

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I
Frères Mentouri Constantine I University
Université Frères Mentouri Constantine I

Université Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Ecologie Végétale

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا و علم البيئة النباتية.

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : *écologie fondamentale et appliquée.*

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de robinets dans la ville de Skikda

Présenté par : HADJADJ roukia

Le 20/06/2022

BOUABID amira

Jury d'évaluation :

Encadreur : TOUATI Laid (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 1 : KARA karima (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 2 : HAMLAM chourouk (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Année universitaire
2021 – 2022

Remerciements

Nous remercions en premier lieu **ALLAH** le tout puissant pour toute la volonté, le courage et la chance qu'il nous a donné pour l'achèvement de ce mémoire.

Nous tenons à remercier notre encadreur monsieur **Touati Laid MCA**, pour l'honneur qu'il nous a fait en dirigeant ce travail, pour ses aides, ses conseils, tout au long de l'élaboration de ce modeste travail. Pour le temps qu'il a consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche. Son exigence nous avons grandement stimulé.

A notre président de jury, **Mme, KARA karima** Maître de conférences «A» à l'université des Frère Mentouri, qui nous a fait le grand honneur de présider ce mémoire.

Qu'il trouve ici le témoignage de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.

Nous adressons également notre reconnaissance à **Mme, HAMLIA chourouk**, Maître de Conférence « A » à l'université des Frère Mentouri, pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail en acceptant de l'examiner et de le juger, pour ses conseils et ses recherches et informations qui nous ont grandement aidés dans ce travail.

Nous remercions sincèrement tous les enseignants de département de biologie de guelma et l'écologie fondamentale et appliquée de constantine.

Au chef de service au département Qualité s désirons lui adresser un remerciement tout particulier pour nous avoir accordé l'accès au Laboratoire de Merdj-Eddib.

Une grande gratitude à nos chers parents qui nous soutenu, encouragé et épaulé tout au long de nos années d'études. Nous leurs témoignons notre affection et remerciements les plus sincères.

Dédicace

**Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la
vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, ma
mère «BELAIDI fatiha»**

**A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de
bonheur, que dieu te garde dans ma vie, à toi mon père «HADJADJ hocine»**

A mes très chères sœurs :

«Roufaida, et Khouloud» Que Dieu gardé pour moi.

A mon chère frère «Seif-eddine»,

Que Dieu gardé pour moi.

A mes très chères tantes, oncles, cousines, cousins

A mes très proches amies : «khiro, chaima, marwa, wahida, djouhaina »

A mon cher fiancé « farouk »

Je leurs souhaite tout le bonheur du monde.

ROUKIA

Résumé

Une eau dite potable lorsqu'elle répond aux critères suivants : fraîche, limpide, inodore incolore, suffisamment aérée et légèrement minéralisée avec une absence totale de germes et de substance toxique additionnée au goût agréable. Cette étude a porté sur des analyses effectuées sur quatorze échantillons d'eau de robinet de plusieurs locales dans la ville de Skikda pendant 5 mois afin d'apprécier la qualité de ces eaux destinées à la consommation humaine. Les résultats des analyses ont fait ressortir que ces eaux sont de Mauvaise qualité bactériologique durant la période de Janvier, Février, Mars, et une bonne qualité bactériologique de l'eau distribuée dans le robinet durant la période des deux dernier mois de stage Avril et Mai, et cela est montré par l'absence totale des indicateurs de contamination fécale. D'après cette étude, on peut conclure que la qualité de l'eau est dépendante de l'état d'entretien et désinfection des robinets.

Mots clés : qualité de l'eau ; analyse bactériologique ; contamination ; Skikda ; eau de robinet.

Abstract

Drinking water is called like so only when it meets the following criteria: fresh, clear, odorless, colorless, sufficiently aerated and slightly mineralized with a total absence of germs and toxic substances added to the pleasant taste. This study focused on analyzes carried out on fourteen samples of tap water from several localities in the city of Skikda for 5 months in order to assess the quality of this water intended for human consumption. The results of the analyzes revealed that these waters are of poor bacteriological quality during the period of January, February, March, and a good bacteriological quality of the water distributed in the tap during the period of the last two months of training April and May , and this is shown by the complete absence of fecal contamination indicators. According to this study, it can be concluded that the quality of the water is dependent on the state of maintenance and disinfection of the taps.

Keywords: water quality; bacteriological analysis; contamination; Skikda; tap water.

ملخص

يكون الماء صالحاً للشرب فقط عندما يفي بالمعايير التالية: نقي، عديم الرائحة، عديم اللون، و يحتوي أيضا على كمية معين من الأملاح المعدنية مع غياب كامل للجراثيم والمواد السامة إضافة إلى المذاق اللطيف و الحلو. ركزت هذه الدراسة على تحليلات أجريت على أربعة عشر عينة من ماء الصنبور من عدة تجمعات في مدينة سكيكدة لمدة 5 أشهر من أجل تقييم جودة هذه المياه المعدة للاستهلاك اليومي . وأظهرت نتائج التحاليل أن هذه المياه ذات جودة رديئة خلال فترة يناير وفبراير ومارس ونوعية بكتريولوجية جيدة لمياه الصنبور خلال الشهرين الأخيرين من التدريب أبريل ومايو ، ويظهر ذلك من خلال الغياب التام لمؤشرات التلوث . وفقاً لهذه الدراسة ، يمكن الاستنتاج أن جودة المياه تعتمد على حالة صيانة الحنفيات وتطهيرها.

الكلمات الرئيسية: جودة الماء ؛ تحليل على البكتيريا؛ التلوث ؛ سكيكدة ؛ ماء الحنفية.

Table des matières

Remerciements	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1
Chapitre I Généralités sur l'eau	
I. généralités sur l'eau	
I.1. Définition de l'eau.....	3
I.1.1.définition de l'eau potable.....	3
I.2. cycle de l'eau.....	4
I.2.1. évaporation, évaporation.....	4
I.2.2. condensation.	5
I.2.3. précipitations.....	5
I.2.4. Ruissellement et infiltration.....	5
I.3. Origine d'eau.....	5
I.3.1.Eau souterraine.....	5
I.3.1.1.les types des eaux souterraines.....	6
I.3.2.Eaux de surface.....	8
I.4. les types d'eau.....	9

I.4.1. Eaux potables	9
I.4.1.1. Paramètres organoleptiques.....	9
I.4.2. Eaux douces.....	10
I.4.3. Eaux plates.....	10
I.4.4. Eaux dures.....	10
I.4.5. Eaux de marais.....	10
I.4.6. Eaux de mers et saumâtres.....	11
I.5. Importance de l'eau.....	11
I.6. la pollution de l'eau.....	12
I.6.1. origine de la pollution de l'eau	13
I.6.1.1. phénomène naturel	13
I.6.1.2. L'activité humain.....	13
I.6.1.3.pollution domestique.....	13
I.6.1.4. Pollution industrielle.....	13
I.6.1.5.Pollution urbaine.....	14
I.6.1.6. Pollution agricole.....	14
I.6.2. Type de pollution.....	15
I.6.2.1. Pollution physique.....	15
I.6.2.2. pollution thermique.....	15
I.6.2.3. Pollution radioactive.....	15
I.6.2.4. Pollution mécanique.....	15
I.6.2.5. Pollution chimique	16
I.6.2.6. La pollution biologique.....	16
I.6.2.7. La pollution virale.....	16
I.6.2.8. La pollution organique.....	17
I.6.3. Conséquence de la pollution.....	17

I.6.3.1. Les conséquences écologique.....	17
I.7.Les maladies hydrique	18

Chapitre II Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes	19
II.1. Présentation de la zone d'étude.....	19
II.1.1. Situation géographique de la wilaya de Skikda.....	19
II.1.2. Description de l'environnement naturel.....	19
II.1.2.1	
Morphologie.....	19
II .1.2.2 Géologie de la région	20
II .1.2.3. Hydrologie.....	21
II.1.2.4. Climatologie	21
II.1.2.4.1 pluviométrie	22
II.1.2.4.2 Température	22
II.1.2.4.3 Humidité	23
II.1.2.4.4 Vents	23
II.1.2.3 Faune et flore.....	24
II.2.Présentation du laboratoire des analyses de la wilaya.....	24
II .2.1. Duré, lieu et secteur économique.....	24
II.2.2. Descriptif de l'entreprise	24
II.2.2.1.Constance physique	24
II.2.3. Déroulement de stage.....	25
II.2.4.les travaux effectués et les rapports de stage.....	25
II.2.4.1. Les travaux effectués.....	25
II.2.4.2. Les outils et la mis à disposition.....	25

II.3. Analyse d'eau	26
II.3.1. Prélèvement d'eau	26
II.3.1.1. Matériel de prélèvement	27
II.3.1.2. Mode de prélèvement	27
II.3.1.3. Point de prélèvement	27
II.3.1.4. fréquence d'échantillon	28
II.3.1.5. technique de prélèvement	28
II.3.1.6. Fiche	
renseignement	28
II.3.2. transport d'échantillons	29
II.3.3. Analyse bactériologique réalisé en laboratoire	29
II.3.3.1. le but d'analyse	29
II.3.3.2. Le principe des analyses	29
II.3.3.3. Matériel utilisé	30
II.3.4. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux et Escherichia coli	30
II.3.4.1. Test présomptif	30
II.3.4.2. Test confirmatif	31
II.3.5. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	32
II.3.5.1. Test présomptif	33
II.3.5.2. Test confirmatif	33

Chapitre III Résultats et discussion

III. Résultats et discussions	35
III.1. Les analyses bactériologiques	35
III.1.1. Les coliformes totaux	35

III .1.2. Les coliformes fécaux.....	37
III .1.3. Escherichia coli.....	38
III .1.4. Les streptocoques fécaux	39
Conclusion.....	41
Annexes	

Liste des abréviations

OMS : organisation mondiale de la santé.

ANPE : agence nationale pour l'emploi.

SF : Streptocoques fécaux.

EC : Escherichia coli.

E. coli: Escherichia coli.

CF : coliformes fécaux.

CT : coliformes totaux.

JORA : journal officiel de la république algérienne.

BCPL : lactose au bromocrésole pourpre.

°C : degrés Celsius.

AEP : Alimentation en Eau Potable.

NPP : nombre le plus probable.

SEMEP : service d'épidémiologie et de médecine préventive.

H₂O : la molécule d'eau.

ONM : office nationale de météorologie.

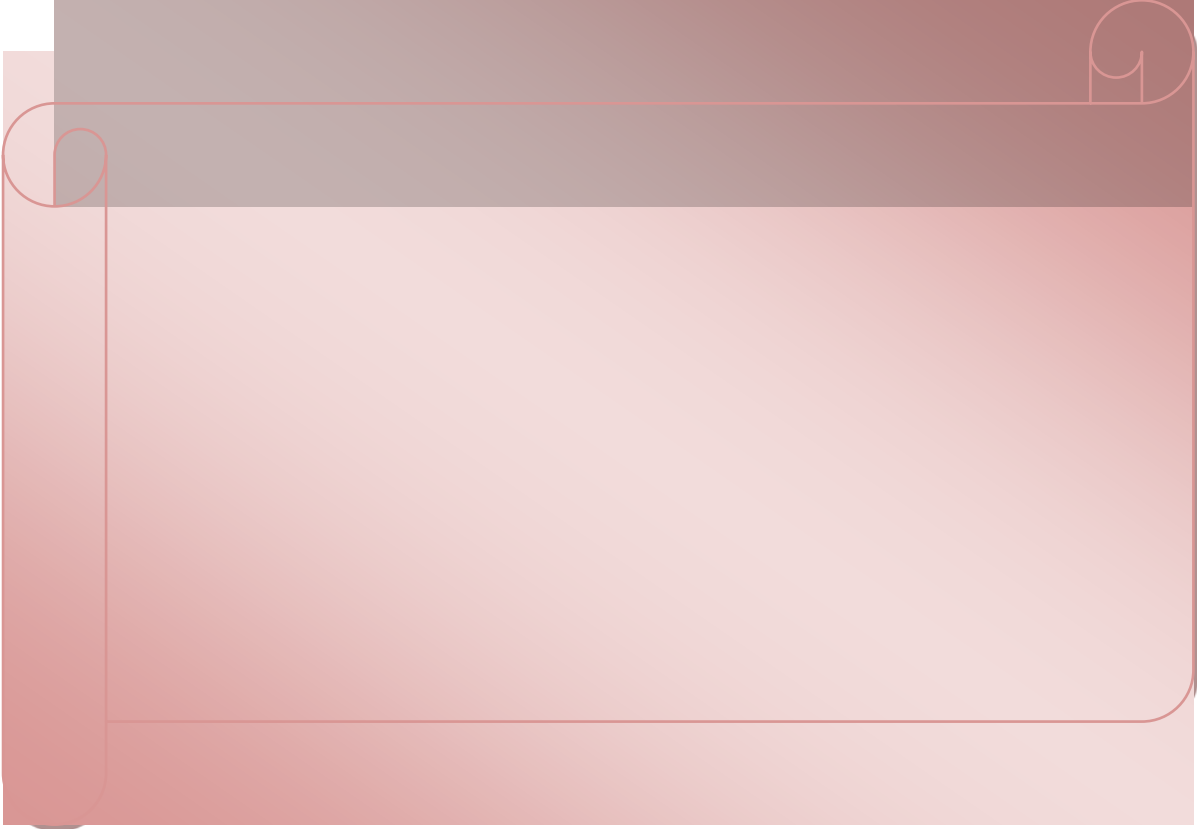
Liste des tableaux

Tableau 1. Comparaison entre les eaux de surface et souterraines	01
Tableau 2. Salinité des différents océans et mers.....	02

Liste des figures

Figure 01. La molécule d'eau	01
Figure 02. Cycle de l'eau dans la nature.....	02
Figure 03. situations de la wilaya de Skikda.....	04
Figure 04. Carte de vulnérabilité des eaux souterraine	05
Figure 05. Carte hydrogéologique du nord de l'Algérie	06
Figure 06. Transept pluvial saisonnier de la région de Skikda	08
Figure 07. Représentation des températures de la région de Skikda	09
Figure 08. Moyennes saisonnières de l'humidité relative de la région de Skikda	10
Figure 09. Rose des vents annuelle de la région de Skikda	14

Figure10. Le laboratoire des analyses de la wilaya de Skikda	18
Figure11. Recherche et dénombrement des coliformes totaux	23
Figure 12. Test confirmatif des coliformes totaux.	01
Figure 13. Test confirmatif des coliformes totaux.	02
Figure 14. Test confirmatif des coliformes totaux.	04
Figure 15. Des photos de tests dans le laboratoire	05
Figure 16. Résultats des coliformes totaux	06
Figure 17. Résultats des coliformes fécaux.	08
Figure 18 Résultats d'Escherichia coli.	09
Figure 19. Résultats des streptocoques fécaux	10



Introduction

Introduction :

Notre planète « la terre », aussi appelée la « planète Bleue » à cause de la dominance de l'eau qui représente les trois quarts de sa surface (**Kherifi et Achi, 2016**). L'eau est très importante dans la constitution de tous les êtres vivants. Les eaux de surface occupent la plus grande fraction du globe terrestre. Environ 98% de ces eaux sont des eaux salées ou bien dite marines. Les 2% restants sont des eaux continentales représentées par les rivières, les lacs et les étangs (**Gleick, 1993 ; Gerard, 1999**).

L'eau est une ressource renouvelable (par le recyclage), par les phénomènes : Évaporation et évapotranspiration ; les précipitations ; le ruissellement de surface et souterrain sont les étapes du cycle.

Le problème de l'eau peut être de quantité et aussi de qualité, Ainsi, l'eau peut contenir une multitude de composants chimiques d'origine naturelle ou anthropique. Donc, une eau destinée à la consommation humaine est potable (**John & Donald, 2010**).

Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres microbiologiques (coliformes fécaux et totaux, streptocoques fécaux, Escherichia coli, les bactéries anaérobies sulfite-réductrices), paramètres organoleptiques (couleur, turbidité, odeur, saveur), physico-chimiques (température, pH, etc.), et de substances indésirables et toxiques (nitrates, nitrites, arsenic, plomb, hydrocarbures, etc.). Ainsi, une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques et biologiques susceptibles de nuire à plus ou moins long terme à la santé des individus (**John et Donald, 2010**).

Chaque année 1,8 millions de personnes dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement meurent de maladies diarrhéiques (y compris du choléra); 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant et à une hygiène défectueuse (**OMS, 2015**).

La qualité de l'eau des sources peut être affectée par de nombreux paramètres. Les intempéries (orages, fortes pluie, fonte des neiges, etc.) peuvent avoir des conséquences indirectes sur la source comme la fuite d'un réseau souterrain d'égout, les ruissellements sur des zones urbanisées ou industrielles, ou la remise en suspension de sédiments potentiellement contaminés. De plus, un déversement accidentel ou volontaire de produits

Introduction

toxiques fait également partie des sources de contamination potentielles des eaux (Guérineau, 2013).

Sur le plan aussi bien national qu'international, la réglementation imposant des analyses de contrôle nombreuses et fréquentes, du point de vue traitement au robinet du consommateur. De même, la mise en œuvre et l'application des méthodes biochimiques et automatisés pour la surveillance du traitement et le contrôle de la qualité de l'eau, il est important d'évaluer la salubrité de l'eau en prenant en compte le type de paramètre microbiologique (bactéries, virus, protozoaires et helminthes, etc.).

La contamination microbiologique de l'eau est due à la présence d'organismes de diverses natures : virus, bactéries, protozoaires, algues, champignons. En ce qui nous concerne et dans le cadre de cette étude nous nous proposons d'évaluer la qualité microbiologique des eaux de robinet de la commune de Skikda. Les organismes pathogènes auxquels nous nous sommes intéressés sont : les coliformes totaux, les coliformes fécaux (*Escherichia coli*), les streptocoques, et les bactéries anaérobies sulfite-réductrices (spores).

Un suivi dans le temps de la qualité des eaux brutes et traitées a été réalisé dans le cadre d'un stage effectué au sein de laboratoire d'hygiène de la wilaya de Skikda (Merdj-Edib).

Notre étude consiste en la détermination des différentes méthodes d'analyses microbiologiques de l'eau. Le travail est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est une revue générale sur l'eau, ses origines, importance et pollution.
- Le second chapitre consacré à la présentation de l'établissement d'accueil et la zone d'étude ainsi, que le matériel et les méthodes adoptées pour la caractérisation microbiologique des eaux de robinet de la ville de Skikda.
- Le dernier chapitre englobe la présentation et l'interprétation des résultats obtenus pour les paramètres pris en considération dans cette étude.
- Une conclusion et des perspectives clôtureront le présent manuscrit.



Chapitre 01 :
Généralités sur l'eau

I.1 Définition de l'eau

L'eau est l'élément vital pour la vie, c'est la boisson naturelle par excellence. C'est un liquide, inodore, incolore, sans goût, transparent et de pH neutre (Perry, 1984). C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants (Bernard, 2007). Elle peut se trouver, dans la nature, sous les trois formes : liquide (rivière, fleurs...etc.), gazeuse (vapeur d'eau) et solide (glaces, neiges). La valeur de l'eau est inestimable, première ressource minérale du monde, sa protection et sa gestion sont indispensables à la survie de l'humanité, du règne animal et végétal (Roux, 1995). Elle est caractérisée par sa forme pure de molécule qui associe un atome d'oxygène avec deux atomes d'hydrogène sous la forme H_2O (Figure 01).

I.1.1 Définition de l'eau potable

L'eau potable est une eau qui doit être exempte de microorganismes pathogènes et de substances toxiques. Elle doit, par ailleurs, être limpide, incolore et ne présente aucun goût ni odeur désagréable (O.M.S, 1986).

La molécule d'eau (H_2O) est constituée de deux atomes d'hydrogène accrochés à un atome d'oxygène par une liaison covalente polarisée.

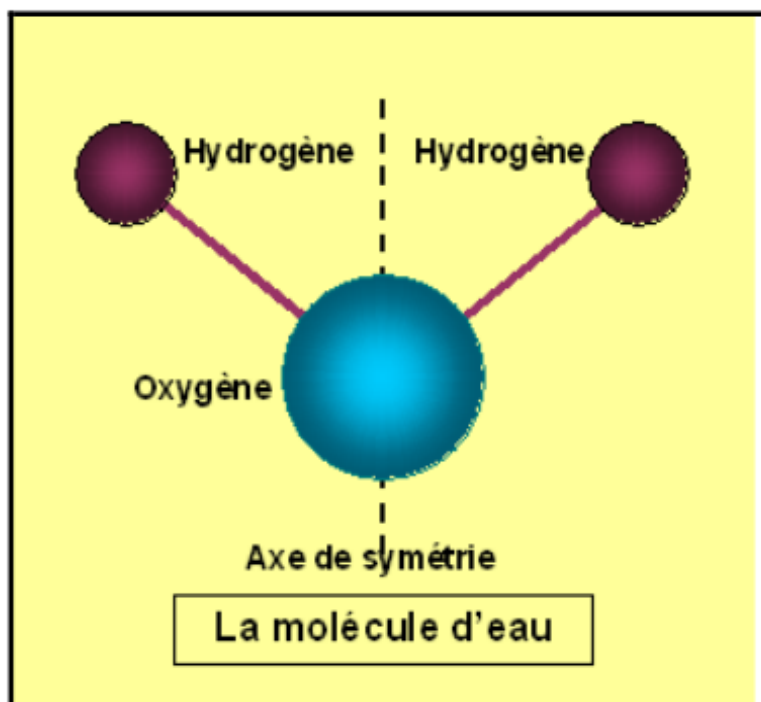


Figure 1. La molécule d'eau (Chelli et Djouhri, 2013).

I.2 Cycle de l'eau

L'eau est en tous lieux présents autour de nous et constitue un des éléments fondamentaux de notre planète. Elle se transforme et circule en permanence dans l'atmosphère, dans le sol et dans le sous-sol de notre terre : c'est le cycle de l'eau (Vilagines, 2003). Le soleil est le moteur de ce cycle, il active et maintient constamment les masses d'eau en mouvement suite à l'énergie thermique qu'il rayonne. Ce cycle se divise en deux parties étroitement liées (Figure 02). Une partie atmosphérique qui implique la circulation de l'eau dans l'atmosphère, sous sa forme de vapeur d'eau en particulier et une partie terrestre qui concerne l'écoulement de l'eau sur les continent, qu'elle soit superficielle ou souterraine (Chelli et Djouhri, 2013).

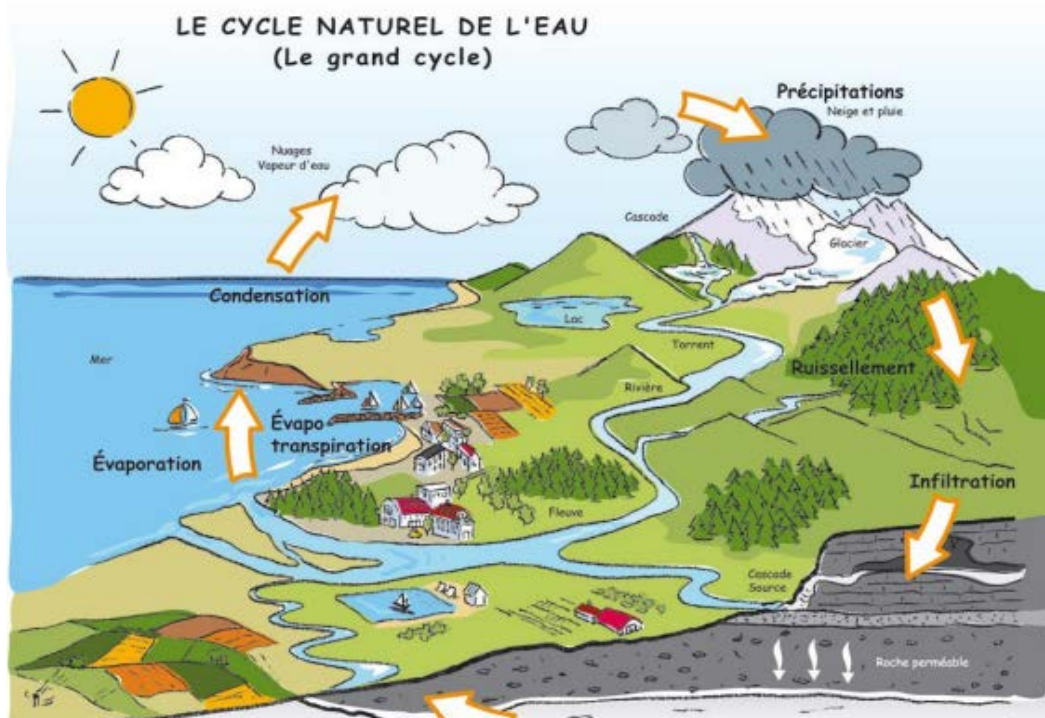


Figure 2. Cycle de l'eau dans la nature. [1].

Le cycle de l'eau se décompose en plusieurs étapes et résumé comme suites :

I.2.1 Evaporation, évapotranspiration

Sous l'action du soleil, une partie de l'eau des mers, océans, lacs et rivières ainsi que l'eau provenant de la transpiration des végétaux s'évapore, en se débarrassant de son sel et ses impuretés. [1]

I.2.2 Condensation :

La vapeur d'eau se condense en minuscules gouttelettes lorsqu'elle traverse des couches d'air froid de l'atmosphère qui, poussées par les vents, se rassemblent et forment des nuages. Ces nuages arrivent au dessus des continents où ils s'ajoutent à ceux déjà formés. [1]

I.2.3 Précipitations

Sous l'action de phénomènes météorologiques complexes où interviennent surtout les vents et les différences de températures, Les nuages s'alourdissent et déversent leur contenu sur la terre, forme de pluie, neige ou grêle (Ayad, 2017).

I.2.4 Ruissellement et infiltration

La plus grande fraction des eaux tombent directement dans les océans. L'autre proportion s'infiltrent dans le sol et alimentent les nappes souterraines, Les nappes phréatiques contribuent, à leur tour, à l'alimentation des sources et des rivières qui vont alimenter les océans. Et le cycle recommence (Jackes, 1996).

I.3 Origine de l'eau

Selon le mode de gisement, il existe deux sources principales d'eau; les eaux superficielles (les eaux des oueds, des lacs, des océans et des mers) ; et les eaux souterraines (l'eau accumulée dans les nappes).

I.3.1 Eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent 30% de l'eau douce de la planète. Elles sont la principale source d'eau douce de l'humanité. Le reste constitue les calottes polaires (69%) ainsi que les fleuves et les lacs (1%). Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant dans les pores, les fissures des roches et dans les sédiments sous la terre, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol et se bénéficient de filtration naturelle importante (Chelli et Djouhri, 2013).

Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont (Desjardins, 1997) :

- Turbidité faible.
- Contamination bactérienne faible
- Température constante.

- Débit constant.
- Dureté souvent élevée.
- Concentration élevée de fer et de manganèse.

I.3.1.1 Types d'Eaux Souterraines

❖ Les nappes

Une nappe est une eau contenue dans les interstices ou les fissures d'une roche du sous-sol (aquifère). Seule l'eau libre, c'est à dire capable de circuler dans la roche faisant partie de la nappe. Ce type de réservoir peut être exploité et peut approvisionner les réseaux de distribution d'eau potable, comme dans les cas qu'on va étudier en partie pratique (**Arjen, 2010**).

- Nappe phréatique.
- La nappe phréatique est une nappe d'eau que l'on rencontre à faible profondeur.
- Elle alimente traditionnellement les puits et les sources en eau potable. C'est la nappe la plus exposée à la pollution en provenance de la surface (**Rodier et al. 2009**).
- Nappe libre les nappes d'eaux souterraines peuvent être de deux types selon qu'elles circulent sous une couche perméable ou non.

Les nappes situées sous un sol perméable sont dites libres. Au-dessus de la nappe en effet, les pores du terrain perméable ne sont que partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé, et les eaux de pluie peuvent toujours l'imprégner davantage. Aussi, le niveau de la nappe peut-il monter ou baisser à son aise. De telles nappes peuvent donc contenir des volumes d'eau variables (**Castany, 2008**)

- **Nappe captive**

Ce type de nappe est compris entre deux couches géologiques imperméables qui confinent l'eau sous pression. Celle-ci peut jaillir dans des forages dits artésiens. Les nappes captives sont souvent profondes de quelques centaines de mètres voire plus. Elles se renouvellent plus lentement. Leur alimentation provient pour partie de la zone affleurant de l'aquifère et elles bénéficient d'une protection naturelle, représentée par la formation géologique imperméable sus-jacente. Elles sont de ce fait peu vulnérables aux pollutions de surface (**Castany, 2008**).

- **Nappe non-captive**

Le toit ou le substratum (ou de les deux) de la nappe sont souvent constitués par une formation hydrogéologique semi-perméable. Celle-ci permet, dans certaine condition hydrodynamiques favorables (différence de charge) des échanges d'eau (ou de pression) avec la nappe superposée ou sous jacent appelé drainante. Ce phénomène implique une nappe semi captive (**Castany, 2008**).

- **❖ Les sources**

Les sources présentent généralement les qualités de l'eau souterraine, tout en permettant une exploitation aisée. Leur présence est étroitement liée à la géologie du terrain. (**Debabza, 2005**). Des eaux adaptées à la consommation humaine, microbiologiquement saines et protégées contre les risques de pollution. Les eaux des sources comme les eaux minérales proviennent d'une nappe ou d'un gisement souterrain, exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, à proximité des quelles l'eau est conditionnée. Elles ne peuvent faire des l'objet d'un traitement ou adjonction autre que :

- La séparation des éléments instable et la sédimentation des matières en suspension par la décantation ou filtration.
- L'incorporation de gaz carbonique ou la dénazification (**Ouali, 2001**).

- **❖ Forage**

Le forage est une technique ou opération permettant le creusement de trous généralement verticaux. L'eau du forage est purifiée par un long parcours à travers le sol, les possibilités de pollution sont donc réduites, et surtout si l'extraction de l'eau se fait au moyen de pompe. Raison pour laquelle l'eau de forage est en général la meilleure pour la consommation humaine (**Collin, 2004**).

- **❖ Puits**

On appelle puits de surface un puits qui s'approvisionne directement dans la nappe phréatique. Le pompage dans un puits de surface a pour effet de former autour du puits un cône de dépression. Un excès de pompage abaissera le niveau phréatique et pourra contribuer à assécher d'autres puits avoisinants. L'eau peut être remontée au niveau du sol soit de façon

très simple grâce à un récipient (Seau par exemple) soit plus facilement grâce à une pompe, manuelle ou motorisée (Collin, 2004).

I.3.2 Eaux de surfaces

Par opposition aux eaux souterraines les eaux de surface (superficielles), sont les eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles proviennent soit par des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit par les eaux de ruissellement (fleuves, rivières, barrages, mares, marigots...). Elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (Degremont, 2005). Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est très riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone (Degremont, 2005). Ces eaux superficielles doivent subir un traitement en plusieurs étapes pour être utilisées pour la boisson et les usages domestiques. Elles ne peuvent être utilisées sans traitement. De plus, pour envisager d'alimenter des populations à partir d'eaux de surface, il faut éviter les conditions favorisant l'érosion des sols, les conditions non hygiéniques et les pollutions accidentelles et chroniques.

Tablea : Comparaison entre les eaux de surface et souterraines (Bourrier et Selmi, 2011).

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle
Couleur	Liée surtout aux MES (argiles, algues)	Liée surtout aux matières en solution (acide humique par exemple)
Fe et Mn divalent (à l'état dissous)	Généralement absents sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation.	Généralement présents Sensiblement
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets	Constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
Oxygène dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent dans la plupart du Temps

H ₂ S	Généralement absent	Souvent présent
NH ₄ ⁺	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	Peu abondant en général	Teneur parfois élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps

I.4 Les types d'eau

Et sans empiéter encore sur les études particulières portant sur les différents types d'eau, lesquelles établissent précisément une certaine corrélation entre composition et origine, nous pouvons distinguer :

I.4.1 Eau potable

La notion de potabilité est liée directement à l'alimentation humaine. Une eau naturelle est dite potable si elle présente les qualités suivantes :

- ✓ Fraîcheur et limpidité;
- ✓ Absence d'odeur et de couleur ;
- ✓ Goût agréable ;
- ✓ Suffisamment douce, aérée ;
- ✓ Minéralisation raisonnable ;
- ✓ Absence de matières organiques et de germes pathogènes (**Degremont, 2005**).

I.4.1.1 Paramètres organoleptiques

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

➤ Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration.

Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (**Rodier, 2005**). Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/1 platine cobalt (**Lefèvre, 1991**).

➤ **Odeur :**

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition l'odeur peut être définie comme L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (**Rodier, 2005**).

➤ **Goût et saveur**

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

I.4.2 Eaux douce

L'eau douce, par opposition à l'eau de mer, est une eau caractérisée suffisamment par sa faible teneur en sels dissouts la rendant apte au captage destiné à la consommation humaine.

I.4.3 Eaux plates :

Ce sont des eaux caractérisées par un manque total de saveur, pourvus en oxygène, sans fraîcheur naturelle (**Degremont, 2005**).

I.4.4 Eaux dures

Une eau dure incruste à froid ou à chaud les retenues qui la contiennent. La dureté est engendrée par la présence des ions calcium ; magnésium, et un à degré moindre le fer et l'aluminium (**Degremont, 2005**).

I.4.5 Eaux de marais

Les eaux de « marais ou « tourbier » sont des eaux douces caractérisées par une faible valeur de pH, due à la présence d'acides organiques et qui les rend très corrosives. On les appelle parfois « eaux rouges » en raison de la présence des particules à base d'oxyde de fer en suspension (**Degremont, 2005**).

I.4.6 Eaux de mers et saumâtres

La salinité observée dans les différents océans ou mers du globe résulte d'un équilibre entre évaporation, pluies et apport des fleuves (salinité faible) d'une part et d'échange d'eau avec les autres mers ou océans auxquels ils sont reliés d'autre part. Elle est donc très variable comme l'illustre le **tableau 02**.

Une eau saumâtre est une eau dont la teneur en sel est sensiblement inférieure à celle de l'eau de mer. La concentration totale de sel dissous est généralement comprise entre 1 et 10 g/l alors qu'elle est (en moyenne) de 35 g/l pour l'eau de mer. Dans les estuaires maritimes, la conjonction des courants d'eau douce avec l'eau de mer donne naissance à des poches d'eau saumâtre (Chelli et Djouhri, 2013).

Tableau 2 : Salinité des différents océans et mers (Degremont, 2005).

Origine	Salinité (g.L ⁻¹)
Mer Baltique	17
Mer Noir	22 à 25
océans atlantique et pacifique	32 à 38
Mer Méditerranée	37 à 40
Mer rouge-Golfe arabique	40 à 47
Mer Morte	270

I.5 Importance de l'eau

L'eau est un élément essentiel à la vie et au fonctionnement global du globe terrestre, car elle atteint 70-80% de la surface totale de la terre. L'eau est au cœur des écosystèmes naturels et de la régulation climatique. Le cycle hydrologique est le nom donné au mouvement continu de l'eau en dessous, au-dessus et à la surface de terre. A travers les états liquide, gazeux et solide Presque 98% de l'eau est salée, impropre à la consommation et moins de 1%

de l'eau est potable et disponible à l'utilisation, la majorité est enfermée dans les neiges et dans les polaires (**Lassoued et Touhami, 2008**).

L'eau est essentielle à la vie : il s'agit d'une ressource vitale pour l'humanité et le reste du monde vivant. Tout le monde en a besoin, et pas juste pour boire. C'est la plus abondante de la matière vivante (jusqu'à 90% du poids pour certains être vivants, animaux et végétaux...).

L'eau est le principal constituant des corps humains. Elle représente aussi un pourcentage très important dans la concentration de tous les êtres vivants. Le corps d'un être humain adulte est composé de 60% d'eau et une consommation minimale de 1,5 litre d'eau par jour lui est nécessaire (**Diop, 2006**).

Outre d'être le constituant des cellules, l'eau remplit les fonctions :

- Participe aux nombreuses réactions chimiques dans le corps humain
- Assure le transit d'un certain nombre de substances dissoutes indispensables aux cellules
- Permet l'élimination des déchets métaboliques.
- Aide au maintien d'une température constante à l'intérieur du corps (**Monod, 1989**).

I.6 La pollution de l'eau

La pollution de l'eau est due à sa contamination par des corps étrangers tels que des microorganismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres. Ces substances et corps étrangers dégradent la qualité de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités (**Ramade, 1984**).

La pollution des eaux peut être définie comme une dégradation de celle-ci par les éléments qu'elle a accumulés de son utilisation. Ces éléments indésirables proviennent des rejets chimiques, des rejets provenant d'industries diverses, du lessivage des sols (**Boeglin, 2001**).

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol qui subit donc la dégradation de ces deux milieux (**Bouziati, 2000**). On appelle pollution de l'eau toute modification de la qualité de l'eau qui a des conséquences nocives pour la santé des êtres humains consommant cette eau polluée.

I.6.1 Origine de la pollution de l'eau

Cette pollution provient de plusieurs sources d'origine anthropiques, c'est-à-dire due directement ou indirectement à l'activité humaine, et peut aussi résulter de phénomènes naturels tels qu'une éruption volcanique ou autre.

Tout d'abord il y a lieu de considérer séparément les pollutions biologiques, les pollutions chimiques et les pollutions radioactives, car chacun de ces groupes requiert un traitement particulier. Les origines peuvent être ainsi classées :

I.6.1.1 Phénomènes naturels :

Certains phénomènes naturels peuvent être à l'origine de la pollution des eaux et sont identifiés en relation avec les éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins, d'hydrocarbures, le contact avec les filons, ou gisements d'éléments toxiques et la présence d'une thermo-minérale (**Chibani, 2009**).

I.6.1.2 L'activité humaine :

C'est une pollution qui est due suite à la forte activité urbaine, domestique, industrielle et agricole.

I.6.1.3 Pollution domestique :

Elle est généralement liée aux rejets d'eaux usées. Les eaux usées issues de l'utilisation d'eau quotidien (toilettes, cuisine, douche...) contiennent des déchets organiques ou de la matière fécale. Les habitations mal ou non raccordées au réseau d'assainissement collectif peuvent ainsi engendrer une pollution bactériologique de l'eau. Les produits ménagers que nous utilisons sont chargés des polluants chimiques nocifs pour l'environnement. Mélangé à l'eau, ils terminent dans nos canalisations ou dans la nature et engendrent une pollution chimique. Difficilement traités par les réseaux d'assainissement. Les résidus de ces produits viennent enrichir les cours d'eau en substances chimiques.

I.6.1.4 Pollution industrielle :

Un grand nombre d'opérations industrielles et manufacturières rejettent des agents polluants directement ou indirectement dans les sources d'eau environnantes (**Chibani, 2009**) Ces polluants sont caractérisés par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans le processus de refroidissement, de lavage, d'extraction, de mise en solution et de l'activité des usines (**Benchabane et Merzoug, 2015**).

Selon le type d'industrie on distingue divers matières polluants :

- Matières organiques et graisses (abattoirs, industrie agroalimentaires...);
- Hydrocarbures (industrie pétrolières, transport);
- Métaux (traitement de surface, métallurgie);
- Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries....);
- Eaux chaudes (circuits de refroidissements des centrales thermiques);
- Matières radioactives (centrales nucléaires ; traitement des déchets radioactifs)

(Boucherit et Hakimi, 2016).

I.6.1.5 Pollution urbaine :

En milieu urbain les sources de pollution sont facilement identifiables, ce sont essentiellement les eaux pluviales, les résidus de traitement de la pollution domestique ainsi que les résidus de traitement des ordures managers. Elle est caractérisée par :

- Une teneur importante de matières minérale en suspension (sable, gravier, poussière);
- La présence de nombreux détritissolide;
- Des fortes concentrations en toxiques et hydrocarbures provenant essentielles des lessivages des parkings, résidus d'échappement des véhicules, résidus de corrosion des équipements métalliques **(Boucherit et Hakimi, 2016).**

I.6.1.6 Pollution agricole :

La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticides et d'herbicides ou de fongicides. Les méthodes modernes exigent parfois des labourages profonds et violents, ce qui favorise l'infiltration directe des polluants (NO₃, NO₂, SO₄, PO₄ et Cl) vers la nappe phréatique **(Boucherit et hakimi, 2016)**. L'agriculture, l'élevage et l'aviculture sont des activités responsables de rejets de nombreux polluants organiques et inorganiques. Ces polluants atteignent les cours d'eau par le ruissellement de surface ou par l'écoulement souterrain **(Bouras et Sekfali, 2013)**.

Le caractère rurale de la population est derrière le nombre élevé des éleveurs, ce qui provoque une forte utilisation des engrais et des produits phytosanitaires et un taux élevés des excréments d'animaux, augmentant ainsi le taux de la pollution dans les ressources hydriques que ce soit souterraines ou superficielles **(Bouchaala, 2010)**.

I.6.2 Les types de pollutions :

L'expansion et l'intensification des activités humaines sont à l'origine de l'accroissement de la dispersion des polluants dans les milieux naturels. Les polluants sont émis dans l'environnement sous forme de gaz et de substances dissoutes ou particulaires. Ils atteignent les milieux aquatiques par des voies diverses telles que les retombées atmosphériques, le ruissellement, le lessivage des sols ou le déversement direct des déchets (Chibani, 2009).

I.6.2.1 Pollution physique

La pollution physique représente les éléments solides entraînée par l'eau où les trois principaux agents physique de la pollution sont : la chaleur, le transport des matières en suspension et la radioactivité (Boucherit et Hakimi, 2016 ; Chibani, 2009).

I.6.2.2 Pollution thermique

Cette pollution est due à l'élévation de la température de l'eau. L'eau se chauffe, et le taux de l'oxygène diminue ; par conséquent une asphyxie s'installe chez les organismes aquatiques.

I.6.2.3 Pollution radioactive

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde) ou d'une contamination liée à des retombées atmosphérique (explosions nucléaires) ; des champs de rayonnement d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets d'installation des centrales nucléaires (Kourchi, 2010).

I.6.2.4 Pollution mécanique

Elle provient du lessivage des sols par des pluies abondantes et des travaux et de revêtements qui rendent le sol imperméable provoquant une concentration des écoulements et des volumes entraînant de boues importants (Kourchi, 2010).

I.6.2.5 Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau devient de nos jours une préoccupation de santé publique qui prend des formes multiples, certaines formes de pollution chimique échappent souvent aux méthodes ordinaires de traitement de l'eau et posent par conséquent des problèmes complexes de pollution ; tant au niveau des eaux de surface qu'au niveau des nappes souterraines (**Kourchi, 2010**).

On distingue selon la nature des polluants chimiques :

➤ Les éléments chimiques minéraux

De très nombreux minéraux sont rejetés dans les eaux continentales ou marines par l'industrie et l'agriculture (engrais chimiques). Les composés minéraux et organiques du phosphore et de l'azote constituent les éléments nutritifs les plus importants et sont généralement considérés comme les facteurs principaux de l'eutrophisation (**Boucherit et Hakimi, 2016 ; Chibani, 2009**).

➤ Les éléments chimiques organiques

Les composés organiques peuvent être naturels ou de synthèse. Ils constituent le principal polluant aquatique et il est de multiples sources : agricole, industrielle et humaine. (**Boucherit et hakimi, 2016 ; Chibani, 2009**).

I.6.2.6 La pollution biologique

C'est une pollution d'origine humaine et animale; elle est engendrée par les rejets urbains. La pollution biologique devient très dangereuse lorsque les eaux usées sont rejetées dans un milieu pouvant être utilisé comme moyen de loisir (eau de mer ; lac ; rivière etc). Elle peut être à l'origine des maladies infectieuses (fièvre typhoïde ; choléra) (**Loumi et al, 2010**).

I.6.2.7 La pollution virale

Les virus constituent l'entité biologique la plus abondante dans les écosystèmes aquatiques. Ils présentent un intérêt direct en santé humaine et ils sont capables de provoquer des infections chez l'homme. (**Kankou, 2004**). Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine, par les selles, plus rarement Par les urines ou les excréments nasopharyngées. On connaît plus de 100 types de virus pathogènes regroupés sous le nom de virus entériques, ils appartiennent à plusieurs familles et genres. Ces virus entériques sont

retrouvés dans les eaux usées avant de contaminer le milieu naturel .Parmi les virus présent dans l'eau, on compte le virus de l'hépatite A, le virus de l'hépatite E plutôt confiné dans les milieux tropicaux, le virus commun des Gastroentérites, Les adénovirus, les réovirus (**Schwartzbrod, 2000**).

I.6.2.8 La pollution organique :

La pollution organique est la plus répandue, elle est engendrée par le déversement des eaux usées domestiques ou des eaux résiduaires provenant de diverses industries agroalimentaires, abattoirs, laiteries, fromageries, sucreries, industries, bois et papeteries (**Liu et al, 1997**).

I.6.3 Conséquences de la pollution :

Les conséquences de la pollution sont nombreuses, notamment :

- Les matières organiques solubles abaissent la teneur en oxygène dans les cours d'eau, ce qui conduit à la réduction et à la mort de la faune aquatique.
- Les matières en suspension, s'accumulent au fond des cours d'eau, lacs et étangs l'augmentation de la turbidité.
- Les acides sont toxiques à la vie aquatique et détériorent les réseaux d'assainissement.
- Les huiles et les graisses flottants conduisent au colmatage des conduites et donnent un aspect esthétique indésirable.
- Les matières toxiques et les métaux lourds sont toxiques à la vie aquatique.
- Le phosphore et l'azote conduisent à l'eutrophisation des cours d'eau.
- Le phosphore est un élément limitant la croissance des plantes et du phytoplancton.
- Les coliformes fécaux et les microorganismes pathogènes participent à la contamination bactériologique des cours d'eau (**Birech et Messaoudi, 2006**).

I.6.3.1 Les conséquences écologiques :

Les conséquences écologiques de la pollution des ressources en eau se traduisent par la dégradation des écosystèmes aquatiques. Comme tout le milieu naturel, un écosystème aquatique dispose d'une capacité propre à éliminer la pollution qu'il subit : c'est sa capacité "d'autoépuration" cependant, lorsque l'apport de substances indésirables est trop important,

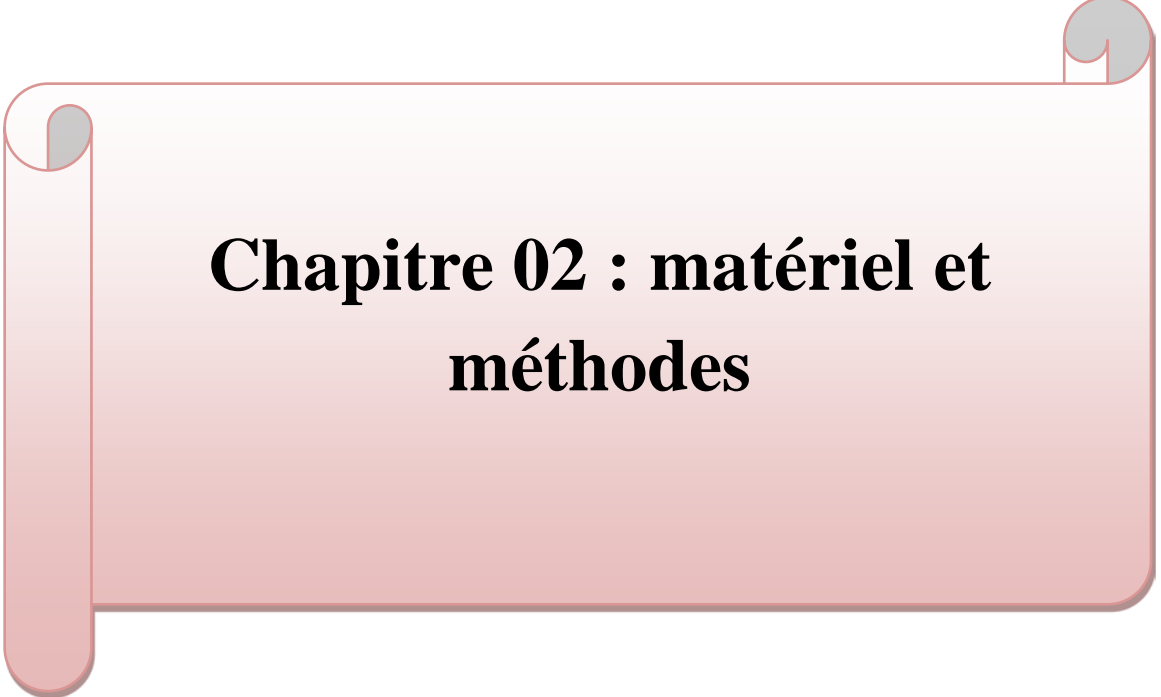
que cette capacité épuratoire est saturée, les conséquences écologiques peuvent être de différentes natures (**Delmont, 2016**).

6. Les maladies hydriques :

Les maladies hydriques sont « les maladies (et par extension les risques sanitaires) liés à la qualité de l'eau et à l'accès à l'eau potable. Les maladies à transmission hydrique (Appelées également maladies des mains sales ou maladies des canalisations) constituent un groupe de maladies à allure épidémique, dont la symptomatologie est le plus souvent digestive (diarrhées, vomissement ...) et dont la nature et propagation sont liées à divers facteurs, comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté (**Bouziane, 2000; 2005**).

Ces maladies sont ainsi nommées car elles sont provoquées par l'ingestion ou le contact avec des eaux insalubres. En ce qui nous concerne, sont appelées maladies hydriques toute maladie affectant un individu par l'intermédiaire de la consommation d'eau non potable (**Mbongo, 2015**).

Les maladies à transmission hydrique appelées par contraction (MTH) appelé également maladies de canalisation ils constituent un groupe de maladies à allure épidémique dues à l'ingestion d'eau contaminée par certains germes. Les MTH recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale comme les bactéries strictement pathogènes ou opportunistes, les virus ou les parasites issues d'une fèces humaine ou animale, dont l'élément commun est le mode de contamination de l'eau (**Aroura, 1997**).



Chapitre 02 : matériel et méthodes

II.1 Présentation de la zone d'étude

L'objectif est la présentation de notre zone d'étude : localisation géographique et historique de la ville de Skikda, la population urbaine, sa densité, ainsi que la présentation de la zone pétrochimique et de la nature du risque potentiel. Il aide à comprendre l'impact de la présence de l'industrie à risque dans la ville et l'effet de cette présence sur l'espace, la société et l'eau surtout.

II.1.1 Situation géographique de la wilaya de Skikda

La ville de Skikda se situe dans le nord-est de l'Algérie, limitée au nord par la mer Méditerranéenne, à l'Est par la wilaya de Annaba, à l'ouest par la wilaya de Jijel, au sud par Constantine et Guelma, et par Mila au Sud-ouest, entre les altitudes $36^{\circ}5N$ et $36^{\circ}15N$ et les longitudes $7^{\circ}15E$ et $7^{\circ}30 E$. Couvrant une superficie totale de 4137,68 km² avec une frange littorale de 142 Km de long, représentant ainsi 12% du littoral algérien (**Figure 3**).



Figure 03 : situation de la wilaya de Skikda.

II.1.2 Description de l'environnement naturel

II.1.2.1 Morphologie

Le relief est très accidenté sur la commune de Skikda. Dans ce relief, on distingue deux types de zones topographiques, les zones de montagnes et les zones de plaines :

A. La zone des Montagnes : Couvrant le tiers de la commune, elle constitue l'élément prédominant du relief, à l'Ouest elle forme ainsi une ossature composée d'un ensemble de

Djebels qui appartiennent au prolongement de la chaîne Numidique Constantinoise, dont les plus importants sont M'sioune, Bouyala, Boulekroud, aux altitudes variant entre 200 et 300 mètres.

B. La zone des vallées et des Oueds : La vallée du Saf-Saf (Oued) est la plus importante de la commune avec celle de L'Oued Zeramna ; cette zone représente presque la moitié de la superficie totale de la commune.

La ville de Skikda se compose de dunes de sables, de falaises, de plages et de pentes :

- **Les dunes de sables :** Cette zone représente le 1/6 de la superficie de la commune ; elle est constituée par le premier plateau qui se trouve entre la zone industrielle et l'Oued K'Sob sur une largeur de 200 à 500 mètres.
- **Les falaises :** Cette zone couvre une superficie de 64 hectares et correspond au contact direct entre les zones de montagnes et la mer ;
- **Les plages :** C'est une bande étroite de 20 à 150 mètres, d'une longueur environ de 10 km, et est essentiellement localisée dans la partie Est, entre le nouveau Port et l'Embouchure de l'Oued K'Sob ;
- **Les pentes :** La forte déclivité relevée, correspond en majeure partie aux massifs montagneux de la commune et aux falaises dans la partie littorale. Ceci montre l'importance de l'élément montagneux. Les pentes de 0-8% et facilement urbanisable quoique cette proportion se voit largement diminuée du fait que l'agriculture et la zone industrielle en occupent déjà la majeure partie.

En effet ces terrains à faibles pentes coïncident avec les vastes terrasses des vallées du Saf-Saf, Zeramna et le plateau de Larbi Ben M'hidi. Quant aux terrains classés dans les catégories de pentes 8-12,5%, 12,5-15% et 15-25% ils représentent respectivement 75 ; 187,50 et 37,50 hectares de la superficie communale et correspondent aux ravins encaissés et aux zones de piémonts. (Abderrahmane. 2019).

II.1.2.2 Géologie de la région

L'Algérie est divisée en deux unités tectoniques majeures séparées par la faille sud atlasique : Le nord de l'Algérie portant l'empreinte de la tectonique alpine ;

La plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée. Le Nord de l'Algérie est délimité par les éléments suivants : · Au sud, l'Atlas saharien, une chaîne de montagnes d'origine alpine ; · Au centre, des plateformes comme la Méséta Oranaise à l'Ouest et le môle d'Ain Regada à l'est ; Dans la partie septentrionale, l'Atlas tellien

est une zone complexe constituée de nappes mises en place au Miocène inférieur. Des bassins néogènes tardifs comme le Chélif et le Hodna se sont installés sur ces nappes. Le nord de l'Algérie est un tronçon de la chaîne alpine des Maghrébines, dont la nature et la structure du substratum sont peu connues par suite de la complexité de sa géologie. (Abderrahmane, 2019)

II.1.2.3 Hydrogéologie

Les ressources en eaux souterraines de la commune de Skikda proviennent des zones alluviales récentes et anciennes et les zones de calcaire et de dunes. Les structures géologiques et hydrogéologiques permettent d'estimer les ressources souterraines en eau à environ 52 millions de m³. La carte de vulnérabilité des eaux souterraines de la wilaya de Skikda indique que le complexe GL1K est situé dans des horizons très sensibles (Abderrahmane, 2019) (Figure 4 ; 5).

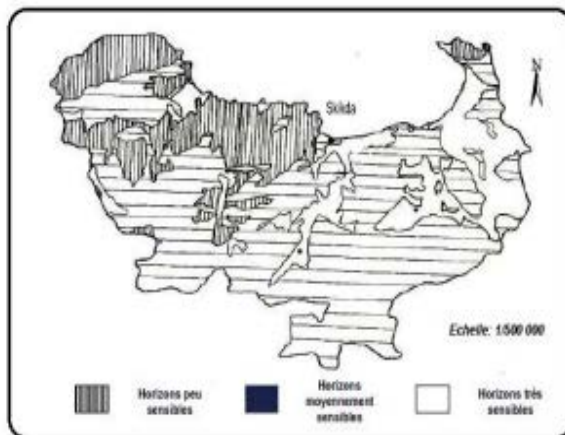


Figure 4. Carte de vulnérabilité des eaux souterraines (Abderrahmane, 2019).

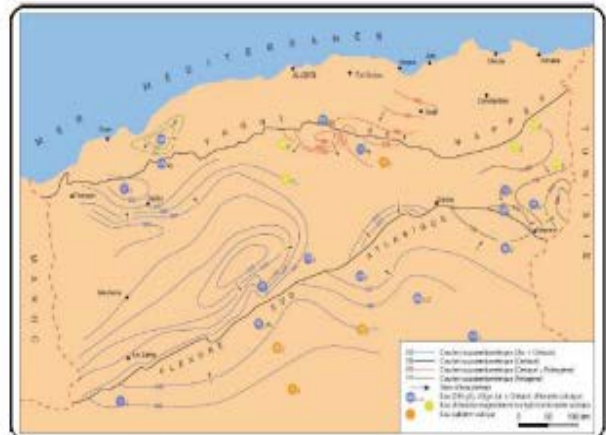


Figure 5. Carte hydrogéologique du nord de l'Algérie (Abderrahmane, 2019).

II.1.2.4 Climatologie :

L'ensemble des caractéristiques climatiques, jouent un rôle très important dans le domaine de l'environnement. Des données climatiques relevées de la station météorologique du port de Skikda sur une période de dix ans (2015 - 2016) illustrent le climat qui caractérise notre zone d'étude.

Notre zone d'étude se caractérise par un climat typiquement méditerranéen. Il est chaud et sec en été, doux et pluvieux en hiver. Il faut noter que la région de Skikda est l'une des régions les plus importantes du point de vue pluviométrique (ANPE, 1994).

II.1.2.3.1 Pluviométrie

Les variations des précipitations au niveau de notre zone d'étude durant la période 2015 à 2016 montrent que : les pluies sont abondantes, enregistre une quantité de 802,09 mm/an (**Figure 6**) (O.N.M, 2012).

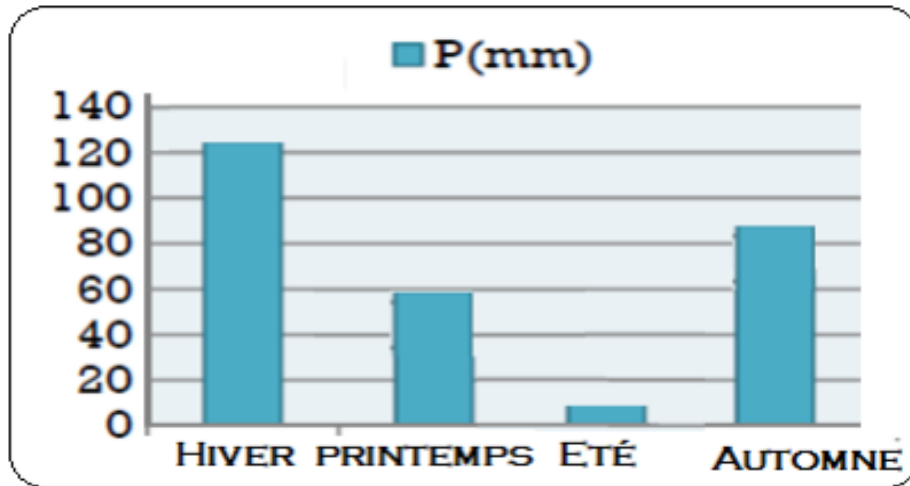


Figure 6. Transept pluvial saisonnier de la région de Skikda (2015-2016).

II.1.2.3.2 La température

Les variations de la température durant la période s'étalant de 2015 à 2016 montrent que : les températures moyennes sont de l'ordre de 23,14°C à 26,32 °C avec un pic de 29,2°C, qui correspond à la saison chaude, alors que les températures moyennes enregistrées durant la période hivernale oscillent entre une valeur de 12,74°C à 15,45 °C et avec une température minimale de 10,2°C (**Figure7**).

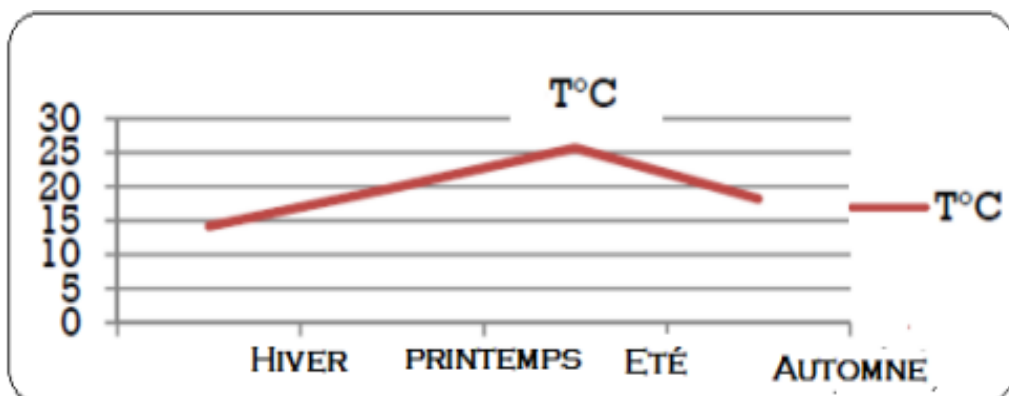


Figure 7. Représentation des températures de la région de Skikda (2015-2016).

II.1.2.3.3 L’humidité

L’humidité relative de la région de Skikda enregistre une valeur très importante durant toute la période s’étalent de 2015 à 2016, elle atteint une moyenne de 65.50 % et fluctuent entre une valeur minimale de 68.91 % et une valeur maximale de 75.34 %. La mer joue un rôle important dans le maintien d’une humidité élevée durant la saison estivale, diminuant ainsi la durée de sécheresse d’été (**Figure8**).

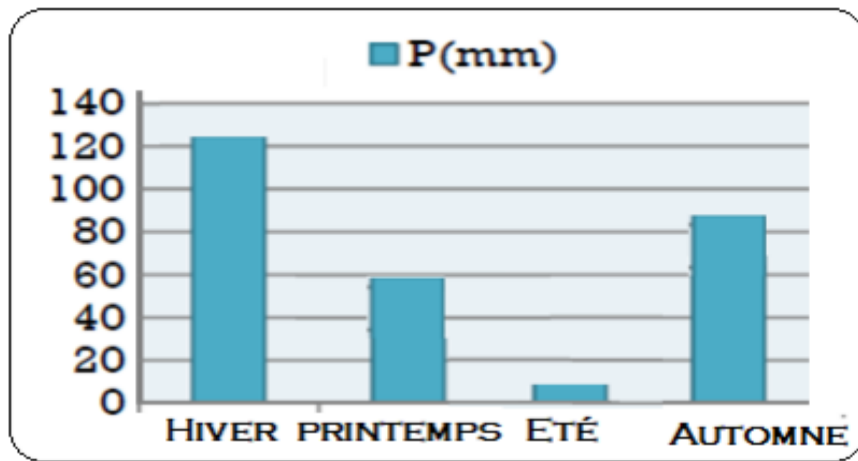


Figure 8. Moyennes saisonnières de l’humidité relative de la région de Skikda (2015- 2016)

II.1.2.3.4 Les vents

La zone littorale de Skikda, est particulièrement soumise à des vents qui sont généralement moyens à très violents dont la vitesse peut atteindre les 130 km/h en entraînant de multiples dommages. A l’échelle annuelle, les vents dominants sont de secteur Sud. La deuxième direction dominante est la direction Nord (**figure9**).

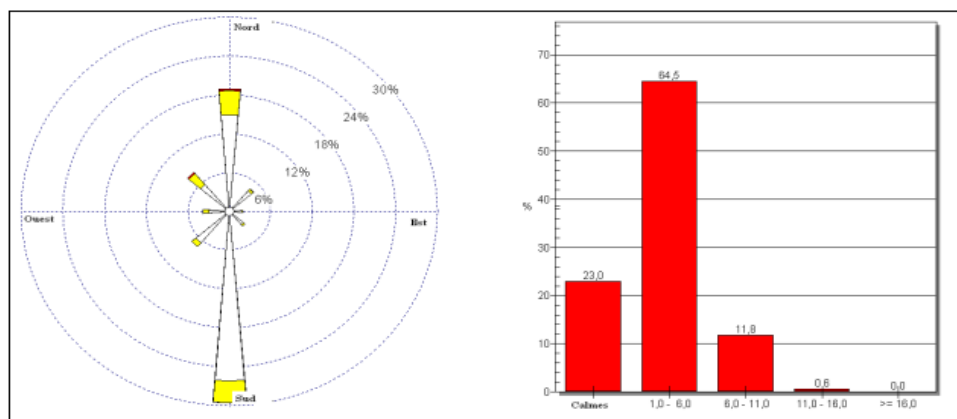


Figure 9. Rose des vents annuelle de la région de Skikda (Etude de danger (projet de Topping Condensat dans la zone industrielle de Skikda

II.1.3 Faune et flore

La wilaya de Skikda présente le linéaire côtier le plus long des wilayas côtières (130 km) et présente des potentialités naturelles importantes.

Skikda recèle une grande richesse en faune marine qui se trouve représentée par près de cinquante espèces pêchées dans les eaux territoriales de la wilaya et un nombre non déterminé d'espèces non pêchées et donc non recensées. La faune terrestre de la région est celle qui caractérise la forêt algérienne : sanglier, chacal, etc.

D'une façon générale, la flore de la région de Skikda est assez riche et comporte plusieurs espèces rares, qui sont de formes différentes : les espèces végétales qui colonisent la baie de Skikda (espèces marines) et les terrains (continent). (Abderrahmane. 2019)

II.2 Présentation du laboratoire des analyses de la wilaya

II.2.1 Durée, lieu et secteur économiques

Nous avons effectué un stage au sein du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Skikda sous tutelle de l'établissement public de santé de proximité de Skikda, sachant quelques paramètres ont été achevés au niveau du laboratoire pédagogique du département des sciences de la nature et de la vie, université 20 aout 1955 Skikda, durant une période de 123 jours.

II.2.2 Descriptif de l'entreprise (structures, laboratoires)

Le laboratoire d'hygiène de la wilaya de Skikda est situé à Merdj-Eddib sortie ouest de la même ville.

II.2.2.1 Consistance physique

- Au rez-de-chaussée de trouve un laboratoire pour les analyses biologiques médicales, une unité e virologie de PCR (réaction de polymérisation en chaine) pour le COVID-19 et une unité de CD (centre de dépistage VIH, hépatite, syphilis).
- Au premier étage on trouve plusieurs unités : une unité d'épidémiologie, une unité de vaccination, une unité de cytologie, une unité de colimétrie, une unité d'alimentaire. Chaque unité a son personnel médical, paramédical et administratif propre. Le tout sous la responsabilité d'un médecin chef spécialiste d'épidémiologie.

Concernant notre étude a été faite au niveau de l'unité alimentaire assisté par un personnel se composant de biologistes médicaux.

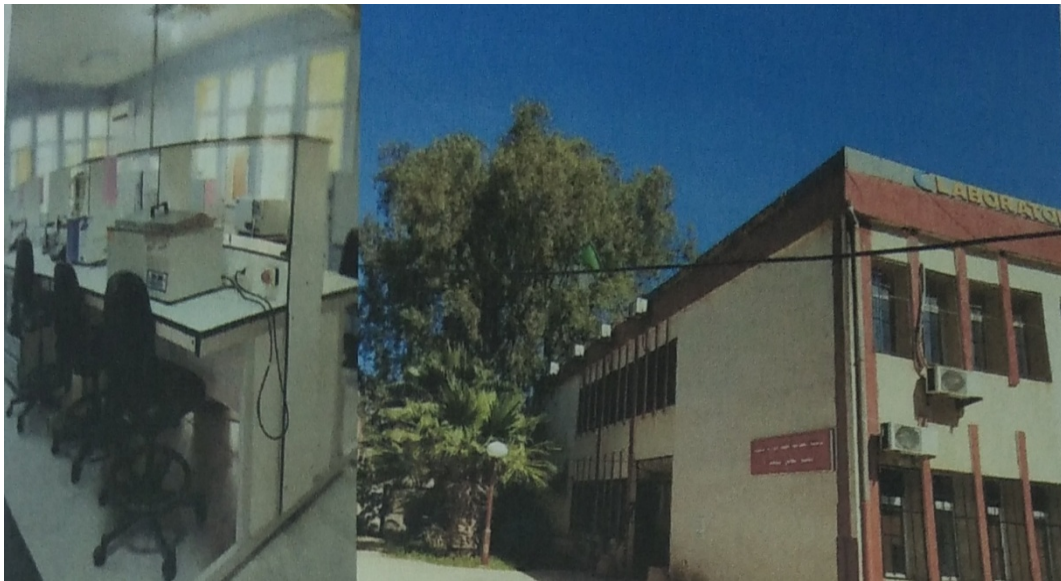


Figure 10. Le laboratoire des analyses de la wilaya de Skikda (**Merdj-Eddib**).

II.2.3 Déroulement de stage

Grace à la conscience professionnelle du personnel, à leurs compétences inouïes et à l'existence d'un équipement adéquat ; notre stage s'est déroulé suivant un calendrier près établi de deux mois et demi, tous les jours sauf les week-ends, de 8h jusqu'à la fin des analyses le tout s'est déroulé d'une manière rigoureuse et dans s'excellentes conditions, n'oublions pas de mentionner l'assistance grandiose des responsables qui ont été d'un apport certain et bénéfique pour notre étude et qui nous ont projetés dans un milieu professionnel.

II.2.4 Les travaux effectués et les apports du stage

II.2.4.1 Les travaux effectués

Au cours de ce stage, nous avons eu l'opportunité d'acquérir de nouvelles connaissances dans le domaine. Notre travail a été réparti comme suit :

La réalisation consiste à l'évaluation de la qualité microbiologique et hygiénique de l'eau de robinet de la ville de Skikda, ainsi le suivi de la viabilité de différentes bactéries.

Les bactéries recherchées sont les Coliformes totaux, fécaux, Escherichia coli et streptocoques fécaux.

II.2.4.2 Les outils et la mis à disposition

-Blouse propre.

-Se laver les mains et les sécher.

- Choisir un robinet couramment désinfectable.
- Enlever s'il y a lieu, les filtres ou brise-jet.
- Faire couler l'eau pendant 3 à 5 minutes pour purger les canalisations
- Couper l'eau
- Stériliser l'extrémité du robinet à l'aide d'une lampe à souder en chauffant doucement quelques secondes.

- Si l'on ne dispose pas de lampe à souder, verser un peu d'alcool à 90° sur l'extrémité du robinet, l'enflammer après avoir pris soin d'éloigner la bouteille d'alcool, et laisser brûler jusqu'à l'extinction.
- Utilisé et facilement Ouvrir le robinet de façon à ce que l'eau coule normalement, sans éclabousser Laisser couler quelques secondes pour refroidir l'extrémité du robinet.
- Prendre le flacon stérile fourni par le laboratoire ou tout autre flacon d'une contenance d'au moins 500 ml.

Cas particuliers :

Le prélèvement en continu, grâce à des dispositifs automatiques: nombreux types représentation moyenne / photographie de l'amplitude des variations.

Les erreurs susceptibles de rendre difficile l'interprétation des résultats sont plus souvent liées à un échantillonnage non satisfaisant qu'à des erreurs analytiques proprement dites.

En pratique, le préleveur évitera de constituer un échantillon moyen s'étalant sur plus de 24 heures.

II.3 Analyse de l'eau

II.3.1 Prélèvement de l'eau

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate, à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Pour ce faire, il doit satisfaire aux conditions ci-dessous

- Les échantillons doivent être homogènes et représentatifs ;
- Les échantillons doivent être recueillis, conservés et expédiés dans des flacons stérilisés adéquats s'il s'agit d'analyse bactériologique ;
- Le volume recueilli doit être suffisant pour permettre une analyse précise ;
- Tous les renseignements utiles sur les échantillons doivent être indiqués et le flacon doit être étiqueté correctement pour éviter les erreurs (**Rodier et al. 2009**) ;

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à visse métallique (**Guiraud, 1998**).

II.3.1.1 Matériel de prélèvement

Les prélèvements microbiologique se fait à l'aide des flacons en verre Pyrex munis d'un bouchon à vis métallique, d'une contenance de 250 ml, stériles pour faciliter les prélèvements et éviter tout type de contamination (**Bouchair et Benalia, 2015**).

Avant l'usage, ces flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés avec une eau déminéralisée car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. La manipulation et le même pour les bouchons. Par la suite les flacons sont séchés à l'abri de l'air puis bouchés (**Oughidni et Sebti, 2015**).

Pour évité les risques de contamination, les flacons d'échantillonnages ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement. Une fois l'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse (**Bouchair et Benalia, 2015**).

II.3.1.2 Mode de prélèvement

Les prélèvements pour l'analyse bactériologique nécessitent de nombreuses précautions de façon à ne pas contaminer l'échantillon lors de sa prise. Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vise métallique.

Le mode de prélèvement varie suivant l'origine de l'eau à analyser (**Guiraud, 1998**). Une étude précise sur les courants, les marais, les volumes, les types et les emplacements des rejets ainsi que sur les vents dominants aideront à déterminer les lieux d'échantillonnage (**Merzoug, 2009**).

Les lieux de prélèvement d'échantillons sont généralement choisis aux endroits où la profondeur de l'eau se situe entre 1 et 1.5m. Le flacon peut être plongé dans l'eau (**Ferdes et Merchela, 2012**).

II.3.1.3 Points de prélèvement

14 échantillons sont prélevés a partir de l'eau de robinet de différentes sites, tels que les maisons, les établissements d'éducation, etc.

Comme le montre les tableaux dans l'**annexe N.2 ; N.3 ; N.4 ; N.5 ; N.6**.

II.3.1.4 Fréquence d'échantillonnage

Durant la période du stage, qui étendue du janvier 2022 jusqu'à juin 2022, le nombre ou bien la fréquence des échantillons et fonction des prélèvements recueillies au niveau du laboratoire d'analyses. Celle-ci est programmée par le bureau d'hygiène SEMEP.

Les bonnes prélèvements sont réalisés par un technicien d'hygiène qui doit être capable de prélever dans de bonnes conditions d'eau analysée (asepsie-échantillon représentatif) et de l'expédier au laboratoire chargé de l'analyse.

Le résultat des analyses dépend largement du soin apporté aux prélèvements.

Pour cela la fréquence des échantillons n'est pas fixée à un nombre précis, elle est effectuée en fonction du programme.

II.3.1.5 Technique de prélèvement

- S'assurer de la propreté du robinet.
- éventuellement le nettoyer et le flamber.
- laisser couler d'eau 30 sec à 1mn.
- Remplir le flacon stérile.
- transporter les échantillons dans une glacière menue de blocs réfrigérants (T: 4 - 6°C).

II.3.1.6 Fiche de renseignements

Principaux renseignements à fournir :

- 1) Identité du préleveur.
- 2) Date et heure du prélèvement.
- 3) Particulier ou autorité demandant l'analyse.
- 4) Nature de l'eau analysée.
- 5) Température de l'eau au moment du prélèvement.
- 6) Identification précise du point de prélèvement.

II.3.2 Transport des échantillons

D'une façon générale, le transport à la température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante.

Dans les eaux ayant subi un traitement de désinfection, le chlore et les composés chlorés peuvent entraîner une perturbation dans les dosages, en particulier dans les dosages par

spectrophotométrie d'absorption moléculaire et l'analyse bactériologique. (Oxydant éliminé par de petites quantités de thiosulfate de sodium introduit dans ce cas avant la stérilisation du flacon de prélèvement).

II.3.3 Analyses bactériologiques réalisées en laboratoire

Introduction à l'analyse de qualité de l'eau de boisson, recherche microbiologique les organismes pathogènes présents dans l'eau sont très nombreux et très variés et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une recherche spécifique.

De plus leur identification est très difficile voire impossible dans le cas des virus car leur durée de vie peut être très courte. Pour ces différentes raisons, il est préalable de rechercher des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans la matière fécale des hommes et des animaux à sang chaud et qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur.

On parle alors des: Germes totaux, Coliformes Totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux et Clostridium sulfite-Réducteurs (**Rodier, 2005**).

II.3.3.1 Le but des analyses

La recherche des indicateurs de contamination fécale peut se faire selon la méthode en tubes multiples, par utilisation de milieu approprié, elle permet de rechercher les coliformes et les Streptocoques fécaux. Cette méthode comporte deux phases:

- Une phase présomption.
- Une phase de confirmation.

II.3.3.2 Le principe des analyses

La technique du NPP fait appel à la méthode de fermentation en tubes multiples, au cours de laquelle au moins trois dilutions décimales de l'échantillon sont ensemencées dans des éprouvettes de bouillon et inclinées à une température précise, pendant une période donnée.

La méthode du NPP, dérivée des études de Mac Grady, consiste à interpréter les résultats en comparant les trois essais et leurs résultats. Il s'agit d'une interprétation statistique.

II.3.3.3 Matériel utilisé

- Tube à essai.
- Portoir.
- Pipette utilisable unique.
- Bec Bunsen et gaz.
- Etuve régler à 37°C.
- Etuve à 44°C.
- Autoclave.
- Réfrigérateur.
- Seringue de 1 ml et 10 ml ou 20 ml.
- Gants stérile.
- Flacon stériles pour le prélèvement des échantillons.
- Glacière pour le transport.

II.3.4 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux et Escherichia coli

Les coliformes fécaux sont en fait des coliformes qui poussent à des températures plus élevées, soit à partir de 44,5 C°. Ces coliformes fécaux sont des bactéries que l'on retrouve dans la flore intestinale des animaux à sang chaud. La bactérie Escherichia coli (E.coli) fait partie des coliformes fécaux. Comme la présence de ces bactéries dans une source d'eau ne peut pas être considérée comme normale, elle peut donc représenter une menace ou l'indication d'une éventuelle dégradation de la qualité bactériologique de l'eau, due à la présence d'une contamination fécale. Le mécanisme de transport de ces bactéries dans l'eau serait surtout le ruissellement des eaux de pluies sur le bassin versant, entraînant avec lui les microorganismes contenus dans la terre (**Bouchard, 2008**).

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux et l'identification d'E. Coli dans les eaux est effectué par la colimétrie qui se fait en deux étapes consécutives. Un test présomptif, réservé à la recherche des coliformes et un test confirmatif appelé test de Mac Kenzie est réservé à la recherche des coliformes thermo-tolérants et d'Escherichia coli. (**Lebres, 2002 ; Chaouche, 2007 ; Lebres et Mouffok, 2008**).

II.3.4.1 Test présomptif

Il est effectué en utilisant le bouillon lactose au Bromocrésole pourpre (BCPL). Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel du gaz dans

le milieu. Avant d'ensemencer les tubes, il faut vérifier qu'il n'y a pas de bulles d'air sous la cloche, pour éviter de fausser les résultats (Mouffok, 2001 ; Lebres, 2002 ; Joffin Joffin, 1999).

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (Lebres, 2006). Pour la lecture, seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois, un dégagement de gaz (supérieur au 1/10ème de la hauteur de la cloche) et un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (la fermentation du lactose se manifeste par la production d'acide entraînant le virage du bromocrésol pourpre au jaune) (Bougeois et Leveau, 1980).

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table Mac Grady NPP pour obtenir le nombre le plus probable de coliformes totaux dans 10 ml d'eau à analyser (Lebres et al. 2002).

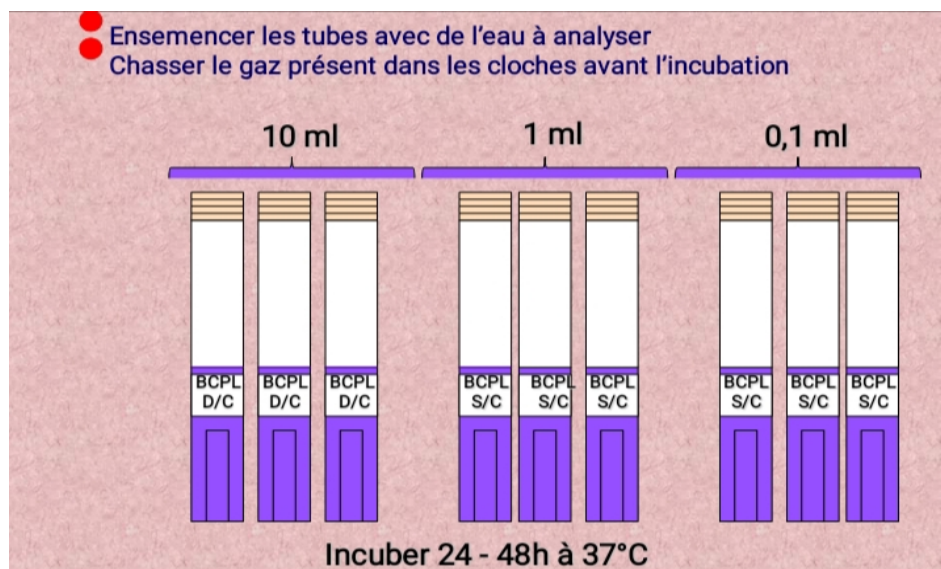


Figure 11. Recherche et dénombrement des coliformes totaux.

II.3.4.2 Test confirmatif

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes thermo-tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli* (Degremont, 2005). Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage dans le milieu (x) de confirmation (Degremont, 2005 ; Rodier et al. 2009). Le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham et le milieu eau peptonée exempte d'indole sont les milieux utilisés pour le test de confirmation (Lebres et Mouffok, 2008).

L'incubation se fait cette fois-ci à 44° pendant 24 à 48 heures (Lebres et Mouffok, 2008). Sont considérés comme positifs, les tubes présentant un dégagement gazeux et un trouble dans le tube du milieu Schubert et un anneau rouge en surface comme témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de quelques gouttes du réactif de Kowacs dans le tube de l'eau peptonée exempte d'indole (**Degremont, 2005**). Le nombre de coliformes thermorésistants et d'E. Coli présent dans l'échantillon d'eau est déterminé par la table de Mac Grady (**Rodier, 2005**).

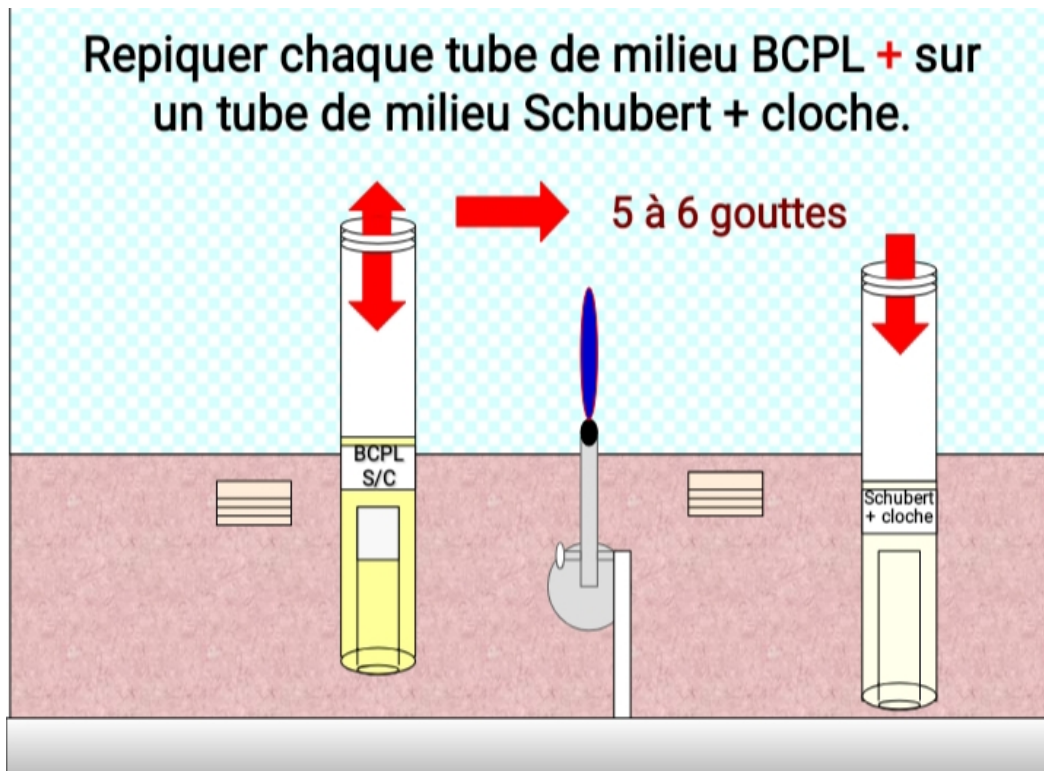


Figure 12. Test confirmatif des coliformes totaux.

II.3.5 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques se caractérisent par leur morphologie (coques en chainettes), se présentent sous forme de cocci à Gram +, sphériques à ovoïdes formant des chainettes, ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène de groupe D, et un métabolisme anaérobie (**Pechère, 1982 ; Hidouci, 2009**). Ils sont généralement pris comme des témoins de pollution fécale. (**Bourgeois et al. 1991**).

Les Streptocoques fécaux sont dénombrés en milieu liquide par la méthode du NPP à l'aide de deux bouillons de culture, milieu de Rothe et le milieu Eva Litsky. Cette méthodes

fait appelé à deux tests consécutifs test de présomption suivi d'un test de confirmation (Chaouche, 2007 ; Lebres et Mouffok, 2008).

II.3.5.1 Test présomptif

Réservé à la recherche des streptocoques. Il se fait en milieu Rothe simple concentration S/C (Brichaet al. 2007 ; Mouffok, 2001). L'incubation est à 37°C pendant 24 à 48 heures (Lebres, 2002). Seront considérés comme positifs, les tubes présentant un trouble microbien (Rejesk, 2002).

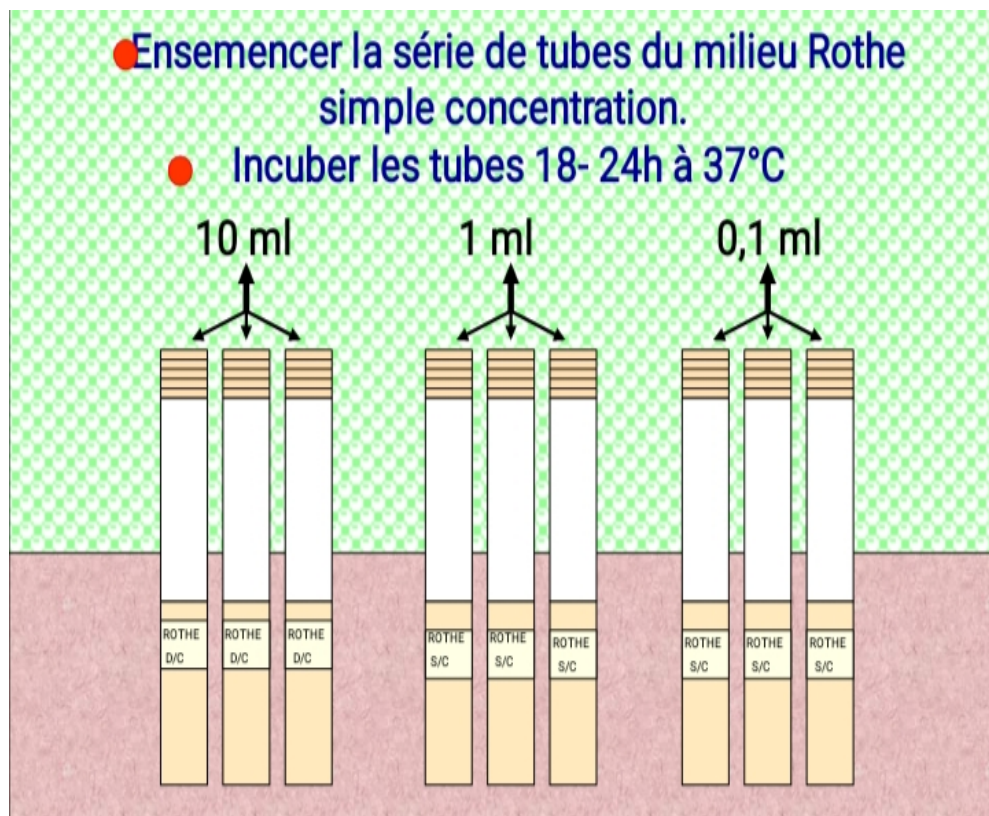


Figure 13. Test confirmatif des coliformes totaux.

II.3.5.2 Test confirmatif :

Réserver à la confirmation réelle des streptocoques fécaux du groupe (D) à partir des tubes positifs du test de présomption. (Chaouche, 2007).

Les tubes de Rothe trouvé positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Eva-Litsky (Rejesk, 2002 ; Lebres, 2002 ; Roux, 2003). L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures (Delarras, 2008).

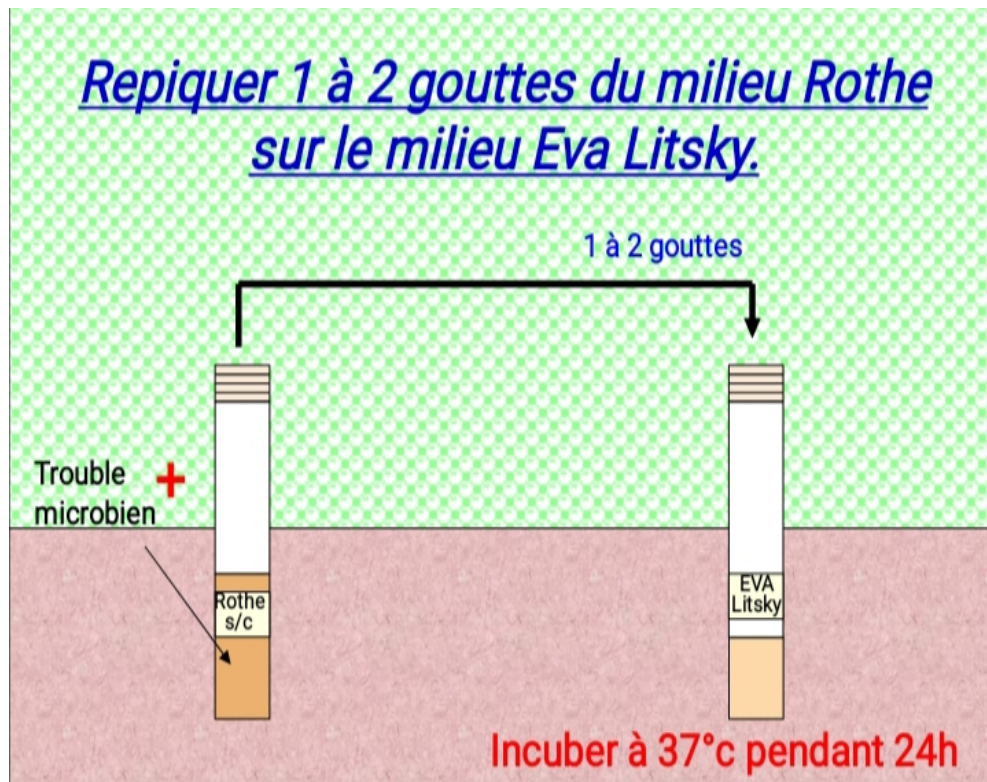


Figure 14. Test confirmatif des coliformes totaux.



Figure 15. Des photos de tests dans le laboratoire Merdj_Eddib



Chapitre 3 : résultats et discussions

III. Résultats et discussions

Notre objectif consiste à évaluer la qualité bactériologique des eaux de robinet (14 robinets) dans la ville de Skikda. Au cours de cette partie, nous allons présenter nos principaux résultats obtenus en pourcentage tout en les comparant avec les normes algériennes et celles de l'OMS.

III.1 Les analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Notre étude est effectuée sur les germes suivants : les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux, *Escherichia coli* et les Streptocoques fécaux (Ayed, 2016).

III.1.1 Les coliformes totaux

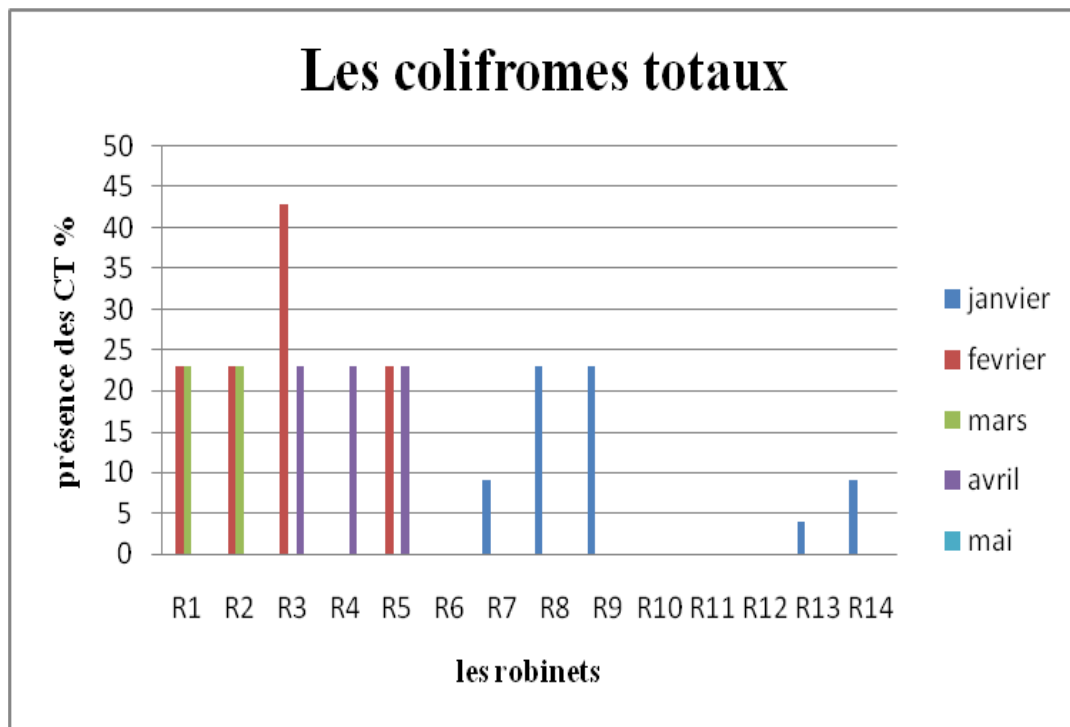


Figure16. Résultats des coliformes totaux (CT).

D'après les résultats des coliformes totaux obtenus (**figure16**). On observe que sur les 14 échantillons analysés et pour 5 mois :

❖ **03 échantillons présentent un résultat négatif :**

Absence totale des coliformes totaux dans les robinets (R6 ; R11 ; R12) ce qui confirme que les résultats sont conformes à la norme.

❖ 09 échantillons présentent un résultat positif :

Présence des coliformes totaux avec un nombre allant de : 4% dans le robinet (R13); 09 % dans les robinets (R7 ; R14) dans le mois de janvier, les nombres sont conformes à la norme qui est moins de 10% (<10%).

La présence des coliformes totaux avec un pourcentage de 23% dans les échantillons (R8 ; R9) dans le mois de janvier ; dans (R1 ; R2 ; R5) dans le mois de février ; et dans (R1 ; R2) dans le mois de mars ; et dans (R3 ; R4 ; R5) dans le mois de mars, qui atteste d'une mauvaise qualité hygiène de l'eau du robinet, cette eau doit avoir provenance d'un réservoir dans un mauvais état, ou une chloration insuffisante.

La présence des coliformes totaux avec un nombre de 40% dans le R3 dans le mois de février dont il est tous non conforme à la norme.

La présence des coliformes totaux les échantillons (R2 ; R3 ; R4 ; R8 ; R9 ; R13 ; R14) ; Appartement à une eau provenant d'une maison (**Annexe 13**) est justifiée par l'infiltration des eaux usées due à un mauvais raccordement de canalisation du système d'assainissement, qui peut avoir contact avec le système de distribution de l'eau potable .Cette infiltration explique la présence des coliformes totaux comme une bonne espèce indicatrice d'une contamination fécale récente.

La présence des coliformes totaux dans l'échantillon (R1 ; R5) appartenant à une eau de robinet (**annexe n.14**), est justifiée par des fuites dans une canalisation détérioré de distribution de l'eau potable, provoquée par les travaux publique à côté de ce lieu, comme le bureau d'hygiène SEMEP l'indique.

III.1.2 Les coliformes fécaux

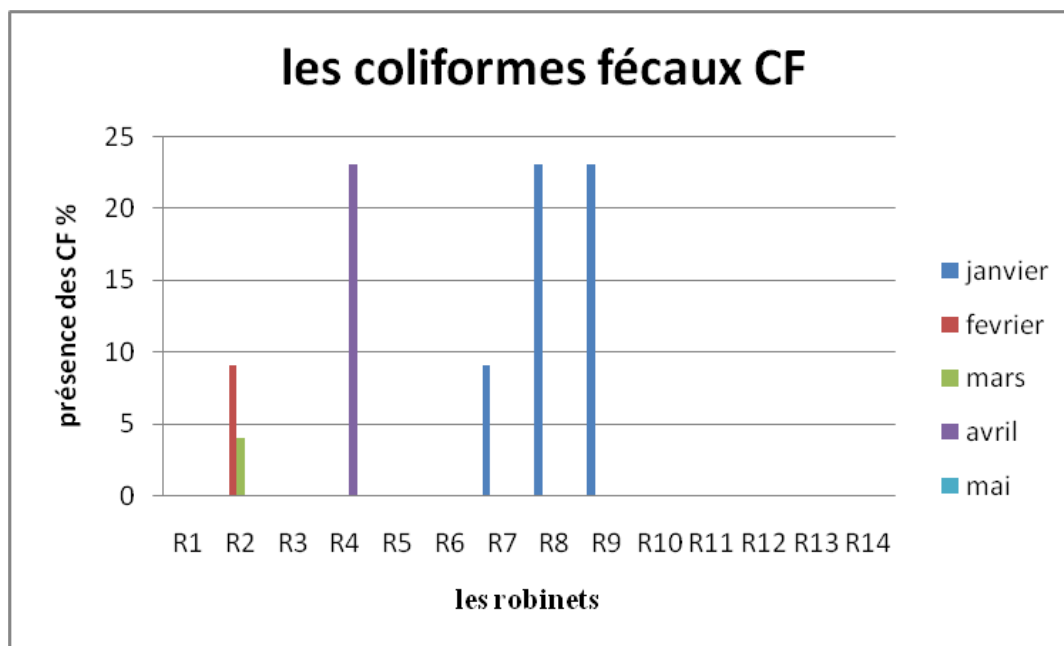


Figure17. Résultats des coliformes fécaux.

D'après les résultats des coliformes fécaux obtenus (**figure17**). Sur les 14 échantillons analysés dans les 5 mois :

❖ **09 Échantillons présentent un résultat négatif :**

Absence des coliformes fécaux dans les robinets (R1 ; R3 ; R5 ; R6 ; R10 ; R11 ; R12 ; R13 ; R14) ce qui confirme que les résultats sont conformes à la norme qui est 0%.

❖ **05 échantillons présentent un résultat positif :**

Présence des coliformes fécaux avec un nombre de 4% dans le mois mars (R2), et avec un nombre de 9% dans le robinet (R2) dans le mois de mars et (R7) Dans le mois de janvier; un 23% dans les échantillons (R8 ; R9) dans le mois de janvier et (R4) dans le mois d'avril. Donc ils sont non conformes à la norme qui est de l'ordre de 00% coliformes fécaux.

La présence des coliformes fécaux dans l'échantillon (R2 ; R7) appartenant à une eau de robinet de maison (**Annexe n.13**), est justifiée par des fuites dans une canalisation détériorée de distribution de l'eau potable, provoquée par les travaux publics à côté de cette maison, comme le bureau d'hygiène SEMEP l'indique.

La présence des coliformes fécaux dans les échantillons (R4 ; R8 ; R9) appartenant à une eau provenant d'une maison (**Annexe n.13**) est justifiée par l'infiltration des eaux usées

due à un mauvais raccordement de canalisation du système d'assainissement, qui peut avoir contact avec le système de distribution de l'eau potable. Cette infiltration explique la présence des coliformes fécaux étant de bons indicateurs d'une contamination fécale.

III.1.3 Escherichia coli

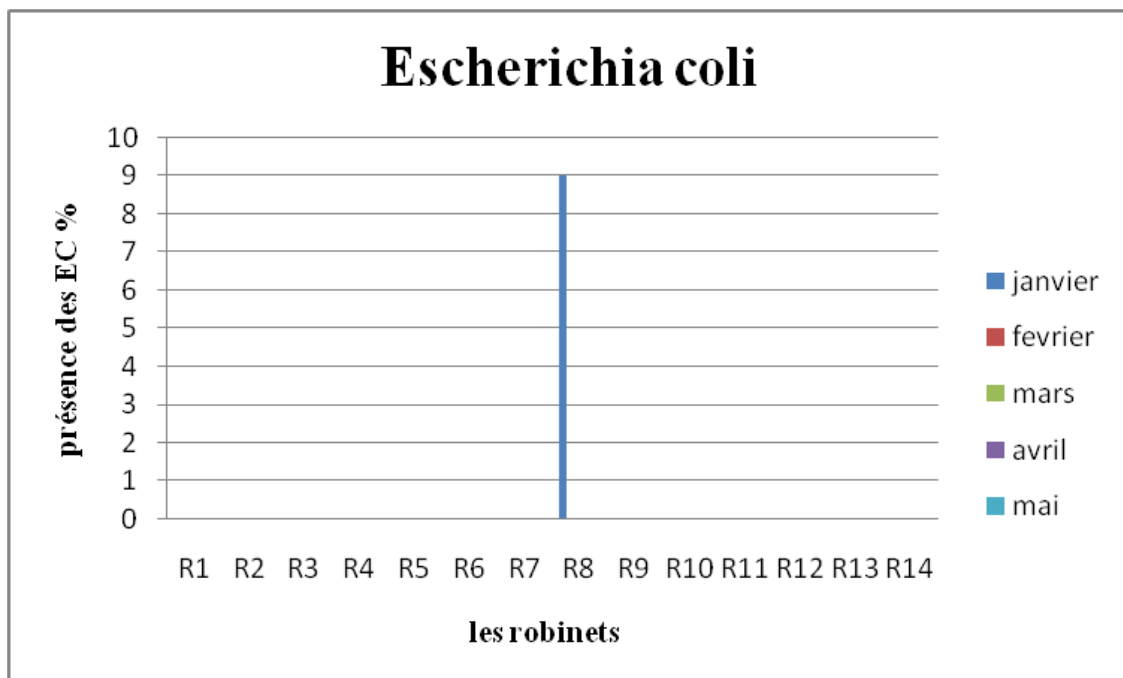


Figure18. Résultats d'Escherichia coli.

D'après les résultats d'Escherichia coli obtenus (**figure18**) on constate que. Sur les 14 échantillons analysés dans les 4 mois:

❖ **13 échantillons présentent un résultat négatif :**

Absence totale d'Escherichia coli dans les robinets (R1 ; R2 ; R3 ; R4 ; R5 ; R6 ; R7 ; R9 ; R10 ; R11 ; R12 ; R13 ; R14) ce qui confirme que les résultats sont conformes à la norme décrites dans le **JOA N.35**.

❖ **01 échantillon présente un résultat positif:**

La présence d'Escherichia coli dans l'échantillon (R8) appartenant à une eau provenant d'une maison (**Annexe n.13**) est justifiée par l'infiltration des eaux usées due à un mauvais raccordement de canalisation du système d'assainissement, qui peut avoir contact avec le système de distribution de l'eau potable .Cette infiltration explique la présence d'Escherichia coli comme une bonne espèce indicatrice d'une contamination fécale récente.

III.1.4 Les streptocoques fécaux

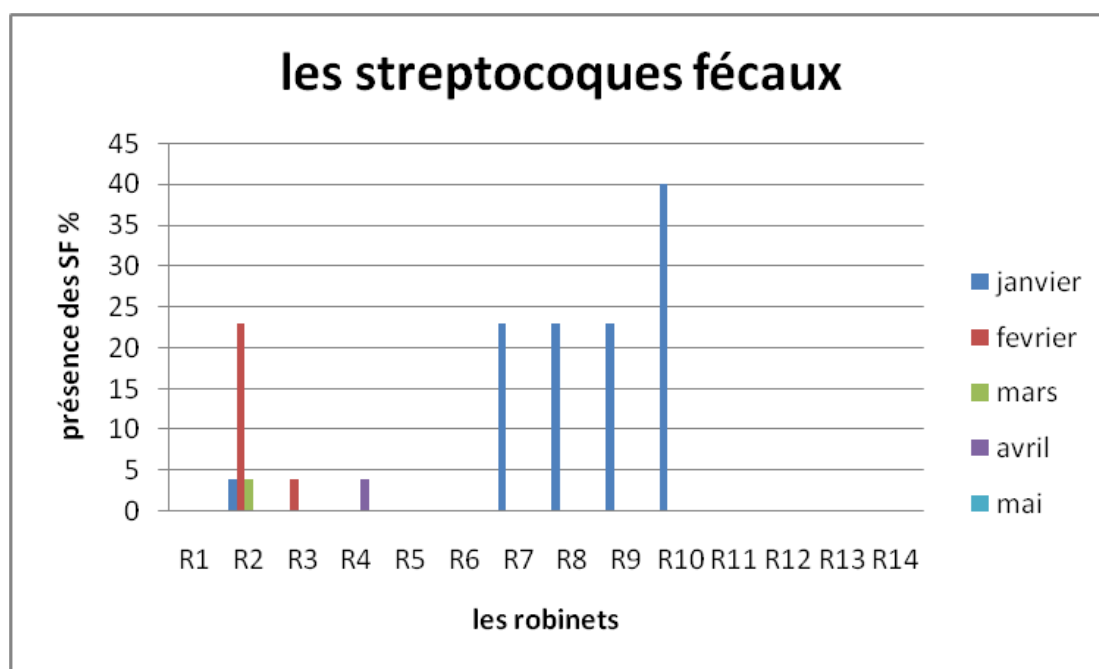


Figure19. Résultats des streptocoques fécaux

D'après les résultats des streptocoques fécaux obtenus (**figure19**). Sur les 14 échantillons analysés dans les 5 mois :

❖ **07 échantillons présentent un résultat négatif :**

Absence des streptocoques fécaux dans les robinets (R1 ; R5 ; R6 ; R4 ; R11 ; R12 ; R13 ; R14) ce qui confirme que les résultats sont conformes à la norme qui est 0%.

❖ **07 échantillons présentent un résultat positif :**

Présence des streptocoques fécaux de nombre de 4% dans le robinet (R2) dans le mois de janvier et mars ; et dans les robinets (R3 ; R4) dans le mois de février et avril.

Présence des streptocoques fécaux de nombre de 23% dans les robinets (R2) dans le mois de février et (R7 ; R8 ; R9) dans le mois de janvier. Ces résultats confirment la non-conformité aux normes.

La norme de streptocoque fécaux exige l'absence totale de ce groupe dans l'eau de consommation humaine, ce dénombrement de ce germe qui présente une analyse complémentaires de colimétrie, rend ce groupe un bon indicateur de contamination fécale mais ancienne, résultats de la résistance de ce germe.

Les échantillons suivant (R2 ; R4 ; R7 ; R8 ; R9) appartenant aux sites indiqués dans (**annexe 14**) présentent une mauvaise qualité bactériologique de l'eau de consommation humaine du point de vue d'une présence remarquable de ces germes, supérieure à la norme, citée auparavant.



CONCLUSION

Conclusion

Avant toute consommation d'eau, il est indispensable de procéder au contrôle de sa qualité microbiologique. La négligence de ce contrôle provoquerait l'apparition de maladies à transmission hydrique chez la population en cas de consommation d'eau polluée. Pour limiter, des dépenses faramineuses en matière de santé lors d'apparition des maladies survenues suite à la consommation des eaux polluées il est nécessaire de lancer des campagnes de sensibilisation vis-à-vis la population vivante dans des conditions d'hygiène non conforme aux normes internationales.

Dans cette étude nous avons essayé d'étudier les différentes analyses microbiologiques de l'eau afin de comprendre comment évaluer la qualité de l'eau de robinet (14 robinets dans notre cas) et déterminer l'origine de la pollution de ces eaux. Les analyses microbiologiques ont révélé une présence des germes pathogènes et des germes de contamination fécale. Le danger de la pollution bactériologique constitue sans aucun doute une menace pour les habitants qui puisent l'eau nécessaire à leurs besoins à partir de ces ouvrages.

La qualité microbiologique de l'eau se définit comme étant l'état de l'eau caractérisé par un niveau de présence de micro-organismes (virus, bactéries, protozoaires...) pouvant induire un risque sanitaire plus ou moins grand. Sa maîtrise repose sur des mesures de contrôle et de surveillance de paramètres microbiologiques et la mise en place d'une maintenance préventive. Les analyses microbiologiques doivent permettre d'isoler et d'identifier un microorganisme spécifique (méthode qualitative) ou de quantifier une flore particulière dans un échantillon (méthode quantitative). Le choix de méthode ne dépendra pas seulement de la nature de l'échantillon mais aussi de la sensibilité et de la précision souhaitée.

Afin d'éviter tout risque sanitaire lors de la consommation de ces eaux et pour une meilleure maîtrise de cette pollution, il serait judicieux d'entreprendre les démarches suivantes :

- Faire un suivi périodique quantitatif et qualitatif de station de pompage.
- Interdire toute réalisation de point d'eau dans les zones à forte exploitation.
- Boucher tous les points d'eau abandonnés et présentant des anomalies d'équipement,
- Sensibiliser les populations et les inciter à déclarer lorsque l'eau sera distribuée aux consommateurs avec une couleur inhabituelle et une odeur désagréable. Avant consommation, et leur rassurer qu'on peut faire reculer toutes les maladies d'origine hydrique.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Abdellioui. S, Boukhdim. A, Hamzaoui. H., (2012)** .Qualité microbiologique d'un écosystème lotique Cas de l'Oued El Kebir Ouest (Skikda, Nord-Est Algérien). Mémoire de Master. Université de 8 Mai 1945-Guelma. p72
2. **Abderrahmane. N., (2019)** Etude de la pollution atmosphérique en provenance de la zone pétrochimique de la ville de Skikda. Thèse de doctorat. Université de 20 aout-Skikda p54 ; 55 ; 56 ; 57.
3. **Alouane, H. (2012)** : Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole : Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Mémoire de Magister. Université Mentouri Constantine, p49.
4. **Aroura. A., (1997)** : L'homme et son milieu. Ed 531/77, p135.
5. **Ayad. W., (2016)**. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : Cas des puits de la région, D'EL-HARROUCH (Wilaya de SKIKDA). Thèse de doctorat en Microbiologie. Université 20 Août, Skikda, p150.
6. **Bazine. N., et Bourenane. A., (2011)**.Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de l'oued Messida (parc national d'El kala ,W .d'El-Taref). Mémoire de Master. Université de 08 Mai 1945 Guelma.
7. **Benchabane. R, et Merzoug. N., (2015)**. Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et phytoplantonique de l'eau du marais de Boussehra el Bouni (Annaba). Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma-71 p.
8. **Bernard. C., (2007)**. Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, Edition Bibliobazaar.
9. **Boucherit. A, et Hakimi. H., (2016)**. Contribution à l'étude de la qualité physico chimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debeugh-Guelma. Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma- 67 p,
10. **Bouras. Z, et Sekfali S., (2013)**. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles « cas d'Oued Zénati » (Nord - Est Algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 de Guelma. 9-10-20p.

- 11. Bouziani. M., (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.
- 12. Castany. G., (2008) :** Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edition Dunod, p45.
- 13. Castany. G, et Margot. T., (1977).** Dictionnaire Français D'hydrogéologie, Géologie Minière. 249 p.
- 14. Chelli. L, et Djouhri. N., (2013).** Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant. Mémoire de master. Université A. MIRA – BEJAIA, Faculté de Technologie.
- 15. Chibani. S., (2009).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surfaces et souterraines de la région de Ain Makhlouf (Wilaya de Guelma). Mémoire de Magister. Université de 08 Mai 1945-Guelma-, 104 p.
- 16. Collin. J., (2004) :** Les eaux souterraines : Connaissance et gestion, HERMANN, Editeurs des sciences et des arts, paris, p27-49.
- 17. Degremont. (1989) :** Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, P 3-5-24-25.
- 18. Degremont. (2005) :** «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1, P 39-50.
- 19. Delmont. J., (2016) :** Les enjeux de santé liée à qualité de l'eau de boisson dans les pays en développement. Faculté de Médecine de Marseille. Atelier d'information sur la qualité de l'eau dans les projets de développement des services d'eau potable. P.56.
- 20. Diop. C., (2006).** Étude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar, mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales, université cheikh anta diop de Dakar.
- 21. Gerard. G., (1999).** L'eau: milieu naturel et maîtrise, Ed INRA, vol 1, 204P
- 22. Hadji. F, Boucceredj. Imane., (2020).** Analyse physico-chimiques et bactériologiques de l'eau. Mémoire de master. Université de 8 Mai 1945-Guelma. p1-4-36.
- 23. Kourchi. (2010) :** Achèvement du système d'épuration de la ville de Draa el mizan. Mémoire fin d'étude UMMTO. p27.

- 23. Lefèvre. (1991)** : Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi: la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot.
- 24. Liu, F et Mitchell, C et Odom, J et W, Hill D.T et Rochester E.W., (1997):** Swine lagoon effluent disposal by overland flow: effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus. *Agronomy Journal*, 89 900-904.
- 25. Mbongo. (2015)** : Etude des déterminants des maladies hydrique chez les enfants de 0 a 05 ans.Mémoire de licence, université pédagogique national. p52.
- 26. Merzoug, D et al., (2010)** : Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien), *Hydroécol Applied*, p77–97.
- 27. Monode. T., (1989).** Méharées géographie. Loisir. France, 233 p.
- 28. OMS. (1994)** .Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2ème édition, p 202.
- 29. OMS. (2000)** .Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, p1050.
- 30. OMS. (2011).** Directives de qualité pour l'eau de boisson. Quatrième édition. Publication Organisation mondiale de la Santé. Genève, Suisse. 307-447.
- 31. OMS. (1986).** Directive por la qualité de l'eau de boisson. Volume 1 (Recommandations). Organisation Mondiale de la Santé. 2ième édition.
- 32. Ouali. (2001).** Traitement des eaux, Ed office des publications universitaires, Alger.
- 33. Oughidni. S., et Sebti B., (2015).** Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique de l'eau des zones humides urbaines de la Wilaya d'Annaba : Cas du marais de Bousedra. Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma- 73 p.
- 34. Perry. J., (1984).** Microbiologie: cours et question de révision. Edition Dunod. Paris.
- 35. Ramade. F., (1984).** Eléments d'écologie-écologie fondamentale. Ed Mac Graw- Hill. Paris, 397p.
- 36. Rodier. J., (1984).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod Paris.

- 37. Rodier. J., (1996).** Analyse de l'eau.-8eme Ed, Paris : Dunod.- 412p.
- 38. Rodier J., (2005).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduairees, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.
- 39. Roux. D., (1987).** Office International de L'eau : L'analyse biologique de l'eau. TEC et DOC. Paris. 229 p.
- 40. Roux., (2003).** TP de microbiologie : Analyses de l'eau. NOVELLO Célia. IUP SIAL. Université Paris 12p.
- 41. Schwartzbrod. L., (2000).** virus humains et sante publique : conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture, centre collaborateur OMS pour les microorganismes dans les eaux usées, Faculté de Pharmacie, Nancy, France, p292.
- 42. Vilagines R., (2003)** . Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2eme Edition : Tec et Doc. Lavoisier. P: 3- 187.

Sites web :

1https://www.researchgate.net/publication/269986622_Qualite_Des_Eaux_De_Surface_e_t_Leur_Impact_Sur_L'environnement_Dans_la_Wilaya_de_Skikda_Nord .

2<https://www.cieau.com/connaitre-leau/leau-dans-la-nature/eau-douce-tout-savoir>.

3<https://www.aquaportail.com/definition-3101-eaux-douces.html#definition>. (Consulté 21/03/2022).

4<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-eau-5715> (consulté le 23/03/2020).

5https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2009/11/medsci2009251p921/medsci2009251p921.html (Consulté le 05/07/2020).

6<https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/analyses-et-traitabilite-des-eaux/les-prelevements/identification-transport-et-conservation-des-echantillons> (Consulté 25/5/2020).



ANNEXES

Annexes

Annexe 1. Des indicateurs de contamination fécale de Skikda le moi du janvier :

	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Escherichia coli	Streptocoque
Boyaala	00%	00%	00%	00%
Robinet de cuisine sûreté de wilaya	00%	00%	00%	04%
Robinet NRML sûreté de wilaya les alles	00%	00%	00%	00%
Robinet cour entré école primaire Tahar cheloufi	00%	00%	00%	00%
Robinet (2) cour école primaire Tahar cheloufi	00%	00%	00%	00%
Robinet cuisine bateau (cheikh montagne)	00%	00%	00%	00%
Robinet maison bougave cité skikda	09%	09%	00%	23%
Robinet CEM Idrissi	23%	23%	00%	23%
Maison bouhouitta cité skikda	23%	23%	00%	23%
Robinet centre de réduction	00%	00%	00%	04%
Robinet CEM yamouna	00%	00%	00%	00%

gamouh				
Robinet EPH cuisine	00%	00%	00%	00%
Robinet CEPA	04%	00%	00%	00%
Robinet café gennouch Amar	09%	00%	00%	00%

Annexe 2. Des indicateurs de contamination fécale de Skikda le moins de février :

	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Escherichia coli	Streptocoque fécaux
Robinet maison bougare cité skikda	23%	00%	00%	00%
Robinet CEM idrissi	23%	09%	00%	23%
Robinet CEM Idrissi	43%	00%	00%	04%
Robinet maison boussouf	00%	00%	00%	00%
Robinet cuisine BMPG bouyaala	23%	00%	00%	00%

Annexe 3. des indicateurs de contamination fécale de Skikda le moins mars

	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Escherichia coli	Streptocoque fécaux
Robinet cuisine BMPG bouyaala	23%	00%	00%	00%
Robinet de cuisine dar rahma	23%	04%	00%	04%

Annexe 4. des indicateurs de contamination fécale de skikda le moins de avril :

	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Escherichia coli	Streptocoque fécaux
Robinet cuisine résidence n°3	00%	00%	00%	00%
Robinet château vert port skikda	00%	00%	00%	00%
Robinet dar rahma	23%	00%	00%	00%
Robinet cours centre de rééducation centre ville	23%	23%	00%	04%
Robinet maison M® Haddad Zohra cité (howary Boumediene)	00%	00%	00%	00%

Annexe 5. Des indicateurs de contamination fécale de Skikda le moins de mai:

	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Escherichia coli	Streptocoque fécaux
Robinet CEM kahit amar (Skikda)	00%	00%	00%	00%
Robinet dar rahma	00%	00%	00%	00%
Robinet de la salle d'eaux osmosee/ salle d'eaux EPH	00%	00%	00%	00%
Robinet de la salle de plange / cuisine EPH	00%	00%	00%	00%

Annexe 6. Le journal officiel république Algérien N° 35:

Aouel Safar 1419
27 mai 1998

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35 17

TABLEAU VII
CRITERES MICROBIOLOGIQUES DES EAUX ET BOISSONS

PRODUITS	n	c	m
1. Eaux de distribution traitée :			
— germes aérobies à 37° C/ml	1	—	20
— germes aérobies à 22° C/ml	1	—	< 10 ²
— coliformes aérobies à 37° C/100 ml	1	—	< 10
— coliformes fécaux/100 ml	1	—	absence
— streptocoques D/50 ml	1	—	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C/ml	1	—	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C/20 ml	1	—	< 5
2. Eaux minérales plates ou gazeuses en bouteilles :			
— coliformes aérobies à 37° C/ml	5	0	absence
— streptocoques D/50 ml	5	0	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C/ml	5	0	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C/20 ml	5	0	absence
— <i>Pseudomonas</i>	5	0	absence
— micro-organismes revivifiables			
A l'émergence :			
* à 20-22° C/ml en 72 h	5	0	< 20
* à 37° C/ml en 24 h	5	0	< 5
A la commercialisation (1)			
* à 20-22° C/ml en 72 h	5	0	<10 ²
* 37° C/ml en 24 h	5	0	< 20
3. Eaux potables mises en bouteilles, gazéifiées ou non :			
— germes aérobies à 37° C/ml	1	—	< 20
— germes aérobies à 22° C/ml	1	—	< 10 ²
— coliformes aérobies à 37° C/100 ml	1	—	< 10
— coliformes fécaux/100 ml	1	—	absence
— streptocoques D/50 ml	1	—	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C/ml	1	—	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C/20 ml	1	—	≤ 5

(1) Analyses effectuées 12 heures après embouteillage.

Annexe 7. Le tableau de magradi

NOMBRE DE TUBES DONNANT UNE REPONSE POSITIVE			INDICE NPP
3 TUBES DE 10ml	3 TUBES DE 01ml	3 TUBES DE 0.1 ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	29
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	1400

Année universitaire : 2021-2022

Présenté par : HADJADJ roukia

BOUABID amira

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en écologie fondamentale et appliqué

Intitulé : Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de robinets dans la ville de Skikda

Résumé

Une eau dite potable lorsqu'elle répond aux critères suivants : fraîche, limpide, inodore incolore, suffisamment aérée et légèrement minéralisée avec une absence totale de germes et de substance toxique additionnée au goût agréable. Cette étude a porté sur des analyses effectuées sur quatorze échantillons d'eau de robinet de plusieurs locales dans la ville de Skikda pendant 5 mois afin d'apprécier la qualité de ces eaux destinées à la consommation humaine. Les résultats des analyses ont fait ressortir que ces eaux sont de Mauvaise qualité bactériologique durant la période de Janvier, Février, Mars, et une bonne qualité bactériologique de l'eau distribuée dans le robinet durant la période des deux dernier mois de stage Avril et Mai, et cela est montré par l'absence totale des indicateurs de contamination fécale. D'après cette étude, on peut conclure que la qualité de l'eau est dépendante de l'état d'entretien et désinfection des robinets.

Mots-clefs : qualité de l'eau, analyse bactériologique, contamination, Skikda, eau de robinet

Laboratoires de recherche : laboratoire des analyses de l'eau potable Merdj-Eddib.

Encadreur : TOUATI laid (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 1 : KARA karima (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 2 : HAMLIA chourouk (MCA- Université Frères Mentouri, Constantine 1).