.3. La teneur en sel dissous (TDS).....	51
2.4.4. Les éléments majeurs.....	52
2.4.4.1. Les ions de Calcium et de Magnésium ($\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}$).....	52
2.4.4.2. Les ions de Chlorures, sulfates et de Bicarbonates (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-).....	52
2.4.5. Les éléments de pollution.....	53
2.4.5.1. Nitrate NO_3^-	53
2.4.5.2. Nitrite (NO_2^-).....	54
2.4.5.3. L'ammonium (NH_4^+).....	54
2.4.5.4. Ortho Phosphate (PO_4^{-3}).....	55
2.4.6. Les éléments en trace.....	56
2.4.6.1. Le Fer (Fe^{+2}).....	56
3. Résultats des analyses bactériologiques.....	56
3.1. Résultats des dénombrements du microorganisme de l'eau.....	56
3.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	57

3.1.2. Les streptocoques fécaux.....58

3.1.3. Recherche et dénombrement des germes totaux.....58

Conclusion Générale.....59

Références

Annexe

Liste des figures

Figure01: Carte géographique présente la wilaya de Guelma et les différents points de prélèvements.	12
Figure 02: localisation des points prélèvements des eaux potable.	19
Figure 03 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux de l'eau à analyser.	39
Figure 04 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux de l'eau à analyser.	42
Figure 05 : Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau à analyser.....	43
Figure 06 : La Variation de la température dans les sites prélèvement.	44
Figure 07 : Variation du pH dans les sites de prélèvement.	45
Figure 08 : Variation de la conductivité électrique dans les sites de prélèvement.	46
Figure 09 : Variation de la salinité dans les sites prélèvement.	46
Figure 10 : La variation du chlore dans les sites de prélèvement.	47
Figure 11 : la variation de la turbidité dans les sites de prélèvement.	48
Figure 12 : Variation du résidu sec dans les sites de prélèvement.	49
Figure 13 : La variation de Matière organique dans les sites de prélèvement.....	49
Figure 14 : La variation de Dureté totale dans les sites de prélèvement.	50
Figure 15 : La variation de Titre Alcalimétrique complète dans les sites prélèvement.....	51
Figure 16 : la variation de TDS dans les sites de prélèvement.	51
Figure 17 : La variation des sels de calcium et de magnésium dans les sites de prélèvement.....	52
Figure 18 : La variation des sels de chlorures, sulfates et bicarbonates dans les sites de prélèvement.	53
Figure 19 : La variation de Nitrate dans les sites de prélèvement.	53
Figure 20 : La variation de Nitrite dans les sites de prélèvement.....	54
Figure 21 : La variation de L'ammonium dans les sites de prélèvement.	55
Figure 22 : La variation de phosphate dans les sites de prélèvement.	55
Figure 23 : La variation de Fer dans les sites de prélèvement.....	56

Liste des tableaux

Tableau 01 : Présentation des sites de prélèvement.	10
Tableau 02 : Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et leurs conséquences.....	17
Tableau 03 : Classification des eaux potables selon l'extrait sec.....	48
Tableau 04 : Classification des eaux potable selon le TH.....	50
Tableau 05 : les résultats d'analyse bactériologique des prélèvements.....	57

Listes des abréviations

m³ : mètre cube.

Kg: Kilogramme.

min: minute.

UV: Ultra Violet.

Fe⁺²: Fer.

Zn : Zinc.

Pb : plomb.

Cu: cuivre.

CE : Conductivité électrique.

NH₃: ammoniac.

mg/L: Milligramme par litre.

ml : millilitre.

Sal : Salinité.

Tur: Turbidité.

S/m: Siemens par mètre.

CL⁻: Chlorure.

mm : millimètre.

MTH : Maladie à transmission hydrique.

PVC : Polychlorure de vinyle.

SNVTU : Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers.

L : litre.

°C : degré Celsius.

°F : degré Français.

PH : Le potentiel d'hydrogène.

RS : Résidu sec.

T° : Température.

AFNOR: Association Française de Normalisation.

ADE: Algérienne des eaux.

TDS : la teneur en sel dissous.

µm: Micromètre.

DPD : diéthyl-p-phénylènediamine.

TTC: triphényltetrazolium.

NH₄⁺: Ammonium.

PO₄⁻: Phosphate.

MES: matière en suspension.

Nm: nanomètre.

SO₄⁻: Sulfate.

H₂S: Sulfure d'hydrogène.

TH: titre Hydrotimétrique.

BrCl: Monochlorure de brome.

NO₂⁻: Dioxyde d'azote.

NO₃⁻: nitrate.

Ca⁺²: calcium.

CaSO: Le sulfate de calcium.

MO: matière organique.

KMnO₄: Le permanganate de potassium.

BEA : bile esculine azide.

TGEA: Tryptone Glucose Extrait de levure Agar.

EDTA: Ethylenediaminetetraacetic acide, ou acide éthylène diamine tétra-acétique.

NaOH: hydroxyde de sodium.

V: volume.

TH : dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique.

CaCO₃: Carbonate de calcium.

NET : Noir d'Eriochrome T.

NH₄OH: Ammoniaque.

Mg²⁺: magnésium.

TA: Titre alcalimétrique (TA).

TAC: Titre alcalimétrique complet.

HCl : acide chlorhydrique.

H₂SO₄: Acide sulfurique.

HCO₃⁻ : bicarbonate.

AgNO₃: Nitrate d'argent.

K₂CrO₄: Chromate de potassium.

m³/j : mètre cube par jour.

km² : kilomètre carre.

m³/s : mètre cubes par seconde.

SF : streptocoques fécaux.

GT : germes totaux.

CT : coliformes totaux.

CF : coliformes fécaux.

Introduction générale

Introduction générale

L'eau constitue un élément indispensable pour la vie des êtres vivants et surtout à celle de l'homme. L'avoir à disposition en quantité suffisante et en qualité, contribue au maintien de la santé.

Dès la fin du 19^{ème} siècle, l'application de la désinfection de l'eau permet le contrôle des maladies, d'origine hydrique (fièvre typhoïde, choléra, dysenterie, amibiase salmonellose, giardias, shigellose et hépatite A). L'utilisation d'oxydant s'avéra donc primordiale pour assurer la qualité de l'eau potable.

Les interactions entre les différents composants de l'eau durant son séjour dans le réseau ainsi que les conditions qui régnaient dans le système de distribution peuvent changer et dégrader la qualité de l'eau du robinet par rapport à celle de l'eau à la sortie de l'usine de traitement.

Le chlore est le produit le plus utilisé pour la désinfection de l'eau il a pour objectif l'élimination des germes pathogènes, l'oxydation de la matière organique naturelle (MON) et quelques éléments minéraux, mais également le maintien d'un résiduel désinfectant capable d'assurer la protection microbiologique de l'eau pendant son transport dans le réseau de distribution. [1]

Le risque de contamination des eaux de surface en Algérie, représente un problème environnemental majeur qui remonte très loin dans le temps où la qualité de ces eaux est également soumise à une forte pression exercée par l'accroissement de la population et par l'activité industrielle. [17]

Cette qualité peut se dégrader sous l'effet de la matière et l'état du réseau de distribution, le stockage dans les réservoirs, ainsi que le mélange avec les eaux usées.

Le but recherché par ce travail est de mettre le point sur l'impact des différents critères régissant la qualité de l'eau potable depuis sa sortie de la station de traitement de Hammam Debagh, pendant son trajet dans le réseau de distribution, son stockage dans les châteaux d'eau, jusqu'à son arrivée aux différents usagers.

Introduction générale

Pour cela nous avons mené notre travail comme suit :

- Un premier chapitre comportant des généralités sur l'eau potable : usages, normes de potabilité, consommations et différentes sources.
- Un second chapitre, consacré à la présentation de la zone d'étude.
- Le matériel et les méthodes utilisées dans ce travail sont bien détaillés dans le troisième chapitre.
- Le quatrième chapitre aborde la discussion des résultats obtenus.
- Une conclusion générale.

Généralité

Introduction

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur. [37]

Selon ces normes, une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands. Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée : il s'agit en particulier de substances qualifiées d'indésirables ou de toxiques, comme les nitrates, les phosphates, les métaux lourds, ou encore les hydrocarbures et les pesticides, pour lesquelles des " concentrations maximales admissibles " ont été définies. À l'inverse, la présence de certaines substances peut être jugée nécessaire comme les oligo-éléments indispensables à l'organisme. [37]

1. Sources de l'eau sur terre

Moins de 1 % de l'eau présente sur Terre est de l'eau douce liquide. Pour s'approvisionner en eau douce, substance vitale pour l'Homme et la société (boisson, agriculture, industrie, loisirs...), l'être humain puise dans de multiples sources.

Tout d'abord, l'Homme prélève l'eau douce dans les eaux libres de surfaces, les plus visibles et les plus accessibles : sources, rivières, lacs. [43]

1.1. Les eaux souterraines

Elles constituent 20% des réserves d'eaux soit 1000 million de m³. Ce sont l'un des éléments du cycle de l'eau. Elles se forment par infiltration des précipitations ou des eaux superficielles, comme les ruisseaux et rivières. Elles sont naturellement protégées par les couches qui les recouvrent. Le sol joue ainsi un rôle particulièrement important pour assurer leur qualité physico-chimique et bactériologique, elles se

réunissent en nappes, il existe plusieurs types : nappe profondes, nappes phréatique et nappe alluvionnaires. [21]

1.2. Les eaux de surface

Composées d'eau de mer, de rivières, de lac, de barrage. La terre dont sa présence en eau est de 97,5% en eau salée et océans et 2,5% d'eau douce.

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. Ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement. [7]

1.3. Les eaux atmosphériques

L'eau atmosphérique est une eau présente dans l'atmosphère sous forme solide (neige), liquide (pluie) ou gazeuse (brouillard, brume).

Il y a toujours de l'eau dans l'atmosphère. La manifestation la plus visible de l'eau atmosphérique est bien évidemment les nuages, mais même l'aire claire contient de l'eau en particules invisibles à l'œil nu. [39]

2. Consommation de l'eau

L'eau est indispensable à la survie de tous les êtres vivants. C'est le premier composant de la matière vivante. Un adulte contient, en moyenne, 60 % d'eau, un nourrisson 75%. L'eau est nécessaire pour assurer la circulation du sang, La respiration, l'apport de sels minéraux, l'élimination des déchets. Privé d'eau, l'être humain peut ne pas vivre plus de 3 à 4 jours. L'eau est éliminée principalement par l'urine (environ 1 litre par jour), la transpiration (0,5 à 1 litre par jour), la respiration (0,5 litre par jour). La déshydratation, c'est-à-dire la perte de 15% de l'eau du corps, peut entraîner la mort. Il est recommandé de boire 1,5 litre d'eau par jour. Les différents aliments peuvent nous apporter environ 1 litre d'eau.

L'eau est aussi indispensable pour la consommation domestique, agricole et industrielle de la population. [26]

2.1. La consommation domestique

Dans les pays développés où l'eau potable ne manque pas, l'eau consommée à la maison par l'Homme est utilisée principalement à l'utilisation des chasses d'eau, au lavage du linge et de la vaisselle, à la toilette. À titre d'exemple, la quantité d'eau en litres est estimée à :

- ✓ 10 à 12 litre pour la chasse d'eau.
- ✓ 13 à 20 litres pour un lave-vaisselle.
- ✓ 30 à 80 litres pour la douche.
- ✓ 80 à 120 litres pour une lessive.
- ✓ 150 à 200 litres pour un bain. [26]

2.2. La consommation industrielle

Les activités industrielles sont aussi consommatrices d'eau mais moins que l'agriculture (environ 20% des prélèvements mondiaux). Les secteurs les plus consommateurs sont la métallurgie, l'exploitation minière, la chimie, l'agroalimentaire, les industries du papier. À titre d'exemple, il faut :

- ✓ 300 à 600 litres d'eau pour produire 1Kg d'acier.
- ✓ 350 à 400 litres d'eau pour produire 1 kg de sucre.
- ✓ 40 à 500 litres d'eau pour produire 1kg de papier.
- ✓ 1 à 35 litres d'eau pour produire 1kg de savon.
- ✓ 1 à 2 litres d'eau pour produire 1kg de matière plastique. [26]

2.3. La consommation agricole

L'agriculture est l'activité qui consomme la majorité de l'eau disponible dans le monde. Les trois quart de tout le volume sont consommés. Cette consommation conséquente dans ce secteur peut s'expliquer par différentes raisons :

- **l'élevage** dont le régime alimentaire implique la mobilisation de grandes quantités d'énergie et d'eau par ration produite.
- **l'irrigation** massive dans le but d'assurer des rendements maximums.

L'accroissement de la population qui nécessite la production de plus grandes quantités de denrées alimentaires.

- **des régimes alimentaires** plus riches dus à une orientation croissante du mode de vie «à l'occidental ». [38]

3. Pollution de l'eau

On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée, il y a en général des conséquences sérieuses pour leur santé. La pollution de l'eau peut aussi rendre l'eau inutilisable pour l'usage désiré. [43]

3.1. La pollution domestique

Proviens des utilisations quotidiennes de l'eau à la maison : eaux des toilettes, eaux savonneuses rejetées avec les lessives, les bains ou la vaisselle, les produits versés dans les éviers. Elle est caractérisée par :

- De fortes teneurs en matière organique.
- Des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore.
- Des détergents.
- Des germes fécaux. [12]

3.2. La pollution agricole

Les engrais et pesticides mal utilisés polluent les eaux souterraines et de surface. L'emploi excessif a fait sensiblement augmenter la quantité de nitrate dans les rivières et nappes phréatique peu profondes. [12]

3.3. La pollution industrielle

Les rejets industriels sont caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du procès industriel.

Selon l'activité industrielle, on va donc retrouver des pollutions aussi diverses que :

- Des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires ...).
- Des hydrocarbures (industries pétrolières, transports).

- Des métaux (traitements de surface, métallurgie).
- Des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...etc.).
- Des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques).
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs). [5]

4. Traitement de l'eau de surface

Les eaux de surface subissent en général un traitement avant leur consommation.

Dans cette partie nous essayons de décrire les différents procédés de traitement des eaux provenant du barrage de Hammam Debagh, assimilé à un lac artificiel, alimenté à son tour par les ruissellements, les eaux de pluies, et l'affluent principal : l'oued Bouhamdane, s'effectuant dans la station de traitement des eaux de surface se situant en aval du barrage et qui a pour but de clarifier ces eaux et de les rendre pures de point de vue bactériologique et exempt de micropolluants:

4.1. Le prétraitement

Il consiste à faire un dégrillage et un dessablage afin d'éliminer les particules de grosses tailles, les branches, les sables, ensuite l'eau passe dans un bassin de sédimentation ou bassin de débouillage afin que les particules supérieures à 1 micron de diamètre se décantent naturellement. [5]

4.2. Le traitement de clarification

Il consiste à agréger sous forme de floccs, les matières en suspensions organiques et minérales les substances colloïdales [5]. Il se compose de deux étapes principales :

4.2.1. La coagulation-floculation

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique de la clarification des eaux. Il réside dans la formation par l'addition de coagulant, trames floconneuses appelées «floccs». [5]

a. Coagulation

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée appelé coagulant avec une agitation rapide (120 tours/min) afin de faciliter leurs agglomérations en flacons décantables ou filtrables. Le coagulant peut être introduit dans un bassin de coagulation est sulfate d'alumine. Ce bassin doit être équipé d'une unité mécanique de mélange rapide. [5]

b. Flocculation

La flocculation est l'étape de traitement qui suit la coagulation, elle vise à favoriser la croissance de floc par une agitation lente (40 tours/min) et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation, elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajouter d'un flocculant.

Elle complète la phase de la coagulation et vise à assurer une plus grande cohésion du floc et une meilleure vitesse de sédimentation. Le flocculant peut être introduit dans un bassin de flocculation est «poly-électrolyte».

Ce bassin est équipé d'une unité mécanique de mélange lent. Le temps nécessaire pour la coagulation-flocculation est de 20 à 30 min. [5]

4.2.2. La décantation

Décantation à pour but d'éliminer les floc issues de la coagulation et flocculation, elle se fait grâce au bassin de décantation. Le temps nécessaire pour la décantation des floccs est 2 heures. [5]

4.3. La filtration sur sable

Le type de filtration utilisé dans cette station est la filtration sur sable, qui est un procédé permettant la séparation solide-liquide à travers un milieu poreux (sable) qui trouve sa place dans toutes les filières de potabilisation. La filtration sur sable permet l'élimination du floc résiduel ainsi que les matières organiques absorbées à la surface du floc. [24]

4.4. La désinfection

La désinfection de l'eau est une opération essentielle à tout traitement des eaux potables, elle a deux effets bénéfiques : d'une part, elle permet d'inactiver les micro-organismes pathogènes pouvant être nuisibles à la santé humaine, d'autre part, elle permet de laisser un résiduel du désinfectant dans le réseau de distribution prévenant ainsi une éventuelle ré-croissance bactérienne. [34]

5. L'eau et la santé

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie, est aussi devenue, de manière directe ou indirecte, la première cause de mortalité et de maladie au monde. L'inégalité dans la répartition des ressources en eau associée à la dégradation de la qualité de l'eau engendrent de grands problèmes de santé. Ainsi, dans les pays en développement, 80% des maladies sont dues à l'eau, un Africain sur deux souffre d'une maladie hydrique.

Par exemple la fièvre typhoïde est une maladie causée par les bactéries *Salmonella typhi*. La transmission peut se faire par :

- Le contact direct avec une personne infectée.
- La consommation d'aliments contaminés par de l'eau souillée par des matières fécales.
- La consommation d'aliments contaminés, lors de leur préparation, par une personne malade (ou porteuse saine). [8]

cadre géographique de la zone d'étude

1. Description du site

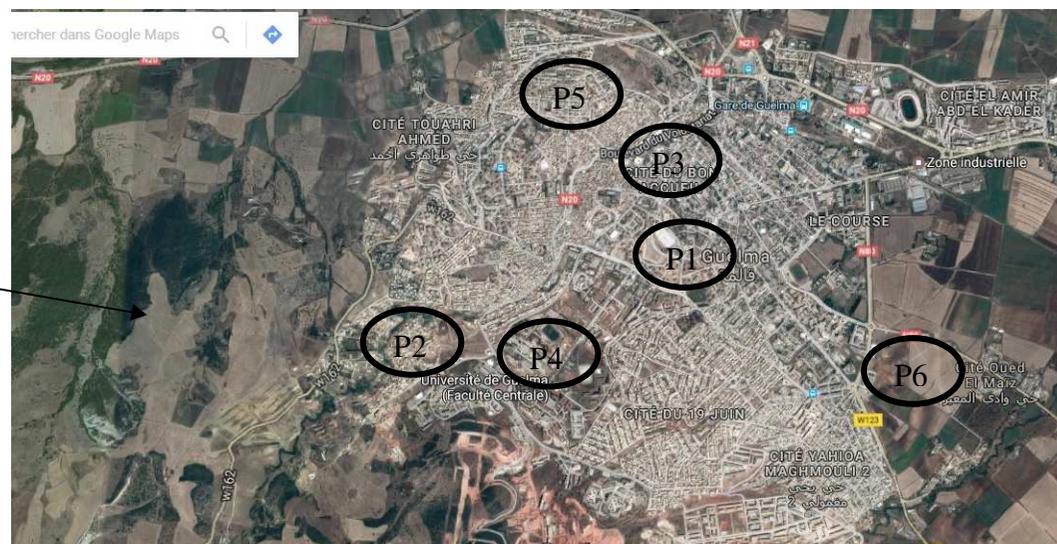
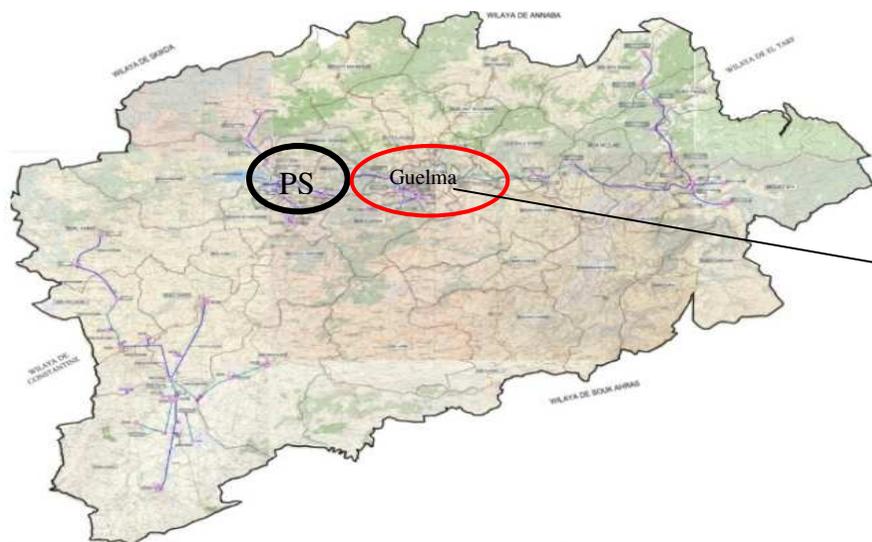
Dans un but de bien voir l'effet des différents paramètres influençant la qualité de l'eau de barrage traitées dans la station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh wilaya de Guelma et ce pendant son trajet depuis la station jusqu'à son arrivée au différents usagers, nous avons choisis six quartiers du chef-lieu de la wilaya, alimentés par ces eaux de barrage et qui sont bien cités dans le tableau suivant :

Tableau 01: Présentation des sites de prélèvement.

Numéro du prélèvement	Nature du prélèvement	Adresse du prélèvement	Date du prélèvement	Heure du prélèvement	Matériau du réseau
01	Eau du robinet	Maison d'un particulier, Cité Gahdoure	14/03/2017	15h :50	Acier Galvanisé
02		Université 08 Mai 1945, Ancien campus	14/03/2017	18h :30	Acier Galvanisé
03		Maison d'un particulier, rue d'Anouna N° 36	14/03/2017	16h :00	Fonte
04		Université 08 Mai 1945, Faculté des SNVTU	15/03/2017	9h :20	Polyéthylène haute densité (PEHD)
05		Maison d'un particulier, Cité Dafri Messaoud N° 206	15/03/2017	16h :25	Polychlorure de vinyle (PVC)
06		Maison d'un particulier, Cité les frères Aouissi 72 logt N° :48	15/03/2017	17h :00	Amiante ciment
07			Réservoir principal de la station de traitement des eaux SP1		

Notre plan d'échantillonnage a été tracé selon un protocole tenant compte de la matière et de l'état du réseau de distribution et du mode de stockage des eaux.

Tous les échantillons ont été pris des eaux du robinet au niveau de plusieurs quartiers pour bien voir l'effet des différents paramètres qui influencent ces eaux depuis la distribution au niveau de la station de traitement jusqu'à arriver au différents usagers.



P1:Prélèvement 1 : Cité Gahdoure.

P2:Prélèvement2 : Université 08 mais 1945 Faculté de SNVTU.

P3:Prélèvement3 : Rue d'anouna.

P4:Prélèvement4 : Université 08 mais 1945 La faculté centrale.

P5: Prélèvement5 : Cité Dafri Massoud.

P6: Prélèvement6 : Cité les frères Aouissi.

PS: Prélèvement au niveau de station de traitement des eaux

Figure01: Carte géographique présente la wilaya de Guelma et les différents points de prélèvements (Google earth modifiée, 2017).

Le territoire de la Wilaya se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud. Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été. La température qui varie de 4° C en hiver à 35.4°C en été, est en moyenne de 17,3° C.

La Station de Traitement des eaux potables de Hammam Meskhoutine (Debagh), dessert environ 300 000 personnes ; elle est dimensionnée pour une production quotidienne de l'ordre de 47000 m³/j. [41]

L'eau potable produite dans la station doit en effet conserver sa qualité depuis la sortie de station jusqu'au robinet de l'utilisateur. Une bonne distribution résulte donc d'un transit de l'eau sans aléas tous le long du réseau.

Après traitement de potabilisation, l'eau est stockée dans un réservoir ou château d'eau avant d'être distribuée à la population et autres utilisateurs (industries, entreprises, administrations, lutte contre les incendies, nettoyage des rues, etc.). Le réseau de distribution public est alors raccordé au réseau privé via le compteur d'eau.

2. Le stockage de l'eau

L'eau est stockée dans un réservoir d'eau pour des raisons d'économies. Les réservoirs d'eau permettent également à la station de fonctionner à un débit constant. Ils jouent le rôle de réserve d'eau et constituent une sécurité en cas de consommation élevée assurant un débit et une pression réguliers.

Le passage direct de la station de traitement de l'eau potable au réseau de distribution nécessite des stations de pompage et des groupes électrogènes. [4]

3. La distribution de l'eau

La distribution de l'eau se fait à partir d'un réseau de canalisation de différents matériaux. Ce réseau souterrain est sans cesse contrôlé et entretenu par les fontainiers. Ils ont la charge des fuites (détection et réparation), de l'entretien des canalisations et des réservoirs, de la surveillance du rendement. [4]

4. La dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux

Les réseaux de distribution d'eau potable sont continuellement exposés à un flux de matière organique biodégradable et de microorganismes provenant de l'usine de traitement, mais également d'incidents (cassures, réparations) survenant sur le réseau lui-même. Une partie de ces microorganismes (bactéries hétérotrophes en particulier) s'adapte à cet environnement oligotrophe, et peut ainsi coloniser l'ensemble d'un réseau de distribution d'eau potable, la plus forte densité de microorganismes se rencontrant à la surface des matériaux supports et s'organisant sous forme de micro-colonies plus ou moins dispersées et mélangées à des produits de corrosion et des précipités inorganiques. [11]

4.1. Différents matériaux utilisés dans les réseaux de distribution des eaux potables

4.1.1. Le Polychlorure de vinyle (PVC)

Le PVC est une matière synthétique très élaborée avec des propriétés techniques quasi idéales problématiques du point de vue écologique et de la protection au feu. Il est utilisé pour l'eau potable surtout sous sa forme chlorée : le PVC-C.

Celui-ci résiste à une température de 100 °C et peut être employé pour les conduites d'eau froide ou chaude. Le PVC-U, également appelé PVC, [22]

4.1.2. L'Acier galvanisé

En tant que conduites métalliques avec ou sans soudures, ces conduites en acier sont galvanisées à l'intérieur ou à l'extérieur. Dans la mesure où du cadmium et du zinc se détachent du revêtement des conduites, celles-ci ne devraient pas être soumises à une température >60°C pour éviter de trop charger l'eau potable en ions métalliques. Les conduites en acier galvanisé ne conviennent que pour l'eau potable dont la valeur pH est neutre à légèrement basique : un milieu acide accélérerait la dissolution de la couche de zinc. A la condition d'être mises en œuvre soigneusement et selon les règles de l'art. Ces conduites ont une bonne durabilité si la couche de protection contre la corrosion n'est pas atteinte. Les efforts exigés par la pose rendent leur utilisation très limitée. [22]

4.1.3. La fonte

Le tuyau en fonte est un type de tuyau qui permet de faire circuler des fluides entre deux destinations plus ou moins éloignées. Le tuyau en fonte fait partie des nombreux types de tuyaux existants aux côtés des tuyaux en tôle, en cuivre, en plomb, en béton, en matière plastique ou encore en verre. [22]

La particularité du tuyau en fonte réside dans sa composition à base de fonte, qui le rend inoxydable et solide. Les tuyaux en fonte sont obtenus par un processus de centrifugation et sont majoritairement composés de fonte grise. Le recours aux tuyaux en fonte se fait principalement pour les canalisations souterraines utilisées dans le transport d'eau, de produits pétroliers ou de gaz naturel. Les tuyaux en fonte sont capables de supporter une pression jusqu'à PN 10 et sont résistants à la corrosion. [22]

4.1.4. Le Polyéthylène haute densité (PEHD)

Les canalisations en PEHD répondent parfaitement aux attentes en termes de développement durable. Pérennité, longévité, étanchéité et insensibilité à la corrosion. Le polyéthylène est un polymère qui est formé uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène ce qui apporte une contribution forte à la protection de l'environnement.

Les tubes PEHD pour les réseaux d'eau potable peuvent être utilisés en enterré, retubage ou en aérien. Les difficultés de mise en place dans des terrains encombrés et instables requièrent flexibilité et résistance mécanique ; les tubes PEHD s'affranchissent parfaitement de ces contraintes. La livraison en grandes longueurs unitaires permet une pose rapide, limitant le nombre de raccords et optimisant ainsi la fiabilité du réseau. [22]

4.1.5. L'Amiante ciment

L'amiante-ciment est, comme son nom indique, un matériel constitué par des fibres en amiante mélangé avec du ciment. L'amiante est un groupe de silicates fibreux avec certaines caractéristiques physico-chimiques et mécaniques remarquables, donc, il a été abondamment employé en matériaux de construction et en canalisations.

Il a été un matériel très utilisé, à cause de son bas coût et sa légèreté, pour la canalisation d'eau potable. [45]

4.2. Les fuites

L'eau potable est transportée dans des canalisations fermées et généralement enterrées. Avec le vieillissement lié aux caractéristiques des canalisations et de leur environnement, les performances hydrauliques et la qualité d'eau diminuent, les pertes d'eau et les casses augmentent et peuvent provoquer des dégradations de la qualité de l'eau suite à l'introduction d'eau polluée, des perturbations de la circulation suite aux inondations ainsi que des risques de retour d'eau.[40]

4.3. Les incrustations

Avant d'envoyer l'eau dans le réseau on pourra favoriser le dépôt des carbonates par aération ou au contraire la neutraliser par addition de chaux.

L'incrustation qui se manifeste d'une façon souvent spectaculaire dans les conduites d'eau, est souvent responsable de la réduction progressive de leur débit qui nécessitera un traitement pour retrouver la productivité initiale. [13]

5. Origine des altérations de la qualité de l'eau potable

Le Tableau ci-après décrit de façon récapitulative les différentes origines des altérations de la qualité de l'eau en cours de distribution.

Les causes d'altération situées dans les installations privées sont citées à titre d'information puisque ne faisant pas partie intégrante de cette étude. [16]

Tableau 02 : Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et leurs conséquences. [16]

Origines	Causes	Conséquences	Dangers
Réservoir	Mauvaise étanchéité de l'ouvrage	Infiltration de l'eau de pluie	Contamination microbiologique
	Orifices de ventilation ou voies d'accès mal protégées	Pénétration d'insectes	Altération de l'eau sur le plan organique organoleptique ou Microbiologique
	Mauvais entretien (nettoyage notamment)	Apports nutritifs du fait de l'encrassement, ou de sédiments organiques	Développement de germes (clostridium, ...)
	Surdimensionnement, points bas courts circuits de l'eau entrée-sortie, ...	Stagnation de l'eau	Apports de matières organiques
	Réservoir exposé à la lumière du jour	Croissance d'algues	Apports de matières organiques
	Interventions effectuées en dehors des règles de l'art (désinfection, prélèvements, accès au plan d'eau, ...)	Eau potable souillée	Contamination microbiologique
Retours d'eau	Dépression (pompage intensif sur réseau, rupture de canalisation,...) ou contrepression (mise en pression dans une installation privée, ...)	Siphonage ou refoulement de substances indésirables ou polluantes	Pollutions toxiques, microbiologiques, ou Organoleptique
Environnement extérieur de la conduite	Fuites, usures au joint et dépression.	Intrusion d'eaux terreuses Introduction de polluants	Pollution microbiologique essentiellement Pollution toxique ou organoleptique
Défauts du réseau	Matériau inadéquat pour l'alimentation en eau potable	Relargage de polluants Apports nutritifs Adhérence trop importante des germes Corrosion	Pollution toxique Favorise le bio film Contamination microbiologique Altération des paramètres métaux (Fe, Zn, Pb, Cu, Cd, ...)

Interventions sur le réseau	Désinfection insuffisante à la suite d'une réparation ou d'un renouvellement. Manœuvre de réseau, coups de bélier Erreurs de branchement (ex : sur réseau d'eau non potable)	Développement de germes Mise en suspension de dépôts	Contamination microbiologique Pollution organoleptique voire microbiologique Contamination microbiologique entre autres
Intrusion de polluants au niveau d'une ventouse (rare)	Ventouse mal située	Eau potable souillée	Contamination microbiologique
Installation intérieure	Matériau inadéquat Juxtaposition de matériaux inadéquats Dysfonctionnement des dispositifs de traitement domestiques (surdosage, cartouches saturées ou colonisées par des bactéries, Colonisation des zones stagnantes par circuit d'eau chaude Surdimensionnement (faible consommation, longueur, ...)	Corrosion ou Relargage Corrosion Stagnation de l'eau	Pollution toxique ou organoleptique Altération des paramètres métaux Relargage de bactéries ou d'éléments minéraux Contamination microbiologique (Legionella) Pollution microbiologique, chimique (NH ₃), organoleptique

Matériels et méthodes

La partie pratique de ce travail a été réalisée au niveau du laboratoire de la station de traitement des eaux potables de hammam Debagh, Guelma.

Dans ce chapitre nous présentons les différentes méthodes et matériels utilisés pour la réalisation de ce travail.

1. Choix de points de prélèvement

L'étude de l'évolution des paramètres régissant la qualité bactériologique et physicochimique a été établie à partir de six points d'eau qui sont localisés dans des quartiers de la ville de Guelma alimentés par les eaux de barrage de Hammam Debagh. (**Figure 02**)

Point de prélèvement1: Maison d'un particulier Cité Gahdoure.

Point de prélèvement2: Université 08 Mai 1945, Ancien campus.

Point de prélèvement3: Université 08 Mai 1945, Faculté des SN.VTU.

Point de prélèvement4: Maison d'un particulier, rue d'Anona N° 36.

Point de prélèvement5: Maison d'un particulier, Cité Dafri Messaoud N° 206.

Point de prélèvement6: Maison d'un particulier, Cité les frères Aouissi 72 logt N° :48

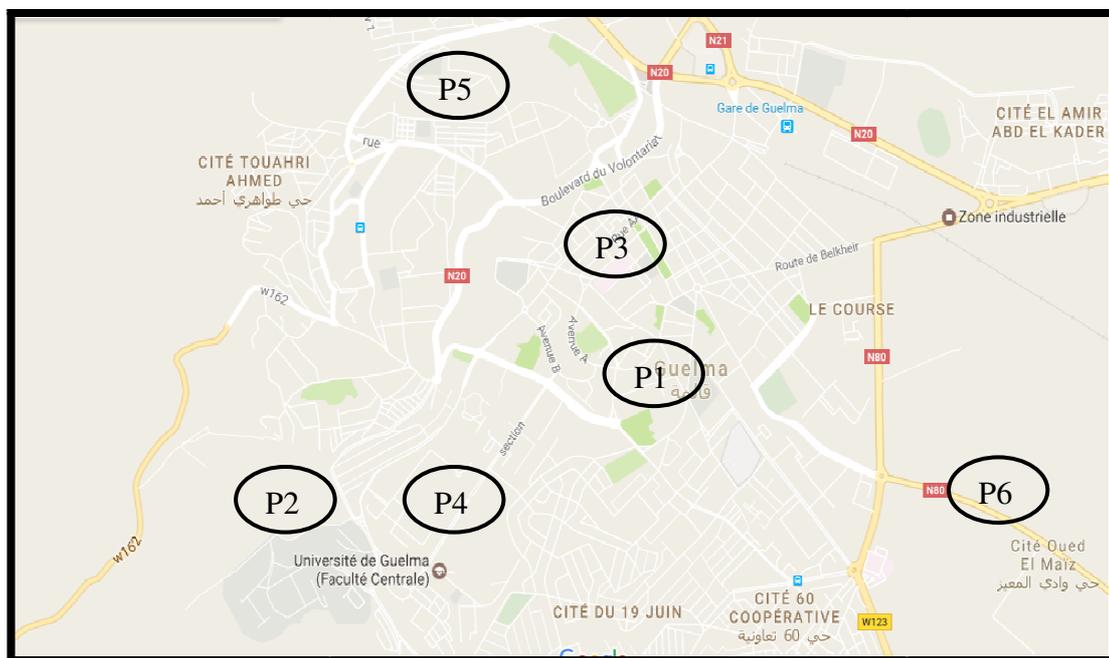


Figure 02: localisation des points prélèvements des eaux potable. (**Google earth modifiée, 2017**)

2. Échantillonnage

Pendant le prélèvement, la température de l'eau, la conductivité électrique, le pH et la salinité ont été mesurés in situ.

Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide des bouteilles en plastique préalablement rincées avec l'eau de l'échantillon. Ils ont été ensuite conservés à une température de 4 °C, puis analysés dans les 24 heures. Les méthodes d'analyses sont celles préconisées par Rodier (1996).

Au niveau bactériologique, on a utilisé des flacons en verre d'un large col et d'un bouchon à vis métallique.

Les prélèvements sont effectués dans les meilleures conditions de stérilité. Avant de procéder au prélèvement proprement.

3. Méthodes d'analyse

Nous avons procédé à l'analyse des échantillons en utilisant différentes méthodes selon les normes, en respectant le temps après le prélèvement pour une meilleure représentativité des résultats. Les analyses regroupent la mesure de paramètres in situ et ceux réalisés au laboratoire.

3.1. Mesure in situ

Un certain nombre de paramètres physicochimique de l'eau ne peuvent être mesurés que sur terrain car les valeurs peuvent évoluer très rapidement dans les échantillons prélevés. Ce sont principalement : la température de l'eau, le pH, la salinité, la conductivité électrique et le chlore.

3.1.1. La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet, Celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout du gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges.

La température influence aussi directement la réaction de dissolution de l'oxygène dans l'eau c'est-à-dire plus l'eau est froide plus la dissolution est importante. [8]

***Principe**

Les mesures de la température de l'eau est faite sur le lieu de prélèvement à l'aide d'un pH paramètre. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (C°).

3.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau. Le contrôle du pH est important durant le traitement de l'eau potable afin de maximiser l'efficacité du traitement, et dans le réseau de distribution, afin de contrôler la corrosion et de réduire le relargage du réseau et des éléments de plomberie. [42]

***Principe**

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électro métrique avec électrode Combinée selon la norme AFNOR. Cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon, une électrode spécifique. [23]

Mode opératoire

- Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension.
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable.
- Plonger l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre Centimètres.
- Attendre que la valeur soit stable avant la lecture.
- Rincer à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre pour réaliser la mesure suivante. [23]

3.1.3. La Conductivité électrique

La conductivité des eaux (capacité à conduire l'électricité), en siemens/m, permet d'évaluer la quantité de la substance minérale dissoute sous forme ionique.

La conductivité naturelle est généralement comprise entre $5 \cdot 10^{-3}$ et $150 \cdot 10^{-3}$ S/m. [26]

La conductivité électrique d'une eau augmente avec la température, car la mobilité des ions augmentent avec elle. [32]

La mesure effectuée in situ à l'aide d'un multi paramètre.

3.1.4. La salinité

La salinité est un facteur écologique majeur, une salinisation du milieu entraîne une modification importante de la biocénose, sans qu'il s'agisse d'une pollution. [28]

La lecture est effectuée par un multi-paramètre in situ.

3.1.5. Le chlore

Le dosage du chlore résiduel, libre et total, peut se faire par la méthode à la Diméthyle-para-Phénylène Diamine (D.P.D) en utilisant des réactifs sous forme de pastilles à dissolution rapide. Les résultats s'expriment en mg/L par lecteur de la réaction colorée obtenue par action du chlore sur la D.P.D. à l'aide d'un comparateur à lecture visuelle équipé d'une échelle d'étalons colorés permanents. [11]

3.2. Mesure au laboratoire**3.2.1. La turbidité**

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble, c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux par la présence de matière en suspension fine, comme l'argile, les limons, les grains de silice, une faible part de la turbidité peut être due à la présence de matières colloïdales d'origines organique ou minérale. [29]

***Principe**

La turbidité est la mesure d'une propriété optique de l'eau qui résulte de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules de matières en suspension présentes. La quantité de turbidité mesurée dépend de variables telles que la taille, la forme et les propriétés de réfraction des particules. [15]

Mode opératoire

- Remplir la cuve stérile avec l'eau à analyser.
- Appuyer sur le bouton de mesure.
- Faire la lecture après la stabilisation du turbidimètre.

3.2.2. Le résidu sec

C'est la mesure de la quantité de matière minérale dissoute dans l'eau. Il donne un indicateur du degré de minéralisation de l'eau. Le résidu sec est obtenu après évaporation de l'eau à 180°C. Il donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles. Suivant le domaine d'origine de l'eau, cette teneur peut varier de moins de 100 mg/L (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 30000 mg /L. [25]

***Principe**

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu sec asséché et ensuite pesé, En effet à 105 – 110 °C l'hydrogène-Carbonates transforme en carbonates ce qui entraîne une perte d'anhydride carbonique.

Mode opératoire

- Sécher le bécher dans l'étuve à 105 °C pendant 15 min puis laisser refroidir pendant 15 min au dessiccateur; Peser la masse de bécher (m_1).
- Prélever 200 ml d'eau à analyser dans le même bécher ce dernier est placé à l'étuve à 105°C pendant 24 heures puis laisser refroidir pendant ¼ heure au dessiccateur, et peser immédiatement (m_2).

Expression des résultats

Le résultat est donné en (mg/L) par la formule suivante :

$$\text{RS (mg/L)} = [(m_2 - m_1) * 5] * 10^3$$

m_1 : le poids initial du bécher à vide.

m_2 : le poids résiduel.

3.2.3. La matière organique

La matière organique désigne la matière décomposée d'origine animale, végétale et bactérienne, des composés organiques issus de déchets et débris de l'environnement trouvé dans un sol. La matière organique fraîche est composée de litière avec des feuilles, brindilles, résidus de cultures, racines mortes, micro-organismes morts, etc. Elle est présente dans la plupart des horizons pédologiques, les sols terrestres ou aquatiques, à raison de 0,5 à 10% de la composition

et de la biomasse du substrat. Théoriquement, elle n'inclut pas les matières non décomposées. La première matière organique en décomposition dans un horizon est l'humus. [36]

***Principe**

L'opération consiste à mesurer en milieu acide et en milieu alcalin, la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières organique d'origine animale ou végétale contenues dans une eau.

Réactifs

- ✓ Solution d'acide sulfurique à 50%.
- ✓ Solution de permanganate de potassium N /80.
- ✓ Solution d'acide oxalique.

Mode opératoire

- Introduire 100 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer.
- Ajouter 10 ml d'acide sulfurique 50%.
- Ajouter 10 ml de Solution de permanganate de potassium N /80 (coloration rose).
- Chauffer l'échantillon à l'aide une plaque chauffante jusqu'à l'ébullition pendant 10 min à partir du moment où en formation au fond du ballon venait crever la surface du liquide.
- Le titrage en retour de l'excès d'acide oxalique par le permanganate de potassium.
- La fin de la réaction est visualisée par le virage de la couleur vers le rose clair.

Expression des résultats

La concentration en matière organique en mg/L est donnée par la formule suivante :

$$MO \text{ (mg/L)} = V_{KMnO4} \text{ (ml)}.$$

V_{KMnO4} (ml): le volume de permanganate de potassium nécessaire pour le titrage de la matière organique.

3.2.4. La matière en suspension MES

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau. Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique.

Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique. [35]

***Principe**

Séparation des matières en suspension par filtration sur disque filtrant en fibre de verre séchage à 105°C et pesée.

Mode opératoire

- Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20 min.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Ensuite les peser soit m_1 .
- Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- Rendre les membranes à l'étuve (105°C) afin de les sécher pendant 20 min.
- Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une 2^{ème} fois soit m_2 .

Expression des résultats

La concentration en matières en suspension en mg/L est donnée par la formule suivante :

$$\text{MES (mg/L)} = (m_2 - m_1) * 5 * 1000.$$

m_1 : poids des membranes avant filtration.

m_2 : poids des membranes après filtration.

3.3. Les paramètres chimiques**3.3.1. La dureté totale (titre Hydrotimétrique TH)**

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium.

La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO_3 . Elle est aussi très souvent donnée en degrés français. [32]

***Principe**

En pratique la dureté totale est définie par la somme des cations calcium et magnésium. Les alcalino-terreux présentés dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide Diamintetracétique (EDTA).

Réactifs

- ✓ Indicateur coloré : noir érichrome T(NET).
- ✓ Solution d'EDTA.
- ✓ Solution tampon : ammoniacale 34%.

Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de solution tampon d'ammoniacale (pH= 9,5 – 10).
- Ajouter quelque grain d'indicateur coloré NET.
- Verser d'EDTA jusqu'au virage de couleur de rouge vers le bleu.

Expression des résultats

Le résultat est donné par la formule suivante :

$$\text{TH (}^\circ\text{F)} = V \text{ (ml)} * 2$$

V: Volume d'EDTA nécessaires pour le TH.

3.3.2. L'alcalinité (TA + TAC)

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes.

On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC).

Le TA et le TAC étant mesurés successivement sur un même échantillon, les deux méthodes de dosage seront présentées en même temps. [32]

3.3.2.1. Titre alcalimétrique TA***Principe**

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par acide minéral (HCl) dilué en présence de la phénophtaléine (indicateur coloré).

Réactifs

- ✓ Acide sulfurique (H₂SO₄).
- ✓ Indicateur coloré : phénophtaléine dans l'alcool à 0,5%.
- ✓ Solution de méthylorange.

Mode opératoire

- Introduire 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénophtaléine (coloration rose).
- Titrer par le H₂SO₄ jusqu'à la disparition de la couleur.

Si la couleur n'apparaît pas :

TA= 0 (pH < 8,3 donc TA= 0).

Expression des résultats

Le résultat est donné par la formule suivante :

$$TA (^{\circ}F) = V_{\text{titrer}} (\text{ml})$$

V_{titrer} : le volume de H₂SO₄ pour TA.

3.3.2.2. Titre Alcalimétrique complète (TAC)***Principe**

Utiliser l'échantillon traité précédemment il n'y a pas de coloration.

Mode opératoire

- Ajouter 2 à 3 gouttes de méthylorange.
- Titrer par le H₂SO₄ jusqu'au virage de couleur de jaune vers orangé.

Expression des résultats

$$\text{TAC } (^{\circ}\text{F}) = V_{\text{titrer}} (\text{ml}) - 0,5$$

V_{titrer} : le volume de H_2SO_4 pour TAC.

3.3.3. La teneur en sel dissous (TDS)

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale des sels minéraux dissous dans l'eau est appelée le TDS.

Une eau, dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/L, est généralement considérée comme bonne. La mesure de la TDS se fait dans le laboratoire à l'aide d'un multi paramètre ou un TDS mètre en mettant une quantité d'eau à analyser dans un bécher stérile est introduire cette eau dans l'un des appareils. [31]

3.3.4 Les éléments majeurs**3.3.4.1. Le calcium Ca^{2+}**

C'est un alcalin très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Ses sels se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. Leur teneur dans l'eau, qui peut varier de 1 à 150 mg /L est directement liée à la nature géologique des terrains traversés. Les sels de calcium sont obtenus en majorité lors de l'attaque des roches calcaires par l'anhydride carbonique dissous (CO_2) ; il constitue l'élément économique dominant des eaux superficielles. Le calcium est l'élément principal de la dureté de l'eau. [27]

***Principe**

Le calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau. Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés. Il existe à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme des sulfates, chlorure ...etc. [32]

Sa présence dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4). [15]

Réactif

- ✓ Indicateur coloré : murexide.
- ✓ Solution d'EDTA ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$).
- ✓ Hydroxyde de sodium NaOH.

Mode opératoire

- On introduit 50 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer au col large.
- L'addition de 2 ml d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH).
- Ajouter deux gouttes d'indicateur de murexide.
- Titrer avec l'EDTA jusqu' au virage du rose au violet.

Expression des résultats

La concentration de calcium, en mg/L est donnée par la formule suivante :

$$[Ca^{+2}] \text{ mg /L} = V(\text{ml}) * 8,01$$

V: Volume d'EDTA nécessaires pour le Ca^{+2} .

3.3.4.2. Le magnésium Mg^{+}

Le magnésium se place au huitième rang parmi les éléments naturels les plus abondants dans la nature. Il constitue 2,5% de la croûte et forme généralement des roches comme la giobertite (magnésite), la dolomie, l'olivine, la serpentine, le talc et l'amiante. Les principales sources du magnésium contenu dans ces eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignée et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires.

Dans les régions riches en roches magnésique, l'eau peut contenir des concentrations de 10 à 50mg/L de cet élément. [25]

***Principe**

Titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDAT) à pH= 10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

Réactifs

- ✓ Indicateur coloré : noir érichrome T.
- ✓ Solution d'EDTA(C₁₀H₁₄N₂Na₂O₈H₂O).
- ✓ Solution NH₄OH.

Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH).
- Ajouter quelque graine de Noir Erichrome T (NET).
- Titrer avec la solution d'EDTA jusqu'au virage couleur bleu.

Expression des résultats

La concentration de magnésium par mg/L est donnée par la formule suivante :

$$[\text{Mg}^{2+}] \text{ mg/L} = [(V_1 * 0,2) - (V_2 * 0,2)] 24,305$$

V₁ : volume de d'EDTA pour TH.

V₂ : volume de d'EDTA nécessaire pour la concentration de Ca²⁺.

3.3.4.3. Les chlorures (Cl⁻)

Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives, La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé. Sur la base des résultats des analyses effectuées pour les échantillons des eaux, les teneurs en chlorures est de l'ordre de 42,6 mg/L à 115 mg/L. [9]

***Principe**

Les ions de chlorure sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO₃) en présence de chromate de potassium (K₂CrO₄).

La fine de la réaction est indiquée par l'apparition d'un précipité rouge (chromate d'argent).

- ✓ Réactifs
- ✓ Solution de chromate de potassium (K₂CrO₄).
- ✓ Solution de nitrate d'argent (AgNO₃) à 10%.

Mode opératoire

- Introduire 25 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).
- Titrer avec la solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) à 10% jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre.

Expression des résultats

Le résultat est donné par la formule suivante :

$$[Cl^-] \text{ (ml/l)} = V(l) * 142$$

V(l) : volume de l' $AgNO_3$ nécessaire pour les ions de chlorure.

3.3.4.4. Les sulfates SO_4^{2-}

Les sulfates (SO_4^{2-}) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique en sulfate.

[9]

***Principe**

Echange des cation présenter dans un échantillons à travers un échangeur d'ion d'hydronium (H^+), réaction des ions sulfates présenter dans l'élut avec du chlorure de baryum pour former un précipité blanc (sulfate de baryum).

Réactifs

- ✓ Chlorure de baryum ($BrCl$).
- ✓ Solution stabilisante.

Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'échantillon.
- Ajouter 1 ml de réactif mixte.
- Attendre au moins 20 min.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des ions de sulfate.

Et puis faire la lecture au spectromètre.

3.3.4.5. Détermination du bicarbonate HCO_3^-

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique. [6]

La concentration des bicarbonates est calculée selon la relation suivante :

$$[\text{HCO}_3^-] = \text{TAC (F}^\circ) \times 12,2$$

TAC: Alcalinité totale

$$1 \text{ F}^\circ = 10 \text{ mg/L}$$

3.3.5. Les éléments de pollution**3.3.5.1. Les Nitrates NO_3^-**

L'ion nitrate (NO_3^-) est l'aliment azoté de base de la plante et la clé des rendements élevés.

Les nitrates que les racines trouvent dans le sol ont diverses origines : La dégradation de l'humus ; la matière organique (fraîche ou compostée) apportée comme fertilisant ; ou l'azote nitrique des engrais azotés chimiques.

La présence de nitrate dans l'eau est un indice de la pollution d'origine agricole (engrais) urbaine (dysfonctionnement des réseaux d'assainissement) ou industrielle. [12]

***Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs

- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium à 30 %.
- ✓ Solution de salicylate de sodium à 50 %.
- ✓ Tartrate double de sodium.

Mode opératoire

- Introduire 10 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium à 50 %.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75- 88 °C.
- Prendre le résidu avec 2 ml de l'acide sulfurique.
- Laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 ml d'distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

A la fin faire la lecture au spectromètre.

3.3.5.2. Les Nitrites NO₂⁻

Ils sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les Nitrates. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. [9]

***Principe**

Réaction des ions de nitrite présentée dans une prise d'essai à pH= 1,9 avec le réactif amino-4benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyle-1) diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540 nm.

Réactif

- ✓ Réactif mixte.

Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml de réactif mixte.
- Attendre au moins 20 min.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des ions de NO₂⁻.

Al fin faire la lecture au spectromètre.

3.3.5.3. L'ammonium NH_4^+

L'ion d'ammonium NH_4^+ , est la formule réduite de l'azote. Il provient principalement de la décomposition des protéines naturelles contenues dans les phytoplanctons et les micro-organismes. Il peut être aussi issu de l'apport de l'effluent urbain épuré, de rejets industriels ou agricoles. Il se trouve dans les eaux naturelles à des concentrations variant de 0,1 à plus de 10 mg/L.

***Principe**

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcalin de sel de sodium du Dichoroisocyanurate de sodium.

Réactifs

- ✓ Réactif coloré 1.
- ✓ Réactif incolore 2.

Mode opératoire

- Prélever 40 ml de l'eau à analyser.
- Ajouter dans l'ordre :
 - 4 ml de réactif coloré homogénéisé
 - 4 ml de réactif de Dichoroisocyanurate de sodium et homogénéisé.
- Ajouter 2 ml de l'eau distillé pour compléter le volume jusqu'à 50 ml.
- Effectuer les mesures spectrophotométrique.
- L'apparition de la couleur verdâtre indique la présence des ions d'ammonium.

Faire la lecture au spectromètre.

3.3.5.4. Les phosphates (PO_4^{-3})

Le phosphate c'est un élément essentiel à la vie aquatique la forte concentration en phosphate rencontrées dans l'estuaire indiquent un enrichissement d'origine domestique et agricole provenant du bassin versant, ainsi que l'existence d'apports directs venant des activités industrielle.

Les phosphates peuvent être d'origine organique ou minérale, le plus souvent, leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture, de leur emploi comme additifs dans les détergents et comme agents de traitement des eaux de chaudières. Leur présence dans les eaux de certains puits, à la campagne, indique la proximité de fumiers, de fosses septiques ou la possibilité d'infiltration d'eaux de ruissellement agricoles, riches en engrais.

Dans les eaux saumâtres turbides, la teneur en phosphore est sous l'influence de la nature et de la concentration en particules fines, en raison des phénomènes d'adsorption. C'est ce qu'on constate dans l'embouchure de la seine où dans le bouchon vaseux la teneur en PO_4^{-3} est proportionnelle à la concentration en matières en suspension (MES). [35]

***Principe**

C'est une réaction des ions ortho-phosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

Réaction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm l'autre plus importante à 800 nm).

Réactifs :

- ✓ Acide ascorbique.
- ✓ Réactif mixte.

Mode opératoire :

Dans une fiole jaugée de 50 ml :

- Introduire 40 ml de l'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- Ajouter 2 ml de réactif mixte.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des ions de PO_4^{-3} .
- La lecture des résultats après 15 min à l'aide d'un spectromètre.

3.3.6. Les éléments en trace**3.3.6.1. Les ions de fer (Fe^{2+})**

Les eaux de surfaces peuvent contenir jusqu'à 0.5 mg /l de fer qui peut avoir pour origine des terrains traversées ou les pollutions industrielles. Dans les eaux de distribution, il provient plus souvent de la corrosion des conduites d'amenés. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Il précipite à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air.
[12]

***Principe**

Le complexe de Fer-phénanthroline-1.10 est stable dans l'intervalle de pH de 2,5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration et l'absorption est linéaire jusqu'à une concentration de 5 mg de Fer par litre.
Le maximum d'absorbance se situe à environ 510 nm.

Réactifs

- ✓ Tampon d'acétate.
- ✓ Chlorhydrate d'hydroxyde lamine.
- ✓ Solution de phénanthroline.

Mode opératoire

- On prend 50 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer.
 - Ajouter la solution de phénanthroline.
 - Ajouter 1 ml de la solution de Chlorhydrate d'hydroxyde lamine et mélanger soigneusement.
 - Ajouter 2 ml de Tampon d'acétate pour obtenir un pH compris entre 3,5 et 5,5 de préférence 4,5.
 - On ajoute à la fin 2 ml de la phénanthroline-1.10.
 - On complète à 50 ml puis conserver à l'obscurité.
- En fin passer au spectromètre.

3.4. L'analyse bactériologique

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale. On peut noter que l'absence de contamination fécale ne laisse en rien présager l'absence d'espèce potentiellement pathogène.

Cette analyse est importante car la qualité bactériologique d'une eau n'est pas un paramètre stable, mais au contraire sujet à fluctuation, par pollution accidentelle, nécessitant des contrôles permanents et représentant la cause la plus fréquente de non potabilité de l'eau appareils. [31]

3.4.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Test de présomption

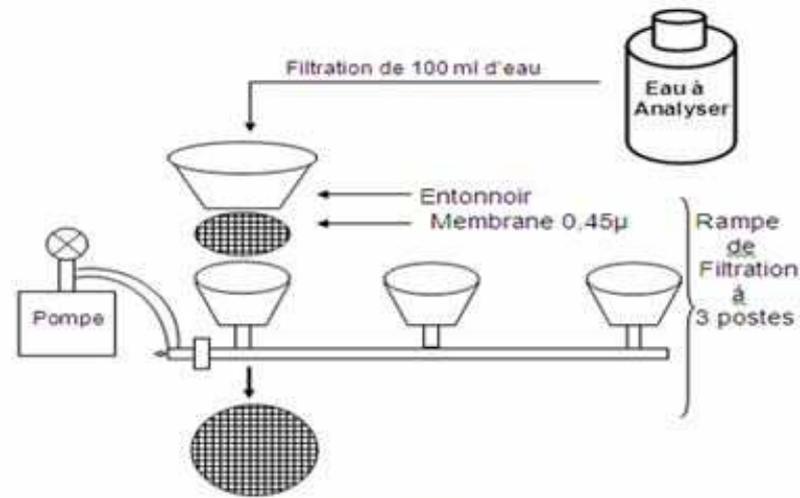
Les coliformes sont considérés comme indice de contamination fécale. La recherche et le dénombrement des coliformes se fait selon la méthode en filtration sur membrane à 0,45 μ en milieu solide. La colimétrie par filtration est une méthode rapide, simple, normalisée nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration. (**Figure 03**)

Pour la recherche des bactéries coliformes par filtration sur membrane, il faut au préalable un essai standard ; qui débute par une stérilisation de l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen, les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser ou avec de l'eau distillée stérile.

Mettre en place de façon aseptique, une membrane de porosité minimale de 0,45 μ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.

Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser, devant un bec bunsen. Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane. Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, sur la surface d'une plaque de gélose tergitol au chlorure de 2,3,5-triphényltetrazolium (TTC) et heptadécylsulfate de sodium (Tergitol 7) préalablement préparée.

Cette dernière sera incubée couvercle en bas à 37°C pendant 24heures voire 48heures et servira à la recherche des bactéries coliformes suivie de l'identification biochimique des *Escherichia coli*. [20]

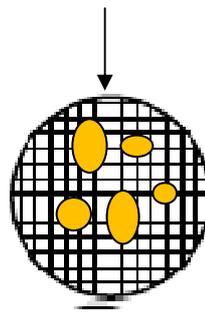


Gélose tergitol au chlorure de 2, 3,5-triphényltetrazolium (TTC)

Et heptadécylsulfate de sodium (Tergitol 7)

Incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures

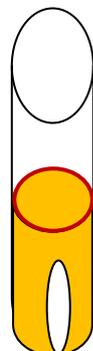
Test de présomption



Des colonies de coliforme totaux

Repiquer de façon aléatoire quelques colonies

Teste de confirmation



Tube contenant le milieu

Schubert muni d'une

Cloche de Durham

ajouter 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs

Figure 03 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux de l'eau à analyser.

La lecture

Après la période d'incubation spécifiée, dénombrer les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune.

Teste de confirmation

Le teste de confirmation est basée sur la recherche des coliformes fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence de *Escherichia Coli*.

Repiquer de façon aléatoire 5 à 10 colonies dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham (pour le ; après l'agitation, ajouter 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture

La présence d'une coloration rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole par *Escherichia Coli* à partir du tryptophane présent dans le milieu.

3.4.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

La méthode de recherche se fait selon la méthode de filtration. Tout comme la colimétrie par filtration, c'est aussi une méthode rapide, simple, et normalisée. Elle nécessite la disponibilité d'une rampe de filtration. **(Figure 04)**

Tout d'abord, il faudrait stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen. Le refroidir soit avec de l'eau distillée stérile. Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 μ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Fixer ce dernier avec la pince correspondante. Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser. Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.

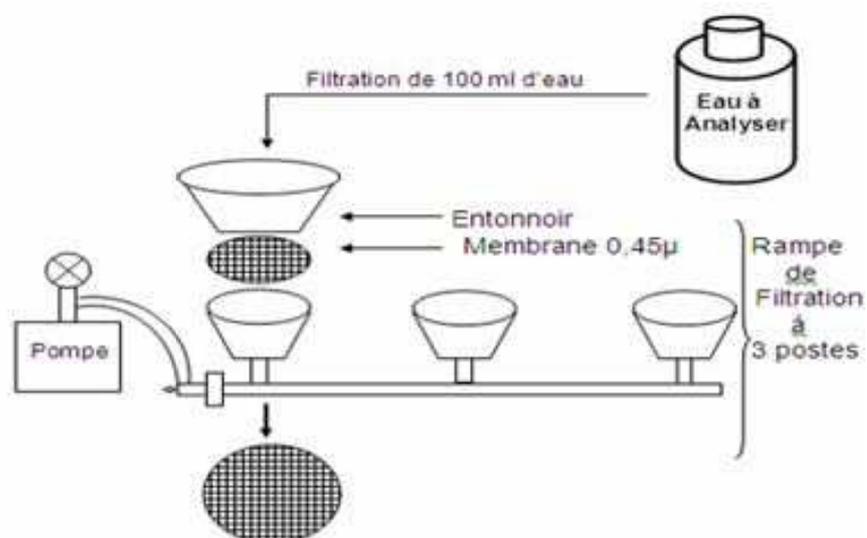
Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri contenant de la gélose SLANETZ.

Cette membrane sera incubée à 37°C pendant 48 heures. Après incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marron ou roses, lisses, légèrement bombées.

Transférer aseptiquement la membrane du milieu SLANETZ sur une plaque de gélose bile esculine azoture (BEA). Cette dernière sera incubée à son tour à 44°C pendant 2 heures. [20]

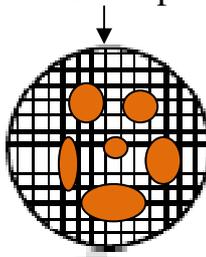
La lecture

Les colonies caractéristiques prennent une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu. Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser.



Milieu de culture gélose SLANETZ

Incubation à 37°C pendant 48 heures



Transférer la membrane Dans le milieu

Gélose bile esculine azoture (BEA)

Incubée à 44°C pendant 2 heures

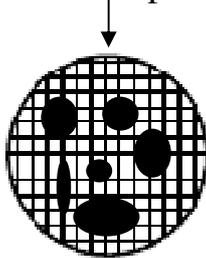


Figure 04 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux de l'eau à analyser.

3.4.3. Dénombrement des germes totaux

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine. Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser. (**Figure 05**)

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à température de 37°C

Introduire 20 ml d'eau à analyser dans une boîte de pétri avant d'ajouter le milieu de culture gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA). Incubé à 37°C pendant 24 à 48heurs. [20]

La lecture

Retenir pour comptage les boîtes contenant des colonies qui apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes. Retenir aussi les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies.

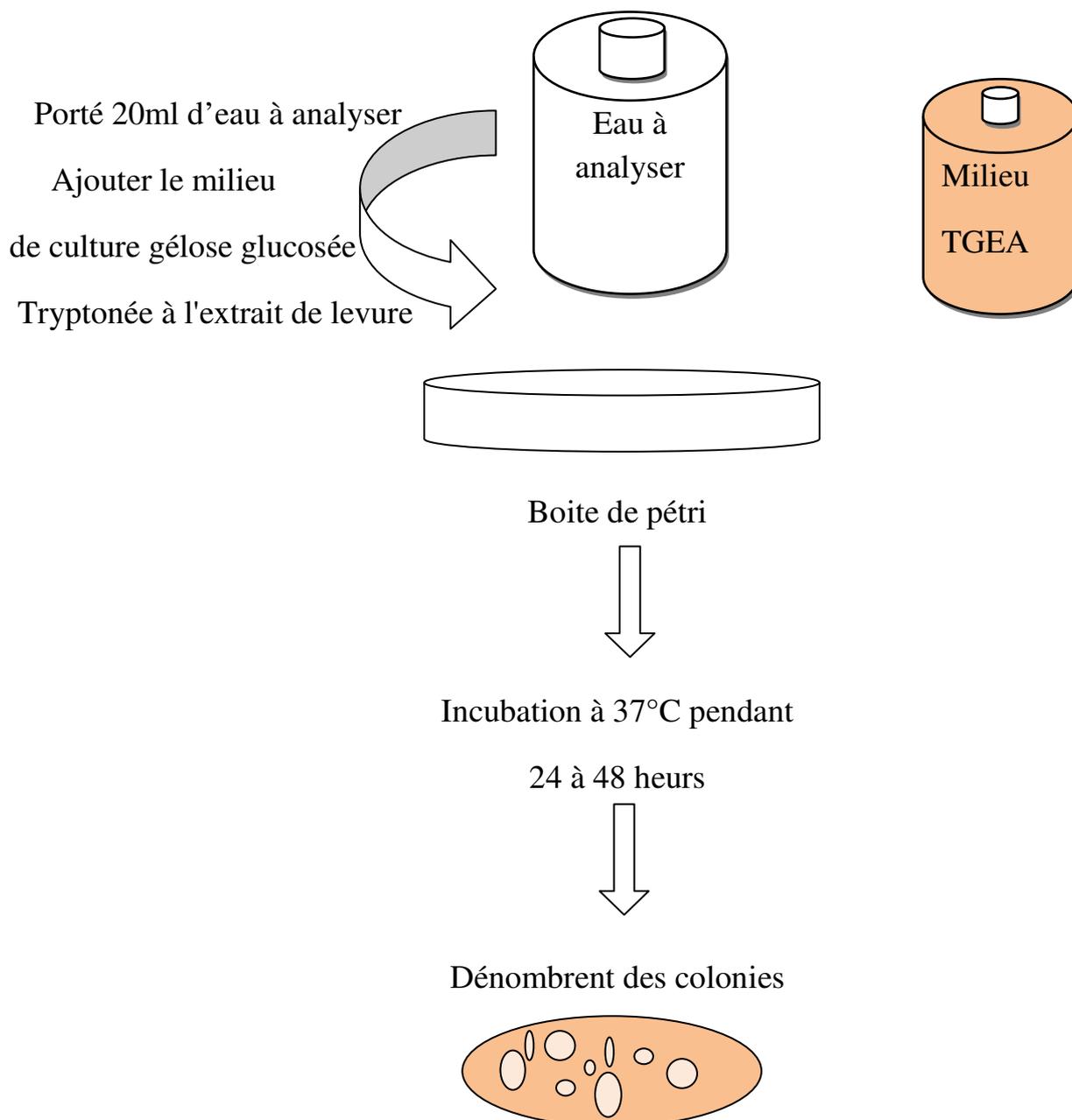


Figure 05 : Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau à analyser.

Résultats et discussion

Dans un but de vérifier la qualité physicochimique et bactériologique des eaux potables de plusieurs quartiers dans la ville de Guelma, et de voir l'impact des facteurs influençant cette qualité pendant le trajet, depuis la station de traitement de Hammam Debagh jusqu'aux différents consommateurs, nous avons procédé à l'analyse de plusieurs paramètres physicochimiques et bactériologiques pendant le mois de Mars 2017.

Dans cette partie nous essayons de discuter les résultats obtenus par ces analyses et les comparer avec les différentes normes de potabilité.

1. Mesure in situ

Il s'agit des paramètres mesurés sur site, pouvant donner les premières indications sur la qualité des eaux.

1.1. La température

La température est un facteur abiotique important, étant donné le rôle qu'elle joue dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH. [33]

La figure suivante présente les variations de la température des différents points de prélèvement.

Les valeurs de la température varient entre 14,9°C et 17,9 °C, avec une valeur moyenne de 16,9°C, ce qui peut être due à l'influence de la saison pendant laquelle on a effectué notre prélèvement. Ces valeurs sont toujours inférieures à la norme algérienne (25°C). (**Figure 06**)

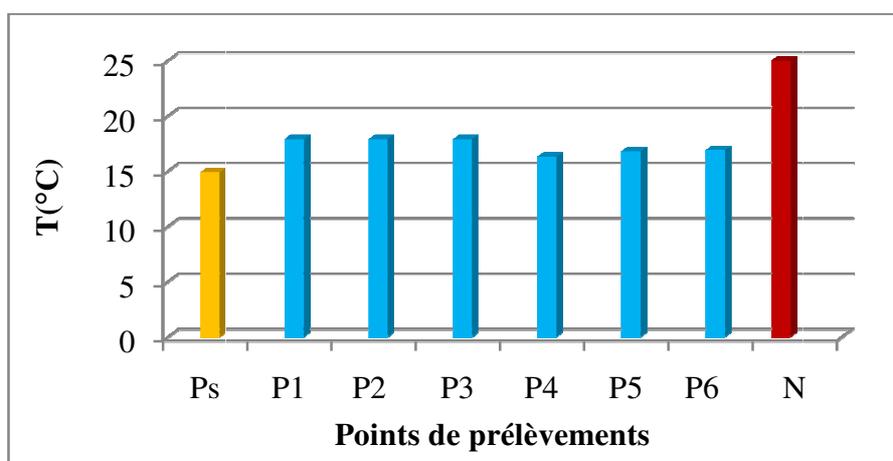


Figure 06 : La Variation de la température dans les sites de prélèvements.

1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est un caractère fondamental, c'est un indice d'acidité d'une substance dans l'eau.

Nos résultats montrent des valeurs de pH globalement très proches variant de 8,25 à 8,30 avec une valeur moyenne de 8,32 respectant la norme de potabilité algériennes (6,5-8,5).

Les valeurs obtenues indiquent que les eaux de tous les prélèvements sont de nature alcaline (supérieur à 7). (**Figure 07**)

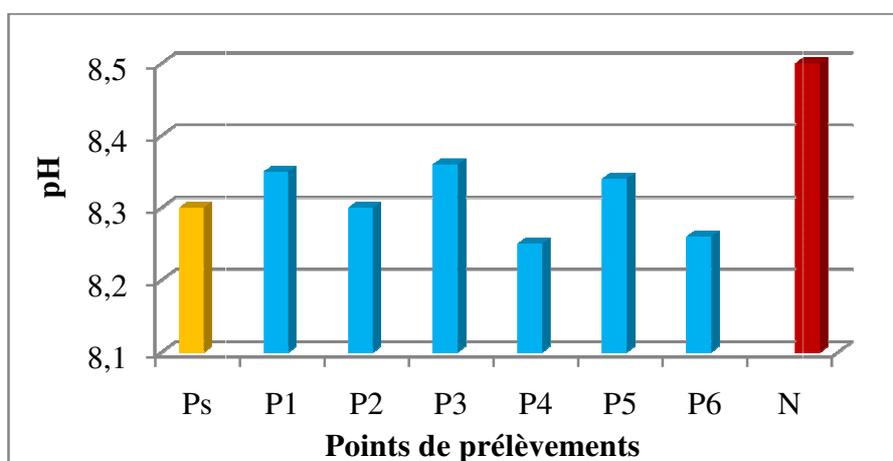


Figure 07 : Variation du pH dans les sites de prélèvements.

1.3. La conductivité

La conductivité traduit la minéralisation d'une eau, autrement dit la concentration en sels dissous, par conséquent les valeurs fortes de conductivité électrique correspondent à des valeurs élevées de la concentration en sels dissous. [7]

Une conductivité électrique élevée est signe de pollution du cours d'eau. Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées montrent une certaine similarité (715 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeur minimale et 741 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeur maximale), depuis la sortie de la station jusqu'aux consommateurs. Ces valeurs sont probablement influencées par la température car la dissolution des sels minéraux dépend de celle-ci. Les valeurs de la CE enregistrées sont inférieures à la norme algérienne (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). (**Figure 08**)

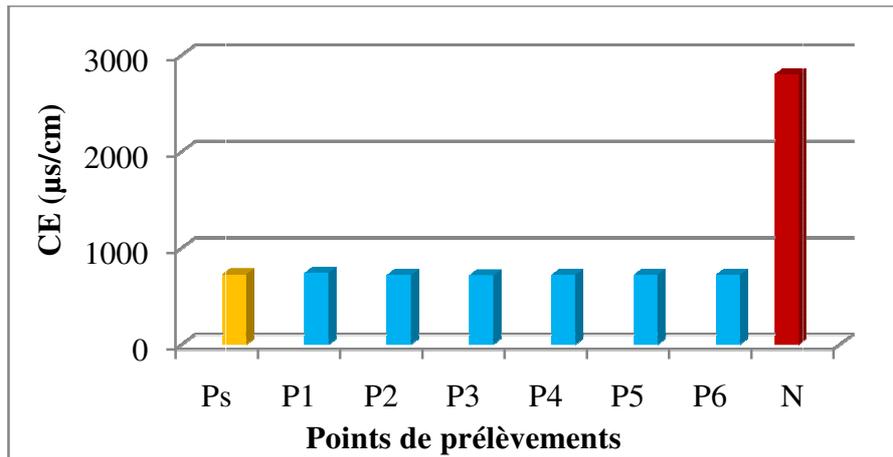


Figure 08 : Variation de la conductivité électrique dans les sites de prélèvements.

1.4. La salinité

La salinité des eaux enregistrée au niveau de tous les point de prélèvement reste toujours constante depuis la station jusqu'aux différents usagers oscillant aux alentours de 0.1%, ce qui indique que toutes les eaux sont pratiquement de qualité douce. (**Figure 09**)

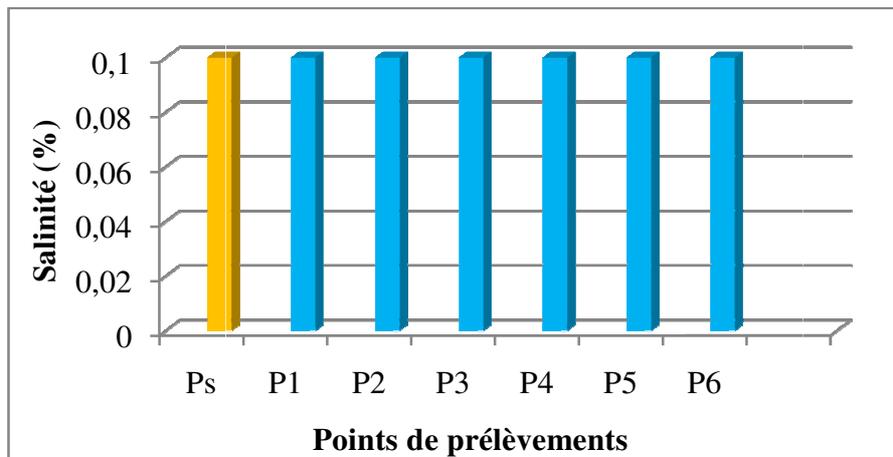


Figure 09 : Variation de la salinité dans les sites de prélèvements.

1.5. Le Chlore

Le chlore est le produit le plus couramment utilisé comme désinfectant dans le réseau de l'eau potable. Les résultats de la montrent que la teneur en chlore est supérieure à 1 mg/L dans le réservoir de la station. Cette teneur diminue d'une façon très remarquable dans les différents points de prélèvements à cause de la consommation du chlore dans le traitement des micro-organismes et de la matière organique dans les réseaux de distribution. (**Figure 10**)

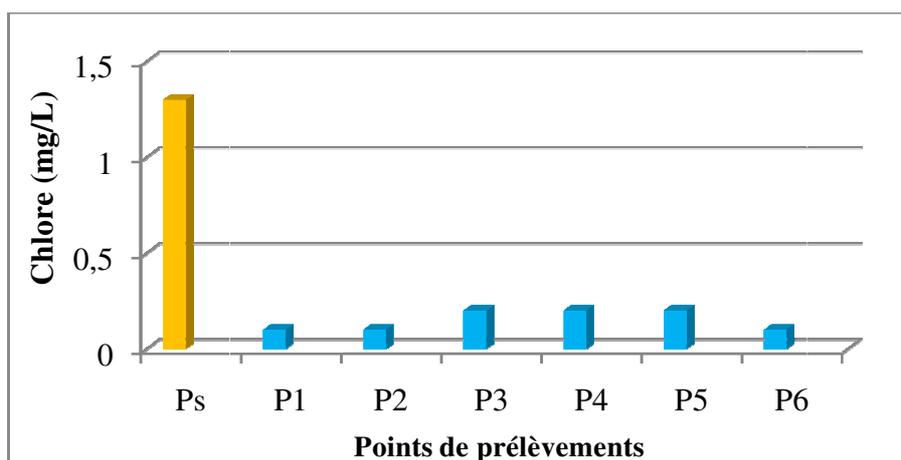


Figure 10 : La variation du chlore dans les sites de prélèvements.

2. Mesure au laboratoire

2.1. La turbidité

La turbidité est liée à la présence de particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière dont le limon, l'argile, la matière organique et inorganique en fines particules.

Certaines conditions météorologiques peuvent modifier la turbidité de l'eau, comme, les hautes chaleurs en été et la pluviométrie, qui sont des facteurs qui augmentent la turbidité. [2]

D'après le graphe suivant on remarque que la turbidité varie respectivement depuis la station jusqu'au dernier point de prélèvement de 1,08 NTU à 4,03 NTU ce qui laisse penser que cette légère augmentation peut être due à l'influence du réseau de distribution et au stockage dans les châteaux d'eau, mais elle reste toujours inférieure à la norme internationale (5NTU). (Figure 11)

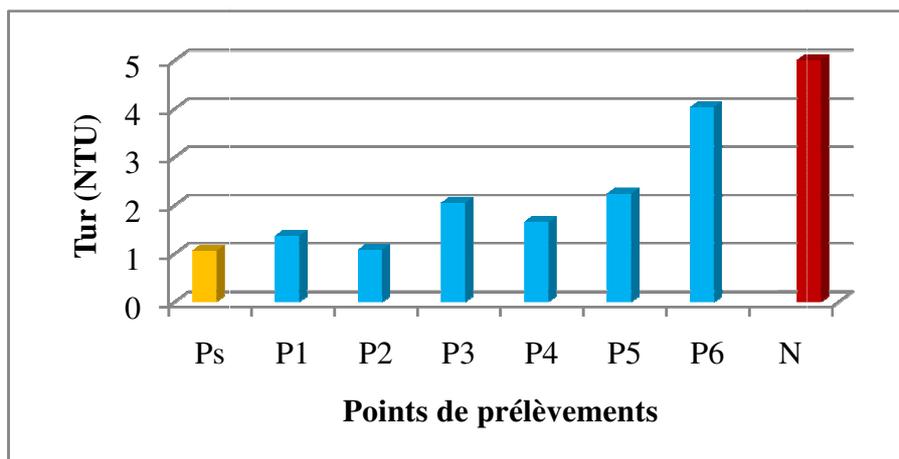


Figure 11 : la variation de la turbidité dans les sites de prélèvements.

2.2. Résidu sec (RS)

Le résidu sec est la teneur en matière dissoute et en suspension d’une eau. Plus une eau est minérale, plus son résidu sec est élevé. Le traitement des eaux dans la station fait généralement baisser le résidu sec d’une façon très remarquable.

Les résultats obtenus varient respectivement depuis la station jusqu’au dernier point de prélèvement de 532 mg/L à 690 mg/L. (Figure 12)

La norme algérienne recommande une valeur limite de 2000 mg/L pour les eaux destinées à la consommation humaine.

Les eaux étudiées sont classées dans la catégorie de la potabilité passable.

Tableau 03 : Classification des eaux potables selon l’extrait sec. [20]

Paramètres	Potabilité				
	Bonne	Passable	Médiocre	Mauvaise	Momentané
Résidu sec (mg/L)	0 - 500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-8000

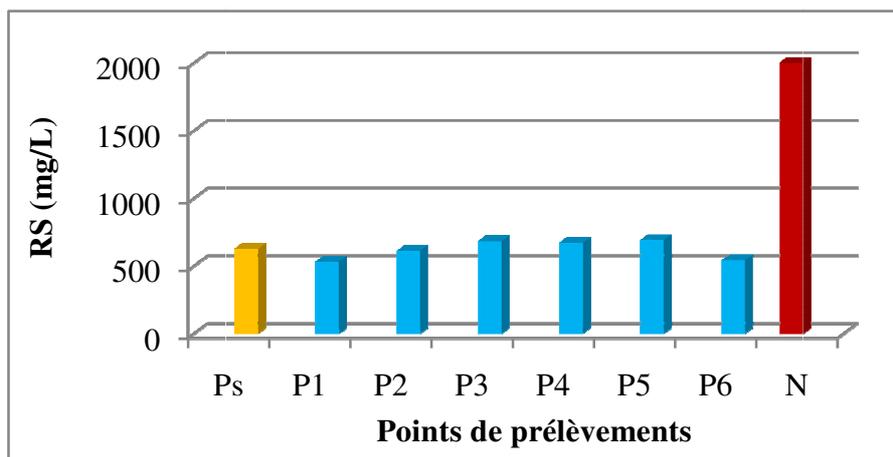


Figure 12 : Variation du résidu sec dans les sites de prélèvements.

2.3. Matière organique

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût qui pourra être augmentés par la chloration. [12]

D'après le graphe on remarque que la teneur en matière organique varie respectivement depuis la station jusqu'au dernier point de prélèvement de 2,7 mg/L à 4,7mg/L. Cette légère augmentation est favorisée par la présence du chlore en surdose dans les réseaux de distribution. (Figure 13)

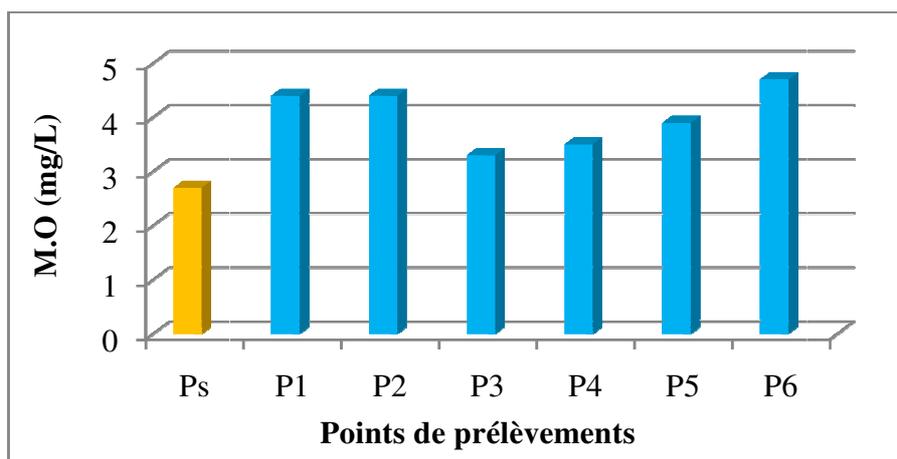


Figure 13 : La variation de Matière organique dans les sites de prélèvements.

2.4. Paramètres chimiques

2.4.1. Dureté totale ou titre Hydrotimétrique (TH)

La dureté d'une eau est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium.

D'après nos résultats on constate que les valeurs du TH sont comprises entre 28°F et 31°F. Ces résultats permettent de déduire que les eaux prélevés sont classées dures, mais avec des valeurs ne dépassant pas la norme algérienne qui est de l'ordre de 50 °F. Cette dureté est probablement le résultat de l'origine de l'eau de barrage riche en ions alcalino-terreux (Mg^{2+} et Ca^{2+}). (Figure 14)

Tableau 04 : Classification des eaux potable selon le TH. [44]

TH (°F)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+ 40
Eau	très douce	eau douce	plutôt dure	dure	très dure

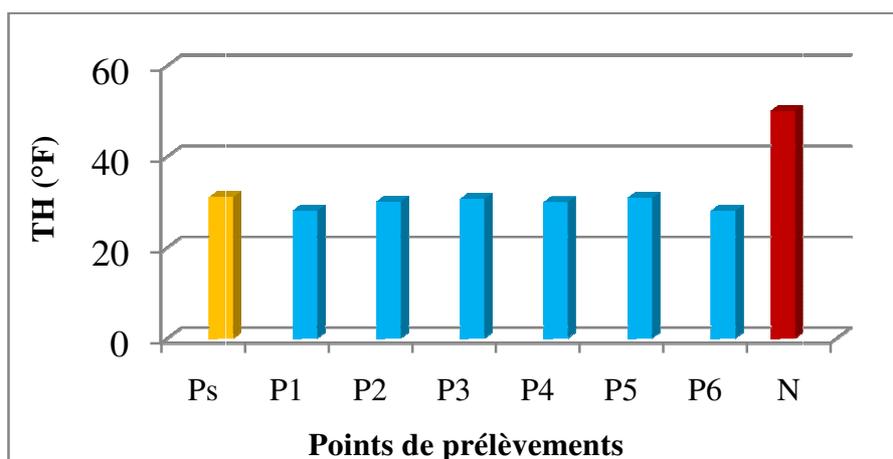


Figure 14 : La variation de Dureté totale dans les sites de prélèvements.

2.4.2. L'alcalinité (Titre alcalimétrique + Titre alcalimétrique complet)

Si le pH est compris entre (4,5 et 8,3), cas des eaux naturelles, on remarque l'absence du titre alcalimétrique. Dans les point de prélèvement les eaux analysées indiquent des valeurs nulles de TA.

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur de l'eau en alcalins libre, carbonates et hydrogénocarbonates. D'après les résultats de ce paramètre on remarque des

valeurs oscillant entre 12,4 °F et 13,4 °F depuis la sortie de la station jusqu'aux différents usagers. Ces valeurs restent toujours inférieure à la norme OMS (50 °F). (**Figure 15**)

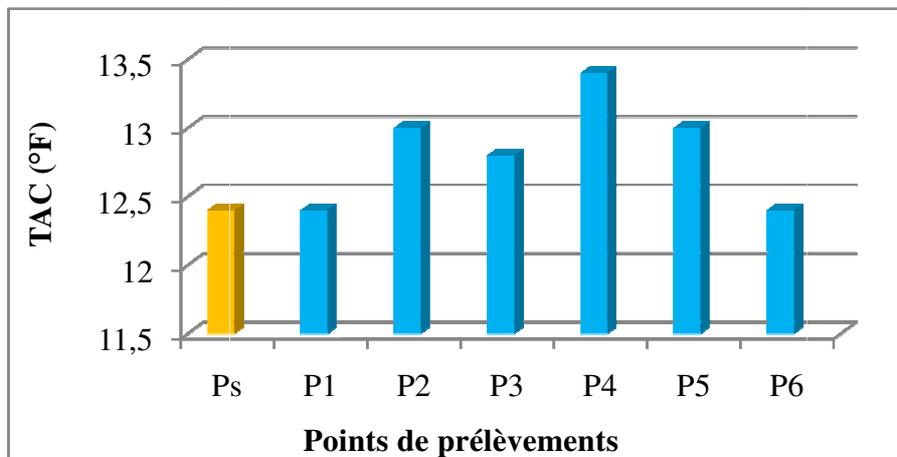


Figure 15 : La variation de Titre Alcalimétrique complète dans les sites de prélèvements.

2.4.3. La teneur en sel dissous (TDS)

Constitués essentiellement par les produits minéraux dissous. Ces corps dissous ont pour origine : Le lessivage naturel des roches de caractéristiques géologiques différentes, l'apport des eaux usées des villes et des unités industrielles.

D'après le graphe suivant on remarque qu'il n'y a pas de changement notable dans les valeurs de la TDS mesurée, depuis la station jusqu'au dernier point de prélèvement. Ces valeurs traduisent une faible minéralisation tout à fait au-dessous de la limite tolérée par l'OMS qui est de 1500 mg/L (2011). (**Figure 16**)

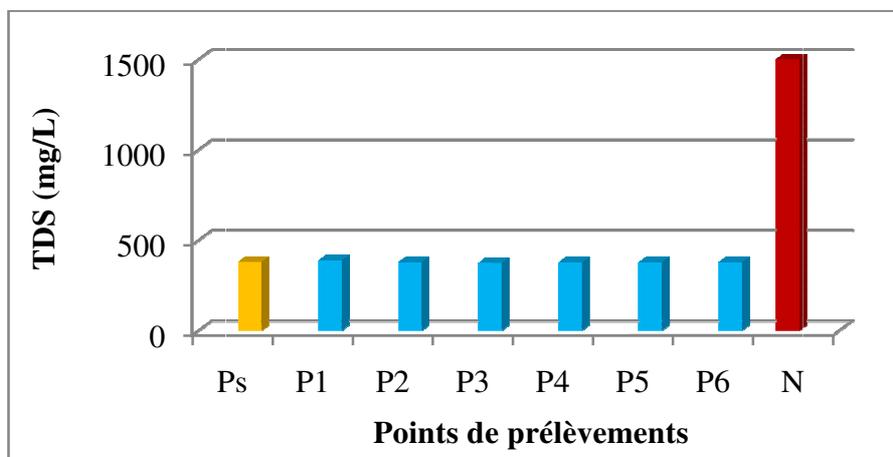


Figure 16 : la variation de TDS dans les sites de prélèvements.

2.4.4. Les éléments majeurs

2.4.4.1. Les ions de Calcium et de Magnésium ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$)

Les ions de calcium et de magnésium sont extrêmement répandus dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Ses sels se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles.

Sur la base des résultats des analyses effectuées, on remarque que les teneurs enregistrées pour les deux éléments sont directement liées à la nature géologique des terrains traversés. (Figure 17)

On remarque que ces teneurs sont pratiquement stables depuis la sortie de la station jusqu'aux consommateurs, répondant ainsi aux normes de l'OMS.

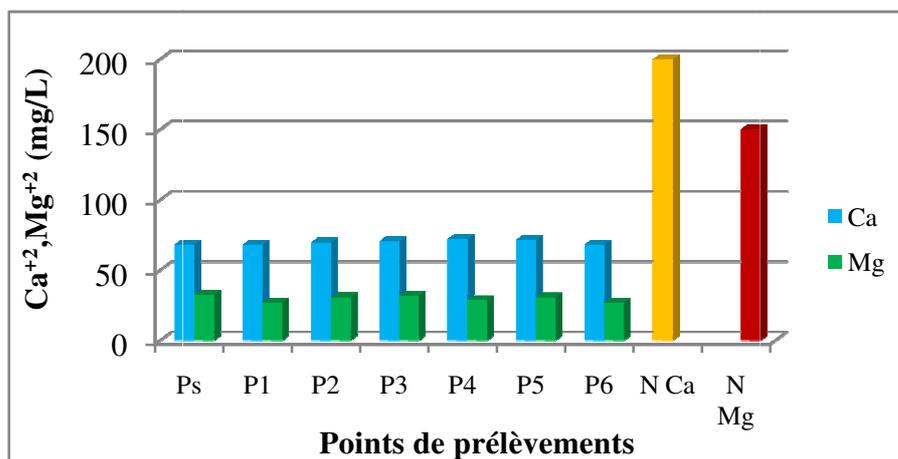


Figure 17 : La variation des sels de calcium et de magnésium dans les sites de prélèvements.

2.4.4.2. Les ions de Chlorures, sulfates et de Bicarbonates (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-)

L'eau contient presque toujours des chlorures, des sulfates et des bicarbonates mais en proportions variables. Ils sont tous liés principalement à la nature lithologique du terrain traversé.

Les teneurs enregistrées pour les trois éléments restent identiques sans changement remarquable, et ce par rapport aux eaux dans le réservoir de la station. Ces valeurs sont toujours inférieures à la norme de potabilité des eaux fixée par l'OMS (2011). (Figure 18)

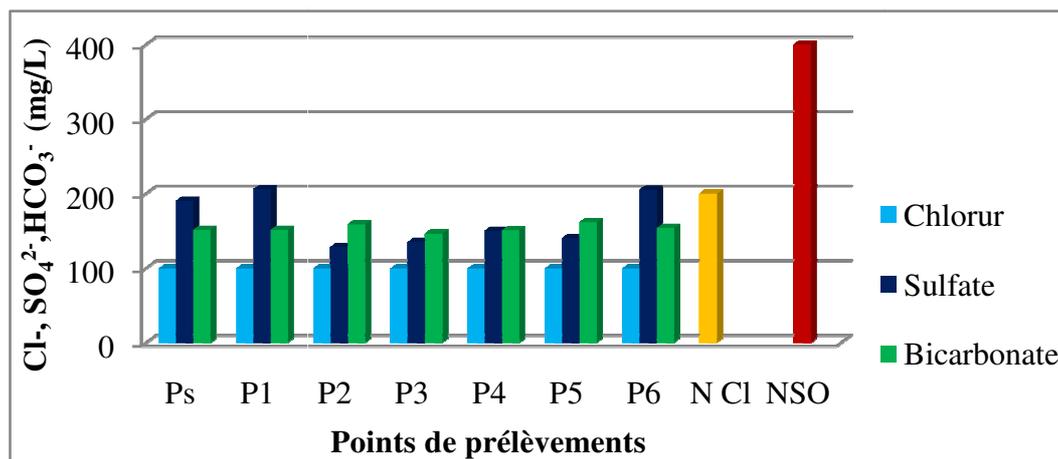


Figure 18 : La variation des sels de chlorures, sulfates et bicarbonates dans les sites de prélèvements.

2.4.5. Les éléments de pollution

2.4.5.1. Nitrate NO_3^-

Les nitrates sont abondamment répandus dans le sol, dans la plus part des eaux et dans les plantes. Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble. Leur présence dans l'eau est liée à l'utilisation des engrais chimiques. [33]

Les valeurs obtenues durant cette étude varie entre 0,491mg/L et 0,708 mg/L. D'une manière générale, nos résultats affichent des taux inférieurs aux normes de potabilité de l'OMS (2011) qui est de l'ordre de 50 mg/L. Ces valeurs confirment l'absence de toute source de pollution au niveau du réseau de distribution ou durant le stockage. (Figure 19)

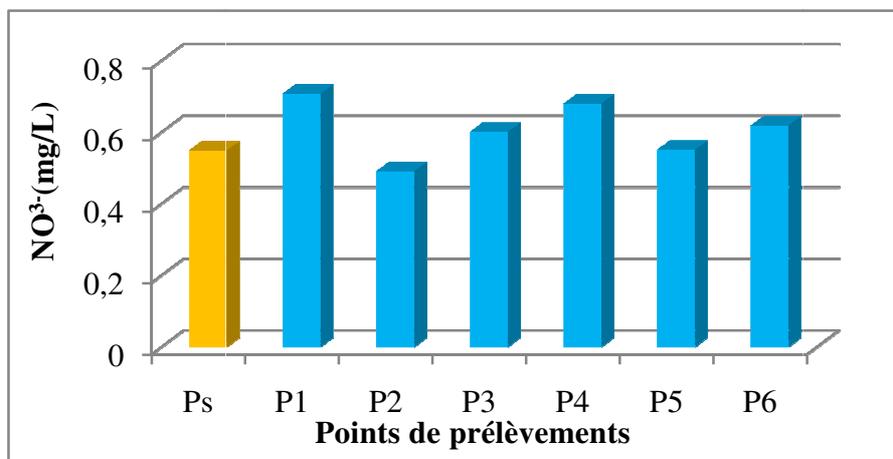


Figure 19 : La variation de Nitrate dans les sites de prélèvements.

2.4.5.2. Nitrite (NO_2^-)

Les nitrites sont ré pondus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes mais en quantités relativement faibles. En général, dans les eaux de surface, leurs teneurs excède rarement 1mg /L.

Les nitrites représentent une forme moins oxygénée et moins stable. C'est un passage entre les nitrates et l'ammonium, c'est une forme toxique. Ils proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence des bactéries dénitrifiantes.

Les teneurs en nitrites sont presque nulles (0,001 mg/L) dans toutes les eaux analysées. Ces valeurs respectent la norme de potabilité algérienne (0,1 mg/L). (**Figure 20**)

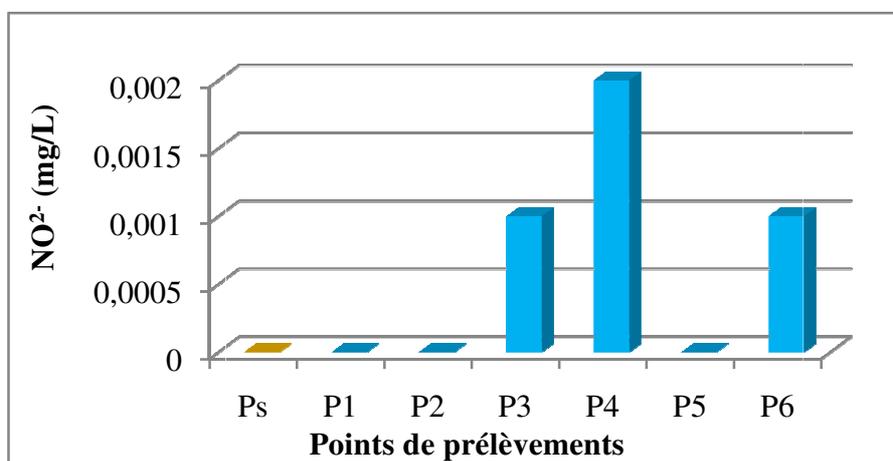


Figure 20 : La variation de Nitrite dans les sites de prélèvements.

2.4.5.3. L'ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal est souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incompatible de la matière organique. L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine naturelle la décomposition des déchets végétaux et animaux. [33]

Cet élément existe en faible proportion mais toujours inférieure à 0,5 mg/L selon les normes de potabilité algérienne. Ces teneurs sont nulles, laissant prédire qu'elles ne constituent pas un risque pollution par le mélange avec les eaux usées à cause des fuites et du réseau endommagé. (**Figure 21**)

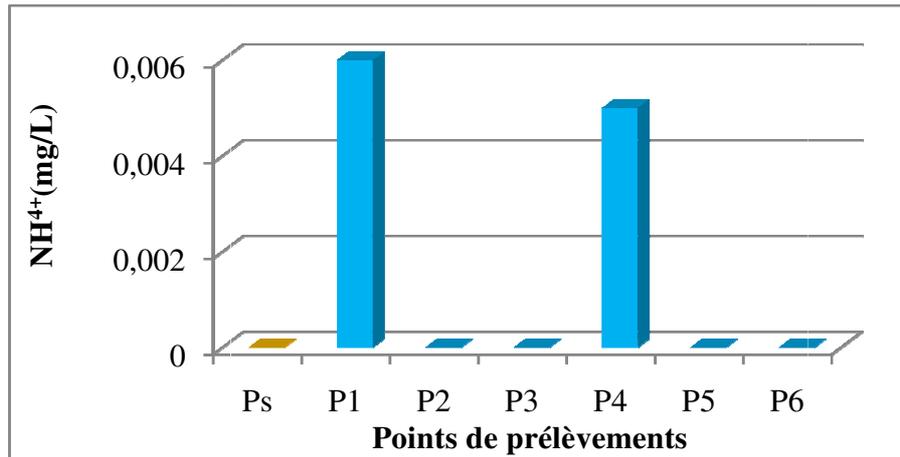


Figure 21 : La variation de L'ammonium dans les sites de prélèvements.

2.4.5.4. Ortho Phosphate (PO₄⁻³)

Le phosphore total est présent dans les eaux naturelles sous deux formes : phosphate et phosphore organique.

Une partie importante du phosphore contenu dans les eaux provient des rejets urbains sou industriels, des déjections animales provenant d'élevages industriels.

La concentration en ortho phosphates pour les points de prélèvements est nulle confirmant que les eaux de prélèvement sont très bien protégées contre les risques de pollution durant le trajet depuis la station de traitement.

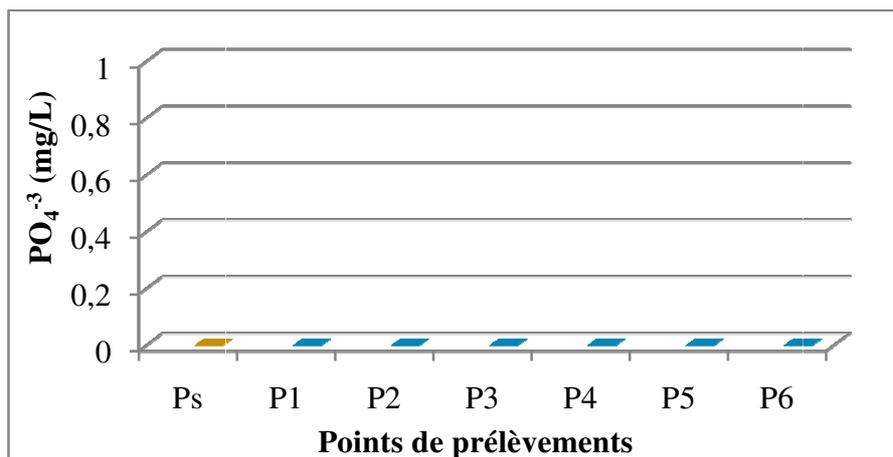


Figure 22 : La variation de phosphate dans les sites de prélèvements.

2.4.6. Les éléments en trace

2.4.6.1. Le Fer (Fe^{+2})

Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Il précipite à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air. [12]

Comme les montre, la figure ci-dessous, les valeurs de fer enregistrées durant cette étude varient entre une valeur nulle dans la station avant distribution et une valeur de 0,2mg/L dans les autres points de prélèvement. Cette augmentation peut avoir pour origine l'état et la nature du matériau du réseau de distribution et leur dégradation. Ces valeurs restent inférieures à la norme algérienne (0,3 mg/L). (**Figure 23**)

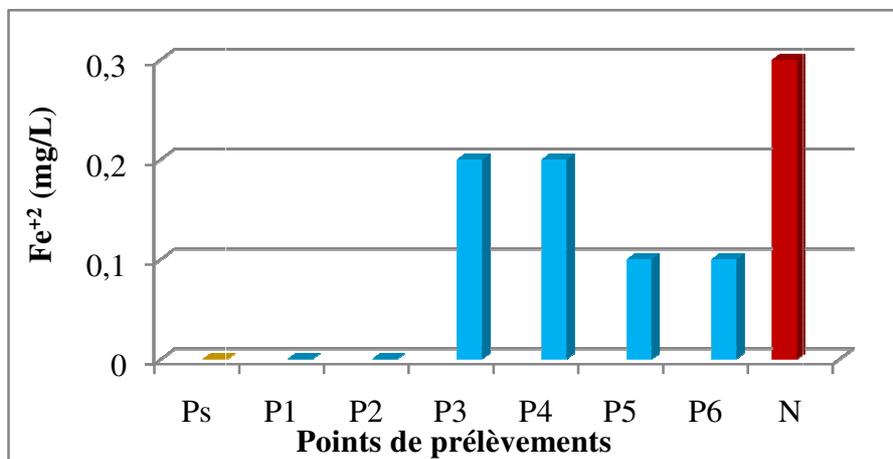


Figure 23 : La variation de Fer dans les sites de prélèvements.

3. Résultats des analyses bactériologiques

3.1. Résultats des dénombrements du microorganisme de l'eau

Les résultats des dénombrements des germes totaux (GT), coliformes fécaux (CF), streptocoques fécaux (SF) concernant les points d'eau choisis dans cette étude sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 05 : les résultats d'analyse bactériologique des prélèvements.

Adresse du prélèvement	Incubation à 37°C	Coliformes Fécaux et totaux UFC/100m	Streptocoques UFC/100m	Germes totaux UFC/m
Maison d'un particulier, Cité Gahdoure	24h	00	00	00
	48h	00	00	01
Université 08 Mai 1945, Ancien campus	24h	00	00	02
	48h	00	00	04
Maison d'un particulier, rue d'Anouna N° 36	24h	00	00	00
	48h	00	00	05
Université 08 Mai 1945, Faculté des SNVTU	24h	00	00	03
	48h	00	00	06
Maison d'un particulier, Cité Dafri Messaoud N° 206	24h	00	01	00
	48h	00	01	00
Maison d'un particulier, Cité les frères Aouissi 72 logt N° :48	24h	00	00	00
	48h	00	00	00
Réservoir principal de la station de traitement des eaux SP1	24h	00	00	00
	48h	00	00	00
Normes		00	00	10

3.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La présence de bactérie coliforme dans un milieu signifie forcément une contamination fécale d'origine humaine. [14]

La recherche des coliformes est primordiale du fait qu'un grand nombre d'entre eux vivent en abondance sur les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait constituent des indicateurs de première importance. [18]

Bien que la présence des coliformes témoigne habituellement d'une contamination fécale, plusieurs coliformes ne sont pas d'origine fécale, ils proviennent plutôt des eaux enrichies en matières organiques (flore naturelle des eaux et des sols). L'intérêt de la détection de ces germes,

à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur suivie dans l'environnement est généralement équivalent à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produit par les matières fécales. [3]

3.1.2. Les streptocoques fécaux

La présence des streptocoques fécaux dans les eaux indique généralement une pollution fécale. L'utilisation des SF comme indicateur microbiologique est admise vu qu'ils se multiplient dans les effluents d'égouts. Par ailleurs, ils sont considérés comme des indicateurs de pollution fécale beaucoup plus que les coliformes fécaux car ils ne sont pas aussi ubiquitaires, mais toujours présents dans les fèces des animaux à sang chaud et leur disparation dans le milieu aquatique est moins rapide que les coliformes. [3]

3.1.3. Recherche et dénombrement des germes totaux

La flore mésophile aérobie totale est utilisée comme un indicateur de pollution globale. Cependant le dénombrement de ces germes nous donne une idée sur la charge en microorganisme dans les eaux usées traitées, il est également utilisé comme indicateur d'efficacité de traitement biologique. [19]

Les résultats dénombrement des GT à 37°C montré une variation entre les différents sites de prélèvement avec des valeurs comprises entre 1 UFC/ml et 6 UFC/ml. Le dénombrement de ces bactérie ne dépasse pas les normes de potabilité algérienne qui fixent des concentrations maximales admissibles de 10 UFC/100 ml.

Résultats

La recherche et le dénombrement de toutes ces bactéries à savoir : CT, CF, SF et GT pour l'ensemble des points de prélèvements ont donné des valeurs négatives, confirmant ainsi la bonne acceptabilité de consommation de ces eaux qui restent toujours dans les normes de potabilité algérienne.

Conclusion

Conclusion générale

Le présent travail s'insère dans le cadre de la réalisation d'un mémoire de Master. Il a été réalisé dans la ville de Guelma, il s'est donné pour objectif d'évaluer la qualité de l'eau potable de quelque quartier pendant son trajet dans le réseau de distribution et leur stockage dans les réservoirs d'eau.

En effet les eaux de barrage de Hammam Debagh sont acheminées vers la station de traitement juste à côté pour subir des opérations de traitement et de clarification par différents procédés, puis elles sont désinfectées par le chlore et refoulées par des pompes vers les différents châteaux d'eau dans la ville de Guelma, pour qu'elles soient ensuite distribuées d'une façon gravitaire vers les différents usagers.

Depuis la station de traitement, jusqu'à arriver aux différents consommateurs, cette eau, et pendant son parcours, est exposée aux différents facteurs à savoir : L'état et la nature du matériau du réseau, l'état des châteaux d'eau de stockage, les fuites dans le réseau et le mélange avec les eaux usées, pouvant ainsi nuire à sa qualité physico-chimique et bactériologique.

Le protocole d'échantillonnage utilisé était de prélever dans le premier réservoir juste à la sortie de la station, et le considérer comme référence et ensuite d'échantillonner dans les autres points des différents quartiers, pour évaluer la qualité physicochimique et bactériologique des eaux prélevées et voir les changements et les modifications apportées sur leur qualité.

De point de vue physico-chimie, les résultats de cette étude ont montré que les eaux de prélèvement ont subis des légères modifications pendant leurs trajet depuis la station, telles que les valeurs de la turbidité, qui ont augmenté légèrement par rapport au point de référence, sous l'effet du stockage dans les châteaux d'eau, mais qui restent toujours au-dessous de la norme internationale.

La teneur en chlore a montré une baisse par rapport au réservoir de la station, ce qui a été expliqué par sa consommation dans le traitement des microorganismes et de la matière organique dans le réseau de distribution.

L'augmentation remarquable de la teneur en fer dans quelques points de prélèvement par rapport au point de référence dans la station est probablement due à l'origine et la nature

Conclusion générale

du réseau de distribution, ainsi que la détérioration dans les pompes de refoulement et les différents accessoires dans le réseau. On note que ces teneurs restent au-dessous de la norme.

Les résultats des paramètres de la pollution montrent que les eaux étudiées ne présentent pas un risque de pollution par les nitrates, les nitrites, les phosphores et l'ammonium, ce qui confirme le bon état du réseau de distribution, ce qui a permis la distribution sans mélange avec les eaux usées.

De point de vue bactériologique, les dénombrements bactériens ont révélés que le nombre de germes indicateurs de contamination (coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux, et germes totaux) ne dépassent pas les normes de potabilité pour tous les points de prélèvements confirmant l'efficacité de l'opération de désinfection dans la station.

En conclusion, et après cette caractérisation de la qualité des eaux de boisson de quelques quartiers de la ville de Guelma, nous pouvons dire, que ces eaux n'ont pas été influencées les facteurs d'impact pendant leur trajet, depuis la station jusqu'aux consommateurs et restent toujours saines et bonne pour la consommation humaine sans aucun risque sur la santé.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

- [1] **Abda, A. (2015)**. Traitement des eaux de surface et les risques génotoxiques des sous-produits de chloration. Thèse de Doctorat, Université 08 Mai 1945.Guelma.
- [2] **Aberkane, M. (2011)**. Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'un écosystème lacustre cas de Gara et hadj Tahar (Skikda), Université 08 Mai 1945. Guelma.
- [3] **Amira, W. (2008)**. Degré de contamination de l'eau de la mare Redjia (taher) par les nitrates: Détermination de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau. Mémoire de magister, Université de Jijel.
- [4] **Anonyme. (1996)**. Manuel de la qualité des eaux traitées. Edition: ADE.
- [5] **Aoualmia, S; Rouabhia, A. (2011)**. Suivi de la qualité de l'eau potable après traitement à la station de Hammam Debagh. Mémoire de master, Université 08 Mai 1945. Guelma.
- [6] **Aouissi, A. (2009)**. Microbiologie et physico-chimique de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-est de l'Algérie). Mémoire de Magister, Université 08 Mai 1945 de Guelma.
- [7] **Bara, Y. (2016)**. Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau da Hammam Debagh avant et après traitement cas de la station de traitement de Hammam Debagh –Guelma. Mémoire de master, Université 08 Mai 1945.Guelma.
- [8] **Behloul, M ; Tebessi, A. (2014)**. Caractérisation de la qualité physico-chimique des eaux usées épurées de la station d'épuration de Guelma et leur aptitude à l'irrigation. Mémoire de master, Université 08 Mai 1945. Guelma.
- [9] **Belghiti, M.L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D., El Moustaine, R. (2013)**. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-Quaternaire dans la région de MEKNES. *Larhyss Journal*, n=°14, pp. 21-36.
- [10] **Bouchaala, L. (2010)**. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'oued Zenati (Guelma). Thèse de doctorat, Université 08 Mai 1945.Guelma.
-

Référence bibliographique

- [11] **Bouchlaghem, Z; Harrathia, H; Labadlia, L; Meziani, B. (2011).** L'eau et les contraintes de la désinfection. Mémoire de master, Université 08 Mai 1945. Guelma.
- [12] **Bouchrit, A; Hakimi, H. (2016).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du barrage Hammam Debagh Guelma. Mémoire de Master, Université du 08 Mai 1945. Guelma.
- [13] **Bourgeois, M. (1976).** La corrosion et l'incrustation dans les forages d'eau. Rapport scientifique, Bureau de recherches géologique et minières service géologique national, 139 pages.
- [14] **Camille, D; Trébaol, B. (2003).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : Réglementation, prélèvement, Analyse. Lavoisier Masson. D'Endoume et centre d'Océanographie, France.
- [15] **Cardot, C ; Gilles, A. (2013).** Génie de l'environnement: Analyse des eaux, réglementation, analyse volumétrique, spectrophotométrique et statistique. Ellipses.
- [16] **Celerier, J., Faby, J. (1997).** La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Document technique, 98 pages.
- [17] **Chibani, S. (2009).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la région de Ain Makhlouf. Mémoire de magister, Université 08 Mai 1945. Guelma.
- [18] **Duffour A-P. (1977).** E. coli: the Faecal Coliform. 4 8-58. In Hoadely A. W. and B.J.Dukta (eds).
- [19] **Fagrouch, A; Amyay, S; Berrahou, A; El Halouani, H; Abdelmoumne, H. (2010).** Performance d'abattement des germes pathogènes en lagunage naturel sous climat aride : Cas de la filière de traitement des eaux usées de la ville de Taourirt. Afrique Science.
- [20] **Hamdi, W. (2011).** Qualité hygiénique et caractéristique physicochimique des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette d'Ouargla. Mémoire de magister, Université Ouargla.
- [21] **Hamed, M; Guettache, A; Bouamer, L. (2012).** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF-TORBA Bechar. Mémoire de Master, Université de Bachar.
-

Référence bibliographique

[22] **Hegger, M., Auch-Schwelk, V., Fuchs, M., Rosenkranz. (2009).** Atlas de la construction. (1^{ère} édition). Français : PPUR.

[23] **Kassim, C. (2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau puits de certains quartiers du district de BAMAKO. Thèse de doctorat, université de BAMAKO.

[24] **Kettab, A. (1992).** Traitement de l'eau (eau potable).Edition : office des publications universitaires.

[25] **Makaousi, N. (2014).** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh (Est-algérien). Université Hadj Lakhdar. Batna.

[26] **Mazzuoli, L.S. (2012).** La gestion durable de l'eau Ressources, qualité et organisation, France : Dunod.

[27] **Mekoui, A; Bennour, S. (2016).** Bassin versant de la moyenne Seybouse pollution des eaux de surface approche qualitative et cartographique. Mémoire de Master, Université du 08 Mai 1945. Guelma.

[28] **Merzoug, S. (2009).** Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème Gara et Hadj-Taher Ben Azzouz, wilaya de Skikda. Mémoire de Magister, Université 08 Mai 1945. Guelma.

[29] **Reggam, A. (2015).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux d'Oued Seybouse. Thèse de doctorat, université 08 Mai 1945.Guelma.

[30] **Remini, B. (2009).** La problématique de l'eau en Algérie collection hydraulique et transport. Blida.

[31] **Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J., Chambon, P., Champsaur, H., Rodil. (1996).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. (8^{ème} édition). Paris : Dound.

[32] **Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. (2009).** L'analyse de l'eau. (9^{ème} édition). Paris : Dound.

[33] **Tabet, M. (2015).** Etude physico-chimique et microbiologique des eaux usées et évaluation de traitement d'épuration. Thèse de doctorat, Université 8 Mai 1945.Guelma.

Référence bibliographique

[34] **Vinette, Y. (2011).** Evolution spatio-temporelle et modélisation des trihalométhanes dans des réseaux de distribution d'eau potable de la région de Québec. Université.

Site web

[35] www.memoireonline.com > Sciences consulte le 10/04/2017

[36] <http://www.aquaportail.com/definition-5420-matiere-organique.html> consulte le 10/04/2017

[37] www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/potableNor.htm consulte le 17/04/2017

[38] http://www.eaufrance.fr/spip.php?rubrique12&id_article=12 consulte le 18/04/2017

[39] <http://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?Lang=Fr&n=C6A005A2-1> consulte le 28/04/2107

[40] http://www.memoireonline.com/05/08/1141/m_optimisation-multicritere-gestion-AEP2.html consulte le 10/05/2017

[41] www.cci-mermoura-dz.com/home/ville consulte le 11/05/2017

[42] www.hc-sc.gc.ca > ... > Santé de l'environnement et du milieu de travail > Consultations consulte le 12/05/2017

[43] www.futura-sciences.com/.../questions.../eau-sont-differentes-sources-eau-potable-105.
Consulte le 12/05/2014

[43] www.lenntech.fr/faq-pollution-eau.htm consulte le 13/05/2017

[44] https://fr.wikipedia.org/wiki/Duret%C3%A9_de_l'eau consulte le 14/05/21017

[45] <http://www.blogplastics.com/fr/un-peu-plus-sur-les-tuyaux-en-amiant-ciment-et-leur-reparation/> Consulte le 01/05/2017

Annexe

Annexe

Matériel de la physico-chimie

Appareillage

- Béchers.
- Flacons.
- Erlenmeyer.
- Fiole.
- Pissette d'eau distillée.
- Multi-paramètre.
- pH-mètre.
- Etuve.
- Dessiccateur.
- Spectrophotomètre.
- Plaque chauffante.

Matériels bactériologie

- Flacons en verre de 250 ml stériles.
 - Boite de Pétri.
 - Rampe de filtration.
 - Bec bunsen.
 - Membranes de filtration.
 - Pipette Pasteur.
 - Tubes à essai stérile.
 - Portoirs.
 - Anse de platine.
 - Bain marie.
 - Réfrigérateur.
 - Etuve à 37°C et 44°C.
-

Réactifs et milieux de culture

BEA (gélose Bile Esculine Azide)

La formule de ce milieu de culture en g/l d'eau distillée est :

- Bio-trypcase.....	17
- Bio-Thione.....	03
- Extrait de levure.....	05
-Bile de bœuf.....	10
- Citrate de sodium.....	01
- Chlorure de sodium.....	05
- Esculine.....	01
- Azide de sodium	0.25
- Agar.....	13.25

PH est de 7.1

Milieu de Schubert avec cloche de durham

La formule de ce milieu de culture en g/l d'eau distillée est :

- Tryptophane.....	0.2
- Acide glutamique	0.2
- Sulfate de magnésium (anhydre)	0.7
- Sulfate d'ammonium	0.4
- Citrate de sodium	0.5
- Chlorure de sodium	2
- Peptone	10
- Mannitol	7.5
- Phosphate disodique	4
- Phosphate mono potassique.....	0.6
- pH est de	7.6

Milieu de slanetz et Bartly

La formule du milieu déshydraté complet en g/l d'eau distillée est :

- Tryptophane20
 - Extrait de levure5
-

- Glucose 2
- Mono hydrophosphate de potassium (K_2HPO^4).....4
- Azide de sodium.....0.4
- Agar.....10
- Chlorure de triphényltetrazolium(TTC)50ml
- pH final est de 7.2

EDTA (Acide Ethylène Diamine Tétracétique)

Acide Ethylène Diamine Tétracétique, est un acide diaminotétracarboxylique de formule $(C_{10}H_{16}N_8O_8)$. L'EDTA comporte 6 sites basiques, 4correspondants aux bases conjuguées (carboxylate) des fonctions carboxyliques et 2 correspondant aux fonctions amines.

Sa principale caractéristique est son fort pouvoir chélate (ou complexant) par lequel il forme des complexes métallique très stables, ce qui en fait un poison. Dans les complexe, l'EDTA est lié aux cations métallique sous la forme d'une ses bases conjuguées.

Gélose tryptophane –glucose de levure-agar (TGEA) en g/l distillée

- Tryptone.....15
- Extrait de levure.....5
- Glucose.....1
- Gélose.....15

Noir d'Eriochrome T

3-Hydroxy-[1-Hydroxy-2-naphtaleny] azol] 7-nitro-naphtaleno-sulfonate de sodium.

Réactif de Kovacs

- Paradiméthylaminobenzadehyde.....5g
- Alcool iso-amylique.....75ml
- Acide chlorhydrique.....25ml

Réactif coloré (Réactif 1)

Peser 13g±1g de salicylate de sodium, 13g ±1g de citrate trisadique dihydraté et 0.097g de sodium nitrosopentacyanoferrate (III) di hydraté à dissoudre dans 100 ml d'eau distillée. Conserver dans un récipient en verre brun. Cette solution est stable pendant 2 semaines.

Dichoroisocyanurate de sodium (Réactif 2)

Prendre 3.2 d'hydroxyde de sodium dans 50ml d'eau distillée, $0.2g \pm 0.002g$ de Dichoroisocyanurate dihydraté. Dissoudre dans 100ml d'eau distillée. Conserver dans un récipient en verre brun.