

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



Université Abbès Laghrou-Khenchela-
Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département d'Ecologie et Environnement

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master Académique

Spécialité: Ecologie fondamentale et appliqué

Thème

**Etude de la qualité physicochimique et
microbiologique des eaux des citernes
mobiles, ville de Khenchela.**

Présenté par :

M^{ame} Zeriba Yamina

M^{elle} Benbouzid Souhila

Soutenu le : 27/08/2020

Membres du jury :

Président	Mr Bouzou M	M.C.B	Université de khenchela
Examineur	Mr Takouachte R	M.C.B	Université de khenchela
Encadreur	Mr Sedrati A	M.C.B	Université de khenchela

Année universitaire : 2019/2020

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ

(النجم: ١٢)

We have made from water every living thing.



Remerciements

*Avant tout, louange à « Allah »
Qui nous tenons à exprimer notre profonde gratitude,
avoir donné la capacité d'écrire
et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du
rêve et le bonheur.*

*Nous tenons à remercier spécialement avec un grand merci à Monsieur
SEDRATI ABDENOUR, qui nous a apporté leur soutien moral et
intellectuel tout au long de notre démarche.*

*Nous tenons à remercier Monsieur Bouzou Mourad de nous avoir
accordé le
privilege de présider ce jury.*

*Nous exprimons nos plus vifs remerciements à Monsieur Takouachte
Radouane pour
Nous a fait l'honneur d'examiner ce travail.*

*Merci aussi à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin
pour la réalisation de ce travail, Merci à nos proches.*

*Enfin, nous exprimons également tous le bonheur du monde à nos
Collègues de promotion du Master2 : écologie et environnement
Option : écologie fondamentale et appliqué.*

Yamina & souhila



Dédicace

Je dédie ce travail

A L'ALGERIE

A mes parents pour leur amour et leurs aides pour arriver a ce stade d'études et de la vie mes source de vie et de mon bonheur.

A l'esprit de ma mère qui m a donne un magnifique modèle du labour et persévérance.

A mon mari SELAM qui aide moi toujours et donner beaucoup de la force et le courage.

*A, mes petits enfant ABED ELKAYOUM ; ABED ELHAI Israa ;
Tasnim*

*A mes frères lakhmissi ; Hadi ; Farid ; Mohamed ; okba et mes sœurs
Nadjma ; khaira ; mabrouka et leurs enfants.*

A Akila et leurs enfants.

A mes amis Sabah ; Yamina ; Lila G ; Zynab.

Amon belle binôme Souhila.

A les personnes qu'ils donnent toujours leur soutient

Mabrouka ; Mohamed ; Halima.

Amon promoteur Mr ABD ENOUR SEDRATI

*Ce mémoire est dédie a ma famille qui a toujours cru en moi et m a
apporte son soutient tant affectif que matériel et financier tout au long
de mon cursus académique.*

*Ames collègues de département de biologie Zohra ; Naziha Nawal et
kamilya.*

Yamina



Dédicace

*Au nom d'Allah, le tout puissant, le miséricordieux,
Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde :
Ma mère et mon père pour leur amour, leur tendresse, leur aide, et pour
leur soutien
moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie.*

A ma grande mère : nana fatma

*A mes très chères sœurs: Tante Aicha ,Souad,
Sabah,Najet,Naouara,Warda, Leila,Sihem,
,Hanan,Amina,Alima,Houta , Yamina ,Nawel,surtout mes belles
Malika et loula et Malak,*

*A mes frères: Salim, Yacine, Abdelbasset, Rachid, Djafer, Hichem,
Karim, oncle Ali et Laarbi et Abdellah, Housseem, Masaab, koko.*

Sans oublier mon décédé frère : Amer.

*A la joie de la maison : Islem, Wael, Haythem, Anis, Taha, Amer, Iyed,
Sirine,*

Ikfles Meriem, Maya.

A tous la famille Benbouzid et Seghiri.

*A mes proches amies : Basma, kamilia, Sara, samah, hadia, amouna,
nadia, malika.*

Et toute personne qui m'a aidée à franchir un horizon dans ma vie...

Souhila



Table des matières

Page

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1
. Chapitre I: Généralités sur l'eau	3
I.1.Propriétés de l'eau	4
I.1.1.Propriétés physique	4
I.1.1.1.Température	4
I.1.1.2 .Potentiel Hydrogène	5
I.1.1.3 .Conductivité électrique	5
I.1.1.4 .Turbidité	5
I.1.1.5.Oxygène dissous.....	6
I.1.1.6.Dureté de l'eau (ou titre hydrométrique).....	6
I.1.1.7. Matières en suspension (MES).....	6
I.1.1.8.DBO, DCO et oxydabilité	7
I.1.1.9. Minéralisation globale.....	7
I.1.1.10.Salinité.....	8
I.1.2.Propriétés chimique	8
I.1.2.1.Cations majeurs	8
I.1.2.2.Ions majeurs	9
I.1.3.Propriétés biologiques	11
I.2.Cycle de l'eau	12
I.2.1.Evaporation.....	12
I.2.2.Condensation	12
I.2.3.Précipitations	12
I.2.4.Ruissellement	13
I.2.5.Infiltration.....	13
I.3.Les eaux d'approvisionnement	13
I.3.1.Eaux souterraines.....	14
I.3.1.1.L'eau souterraine est alimentée par la pluie.....	14
I.3.1.2. L'eau souterraine « de l'eau contenue dans les roches »	14
I.3.2.Eaux de surface.....	16
I.4.Potabilité de l'eau	16
I.4.1.Définition.....	16
I.4.2.Classification des eaux de consommation	17
I.4.2.1.Eaux de robinet.....	17
I.4.2.2.Eaux embouteillés	17
I.5.Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable	18
I.5.1. Définition d'une norme	18
I.5.2.La qualité bactériologique de l'eau potable.....	18
Chapitre II: Aspect microbiologique des eaux	21
II.1.Différents types de pollution des eaux	21

II.1.1.Définition de la pollution de l'eau	21
II.1.1.1. Source de pollution	21
II.1.2.Pollution biologique	22
II.1.2.1.Les principales polluants biologique	22
II.1.2.3.Effet et devenir de la pollution biologique	24
II.1.3.Pollution physique.....	24
II.1.3.1.Les principales polluants physique	25
II.1.3.2.Effet et devenir de la pollution physique	26
II.1.4.Pollution chimique	26
II.1.4.1.Les principales polluants chimiques	26
II.1.4.2.Effets et devenir de la pollution chimique	33
II.2.Microorganisme de l'eau	35
II.2.1.Germes totaux	36
II.2.2.Coliforme totaux (CT).....	36
II.2.3.Coliforme fécaux (thermotolérants)	37
II.2.4.Streptocoques fécaux.....	38
II.2.5.Clostridium sulfito-réducteurs.....	39
II.3.Facteurs d'environnement affectant la survie des microorganismes dans l'eau	39
II.3.1.Dynamique de croissance.....	40
II.3.2.Les principales facteurs physico-chimiques affectent la croissance(survie).....	41
II.3.2.1.température(T°).....	41
II.3.2.2.Le potentiel d'hydrogène (PH).....	41
II.3.2.3.L'oxygène dissous (O ₂ dissous).....	42
II.4.Les maladies à transmission hydrique.....	42
II.4.1.Le choléra	44
II.4.2. Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes	46
II.4.3. Le dysenterie bacillaire.....	48
II.4.4. Les maladies à transmission hydrique en Algérie	50
Chapitre III: Matériel et méthodes	51
III.1.Présentation de la zone d'étude	52
III.1.1.Situation démographique	52
III.1.2.Climat.....	53
III.1.2.1.les températures	53
III.1.2.2.les précipitations	53
III.1.3.Ressource en eau.....	53
III.2.Technique d'échantillonnage et méthode d'analyse	54
III.2.1.Matériels	54
III.2.2.Echantillonnage	56
III.2.3.Transport d'analyse.....	56
III.2.4.Méthode d'analyse	57
III.2.4.1.Analyse physique.....	57
III.2.4.2.Analyse chimique	57

III.2.4.2. Analyse bactériologique	60
Conclusion générale	67
Références bibliographies	69
Résumé	79

Liste des abréviations

% : pourcentage.

(-) : négatif.

(+) : positive.

ADE : Algérienne des eaux.

ANRH, technique interne : Agence nationale des ressources hydrauliques.

ARS-OI : Agence de santé océan indien.

ASR : Les anaérobies sulfito-réducteurs.

CE : coliforme totaux.

CMA : Concentration Maximale Admissible.

CT : coliforme thermotolérants.

DDE : Direction départementale de l'équipement.

DPAT Direction de la Planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya de Khenchela.

E. coli : *Escherichia coli*

EDTA : d'éthylène diamine tétra acétique.

FAMT : Flores Aérobie Mésophile Totaux.

French ACF: French Advanced Custom fields (champs personnalisés avancé).

FTU : Formazin Turbidity Unit.

INSP : Instituts national de santé publique.

JTU: Jackson Turbidity Unit.

m : mètre.

m³ : mètre cube

MEDD : Ministère de l'écologie et du développement durable.

MES : Matière En Suspension.

MES : Ministère des solidarités et de la sante.

mg : milligramme.

mg/l : milligramme par litre.

nd: non décelable

NG : Niveau Guide.

NPP : Nombre Plus Probable.

NPP : le nombre le plus probable.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

Liste des abréviations

NTU : Nephelometric Turbidity Unit.

OHyg Ordonnance du Département fédéral de l'Intérieur sur l'hygiène

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : potentiel d'Hydrogène

TG : Temps de génération.

U.S.A.: United States of America.

UFC: unités formant des colonies.

Liste des figures

Page

Chapitre I : Généralités sur l'eau

Figure n°01 : Représentation schématique du cycle de l'eau.....13

Figure n°02 : schéma représente les composants d'aquifère.....14

Figure n°03 : schéma représente les différents gisements des eaux souterraines.....15

Figure n°04 : Représentation schématique de cycle de l'eau potable.....16

Chapitre II : Aspect microbiologique des eaux

Figure n°05: Schéma représente les principales sources naturelles et anthropiques des polluants de l'eau.....22

Figure n°06: les différentes classes des bactéries.....23

Figure n°07 : pollution d'un lac par les champignons.....23

Figure n°08 : formes de quelques virus pathogènes.....24

Figure n°09 : rejets chauds d'un central électrique dans la baie de San Francisco.....25

Figure n°10 : pollution physique par des rejets solide.....25

Figure n°11 : les principales sources des contaminations radioactives.....26

Figure n°12 : les différents mécanismes de transport des pesticides dans l'environnement.....27

Figure n°13: des flaques de pétrole flottent dans les eaux de Porquerolles dans le Var.....28

Figure n°14: quelques sources des COVs.....29

Figure n°15: résidus d'un produit détergent flottent à la surface de mer sous forme de mousses marron.....29

Figure n°16: schéma représente l'accumulation de PCB dans une chaîne alimentaire marine.....30

Figure n°17: le surplus de nitrate dans un lac provoque un phénomène d'eutrophisation.....32

Figure n°18 : Réaction d'un écosystème aquatique aux pollutions dans un bassin versant....34

Figure n°19 : Les paramètres physiques, chimiques et biologiques essentielles qu'influençant la survie des germes en milieu marin.....40

Figure n°20 : schéma présente les différents Voies de transmission des virus intestinaux humains.....44

Figure n°21 : groupements de bactérie « *Vibrio cholerae* ».....44

Figure n°22 : les symptômes de la maladie choléra.....46

Figure n°23 : Zones d'endémie de la fièvre typhoïde.....48

Chapitre III : Matériels et méthodes

Figure n°24 : La répartition populaire occupée de la wilaya de Khenchela.....	52
Figure n°25 : Les outils de sécurité au laboratoire.....	55
Figure n°26 : Multi paramètre.....	55
Figure n°27 : Spectrophotomètre à flamme ‘à droite’ et Spectrophotomètre UV visible ‘à gauche’	56
Figure n°28 : Diagramme de Piper.....	60
Figure n°29 : Diagramme de Schoëller et Berkaloff.....	60
Figure n°30 : Protocol Recherche et dénombrement des coliformes.....	63
Figure n°31 : Protocol de Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteur.....	65
Figure n°32 : Protocol de Recherche et dénombrement des Streptocoque féco.....	66

Liste des tableaux

Page

Chapitre I : Généralités sur l'eau

Tableau n°1 : valeurs limites de PH de l'eau.....	5
Tableau n°2 :valeurs limites de conductivité de l'eau.....	5
Tableau n°03 : valeurs limites turbidité de l'eau.....	6
Tableau n°4 : Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO ₃	6
Tableau n°05 : Valeurs limites DBO, DCO et oxydabilité de l'eau.....	7
Tableau n°06 : Normes et recommandation pour la minéralisation globale des eaux potables.	8
Tableau n°07 : Normes Et Recommandations Pour Les Paramètres Physico chimiques de l'eau potable.....	11
Tableau n°08 : Normes et recommandation pour La qualité bactériologique de l'eau potable.....	19

Chapitre II : Aspect microbiologique des eaux

Tableau n°09 : les différents types des polluants ces natures et sources.....	35
Tableau n°10 : Temps de génération in vitro et in vivo de quelques bactéries.....	41
Tableau n°11 : Liste des plus fréquents micro-organismes pathogènes dans l'eau et les malades qui provoquent.....	43
Tableau n°12 : Présentation des différentes maladies à transmission hydrique et les séries d'observation des deux paramètres climatique (Précipitation et température) en Algérie.....	50

Chapitre III : Matériel et méthodes

Tableau n°13 : les différents taux des ressources en eau de la wilaya de Khenchela (2000-2008).....	54
--	----

Introduction générale



L'eau, un élément essentiel pour toute forme de vie sur terre. La question de l'eau se pose souvent dans nos jours, cela laisse penser c'est quoi le problème avec cette matière qui couvre plus de 70 % de la surface du globe terrestre. La grande quantité des eaux sur la terre englobe les eaux salées qui représente 97% et les eaux douces 3% dont seulement 1% est exploitable. En général et particulièrement dans les zones à ressource limitée en eau (dont l'Algérie) l'eau est un facteur limitant du développement et source de tensions sociales. La rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique.

Diverses sources naturelles telles que les eaux souterraines, eaux de surface (lac, rivière, ..), ou eau de mer sont à l'origine de l'eau potable. Les normes de l'eau potable sont établies par plusieurs organisations dans le monde, dont l'organisation mondiale de la santé ou par l'Union Européenne ou le ministère algérien des ressources en eaux ou le ministère du commerce ; les critères changent selon la disponibilité et la qualité de la ressource, mais en gros elle doit être exempte de matières en suspension, micro-organismes et produits toxiques. Les recommandations quant aux concentrations en minéraux varient d'un pays à l'autre avec toutefois pour la plupart des minéraux une concentration maximale afin de garantir une eau équilibrée et agréable à boire.

Aujourd'hui, l'apparition des problèmes hydrique comme la pollution à cause de développement économique et l'augmentation de la population altèrent la qualité de l'eau consommée, la mauvaise qualité de l'eau peut provoquer des maladies infectieuses comme : le choléra, la dysenterie, la dracunculose, la typhoïde et les vers intestinaux responsables de la mort de 1,8 millions de personnes chaque année, dont 1,6 millions d'enfants de moins de 5 ans.

Le besoin de stocker l'eau est très ancien, nos ancêtres stockent l'eau dans des jarres fabriquées de la terre, cette matière ne change pas la composition minéralogique des eaux vu que l'eau vient de la terre. Dans nos jours et avec le développement des villes, nous sommes dans le besoin de stocker encore plus d'eau pour subvenir à nos besoins journaliers, pour cela beaucoup de matériaux sont interpellés (métal, plastique, ..). Ces matériaux peuvent changer la chimie des eaux et favoriser le développement des organismes microbiologiques, cela nous mènera à entamer cette enquête qui cherche à comprendre l'impact de stocker ou transporter les eaux dans des citernes mobiles en plastique.

L'objectif de notre travail est d'apprécier la potabilité et déterminer la qualité physique chimique ; microbiologique de l'eau de citernes de la ville de Khenchela.

Ce mémoire est contribué quatre chapitre :

- ✓ Le premier chapitre : Généralité sur les eaux leurs définitions ; propriétés ; cycle de l'eau ; les eaux d'approvisionnement ; potabilité de l'eau et les normes de la qualité bactériologiques de l'eau potable.
- ✓ Le deuxième chapitre : Aspect microbiologique des eaux : expose différent types de pollution de l'eau ; microorganisme de l'eau ; facteur d'environnements affectant la survie des microorganismes de l'eau et maladies a transmission hydrique
- ✓ La troisième chapitre : matériels et méthodes : zone d'étude ; matériels ; échantillonnage ; transport des échantions et méthodes d'analyse.
- ✓ Le dernier chapitre annule à cause de corona virus.

A la fin nous récapitulons avec une conclusion.

Chapitre

-I-



Chapitre I Généralités sur l'eau

L'eau liquide est souvent perçue comme une substance transparente, inodore, insipide et se présente sur terre en grande quantité. Cependant, c'est un composé chimique remarquable, bien que nous la buvions et que nous l'utilisons pour laver, pêcher ou cuisiner, nous oublions presque toujours la relation spéciale qu'elle a avec nos vies, pour les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est nécessaire de leur appliquer un traitement, ne serait-ce qu'une désinfection dans le cas des eaux souterraines.

(Rodriguez, 2004)

La présence de l'eau de consommation différente d'un pays à autre, dont l'Algérie qui caractérise par un climat aride en été et tempéré humide en hiver, ce qui fait que elle est classée à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays hydro-sensibles, les plus pauvres en matière de potentialités hydriques (la disponibilité en eau potable en Algérie en m³/habitant/an dépassera légèrement le seuil des 300 m³/ha).

(Ruf et Margat, 2014)

I.1. Propriétés de l'eau

L'eau se caractérise par un ensemble des propriétés qui la distinguent des autres éléments qui sont :

I.1.1. Propriétés physique

I.1.1.1. Température

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond.

(Rodier, 1997)

Selon leurs températures, les eaux naturelles sont classées comme suit ; hypothermies, hyperthermies. **(Mokeddem et Ouddane, 2005)**

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un thermomètre incorporé à l'oxymétrie étalonné avant chaque manipulation. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (°C).

I.1.1.2 .Potentiel Hydrogène

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau. **(Kouache, 2011)**

Tableau n°01 : valeurs limites de pH de l'eau. (French ACF)

pH < 5	- Acidité forte, pH coca cola = 3, pH jus d'orange = 5. - Présence d'acide minéral ou organique dans les eaux naturelles.
pH = 7	pH neutre.
7 < pH < 8	Neutralité approchée, majorité des eaux de surfaces.
5.5 < pH < 8	Eaux souterraines.
pH > 8	Alcalinité.

I.1.1.3 .Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau .Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. La procédure est facile, et permet d'obtenir une information très utile pour caractériser l'eau à 25°C :

1 Siemens (S) = 1000 milisiemens (ms) = 1000000 micro siemens (μ S). **(Kouassi et al, 2013)**

Tableau n°02:valeurs limites de conductivité de l'eau. (French ACF)

CE = 0.005 ms/cm	Eau déminéralisée.
10 < CE < 80 ms/cm	Eau de pluie.
30 < CE < 100 ms/cm	Eau peu minéralisée, domaine granitique
300 < CE < 500 ms/cm	Eau moyennement minéralisée, domaine des roches carbonatées (karst).
500 < CE < 1000 ms/cm	Eau très minéralisée, saumâtre ou saline.
CE > 30000 ms/cm	Eau de mer.

I.1.1.4 .Turbidité

Elle permet de préciser les informations visuelles de la couleur de l'eau, la turbidité est causée par les particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Elle se mesure sur le terrain à l'aide d'un tube plastic transparent. Unités: 1 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) = 1 JTU (Jackson TU) = 1 FTU (Formazin TU). **(Ammouche, 2013)**

Tableau n°03: valeurs limites turbidité de l'eau. (French ACF)

NTU < 5	eau incolore
5 < NTU < 30	eau légèrement colorée
NTU > 50	eau colorée
NTU > 200	eau de surface

I.1.1.5. Oxygène dissous

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que la pression partielle d'oxygène dans le liquide et l'air soit en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau: la saturation en O₂ diminue lorsque la température et l'altitude augmente, la concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. (Mégie, 1989)

I.1.1.6. Dureté de l'eau (ou titre hydrométrique)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium etc. , présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca²⁺ et Mg²⁺) étant généralement les plus abondants comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau. (Guilbert, 2000)

Tableau n°04: Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO₃. (Rodier, 1996)

Dureté de l'eau	Concentration en mg/l
Eau douce	0 à 60 mg/l
Eau moyennement douce	60 à 120 mg/l
Eau dure	120 à 180 mg/l
Eau très dure	Plus de 180 mg/l

I.1.1.7. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau, elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau, la quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par conséquent, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des

quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). (Merabet, 2010)

I.1.1.8.DBO, DCO et oxydabilité

La DBO (Demande Biochimique en Oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. Les conditions communément utilisées sont 5 jours (on peut donc avoir une dégradation partielle) à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air: on parle alors de DBO5.

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant: le bichromate de potassium. Cette méthode donne donc une image plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon (certains hydrocarbures ne sont par exemple pas oxydés dans ces conditions). L'objectif de la DCO est donc différent de celui de la DBO. La DCO peut être réalisée plus rapidement que la DBO ("oxydation forcée"), et donne une image de la matière organique présente même si le développement de micro-organismes est impossible (présence d'un toxique par exemple). Le résultat s'exprime en mg/l d'O₂. (Kouassi et al, 2014)

Tableau n°05: Valeurs limites DBO, DCO et oxydabilité de l'eau. (French ACF)

Situation	DBO ₅ , en mg/l d'O ₂
eau naturelle pure et vive	< 1
rivière légèrement polluée	1 < c < 3
Egout	100 < c < 400
rejet station d'épuration	20 c < 40

Généralement, la DCO = 2 à 1.5 x DBO₅. La relation empirique suivante lie la DBO₅, DCO et la matière organique de l'échantillon (MO): $MO = (2DBO_5 + DCO)/3$

I.1.1.9. Minéralisation globale

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, calcium, sodium, potassium, magnésium.

La minéralisation des nappes d'eau souterraine dépend tout d'abord des roches traversées. Il y a bien sûr des variations saisonnières et d'une année sur l'autre. (Bonnin, 1982)

La grille suivant été pour limiter les concentrations des paramètres physico-chimiques dans les eaux de boissons.

Tableau n°06: Normes et recommandation pour la minéralisation globale des eaux potables. (Berne, 1972)

Minéralisation	Normes Unité	OMS	Canadienne		Algérienne		Marocaine		USA	
			NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA
Ca	mg/l	75	-	-	75	200	-	-	-	-
Mg	mg/l	30-125	-	-	50	150	100	-	-	-
SO ₄	mg/l	250	150	500	200	400	200	-	50	250
Cl	mg/l	200-600	250	250	200	500	300	750	<25	250
K	mg/l	10	-	-	-	20	-	-	-	-
Na	mg/l	-	-	-	-	200	-	-	-	-

I.1.1.10. Salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés. **(Ramade, 2011)**

I.1.2. Propriétés chimique

La qualité chimique de l'eau est l'ensemble des caractéristiques générales de l'eau et des concentrations de minéraux dissous dans l'eau. Elle dépend des types de matériaux présents dans le sol et du temps de contact de l'eau avec ces matériaux. Le terme technique qui désigne les éléments à analyser est « paramètres » **(Catherine, 2009)**

I.1.2.1. Cations majeurs

A. Magnésium

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature. Il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Le magnésium constitue un élément significatif de dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau potable. **(Rodier, 1996)**

B. Calcium

Le calcium (Ca²⁺) est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous formes de carbonates.

Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure...etc. Les eaux de bonne qualité renferment de 200 à 250 mg en CaCO₃/l, les eaux qui dépassent 500 mg/l de CaCO₃. **(Berne et Jean, 1991)**

C. Le Sodium

Le sodium (Na^+) est un élément constant de l'eau, toutefois, les concentrations maximales admissibles peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/l et même au-delà. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les sulfates de sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marine, de l'avenue d'eaux salées dans les nappes aquifères, de son emploi pour faire fondre la neige, des nombreux usages industriels, etc. **(Bouchemal, 2017)**

D. Le Potassium

Le potassium (K^+) est généralement l'élément majeur le moins abondant dans les eaux après le sodium, le calcium et le magnésium ; il ne prend qu'exceptionnellement le troisième rang des cations. Le potassium se rencontre sous forme de chlorures doubles dans de nombreux minerais tels que la corrollite et la sylvinite. On le trouve également dans les cendres des végétaux sous forme de carbonate. Le potassium est un élément indispensable à la vie et notamment à la croissance des végétaux. **(Pesson, 1979)**

I.1.2.2. Ions majeurs

A. Sulfate

Dans les conditions naturelles, les sulfates, forme de soufre dissous la plus répandue dans les eaux naturelles, ont essentiellement deux origines : géochimique et atmosphérique **(Deliste et Schmidt, 1977)**, du fait de la solubilité élevée des sulfates, l'eau souterraine en conditions normales. **(Matthess et Mijinbouw, 1994)**.

B. Nitrates

Les nitrates (NO_3^-) présents dans le sol, dans les eaux superficielles et souterraines résultent de la décomposition naturelle, par des microorganismes, de matière organique azotée telle que les protéines végétales, animales et les excréments animaux. L'ion ammonium formé est oxydé en nitrates. La présence de nitrates dans l'environnement est une conséquence naturelle du cycle de l'azote. **(Schuddeboom, 1993)**

La dose journalière de nitrates admissible pour un homme de 70 kg est de l'ordre de 350 mg de nitrate de sodium par jour. Les valeurs limitant des nitrates dans l'eau, varient de 25 mg/l (CEE) à 50 mg/l (OMS) et (NA). **(Bouziani, 2000)**

C. Nitrites

Les nitrites (NO_2^-) proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit

d'une réduction des nitrates. Une eau renferme une quantité élevée de nitrites (supérieur à 1 mg/l d'eau). Les valeurs limitent recommandées pour les nitrites dans l'eau de boisson, sont de 0,1mg/l pour les pays de l'union européenne et Algérie et des doses inférieures à 1 mg/l pour l'OMS. (**Boualem, 2009**)

D. Bicarbonates HCO_3^-

Les bicarbonates sont généralement le résultat de l'équilibre physico-chimique entre trois phases: une phase solide (la roche), une phase liquide (l'eau) et une phase gazeuse (le gaz carbonique CO_2). Ce système calco-carbonique intervient aussi bien dans la dissolution de la calcite ou de la magnésite que leurs précipitation dans l'eau des nappes. Leurs origine principale est la dissolution des roches carbonatées et gypsifère (Trias), donc sa concentration dans l'eau est fonction de la concentration du CO_2 dissout, de la température de l'eau et du pH de l'eau.

On peut dire que l'origine des nitrates dans les eaux souterraines est essentiellement externe (apport anthropique). Les nitrates sont utilisés comme indice de pollution. (**Athemena, 2006**).

E. Phosphate

Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle : décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux, ou due aussi aux rejets industriels (agroalimentaire...etc.), domestiques (poly-phosphate des détergents), engrais (pesticides...etc.). En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles, leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se fait par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante. Concentration maximale admissible de phosphate en eau potable est 0.5 mg/l. (**Tardat Henry, 1992**)

F. Chlorure

Le chlorure (Cl^-) peuvent avoir plusieurs origines et sont liés principalement à la dissolution des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très faciles d'où leurs présence en fortes concentration dans les eaux ayant traversées les formations argilosableuses ou argileuses. Ainsi, ils peuvent provenir également d'action humain à partir du soulage des routes, ou par contamination par les eaux usées. Les chlorures donnent un gout désagréable et posent le problème de la corrosion dans les canalisations et les réservoirs à partir de 500 mg/l. (**Saou et al, 2016**)

Tableau n°07: Normes Et Recommandations Pour Les Paramètres Physico chimiques de l'eau potable. (Berne, 1972)

Paramètres physicochimique	Norme Unité	OMS	C.E.E		Algérienne		USA	
			NG	C M A	NG	CM A	NG	CMA
Ph	-	7-8.5	6.5-7.5	9.5	6.5-8.5	-	-	6 8.5
Température	°C	-	-	-	<25	-	-	-
Dureté Total CaCO ₃	mg/l	100	-	-	100	500	-	-
Oxygène dissous	mg/l	5	-	-	-	-	Saturation	4
Conductivité	µs/cm à 20C	-	-	-	-	2800	-	-
Résidu sec à 105 °C	mg /l	-	-	-	500	2000	-	-
Turbidité	NTU	-	-	-	-	-	*	-
Couleur	PtCo	-	-	-	-	25	-	75
Matières dissoutes	mg/l	500	-	-	-	-	200	500
+ N- NH ₄	mg/l	0	0.05	0.5	0.05	0.5	<0.01	0.5
N-NO ₃ ⁻	mg/l	50 - 100	25	50	-	50	*	10
N-NO ₂ ⁻	mg/l	-	-	0.3	-	0.1	*	10
PO ₄ ³⁻	mg/l	-	-	-	-	0.5	-	-
H ₂ S	mg/l	0.05	0	0	-	0.02	*	-

I.1.3. Propriétés biologiques

Généralement, tous les ressources d'eaux soit des lacs, des rivières, des fleuves, aussi bien des nappes phréatiques un peu profondes, contient 3 type des germes :

- A- Les germes typiquement aquatique : des bactéries (*vibrions, Pseudomonas...*).
- B- Les germes telluriques 'due par ruissellement' : ce sont des bactéries sporulées (bacilles, *Clostridium...*) ou apportant aux germes streptomycetes et des spores fongiques.

C- Les germes de pollution humaine ou animale 'contamination fécal' : ce sont des germes souvent pathogènes et essentiellement d'origine intestinale (*E-coli*, salmonelles et streptocoques fécaux...) que ce soit le type du germe il peut engendrer des maladies infectieuses chez l'homme. (Debabza, 2005)

En définitive, la majorité des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries ou protozoaires) pouvant causer des maladies susceptibles de se trouver dans l'eau, proviennent de déjections humaines ou animales, l'importance de pollution microbiologie nous oblige de faire un traitement avant d'être distribué au public. (Belala, 2006)

L'analyse microbiologique de l'eau distribué à la consommation basée sur la recherche des germes né le concept de "**microorganismes indicateurs de contamination fécale**". Ces indicateurs sont spécifiques de la flore intestinale, ils ne sont pas nécessairement pathogènes, mais leur présence en grand nombre dans un milieu aquatique indique l'existence d'une contamination fécale, et donc un risque épidémiologique potentiel. (Debabza, 2005)

I.2.Cycle de l'eau

Entre terre et ciel, la même eau est en circulation permanente depuis des milliards d'années, apparue il y a 3 à 4 milliards d'années, l'eau est presque aussi ancienne que la terre. Depuis, son volume est resté globalement stable. C'est toujours la même eau qui circule et se transforme en permanence dans l'atmosphère, à la surface et dans le sous-sol de notre Terre appelé « **le cycle de l'eau** » ou « **Le grand cycle de l'eau** » ou « **cycle naturel** » Voir **Figure n°1**. (OMS, 2017)

Le cycle de l'eau est un échange continu d'eau entre la mer, l'atmosphère et la terre, l'eau passe par une série de changements d'états qui constituent les étapes du cycle de l'eau :

I.2.1.Evaporation

Sous l'action du soleil, une partie de l'eau de mer s'évapore pour former des nuages. Avec les vents, ces nuages arrivent au dessus des continents où ils s'ajoutent à ceux déjà formés. (Sala et al, 2013)

I.2.2.Condensation

L'eau évaporée se condense en gouttelettes qui se rassemblent pour former des nuages ou du brouillard. (Rangognio et Jérôme, 2009)

I.2.3.Précipitations

Lorsqu'il pleut, qu'il neige ou qu'il grêle sur ces mêmes continents, une partie de l'eau de ces précipitations repart plus ou moins rapidement dans l'atmosphère, soit en s'évaporant

directement, soit du fait de la transpiration des végétaux et des animaux. (Rangognio et Jérôme, 2009)

56 % des pluies tombent dans les océans, les lacs et les rivières.
44 % des pluies s'infiltrent dans le sol.

I.2.4. Ruissellement

Une deuxième partie, en ruisselant sur le sol, rejoint assez vite les rivières et les fleuves puis la mer. (Pardé et Maurice, 1960)

I.2.5. Infiltration

Quant au reste, il s'infiltré dans le sol et est stocké en partie dans des nappes. Cette eau finira aussi par retourner à la mer, à beaucoup plus longue, voire très longue, échéance, par le biais des cours d'eau que ces nappes alimentent. C'est ce mouvement perpétuel de l'eau sous tous ses états qu'on appelle le grand cycle de l'eau.

Les activités humaines peuvent parfois perturber ce cycle et provoquer ou amplifier des phénomènes de pénuries ou d'inondation. (Taleb et Badaoui, 2019)

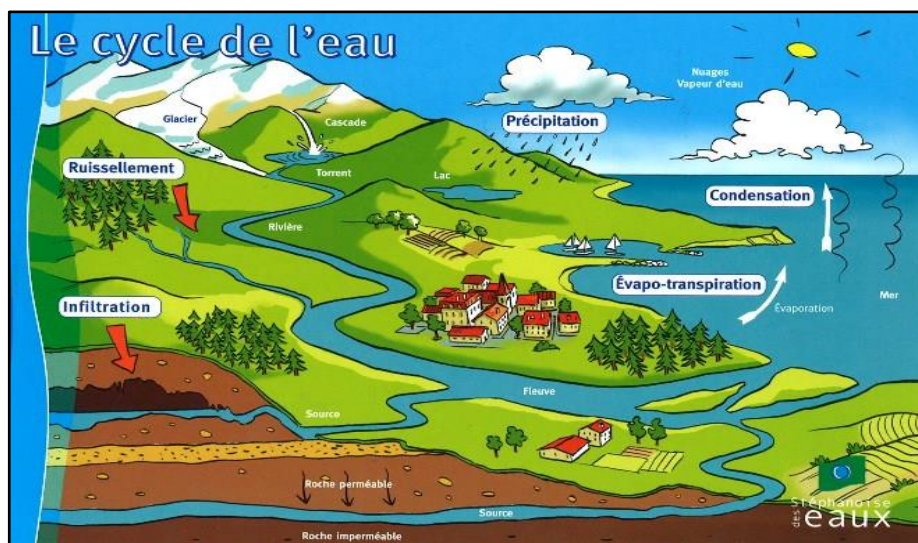


Figure n°01 : Représentation schématique du cycle de l'eau.

I.3. Les eaux d'approvisionnement

L'eau est indispensable à la vie et tous les hommes doivent disposer d'un approvisionnement satisfaisant en eau (suffisant, sûr et accessible). La classification des eaux diffère d'une référence à une autre, quelques unes les classifient suivant l'origine ; quelques auteurs parlent même des eaux de pluies, certains autres s'intéressent à l'utilisation des eaux (OMS, 2017), parmi eux les eaux naturelle sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des

eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer. (Jean-Claude, 1983)

I.3.1. Eaux souterraines

Les eaux qui ne sont ni ré évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines, la pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes. Les eaux souterraines constituent un capital essentiel pour l'alimentation en eau potable. (Merouani et Bouguedah ,2013)

I.3.1.1. L'eau souterraine est alimentée par la pluie

L'eau de pluie circule dans les pores et les fissures des roches ; on parle alors de roches réservoirs ou d'aquifères. Les aquifères sont composés de deux parties :

- Une « zone non saturée » : l'eau ne remplit pas l'intégralité des pores et se trouve en mouvement permanent, vers la surface (la capillarité fait remonter l'eau vers la terre végétale comme un buvard), et vers les profondeurs (pesanteur).
- Une « zone saturée » qui renferme la nappe. L'eau pénètre tous les pores et s'écoule dans le sous-sol sur la couche imperméable, en suivant la topographie sur plusieurs dizaines voire centaines de kilomètres. L'eau souterraine peut resurgir à la surface du sol en formant une source à l'origine d'un cours d'eau. (Amalou et Idjoubare, 2017)

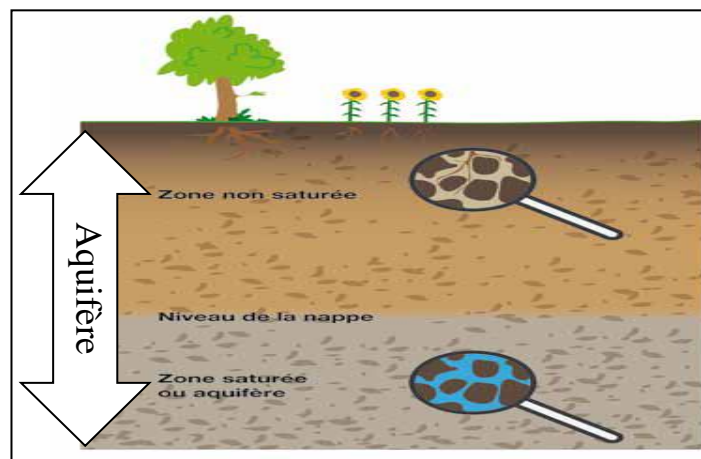


Figure n°02 : schéma représente les composants d'aquifère.

I.3.1.2. L'eau souterraine « de l'eau contenue dans les roches »

La diversité des roches réservoirs, ou aquifères, combinée à celle des climats et des paysages, entraîne une grande variété de nappes d'eau souterraine, à la fois en taille, en profondeur et en comportement. (Bouchemal, 2017)

- **Les nappes d'eau souterraine:** ne sont ni des lacs ni des cours d'eau souterrains : c'est de l'eau contenue dans les roches poreuses saturées par les eaux de pluie qui se sont infiltrées.
- **Les nappes libres :** communiquent avec la surface car une couche perméable les recouvre ; les pores de la roche sont partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé et les eaux de pluies peuvent imprégner la nappe par toute la surface. Son niveau monte ou baisse en fonction des précipitations. Elle se renouvelle rapidement.
- **Les nappes captives:** sont recouvertes par au moins une couche géologique imperméable qui confine l'eau. Sous pression, celle-ci peut jaillir dans des forages dits artésiens. Les nappes captives sont souvent profondes, quelques centaines de mètres voire plus, elles se renouvellent plus lentement, leur alimentation provient pour partie de zones affleurantes. Lorsque moins de 5 % de ces eaux sont renouvelés à l'année, ces nappes sont dites fossiles. (Taleb et Badaoui, 2019)

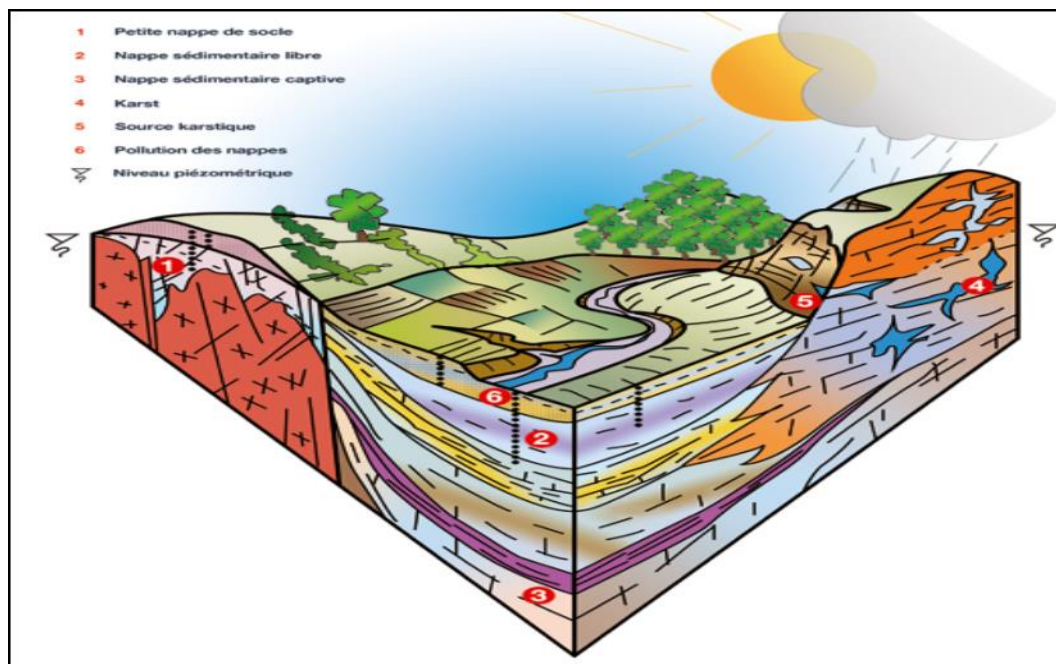


Figure n°03 : schéma représente les différents gisements des eaux souterraines.

En Algérie les nappes souterraines sont largement mobilisées et souvent surexploitées (plaine de la Mitidja, Tlemcen, ...). En plus, dans certaines régions à vocation agricole, les nappes ont atteint un seuil critique de pollution chimique. Au sud du pays, au Sahara, l'essentiel des ressources souterraines est constitué par le système hydrogéologique des eaux fossiles qui sont des eaux non renouvelables. Leur quantité a été évaluée à plus 4900 Milliards de m³. (Benlala, 1995)

I.3.2. Eaux de surface

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface. Elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux puis de rivière. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants.

I.4. Potabilité de l'eau

I.4.1. Définition

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable (après prélèvement dans un cours d'eau, une nappe phréatique, une nappe captive ou encore une source elle est ensuite traitée puis distribuée via le réseau public d'eau potable **'Figure n°4**), des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. **(Imken, 2015)**

Ces normes de l'eau potable sont établies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ou par l'Union Européenne ou le Ministère Algérien des ressources en eaux ou le Ministère d'économie. L'eau potable doit être exempte de matières en suspension, micro-organismes et produits toxiques. Les recommandations quant aux concentrations en minéraux varient de pays à pays. **(Daghaa et Tarcha, 2019)**

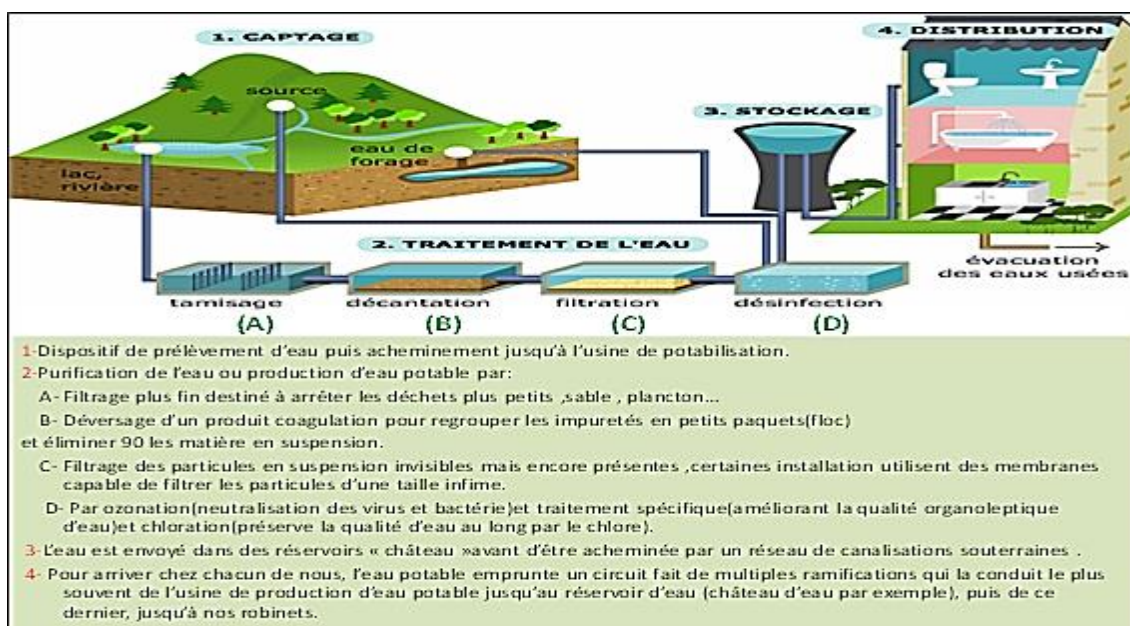


Figure n°04 : Représentation schématique de cycle de l'eau potable.

I.4.2. Classification des eaux de consommation

L'eau est indispensable au bon fonctionnement de l'organisme. Un adulte en bonne santé devrait absorber un litre à un litre et demi de liquide par jour, en plus de l'eau apportée par les aliments (fruits, légumes, produits laitiers...). Pour satisfaire ces besoins, la meilleure boisson est l'eau qu'elle soit du robinet (filtrée ou non) ou en bouteille. **(Vasey, 2013)**

I.4.2.1. Eaux de robinet

L'eau du robinet est produite à partir d'eau prélevée par un captage dans une nappe souterraine ou dans une ressource superficielle d'eau douce (fleuves, rivières, canaux, lacs, barrages) ou d'eau de mer. Selon la qualité de l'eau prélevée, différentes étapes de traitement peuvent être nécessaires pour rendre l'eau potable et maintenir sa qualité dans les installations de stockage (réservoirs, châteaux d'eau) et dans les réseaux de distribution, jusqu'au robinet du consommateur. L'alimentation en eau potable est un service public communal (ou intercommunal, s'il y a un transfert de compétence en faveur d'un groupement de communes). La commune (ou le groupement de communes) est le maître d'ouvrage de ce service. L'exploitation du service de l'eau peut être assurée directement par la commune (ou le groupement de communes), on parle alors de régie, ou être confiée à une entreprise privée par un contrat de délégation de service public. **(ARS-Fr, 2012)**

A- La qualité microbiologique de l'eau du robinet

La présence de micro-organismes (bactéries, virus et parasites) dans les eaux de consommation est le plus souvent due à une dégradation de la qualité de la ressource en eau, à une mauvaise protection ou un manque d'entretien des ouvrages de captages, à une défaillance du traitement de désinfection ou à une contamination de l'eau lors de son transport ou stockage dans le réseau. **(Hartemann, 2004)**

B -La qualité radiologique de l'eau du robinet

La radioactivité naturelle dans les eaux dépend de la nature géologique des terrains qu'elles traversent, du temps de contact (âge de l'eau), de la température, de la solubilité des radioéléments rencontrés, etc. Ainsi, les eaux souterraines des régions granitiques présentent parfois une radioactivité naturelle élevée. Des eaux superficielles ayant pour réservoir des roches anciennes affleurantes ou beaucoup plus récentes. **(MEDD et MSS 2008)**

I.4.2.2. Eaux embouteillés

Eau versée dans un contenant ou un emballage scellé et mise en vente pour la consommation humaine ou d'autres usages de consommation. Les bouteilles se ressemblent mais les produits peuvent être très différents, ils se répartissent en trois catégories : les eaux de table, les eaux de source et les eaux minérales naturelles.

Dans notre consommation d'eau en bouteille, ce sont les eaux de source (22%) et minérales naturelles (76%) qui se taillent la part du lion, les eaux de table ne représentant que 2%. **(Fine et al, 2015)**

A- Les eaux de table

Il s'agit d'eau du robinet (ou de puits, de lacs...), mise en bouteille, après traitement, et parfois, ajout de minéraux. Elles sont de composition variable, souvent gazéifiées et éventuellement décolorées. Elles doivent satisfaire aux prescriptions légales définies.

(Bidon et Kinshasa, 2018)

B- Les eaux de source

Les eaux de source, comme leur nom l'indique, proviennent d'une source souterraine. Elles doivent être bonnes à la consommation sans avoir subi d'autres traitements que la séparation des matières en suspension et des composés instables par des procédés physiques. Le retrait ou l'adjonction de gaz carbonique sont aussi autorisés. La qualité des eaux de source dépend des caractéristiques géologiques de la nappe et des voies souterraines suivies.

(Réglementation, 2003)

C- Les eaux minérales naturelles

Comme les eaux de source, les eaux minérales naturelles proviennent d'une source souterraine. Par contre elles ne peuvent subir que quelques traitements limités (adjonction de CO₂, séparation d'éléments indésirables comme le fer, le soufre...) et doivent être embouteillées sur place. **(Fine et al, 2015)**

I.5. Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable

I.5.1. Définition d'une norme

Une norme est un critère de référence établi conformément à une réglementation ou une référence minimale, moyenne ou supérieur. Elle permet de comparer une situation par rapport à une valeur seuil et de définir des conditions acceptables par rapport à celle qui ne le serait pas. **(Hoffamn et al, 2014)**

I.5.2. La qualité bactériologique de l'eau potable

L'eau ne doit contenir ni microbe, ni bactérie pathologique, ni virus qui pourraient entraîner une contamination bactériologique et être la cause d'une épidémie. **(Berne, 1972)**

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) par contre, une eau dite potable représente celle qu'un être peut consommer sans risquer sa santé. Elle doit donc remplir un certain nombre de critères microbiens, chimiques et physiques qui correspondent à l'ensemble des normes établies par l'OMS.

Dans le domaine de la qualité des eaux de boisson, les analyses bactériologiques concernent non pas des microorganismes pathogènes mais des germes jouant un rôle d'indicateur. Ces germes sont spécifiques de la flore intestinale et ne sont pas nécessairement pathogène. (DDE, 2006)

Tableau n°08 : Normes et recommandation pour La qualité bactériologique de l'eau potable. (OHyg, 2014)

Produit	Critères d'examen microbiologique	Valeur de tolérance (UFC)
Eau potable, non traitée au captage	Germes aérobies mésophiles <i>Escherichia coli</i> Entérocoques	100/ml nd/100 ml nd/100 ml
dans le réseau de distribution	Germes aérobies mésophiles <i>Escherichia coli</i> Entérocoques	300/ml nd/100 ml nd/100 ml
en récipients	<i>Escherichia coli</i> Entérocoques <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	nd/100 ml nd/100 ml nd/100 ml
Eau potable, traitée après le traitement	Germes aérobies mésophiles <i>Escherichia coli</i> Entérocoques	20/ml nd/100 ml nd/100 ml
dans le réseau de distribution	Germes aérobies mésophiles <i>Escherichia coli</i> Entérocoques	300/ml nd/100 ml nd/100 ml
en récipients	<i>Escherichia coli</i> Entérocoques <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	nd/100 ml nd/100 ml nd/100 ml
Eau potable dans les fontaines à eau sur bonbonnes ou sur réseau de distribution	<i>Escherichia coli</i> Entérocoques <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	nd/100 ml nd/100 ml nd/100 ml
Eau minérale et eau de source à la source	Germes aérobies mésophiles <i>Escherichia coli</i> Entérocoques <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	100/ml nd/100 ml nd/100 ml nd/100 ml
en récipients	<i>Escherichia coli</i> Entérocoques <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	nd/100 ml nd/100 ml nd/100 ml

Chapitre

-II-



Chapitre II

Aspect microbiologique des eaux

L'eau de boisson renferme naturellement une grande variété des microorganismes et les processus microbiens jouent même un rôle central dans la potabilisation des eaux. Toutefois, la présence de bactéries indésirables peut compromettre la qualité de l'eau. De nouveaux procédés permettent maintenant une meilleure surveillance de l'eau potable et une meilleure compréhension des processus microbiens dans ce milieu. (Hammes, 2011)

II.1. Différents types de pollution des eaux

La protection de la ressource en eau s'apprécie en termes qualitatif et quantitatif. La pollution des eaux est définie comme « tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ». (DEJOUX C, 88)

II.1.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution d'eau est une altération des qualités naturelles (physiques et chimiques) d'une eau. C'est à la fois l'action et les processus de dégradation des qualités de l'eau. La pollution des eaux souterraines entraîne le risque permanent de limitation de cette ressource dans un proche avenir. Elle résulte essentiellement de l'activité humaine indépendamment de la détérioration naturelle liée aux facteurs géologiques.

(BOUCENNA F, 09)

II.1.1.1. Source de pollution

La pollution peut être considérée sous la rubrique des quatre grands secteurs d'activités humaines: l'industrie, l'énergie, le transport et l'agriculture. Avec l'augmentation marquée de la population et l'industrialisation, un nouvel ensemble des polluants est apparu. (Goldstein, 2002)

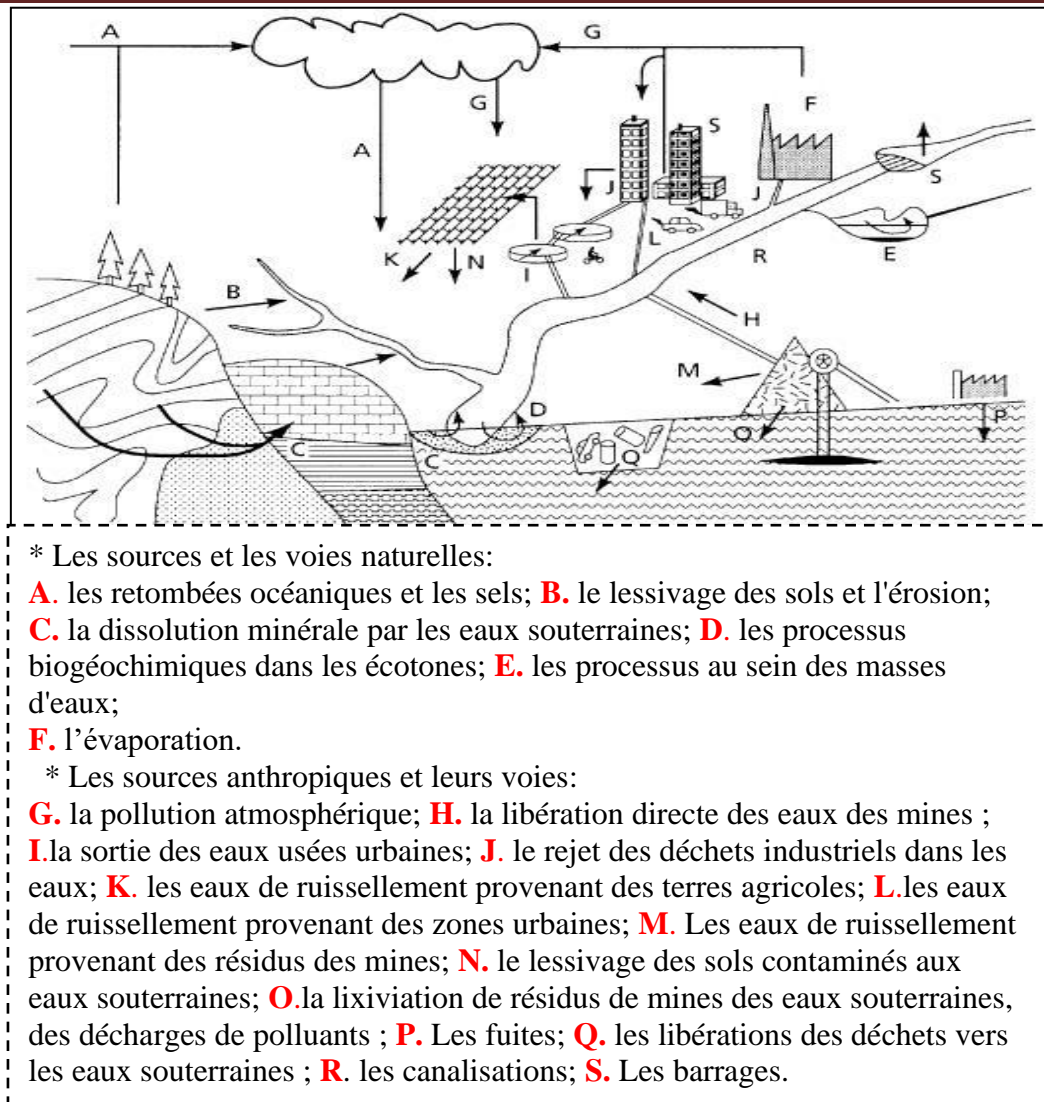


Figure n°05: Schéma représente les principales sources naturelles et anthropiques des polluants de l'eau. (Meybeck, 2001)

On peut classer la pollution selon le type de polluant en trois catégories: pollution biologique, pollution physique et pollution chimique.

II.1.2. Pollution biologique

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons, efflorescences planctoniques...etc.) (OUBAGHA, 2011)

II.1.2.1. Les principaux polluants biologique

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont :

A-Bactéries

Origine humaine: staphylocoque doré, enterobacteries, *enterocoque*.

- Dont certaines résistantes: staphylocoque doré methi-R, enterobacteries BLSE, *enterocoque* résistant à l'ampicilline.

Origine environnementale: bacille à gram négatif et mycobactérie atypique (xenopi)

- Dont *Pseudomonas*, *Acinetobacter baumannii*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *legionella*.
- Existence de multi-résistance. (Lahssaini, 2020)

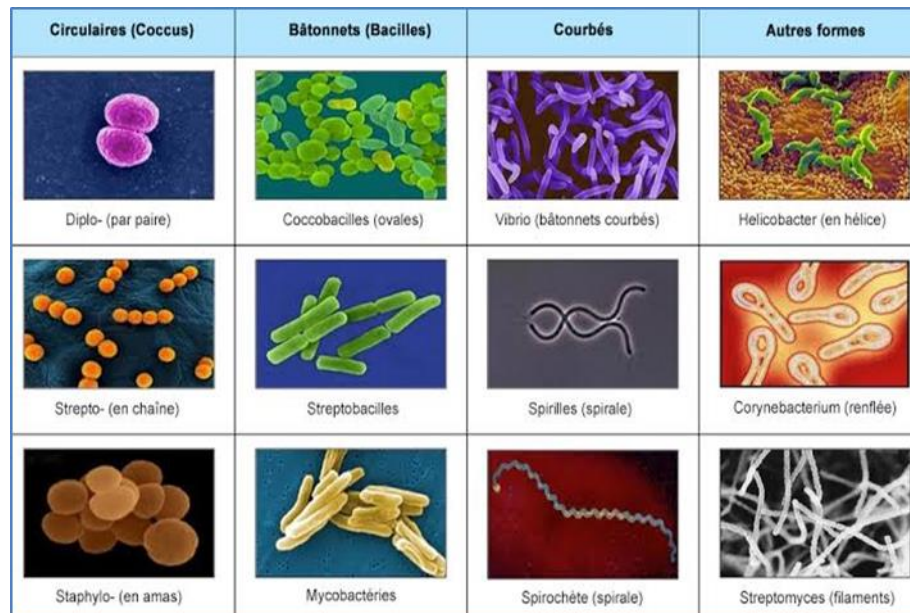


Figure n°06: les différentes classes des bactéries.

B- Champignons

- Aspergillus bien adapté à la survie et à la multiplication dans l'environnement.
- Cryptocoque (fiente de pigeons...). (Yayé, 2013)



Figure n°07 : pollution d'un lac par les champignons.

C- Virus

De nombreux virus peuvent infecter une personne et être transmis à de nouveaux hôtes à travers les fèces par voie digestive. Un gramme de fèces peut contenir jusqu'à 10⁹ particules virales infectieuses. Cinq groupes de virus pathogènes sont particulièrement importants sur le plan sanitaire et sont responsables de maladies telles que la poliomyélite, la méningite, l'hépatite infectieuse, etc. (Feachem, 83)

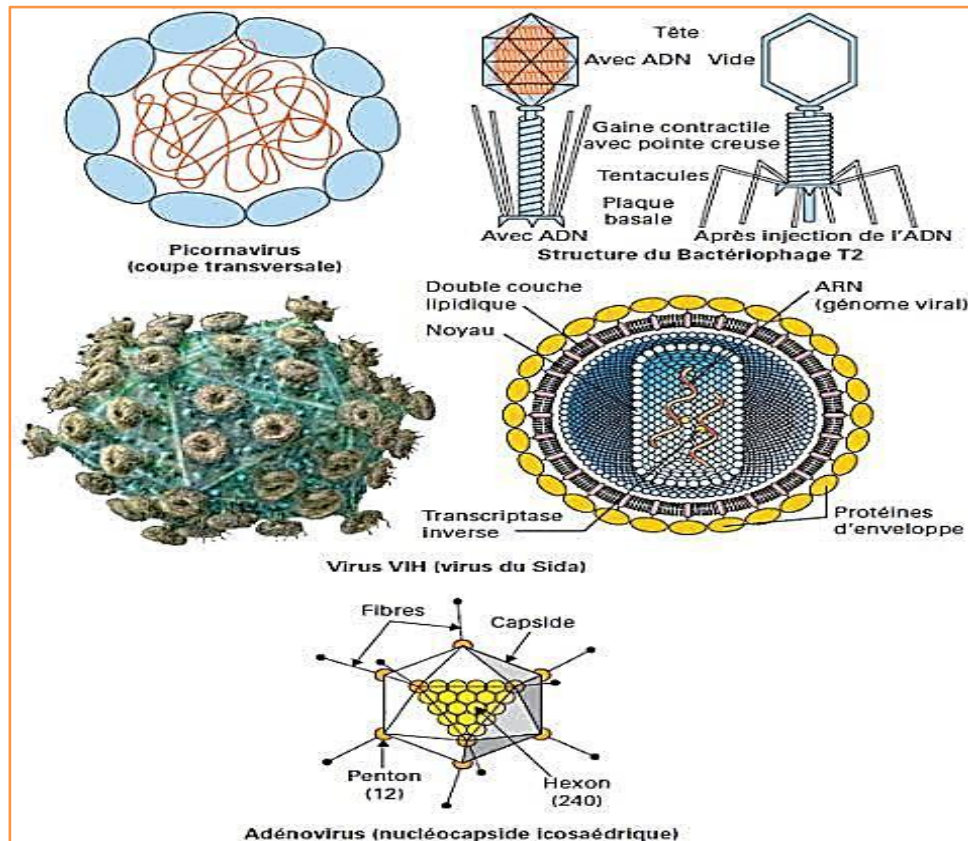


Figure n°08: formes de quelques virus pathogènes.

II.1.2.3.Effet et devenir de la pollution biologique

La dilution par les eaux, des conditions de milieu défavorables (raréfaction brutale des sources de nourriture et d'énergie, variation de salinité, ...), la prédation et/ou la concurrence avec les organismes autochtones, tend à les faire disparaître rapidement- d'autant que certains effets auto-épurgateurs jouent pleinement (notamment stérilisation par les UV, ...). Néanmoins, ces micro-organismes peuvent encore jouer un rôle pathogène pour l'homme ou les animaux (salmonelle). C'est pourquoi on les recherche particulièrement dans les eaux potables, de baignade ou dans des eaux pouvant servir à des activités d'élevage ou agro-alimentaires. **(Bruslé et Quignard, 2001)**

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces microorganismes, l'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. **(Houéto, 2004)**

II.1.3.Pollution physique

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe :

A- La pollution thermique.

B- La pollution mécanique.

C- La pollution radioactive.

II.1.3.1. Les principaux polluants physique

A- La pollution thermique : due à la température élevée qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz. (Guenard et Nadif ,1988)



Figure n°09: rejets chauds d'un central électrique dans la baie de San Francisco.

B- La pollution mécanique : il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau ; qui lui confèrent un caractère trouble :

*les matières décantées : (plus lourds que l'eau elle-même),

* les matières flottables : (plus légères que l'eau elle-même)

*les matières non séparables : (de même densité que l'eau). (Metahri, 2012)



Figure n°10 : pollution physique par des rejets solide.

C- La pollution radioactive : La pollution des eaux de surface par des substances radioactives pose un problème de plus en plus grave, imputable au fonctionnement des réacteurs, à l'utilisation des isotopes radioactifs en médecine, dans l'industrie et dans diverses autres branches d'activité civile et aux «retombées» provenant des essais d'armes nucléaires. On

s'efforce actuellement par tous les moyens de prévenir la pénétration de déchets concentrés dans les eaux de surface, mais les eaux de refroidissement des réacteurs entraînent de faibles quantités de matières radioactives. (COX. CHARLES, 1967)

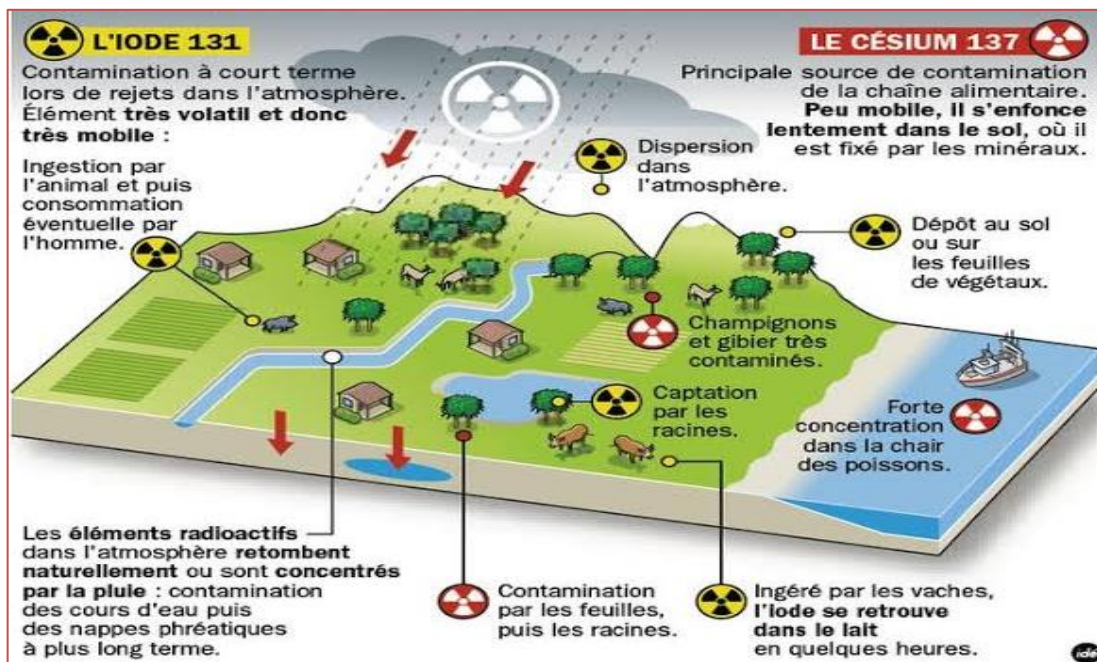


Figure n°11: les principales sources des contaminations radioactives.

II.1.3.2.Effet et devenir de la pollution physique

Les déchets solides cette mise en suspension de la matière provoque une diminution de la transparence de l'eau et donc de la photosynthèse et de l'oxygénation. (Sellal, 2018)

Les matières en suspension (MES) provoquent une diminution de la production photosynthétique, le colmatage du lit des cours d'eau et des frayères ainsi que le colmatage des branchies des poissons. . (Houéto, 2004)

II.1.4.Pollution chimique

Type de pollution par les substances minérales ou organiques extraites, synthétisées et rejetées par ou pour les activités humaines.

II.1.4.1.Les principales polluants chimiques

A. Les éléments chimiques organiques

Pesticide : ou produits phytosanitaires, sont définis comme des substances dont les propriétés chimiques contribuent à la protection des plantes cultivées et des produits récoltés des attaques de champignons, parasites, d'insectes, d'acariens, de rongeurs champêtres ou encore à détruire les adventices ou « mauvaises herbes », ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie, les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration. (Leyral et Vierling, 2007)

Les pesticides regroupent en :

- Les insecticides contre les insectes.
- Les herbicides contre les mauvaises herbes.
- Les fongicides contre les champignons.

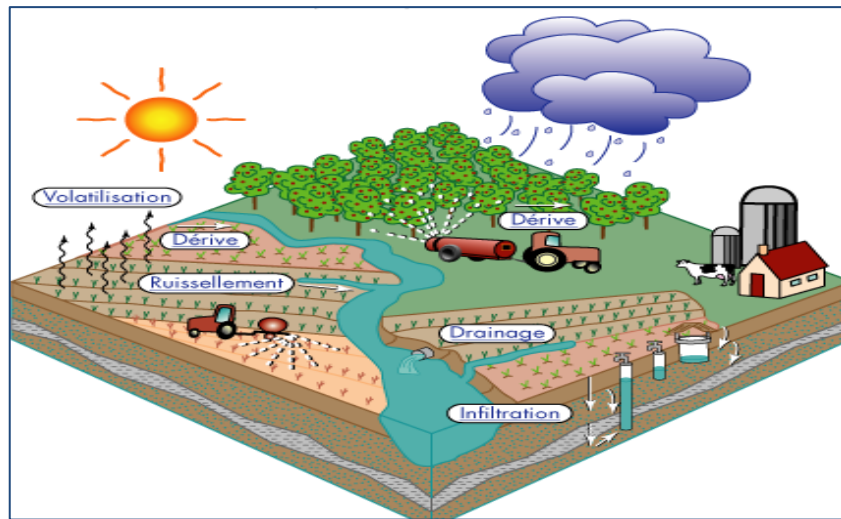


Figure n°12 : les différents mécanismes de transport des pesticides dans l'environnement.

Les hydrocarbures : sont parmi les substances polluantes les plus répandues et les plus dangereuses pour l'environnement, notamment pour les eaux de surface (**Mochalova et al, 2002**), hydrocarbures de source naturelle sont présents dans l'environnement sous forme de traces tandis que ceux d'origine anthropique, comme de nombreux autres polluants, se présentent sous des concentrations élevées. (**Malawska et Wilkomirski, 2000**)

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) : sont des sous-produits découlant de la combustion incomplète de la matière organique (**Samanta et al, 2002**).

Ils viennent de processus naturels comme les éruptions volcaniques ou bien de processus anthropiques qui représentent la principale source de ces polluants. Les concentrations de HAP d'origine naturelle se situent entre 1 et 10 µg de HAP par kilogramme de sol (**Wilcke, 2000**), la mobilité et la persistance des HAP dans l'environnement sont principalement contrôlées par leurs propriétés chimiques, à l'état pur et à température ambiante, les HAP sont des solides souvent colorés et cristallins. La solubilité qui constitue un indicateur de la tendance à être entraîné par les eaux courantes augmente avec la température.



Figure n°13: des flaques de pétrole flottent dans les eaux de Porquerolles dans le Var.

Polluants Organiques Persistants (POPs): Les polluants organiques persistants (POPs) constituent un groupe de polluants qui sont regroupés non pas en fonction de leurs propriétés chimiques mais plutôt parce qu'ils vérifient quatre grandes propriétés et qui rendent leur étude par simulation multi-milieu particulièrement pertinente :

- (i) toxicité : l'exposition à ces substances peut avoir des effets nocifs.
- (ii) persistance : les POPs se dégradent lentement dans les différents milieux.
- (iii) transport longue-distance : on peut retrouver des concentrations non négligeables de ces polluants très loin de leurs sources d'émissions.
- (iv) bioaccumulation : les POPs ont tendance à s'accumuler tout au long de la chaîne alimentaire.

Du fait de leur persistance et du transport longue-distance, la gestion des risques liés aux POPs doit mener à une réponse globale au niveau mondial. **(Loizeau, 2014)**

Les composés organiques volatils (COV) : le terme de composés organiques volatils (COV) englobe un grand nombre de composés appartenant à différentes familles chimiques: alcanes, alcanes substitués, alcènes, alcools, composés aromatiques (benzène), esters, cétones, les COV font l'objet de nombreuses utilisations en tant que solvants, dégraissants, dissolvants, conservateurs, agents de nettoyage. Ils entrent donc, seuls ou en mélange, dans un grand nombre de procédés d'industries manufacturières utilisatrices de solvants, d'application et de fabrication de peinture, de préparation de caoutchouc, les imprimeries, les papeteries, la pharmacie, la parfumerie, les industries agro-alimentaires. **(Fabure, 2009)**

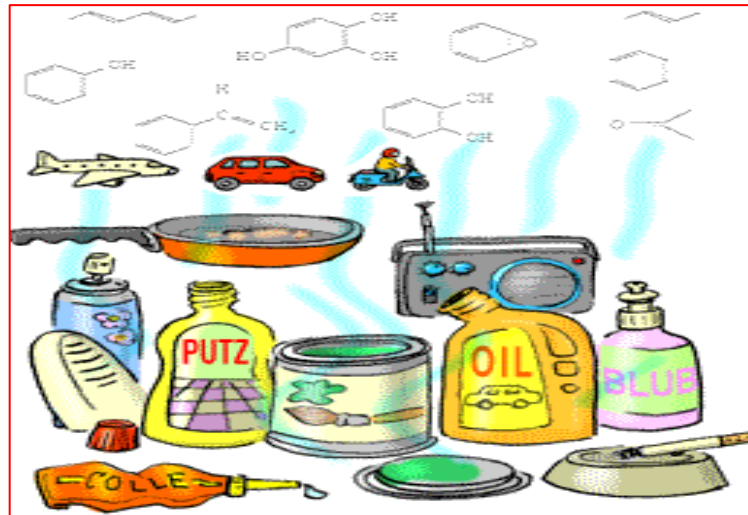


Figure n°14: quelques sources des COVs.

Les détergents : Les préparations détergentes sont des mélanges complexes dans lesquels on peut retrouver aussi bien des tensio-actifs cationiques (les plus toxiques), anioniques et non ioniques associés à des additifs (sels de l'acide nitriloacétique, polyphosphates, perborates), leur origine est surtout le fait des eaux résiduaires domestiques, industrielles ou agricoles. (Parenteau, 1997)



Figure n°15: résidus d'un produit détergent flottent à la surface de mer sous forme de mousses marron.

Polychlorobiphényles (PCB) : Ce sont des substances chlorées très stables, largement utilisées dans la production des condensateurs, transformateurs, fluides hydrauliques, lubrifiants, pesticides ,ils peuvent être dégradés à haute température (1200°C), leur combustion peut générer des dioxines et des furanes, substances cancérigènes et mutagènes. Les PCB sont insolubles dans l'eau (De et al, 2004), et ont une forte affinité pour les matières en suspension et les lipides. Ils s'accumulent donc dans le milieu naturel et se bio accumulent fortement dans la chaîne alimentaire, par exemple dans les graisses des poissons et d'autres organismes vivants. (Boucheseiche et al, 2002)

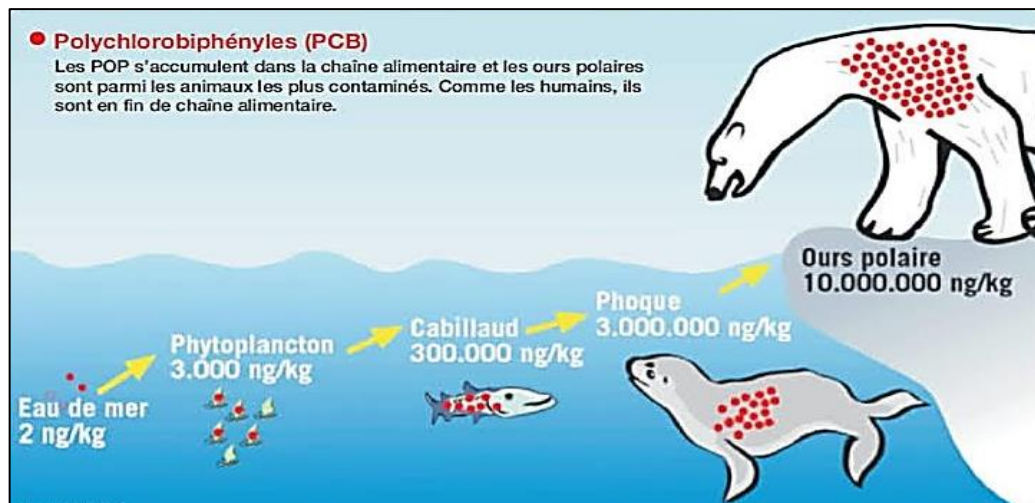
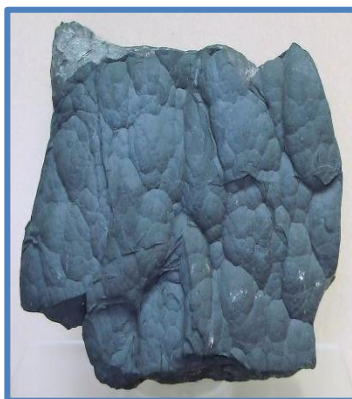


Figure n°16: schéma représente l'accumulation de PCB dans une chaîne alimentaire marine.

B. Les éléments chimiques minéraux

Arsenic et composés hydrosolubles : habituellement présents à de très faibles concentrations dans les eaux de surface, les composés hydrosolubles de l'arsenic (arsénites de sodium et de potassium, arséniates de sodium) peuvent se retrouver en quantités plus élevées notamment du fait de la pollution **industrielle** (fabrication de semi-conducteurs, fabrication d'alliages, métallurgie), **environnementale** (combustion de fuels), **agricole** (emploi de dérivés arsenicaux comme pesticides). (Proust et al, 2000)



Nom : Arsenic.
Numéro atomique : 33.
Group : 15.
Période : 4^{ème} période.
Bloc : Bloc P.
Famille : Métalloïde.
Dimension : 1473×1030(204kio).
Source : Échantillon de minerai d'arsenic natif provenant de St. Andreas berg, Harz, et conservé par le Mineralogisches Museum der Universität Bonn, le15/Mars/2009 à l'heure 23 :41/ wikipédia.

Danger : Symbole : As.



Le cadmium (Cd) : Le cadmium (Cd) est un élément naturel, présent dans certains minerais (notamment de zinc) sous forme d'impuretés. Ce métal est rencontré notamment dans les batteries, il a été abondamment utilisé pour protéger l'acier contre la corrosion (cadmiage), ou comme stabilisant pour les plastiques et les pigments.

La concentration limite en Cd dans l'eau, fixée par la FAO, selon le Codex Alimentaires est de 3µg/L. (Le Guillou, 2009)



Nom : Cadmium.

Symbole : Cd.

Numéro atomique : 48.

Group : 12.

Période : 5^{ème} période.

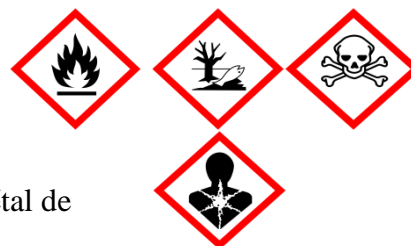
Bloc : Bloc d.

Famille : métal pauvre ou métal de transition.

Dimension : 5220×3378(2,55Mio).

Source : Un cristal de cadmium travail personnel Alchemist-hp (talk) (www.pse-mendelejew.de), le 4/Novembre/2010 à l'heure 02 :18 /wikipédia.

Danger :



Le mercure (Hg) : est un métal lourd que l'on retrouve dans la croûte terrestre. Il est plus fréquent dans les zones volcaniques. Du fait de sa grande volatilité, le mercure peut être largement répandu dans la nature sous forme de traces. Il se concentre souvent sur les particules en suspension dans l'eau ou la matière organique; on peut le retrouver, de ce fait, dans les sédiments des rivières. Par contre, la présence de mercure dans les eaux souterraines est essentiellement d'origine anthropique, liée à son utilisation dans l'industrie électrique (piles, tubes fluorescents...), et dans l'industrie chimique du chlore.

Le mercure est une substance classée "dangereuse prioritaire et très toxique pour les organismes aquatiques, et pouvant entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique". (Ngaram ,2011)



Nom : Mercure.

Symbole : Hg.

Numéro atomique : 80.

Group : 12.

Période : 6^{ème} période.

Bloc : Bloc d.

Famille : métal pauvre ou de métal de transition.

Dimension : 2048×1536(1,31Mio)

Source : Mercure liquide à température ambiante par Bionerd ; own work ; le 11/Octobre/2008 à l'heure 18 :38/Wikipédia.

Danger :



Les phosphates: de l'utilisation des engrais, des rejets industriels et des rejets domestiques (déjections humaines, détergents, lessives). On estime ainsi que chaque jour, un individu rejette 35 g de phosphate par jour dont 12 g proviennent de ses excréments et le restant, c'est-à-dire plus de la moitié, provient des détergents et des lessives. Concernant les sources agricoles, on estime que 0,25% à 2,5% du phosphore contenu dans les engrais n'est pas absorbé par les plantes et migre vers les milieux aquatiques. Les phosphates ne sont pas

toxiques pour la faune aquatique. Mais leur présence dans l'eau peut contribuer à provoquer certains déséquilibres. (Zanamindry ,2016)

Nitrate et Nitrates: Les nitrites sont des composés très répandus dans l'environnement où ils subissent le cycle de l'azote, ce dernier représentant 78 % de l'air respiré. Les principales origines de l'azote environnemental sont les eaux usées urbaines, les effluents résiduels industriels et les épandages agricoles d'engrais azotés, les nitrites sont hématotoxiques par oxydation du fer de l'hème transformant l'hémoglobine en méthémoglobine inapte au transport de l'oxygène. (Lavergne, 2014)



Figure n°17: le surplus de nitrate dans un lac provoque un phénomène d'eutrophisation.

Le plomb (Pb) : peut être présent naturellement même si des eaux naturelles avec présence de plomb sont assez rares. Les principales sources d'émission du plomb sont les industries du plomb et surtout le trafic routier. Il est utilisé dans l'imprimerie, la métallurgie (fonderie), dans l'industrie des batteries, les soudures dans l'industrie électronique. Par ailleurs, la présence de plomb dans l'eau distribuée pour la consommation humaine peut provenir de tuyauteries anciennes contenant du plomb. La source anthropique principale était, jusqu'à ces dernières années, sa présence dans les carburants automobiles.

Le plomb est une substance "présentant des dangers d'effet cumulatif et présentant des risques possibles d'altérations de la fertilité". (Abdennour et Ait Namane, 2015)



Nom : Plomb.

Symbole : Pb.

Numéro atomique : 82.

Group : 14.

Période : 6^{ème} période.

Bloc : Bloc P.

Famille : métal pauvre.

Dimension : 5260×3341(3,41MB).

Source : morceau de plomb solide travail personnel [Alchemist-hp \(talk\)](http://Alchemist-hp(talk);(www.pse-mendejew.de);) ; (www.pse-mendejew.de); le 20/Décembre/2010 à l'heure 01:08 /wikipédia.

Danger :



Le **zinc (Zn)** : est un métal relativement courant, présent dans les filons métallifères, essentiellement sous forme de blende. On le trouve également dans le charbon, les bitumes et le pétrole. Il est couramment présent dans les zones minières. Il peut également avoir une origine anthropique, le zinc et ses composés ont de très nombreuses applications industrielles: revêtement de métaux (galvanisation...), préparation d'alliages, imprimerie et teinture, utilisés dans la fabrication de pigments pour peintures, émaux, matières plastiques, caoutchouc, la préparation de produits pharmaceutiques et d'insecticides. (Asimolarimalala ,2008)



Nom : Zinc.

Symbole : Zn

Numéro atomique : 30.

Group : 12.

Période : 4^{ème} période.

Bloc : Bloc d

Famille : métal pauvre ou de métal de transition.

Dimension : 5135×3138(4,27Mio).

Source : Morceau de zinc à différents formes ; Alchemist-hp (talk) ; (www.pse-mendelejew.de); le 02/Octobre/2010 à l'heure 21:46 /wikipédia.

Danger :



Chrome : Le chrome (Cr) est un métal dur d'une couleur gris acier argenté. Il est utilisé en métallurgie, pour améliorer la résistance à la corrosion, dans l'industrie du verre, pour le tannage des peaux, dans les colorants et les peintures. Le chrome trivalent est un oligoélément essentiel aux organismes. Le chrome est extrait des mines sous forme de minerai de chromite dont on trouve des dépôts importants au Kazakhstan (Santé Canada, 2009).

L'OMS et l'UE et le Canada ont fixé la concentration maximale en chrome dans l'eau à 0,05mg/L. (Lakehal ayat, 2019)



Nom: Chrome.

Symbole : Cr.

Numéro atomique : 24.

Group : 6.

Période : 4^{ème} période.

Bloc : Bloc d.

Famille : métal de transition.

Dimension : 4752×3060(4,15Mio).

Source : Échantillons de chrome (le cube mesure un centimètre cube) ;Alchemist-hp (talk) ;(www.pse-mendelejew.de);le 10/Avril/2011 à l'heure 15:37 /wikipédia.

Danger :



II.1.4.2.Effets et devenir de la pollution chimique

A-Exposition

Les hommes sont exposés par inhalation des polluants aériens, la consommation d'eau

contaminée, l'exposition à des sols contaminés de déchets industriels. Les métaux peuvent être absorbés sous la forme inorganique ou sous la forme organique. Pour certains éléments, comme l'arsenic et le cuivre, la forme inorganique est la plus toxique. Pour d'autres, comme Hg, Sn et Pb, les formes organiques sont les plus toxiques. La quantité de métaux absorbée par un homme influe directement sur sa santé. Elle peut présenter une toxicité aiguë, ou une toxicité due à un effet cumulatif, ces métaux lourds s'accumulent dans les organismes vivants et perturbent les équilibres et mécanismes biologiques, provoquant des effets toxiques. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires,.... (Ghezri ,2014)

B- Effets des métaux lourds sur le milieu aquatique

A de faibles concentrations, beaucoup de métaux lourds, dont Hg, Cd, Pb, As et Cu inhibent la photosynthèse et la croissance du phytoplancton .Les effets observés à des niveaux trophiques supérieurs se manifestent notamment par un retard du développement des embryons, des malformations et une moins bonne croissance des adultes chez les poissons, les mollusques et les crustacés. En outre, tout au long de la chaîne alimentaire, certains se concentrent dans les organismes vivants. Ils peuvent ainsi atteindre des taux très élevés dans certaines espèces consommées par l'homme, comme les poissons. Cette " bioaccumulation " explique leur très forte toxicité. (Ghezri ,2014)

Ainsi, dans les étangs et les rivières lentes, l'apport constant de substances nutritives (nitrates et surtout phosphates) peut entraîner une prolifération de végétaux aquatiques et par voie de conséquence une destruction des espèces sensibles, en colmatant les ouïes des poissons et les branchies des mollusques. De même, en colmatant le fond et les berges du lac ou de la rivière. (Bachasson ,2012)

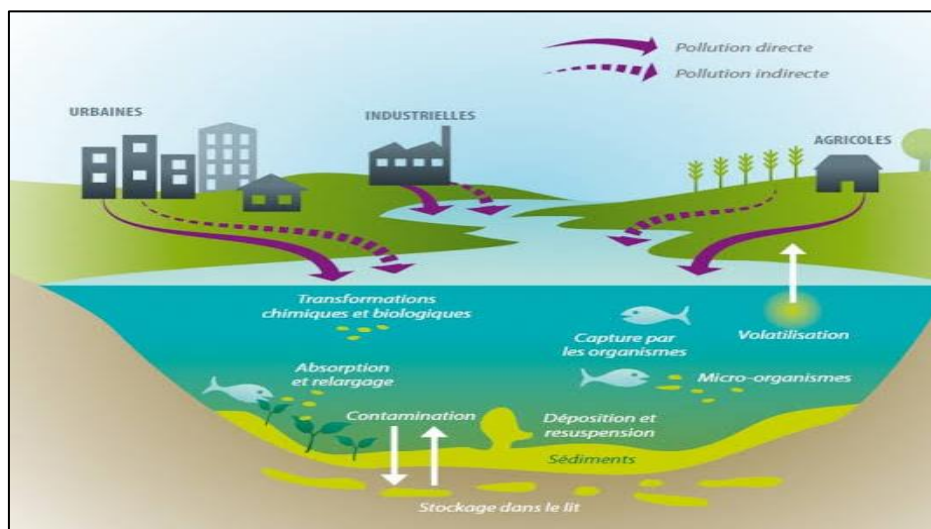


Figure n°18 : Réaction d'un écosystème aquatique aux pollutions dans un bassin versant.

C-Effets sur la santé

Les effets toxicologiques en matière de santé publique pour le cadmium, le mercure et le plomb ont été largement mis en évidence par des travaux antérieurs. En effet, la toxicité du plomb vis-à-vis du système nerveux et des reins a été soulignée en 1999. La toxicité du cadmium résulte principalement de l'inhibition des enzymes thiols ainsi que de son affinité pour les hydroxyles et les carboxyles. Il est également l'agent étiologique de la maladie qui se manifeste par des troubles osseux et l'augmentation du taux de phosphatase alcaline. L'exposition chronique à de faibles doses en cadmium provoque des dommages aux tubules rénaux, suivis de protéinurie, lésions pulmonaires, hypertension artérielle. La contamination par le mercure peut causer des pharyngites, des gastroentérites, des néphrites, des troubles de la circulation ou des dépôts au niveau des neurones. (Serghini et al, 2003)

Tableau n°09 : les différents types des polluants ces natures et sources. (Régis ,2017)

Types De Pollution	Nature	Sources
Physique pollution thermique pollution radioactive	rejets d'eau chaude radio-isotopes	centrales thermiques installations nucléaires
Matière organique	glucides, lipides, protides ammoniac, nitrates	effluents domestiques, agricoles... élevages et piscicultures
Chimique fertilisants métaux et métalloïdes pesticides organochlorés composés organique. de synthèses détersives hydrocarbures	nitrates, phosphates Hg, Cd, Pb, Al, As... insecticides, herbicides... PCB, solvants nombreuses molécules agents tensio-actifs pétrole et dérivés	agriculture, lessives industries, agriculture, pluies acides industries industries effluents domestiques industrie pétrolière, transports
Microbiologique	Bactérie, virus, et champignons	Effluent urbains et d'élevage

II.2. Microorganisme de l'eau

On trouve naturellement dans les eaux une grande variété de microorganismes, dont certains peuvent notamment favoriser la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique. Par contre, d'autres microorganismes proviennent des déjections d'origine animale et humaine et peuvent causer des maladies importantes chez les humains, dont des gastroentérites et des infections cutanées. Des bactéries indicatrices présentes en grand nombre dans

le tube digestif des animaux à sang chaud, comme les coliformes fécaux (coliformes thermotolérants) et les *Escherichia coli* (*E. coli*), sont utilisées pour évaluer le niveau de contamination bactériologique des eaux. (Mouaz et Bentchich, 2017)

II.2.1. Germes totaux

Les dénombrements bactéries consistent à rechercher des germes aérobies, c'est-à dire se développant en présence d'oxygène. Cette analyse est surtout significative pour l'étude de la protection des nappes phréatiques. (Rodier, 96)

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des micro-organismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde et le vibron cholérique responsable du choléra. (Leyral et al, 2002)

II.2.2. Coliforme totaux (CT)

Ils sont définis comme l'ensemble des bactéries aérobies et anaérobies facultatives gram négatif (-), non sporulantes, en forme de bâtonnet, qui sont capables de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures à 35-37°C, les principaux genres inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia*. (CEAEQ, 2000)

La presque totalité des espèces est non pathogène et ne représente pas de risque direct pour la santé à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes. (Edberg et al, 2000)

Les CT sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau). Ce groupe bactérien est utilisé depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. La presque totalité des espèces est non pathogène et ne représente pas de risque direct pour la santé à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli*. Ce sont des bactéries en forme de bâtonnets, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase, qui permet de libérer un agent chromogène utilisé dans des milieux de culture servant à les identifier. Les principaux genres bactériens inclus dans le groupe sont: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia*. La presque totalité des espèces est non pathogène et ne représente pas de risque direct pour la santé. (Site web, 2019)

II.2.3. Coliforme fécaux (thermotolérants)

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. (Elmund et al, 99)

Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptone contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (Joly et Reynaud, 2003). Les Coliformes fécaux thermotolérants (44°C) sont considérés d'origine humaine (Gaujous, 95). Les coliformes fécaux répondent aux critères de bons indicateurs, la principale difficulté qui s'attache à leur emploi, est leur survie relativement courte en eau de mer, ce qui peut exiger un recours à des indicateurs supplémentaires.

La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés. (Barthe et al, 98)

A-*Escherichia coli* :



Règne : *Bacteria*.

Embranchement : *Proteobacteria*.

Classe : *Gamma Proteobacteria*.

Ordre : *Enterobacteriales*.

Famille : *Enterobacteriaceae* (*enterobacteries*)

Genres : *Escherichia*, *Shigella*.

Espèces : *Escherichia coli*,
Shigella dysenteriae,
Shigella sonnei,
Shigella boydii,
Shigella flexneri.

Classification génétique d'*Escherichia coli* (Echerich Theodor, 1885)

Escherichia coli est un bacille à Gram négatif aérobie-anaérobie facultatif appartenant à la famille des entérobactéries (*Enterobacteriaceae*) qui colonisent le tube digestif de l'homme et des animaux.

Les shigelles (genre *Shigella*), responsables de diarrhées invasives chez l'homme, sont, sur le plan génétique, des membres de l'espèce *E. coli*. Cependant, du fait de leurs caractères

biochimiques particuliers et de leur pouvoir pathogène chez l'homme (pathogène intestinal obligatoire), la communauté médicale a conservé cette dénomination.

E. coli fait partie de la famille des *Enterobacteriaceae* et est une bactérie présente en grand nombre chez tous les animaux homéothermes ainsi que dans les matières fécales humaines (de l'ordre de 10^7 à 10^9 unités par gramme de selle, poids sec), sa mise en évidence - en nombre élevé, elle détermine une contamination récente - indique que l'échantillon est contaminé par des matières fécales car cette bactérie ne se multiplie pas dans l'environnement et son origine est univoque. C'est l'un des meilleurs indicateurs de routine à l'échelon international dont la présence indique la présomption de pathogènes transmissibles par la voie féco-orale. (GOITA, 2014)

II.2.4. Les streptocoques fécaux (*Entérocoques*)



Photographie au microscope
des bactéries *Streptococcus*
pyogenes.

Règne : *Bacteria*.

Embranchement : *Fimicutes*.

Classe : *Bacilli*.

Ordre : *Lactobacillales*.

Famille : *Streptococcaceae*.

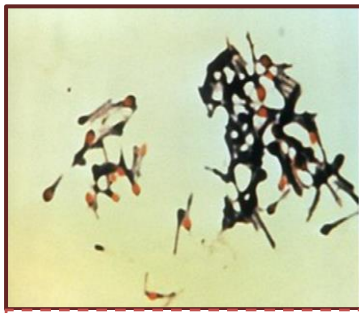
Genres : *Streptococcus*.

Espèces : *Streptococcus pyogenes*. (Groupe A)

Streptococcus agalactiae. (Groupe B)

Classification génétique de la bactérie streptocoques fécaux. (Rosenbach Friedrich, 1884)

Les entérocoques regroupent des germes du genre *Enterococcus* ainsi que quelques espèces du genre *Streptococcus*. Pour être qualifiés de fécaux, ils doivent être porteurs de l'antigène du groupe « D » de la classification de Lancefield de forme sphérique (coques), disposés en chaînettes, ils ont également une origine liée aux matières fécales mais sont présents en moins grand nombre (de l'ordre de 10^5 à 10^7 unités par gramme de selle, poids sec). En contrepartie, les entérocoques résistent mieux aux agressions environnementales (dessiccation par exemple) et leur survie dans les eaux douces est supérieure à celle des coliformes bien qu'ils soient excrétés en nombre plus faible que ceux-ci. Leur présence unique trahit une contamination fécale ancienne et ce sont alors souvent les seuls indicateurs décelables quand on s'éloigne de la source de pollution. (Henry, 2011)

II.2.5. Les *Clostridium* sulfito-réducteurs

Group de *Clostridium tetani*
sous microscope.

Règne : *Bacteria.*

Embranchement : *Fimicutes.*

Classe : *Clostridia.*

Ordre : *Clostridiales.*

Famille : *Clostridiaceae.*

Genres : *Clostridium.*

Espèces : *Clostridium tetani.*

Il y a plus des 10 espèces de clostridium.

Classification génétique de la bactérie *Clostridium* sulfito-réducteurs.(Prazmowski Adam, 1880)

Le genre *Clostridium* est genre bactérien regroupant des bacilles gram positifs (+) strictement anaérobie et sporulés, assurant généralement leur mobilité par des flagelles péritriches .il inclut des pathogènes humains comme ceux causant le botulisme ou tétanos.

Ce sont des bactéries très répandues dans la nature, elles se trouvent dans les intestins des animaux, elles peuvent provoquer des maladies mortelles. La plupart des espèces de clostridium sont des bactéries telluriques, mais sont également isolées dans l'intestin et les selles de l'homme et de divers animaux. Ainsi la présence de clostridium dans les eaux ou les aliments par exemple signe en général, une contamination fécale.

Les clostridium sulfito-réducteurs représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, ils sont résistants aux conditions défavorables grâce à la sporulation, ils sont des bactéries anaérobies strictes, sporulés, Gram positif réduisent les sulfites en sulfures et dont la plupart des espèces est mobile. (Cardin, 2006)

II.3.Facteurs d'environnement affectant la survie des microorganismes dans l'eau

Les bactéries et virus, hôtes habituels de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud, qui arrivent dans le milieu marin, se retrouvent dans un milieu hostile peu propice à leur croissance. Incapables de se multiplier dans cet environnement, ces microorganismes vont y survivre plus ou moins longtemps en fonction des paramètres physiques, chimiques et biologiques du milieu.

Les microorganismes sont soit libres dans la masse d'eau, soit associés à des particules organiques ou minérales. Suivant le poids de ces particules, les microorganismes vont être soumis à une dilution tout au long de l'estuaire ou à une sédimentation favorable à leur

concentration. Ainsi, on estime que les sédiments sont plus contaminés que l'eau environnante et vont constituer un réservoir potentiel pour une recontamination ultérieure des eaux à la faveur de la remise en suspension des microorganismes lors des phénomènes naturels (crues, tempête) ou d'activités humaines (dragages). Le temps de survie des microorganismes est défini par le temps nécessaire à la disparition de 90% de la population initiale, exprimé par le T90. De quelques heures à quelques jours pour les bactéries, cette survie est prolongée, pour les virus, de plusieurs semaines à plusieurs mois. (El attifi El ouadrassi, 2011)

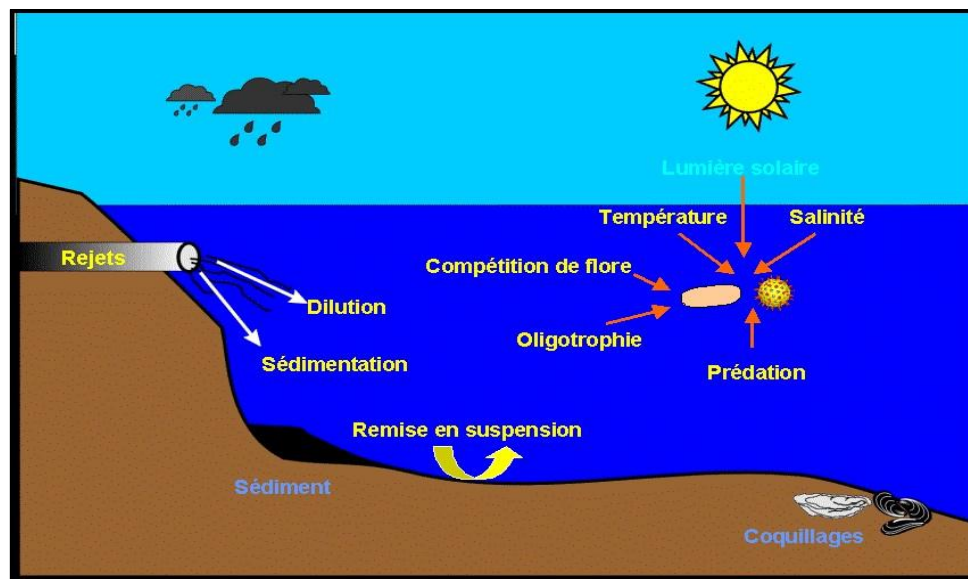


Figure n°19 : Les paramètres physiques, chimiques et biologiques essentielles qu'influençant la survie des germes en milieu marin.

II.3.1. Dynamique de croissance

La croissance bactérienne est l'accroissement ordonné de tous les composants de la bactérie. Elle aboutit à l'augmentation du nombre de bactéries.

Au cours de la croissance, il se produit, d'une part, un appauvrissement du milieu de culture en nutriments et, d'autre part, un enrichissement en sous-produits du métabolisme, éventuellement toxiques, la croissance peut être étudiée en milieu liquide ou solide. (Hamadouche, 2003)

A. Croissance *in vitro* (milieux liquide et solide)

Les bactéries peuvent être cultivées en milieux liquide, solide et semi-liquide. Les milieux liquides sont utilisés pour la culture de bactéries pures. Les milieux solides ou semi-solides, à base d'agar sont utilisés pour l'isolement de bactéries. (Khelil, 2007)

B. Croissance *in vivo*

In vivo, la croissance bactérienne n'est pas similaire à celle observée *in vitro*. Elle est beaucoup plus ralentie. La phase de latence est beaucoup plus longue. Les bactéries n'ont pas

toujours tous les nutriments à leur disposition pour leur croissance. *In vivo*, les bactéries peuvent être phagocytées par les macrophages et les polynucléaires et être inhibées par les produits antibactériens comme le lysozyme ou le complément. (Battisti, 2010)

Tableau n°10 : Temps de génération *in vitro* et *in vivo* de quelques bactéries. (UMVF, 2014)

Bactéries	TG <i>in vitro</i> (min)	TG <i>in vivo</i> (h)
<i>Escherichia coli</i>	20-40	5
Salmonella Typhimurium	20-40	3-5
<i>Staphylococcus aureus</i>	40	3-5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	40	4
<i>Vibrio cholerae</i>	20	2-5
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	120-240	24-48

II.3.2. Les principales facteurs psycho-chimiques affectent la croissance (survie)

II.3.2.1. La température (T°)

Les bactéries peuvent être classées selon leur température optimale de croissance.

- A. Bactéries **mésophiles** (Ex. : *Escherichia coli*) : température de croissance proche de celle du corps humain 37°C.
- B. Bactéries **thermophiles** (Ex. : *Thermus aquaticus*) : températures de croissance comprises entre 45°C et 70°C.
- C. Bactéries **hyperthermophiles** (Ex. : *Archaea*) : températures de croissance supérieures à 80°C.
- D. Bactéries **psychrophiles** (Ex. : *Pseudomonas*) : Températures proches de 0°C (optimum à 10-15°C).
- E. Bactéries **psychrotrophes** (Ex. : *Pseudomonas*) : températures de croissance proches de 0°C avec optimum de croissance proche des bactéries mésophiles. (Forterre, 2014)

II.3.2.2. Le potentiel d'hydrogène (PH)

Le pH (concentration en ion hydrogène H⁺) de l'environnement varie entre 0,5 (sols acides) et 10,5 (eaux alcalines des lacs).

Les bactéries pathogènes ou liées à l'écosystème humain se développent le plus souvent dans des milieux neutres ou légèrement alcalins. On distingue :

- A. Les bactéries **neutrophiles** se développent pour des pH sont compris entre 5,5 et 8,5 avec un optimum voisin de 7.

B. Les bactéries **alcalophiles** préfèrent les pH alcalins: cas de *Pseudomonas* et *Vibrio*.

C. Les bactéries **acidophiles** se multiplient mieux dans des milieux acides : cas des *Lactobacillus*.

Pour garder un pH interne neutre, le mécanisme de résistance des bactéries est :

- Membrane cytoplasmique devient imperméable aux protons,
- Bactéries neutrophiles : échange de potassium contre des protons,
- Bactéries alcalophiles : échange d'ions sodium contre des protons,
- Production de déchets métaboliques acides ou alcalins. (Addioui et Benaissa ,2013)

II.3.2.3.L'oxygène dissous (O₂dissous)

Il existe plusieurs classes de bactéries en fonction de leurs rapports avec l'oxygène.

A. Les bactéries **aérobies strictes** ne se développent qu'en présence d'air. Leur source principale d'énergie est la respiration. L'oxygène moléculaire, ultime accepteur d'électron, est réduit en eau (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Neisseria*).

B. Les bactéries **microaérophiles** se développent mieux ou exclusivement lorsque la pression partielle d'oxygène est inférieure à celle de l'air (*Campylobacter*, *Mycobacteriaceae*).

C. la majorité des bactéries rencontrées en pathologie médicale : les entérobactéries (*Escherichia*, *Salmonella*), les streptocoques, les staphylocoques. L'énergie provient de l'oxydation des substrats et de la voie fermentaire.

D. Les bactéries **anaérobies strictes** ne se développent qu'en absence totale ou presque d'oxygène qui est le plus souvent toxique. Ces bactéries doivent se cultiver sous atmosphère réductrice. La totalité de l'énergie est produite par **fermentation**. C'est le cas des bactéries intestinales (*Bacteroides*, *Fusobacterium*, *Clostridium*) et de nombreuses bactéries présentes dans les flores normales de l'organisme. La production d'énergie se fait grâce aux cytochromes membranaires couplés à des phosphorylations oxydatives mais en l'absence d'oxygène moléculaire. La toxicité de l'oxygène s'explique par la production de radicaux superoxydes que les bactéries anaérobies ne peuvent pas détruire (**absence de superoxyde dismutase**) et/ou par l'absence d'une activité enzymatique à type de catalases et de peroxydases. (Lamchouri et Mennane, 2015)

II.4. Les maladies à transmission hydrique

La présence dans l'eau de micro-organismes et substances nuisibles à la santé humaine est à la base de certaines maladies au sein des populations rurales, ces maladies dues à la consommation de l'eau sont ainsi appelées maladies hydriques.

Tableau n°11 : Liste des plus fréquents micro-organismes pathogènes dans l'eau et les maladies qu'ils provoquent. (Oclair)

Agent infectieux	Maladie/organe concerné
Bactéries	
E. coli Leptospira (si présence de rats) Salmonelles Shigella Yersinia enterocolitica Clostridium tetani Pseudomonas aeruginosa Staphylococcus Streptococcus Klebsiella pneumoniae Proteus	Diarrhée (Enterotoxine) Fièvre, hépatite épidémique, méningite Gastro-entérite, Vomissements Colite, Colique, Diarrhée Fièvre, Entérite, érythème Tétanos Inflammation des voies urinaires Accumulation de pus, inflammation des voies respiratoires Infection locale, endocardite, otite Pneumonie Inflammation des voies urinaires
Champignons	
Aspergillus spp. A. fumigatus, A. niger Trichophyton spp.	Mycose broncho-pulmonaire Mycose des ongles, Otite, Granulome Mycose de la peau
Virus	
Polio Coxsackie Echo Hépatite Enterovirus Adenovirus Coronavirus	Poliomyélite, Fièvre Maladies respiratoires, Méningite, Myocardite Meningite, Fièvre Hépatite Meningite, Encéphalite Inflammation de l'oeil Rhume
Protozoaires	
Entamoeba histolytica Giardia lamblia (Lamblia intestinalis) Toxoplasma gondii, Sarcocystis spp.	Foie, intestin Vésicule biliaire Organes internes (foie, cerveau, coeur).

Les populations sont obligées de consommer et d'utiliser le peu d'eau dont elles disposent et les enfants de moins de cinq ans en sont les principales victimes à cause des maladies diarrhéiques telles que la dysenterie, la typhoïde et l'hépatite 'A' (OMS, 2001), mais les êtres

humains ne sont pas les seuls à subir les conséquences, la faune et la flore en sont également victimes. Les substances toxiques contenues dans l'eau polluée peuvent être stockées par les plantes cultivées dont la consommation ultérieure peut provoquer des maladies digestives, des atteintes au foie et aux reins. (Keck et Venus, 2000)

Les virus qui sont provoqués ces maladies hydriques peuvent survivre plusieurs mois dans les eaux usées, l'eau de robinet, le sol et les fruits de mer. De plus, Ils sont capables de résister aux méthodes classiques de traitement des eaux et épuration des eaux usées, y compris la chloration, et peuvent se rencontrer loin de la source de contamination (Figure N°20).

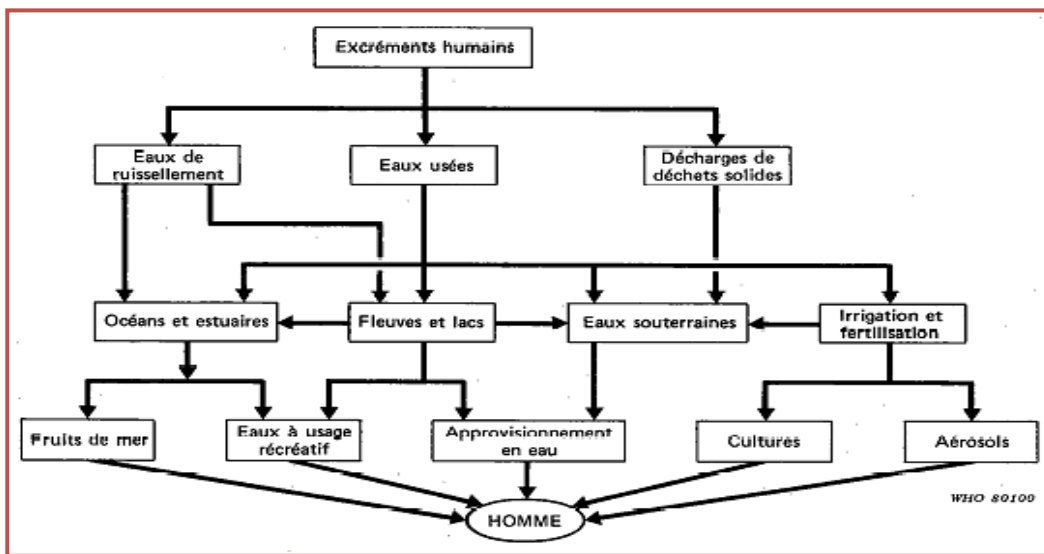


Figure n°20 : schéma présente les différents Voies de transmission des virus intestinaux humains.

II.4.1.Le choléra

Le cholera «peur bleue» est cause par *Vibrio cholerae* (Figure n°21), une bactérie en forme de virgule naturellement présente dans l'environnement aquatique. Ingère par l'entremise d'eau ou d'aliments contaminés, cet agent pathogène * colonise le système digestif humain et, une fois arrive dans l'intestin, se multiplie et émet une toxine si virulente qu'elle amplifie de manière impressionnante la perte d'eau au niveau du système digestif, causant des vomissements et des diarrhées pouvant aller jusqu'à 15 litres par jour. (Levade, 2018)



Figure n°21 : groupements de bactérie « Vibrio cholerae ».

Le risque de contracter la maladie concernerait près de 1,3 milliard de personnes dans environ 70 pays où le choléra est considéré comme **endémique** *, selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS). (Levade, 2018)

Le réservoir est environnemental en période inter-épidémique, et essentiellement humain en période épidémique. Le milieu hydrique est un réservoir de germes pathogènes (ex : eaux saumâtres des estuaires des grands fleuves d'Asie).

Le réservoir humain entre en jeu en cas d'épidémie et explique la rapidité de la dissémination de la maladie, ce réservoir comprend les malades, les cadavres de sujets morts de choléra, les porteurs sains, la transmission est donc hydrique ou interhumaine : eaux polluées, produits marins contaminés, fruits et légumes arrosés, mains sales (toilette et transport des cadavres, repas).

- **Le choléra est une diarrhée « toxique »** due à l'élaboration par le vibron d'une toxine, la choléra gène, qui inverse le flux hydro sodé au niveau de l'épithélium du grêle par activation d'un enzyme : l'adénylcyclase, cette inversion entraîne la production dans la lumière intestinale d'un liquide très abondant isotonique au plasma, particulièrement riche en potassium et en bicarbonates. La conséquence de cette diarrhée hydro-électrolytique massive est une déshydratation aiguë avec hypokaliémie et acidose.
- **Le vibron ne pénètre pas à l'intérieur de la muqueuse intestinale** qui reste donc anatomiquement intacte. Il n'y a pas d'invasion muqueuse. Le vibron disparaît des selles spontanément en 7 à 14 jours. Le traitement du choléra est donc essentiellement celui des pertes hydro-électrolytiques, c'est à dire du « syndrome cholérique ».
- **Le glucose stimule l'absorption d'eau et de sel** par un mécanisme indépendant de l'AMP cyclique (active par l'adénylcyclase et la choléra gène) qui est donc conservé. Un ion sodium peut être transporté en même temps qu'une molécule de glucose au niveau de la muqueuse qui a gardé son intégrité et ses mécanismes d'absorption. Cette notion est à la base de la réhydratation par voie orale. (Bompangue, 2009)

Deux types de vaccins anticholériques oraux à cellules entières tuées sont disponibles: un vaccin monovalent (O1) avec une sous-unité recombinante B de la toxine du choléra, et un bivalent (O1 et O139) sans la sous-unité B. Les vaccins sont administrés selon un schéma de deux ou trois doses. Aucun vaccin n'est recommandé pour les nourrissons. Les vaccins contre le choléra sont recommandés en cas d'épisode endémique, lors d'épidémies de choléra et en cas de crises humanitaires avec risque de choléra. L'OMS conserve un stock de vaccins contre le choléra depuis 2013 pour être utilisés dans ces situations, à la demande du pays. Les

vaccins contre le choléra devraient toujours être utilisés conjointement avec d'autres stratégies de prévention et de contrôle du choléra. (OMS, 2017)

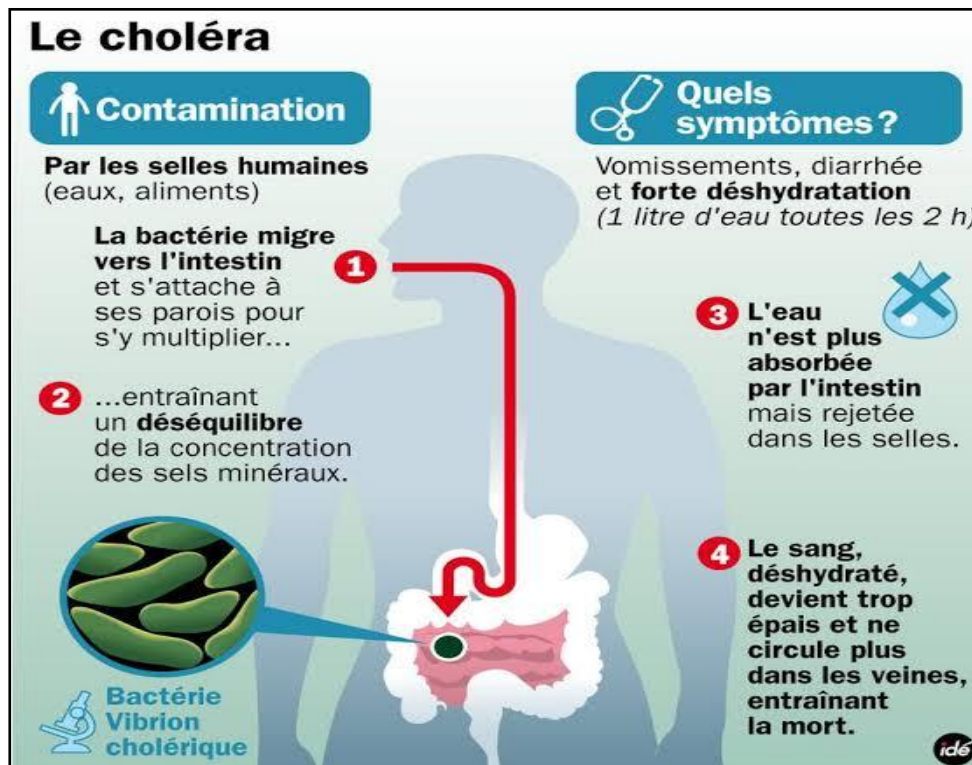
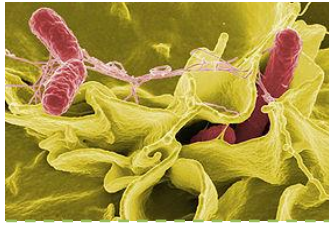


Figure n°22 : les symptômes de la maladie choléra.

II.4.2. Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes

Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes sont causées par des bactéries appartenant au genre *Salmonella*, mais dont le réservoir est strictement humain. La fièvre typhoïde, causée par le sérotype Typhi est plus fréquente que les fièvres paratyphoïdes, liées aux sérotypes Paratyphi A, B ou C. La contamination résulte, le plus souvent de l'ingestion d'eau ou d'aliments ayant subi une contamination fécale d'origine humaine ou d'une transmission directe de personne-à-personne. Ces fièvres sont endémiques dans les pays en développement à faible niveau d'hygiène (Asie, Afrique, Amérique du Sud) et sont rares, et majoritairement sporadiques, en France métropolitaine où la plupart des cas sont importés après un séjour en zone d'endémie dont Mayotte et la Guyane font partie. La fièvre typhoïde est une maladie endémique à Mayotte, avec environ une trentaine de cas en moyenne par an. (Stitou, 2019)



Salmonella, en rouge sur
une culture de cellules
humaines.

Règne : *Bacteria*.

Embranchement : *Proteobacteria*.

Classe : *Gamma Proteobacteria*.

Ordre : *Enterobacteriales*.

Famille : *Enterobacteriaceae (enterobacteries)*

Genres : *Salmonella*.

Espèces : *Salmonelle enterica*.

Salmonelle bongori.

Salmonelle subterranea.

Classification génétique de la bactérie *Salmonella*. (Lignieres, 1990)

- **La période d'incubation**

Est de 1 à 3 semaines (le plus souvent de 8 à 14 jours).

- **La transmission**

Est possible tant que l'excrétion de la bactérie persiste dans les selles, généralement de la 1^{ère} semaine de la maladie et pendant toute la durée de la convalescence. Pour la fièvre typhoïde, environ 10 % des patients non traités continuent à être excréteurs pendant 3 mois après le début des symptômes et 2 à 5 % deviennent des porteurs chroniques avec persistance de *Salmonella Typhi* dans la vésicule biliaire.

- **Les modes de transmission**

Directe : transmission féco-orale par ingestion des bactéries à partir de selles contaminées (mains sales).

Indirecte : par ingestion d'eau ou d'aliments consommés crus (légumes, fruits de mer...) et souillés par des selles de personnes infectées (égouts, systèmes d'évacuations d'eaux de pluie...).

- **La fièvre typhoïde se traduit par**

Une fièvre, souvent continue, des maux de tête, de l'anorexie, de l'abattement, des douleurs abdominales avec diarrhée ou constipation, une splénomégalie, une bradycardie relative, parfois une éruption cutanée maculaire sur le tronc ou l'abdomen, une somnolence (voire une obnubilation).

- **Le diagnostic** repose sur l'isolement de la bactérie responsable (*Salmonella Typhi*, *S. Paratyphi A*, *B* ou *C*) dans le sang, la moelle osseuse, les urines ou les selles.
- **La sérologie** (test de Widal) détectant des anticorps dirigés contre *Salmonella Typhi* a peu de valeur diagnostique et ne doit pas être réalisée dans ce but.
- **Fièvre typhoïde - Schéma vaccinal :** le vaccin peut être administré à partir de l'âge de 2 ans par une injection, 15 jours avant le départ. Durée de protection : 3 ans.

La vaccination contre la fièvre typhoïde est recommandée pour les voyageurs devant effectuer un séjour prolongé ou dans de mauvaises conditions dans des pays où l'hygiène est précaire et la maladie endémique, particulièrement dans le sous-continent indien et l'Asie du Sud-est. Ce vaccin n'assurant qu'une protection de 50 à 65%, il ne se substitue pas aux mesures de précaution vis-à-vis de l'eau et des aliments, ni au lavage des mains.

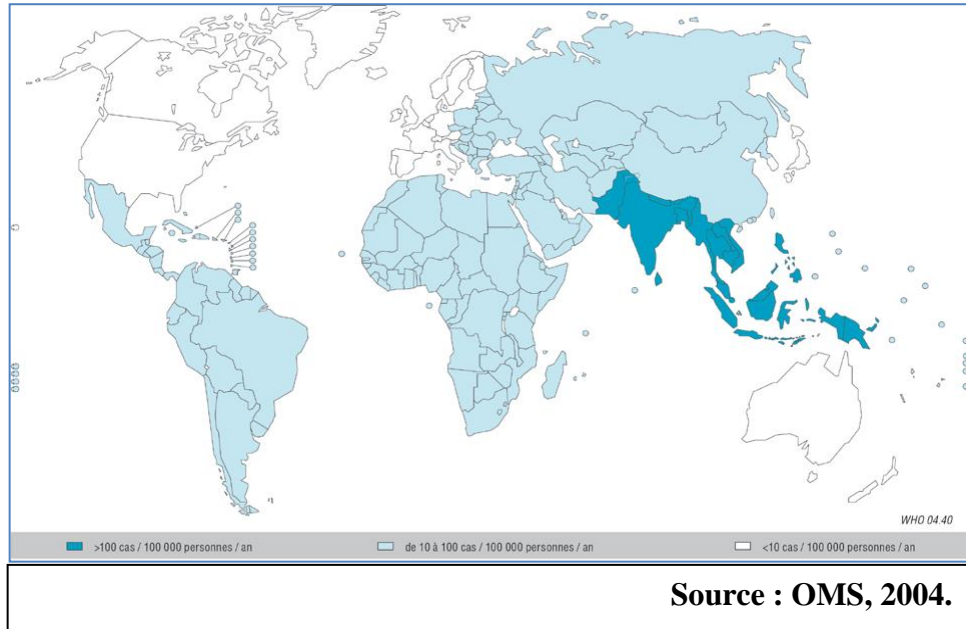


Figure n°23 : Zones d'endémie de la fièvre typhoïde.

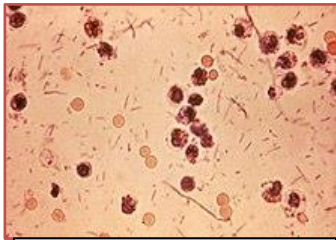
II.4.3. Le dysenterie bacillaire

Il s'agit d'une dysenterie provoquée par *Shigella*. Ce terme est souvent utilisé pour distinguer la shigellose de la dysenterie amibienne, qui est due à *Entamoeba histolytica*.

- **L'agent pathogène**

Shigella est un bacille à Gram négatif, immobile, qui appartient à la famille des *Enterobacteriaceae*. Sd1, ou bacille de Shiga, diffère des autres *Shigella* par quatre aspects importants :

- il produit une puissante toxine (toxine de Shiga) ;
- il provoque une maladie plus grave, plus longue et plus fréquemment mortelle que les autres *Shigella* ; il est plus souvent résistant aux anti-infectieux que les autres *Shigella* ;
- il provoque de vastes épidémies, souvent à l'échelle d'une région, avec souvent des taux d'attaque et des taux de létalité élevés. (ARS-OI, 2017)



Photomicrographique de *Shigella* dans un spécimen de selles.

Règne : *Bacteria*.
Embranchement : *Proteobacteria*.
Classe : *Gamma Proteobacteria*.
Ordre : *Enterobacteriales*.
Famille : *Enterobacteriaceae (enterobacteries)*
Genres : *Shigella*.
Espèces : *Shigella boydi*.
 Shigella dysenteriae.
 Shigella flexneri.
 Shigella sonnei.

Classification génétique de la bactérie *Shigella*.

- **Mode de transmission**

Se propage par contact direct avec une personne infectée, ou en consommant des aliments ou de l'eau contaminés. Les mouches peuvent également transmettre la maladie. La faiblesse de la dose infectante, qui n'est que de 200 micro-organismes viables, facilite la transmission interhumaine. L'homme est, avec quelques primates, le seul réservoir de *Shigella*.

- **Facteurs de risque de maladie grave et de décès**

On estime à moins de 1 % le taux de létalité chez les personnes dont la maladie n'est pas suffisamment grave pour nécessiter une hospitalisation et qui sont traités en ambulatoire. Il atteint cependant 15 % chez les patients hospitalisés pour une infection à Sd1 et augmente en cas d'admission tardive et de traitement par des anti-infectieux inefficaces.

Le risque de maladie grave et de décès est augmenté chez :

- les nourrissons, et les adultes de plus de 50 ans ;
- les enfants non allaités au sein ;
- les enfants relevant de rougeole ;
- les enfants et adultes souffrant de malnutrition ;
- tous patients déshydratés, inconscients, en hypo- ou hyperthermie, ou ayant des antécédents de convulsions à l'admission.

- **Vaccinations**

Parmi les vaccins recommandés par l'OMS, il n'en existe aucun qui soit efficace pour la prévention des infections à *Shigella*. Plusieurs vaccins candidats, pour la plupart contre *S. flexneri*, sont à l'étude, mais il est peu probable qu'ils soient homologués avant plusieurs années.

La vaccination anti rougeoleuse peut réduire de façon importante l'incidence et la gravité des maladies diarrhéiques, y compris la shigellose, tous les nourrissons devraient être vaccinés contre la rougeole à l'âge recommandé. (ARS-OI, 2017)

II.4.4. Les maladies à transmission hydrique en Algérie

L'Algérie traverse depuis quelque année une phase de transition épidémiologique marquée par la persistance des maladies transmissibles hydrique caractéristique des pays en développement (Algérie NIP) par la mauvaise qualité des eaux liées à la pollution anthropique ou naturelle, qui limite les options de développement socio-économique.

Les MTH les plus répandues en Algérie on peut citer (la fièvre de typhoïde, dysenterie et l'hépatite du type A).

La pleine image des maladies associées à l'eau est complexe pour un grand nombre de raisons. Sur la dernière décennie, l'image des problèmes de santé relative à l'eau est devenue de plus en plus vaste, avec l'émergence de nouvelles maladies d'infection relatives à l'eau et la réémergence de certaines déjà connues. Les maladies à transmission hydrique (MTH), on toujours sévi à l'état endémique en Algérie. Des données sont disponibles en Algérie dans quelques wilayas pour certaines maladies relatives à l'eau et l'hygiène. (Kherifi ,2017)

Tableau n°12 : Présentation des différentes maladies à transmission hydrique et les séries d'observation des deux paramètres climatique (Précipitation et température) en Algérie.

Origine des maladies	Les différentes Maladies	Série d'observation (MTH, Précipitation, Température)
Maladies d'origine bactérienne	- Le choléra (vibrio cholerae) ;	2000-2015
	- Les fièvres typhoïdes ;	2000-2015
Maladies d'origine virale	- Les hépatites A (virus de l'hépatite A) ;	2000-2015
Maladies d'origine alimentaire	Toxi-infections alimentaires collectives (TIAC)	2000-2015

Source : INSP.2015

Chapitre

-III-



Chapitre III

Matériel et méthodes

L'objectif de notre travail consiste à déterminer la qualité de l'eau de consommation vendues par les citernes mobiles dans la ville de Khenchela, cela nous mènera à suivre un protocole qui commence par l'investigation sur les conditions de transport, remplissage et stockage de ces eaux dans les citernes, puis l'échantillonnage et en fin la réalisation des analyses physico-chimiques et microbiologiques, et en fin, trouver des solutions pour un traitement efficace et moins coûteux.

Les analyses vont être effectués au niveau du laboratoire de l'unité ADE (Algérienne des eaux) pour suivre la qualité de l'eau concernée.

III.1. Présentation de la zone d'étude

III.1.1. Situation démographique

La population totale de la wilaya est estimée à **414.550** habitants (au **31/12/2011**)

Taux de croissance de la population : 1,7 %.

Population active (**2011**): 136.800 habitants soit 33%.

Population occupée (**2011**): **123.660** habitants soit 90,4%.

Population en chômage (**2011**): **13.140** habitants soit 9,6%.

- Agriculture : 35,7%.
- Industrie : 7,2.
- BTPH : 1120,4%.
- Autres : 36,7%. (DPAT)



Figure n°24 : La répartition populaire occupée de la wilaya de Khenchela.

III.1.2.Climat

De ce point de vue l'hétérogénéité du relief de la wilaya implique une extrême diversité des aspects climatiques. En général le climat est de type continental au Nord et presque saharien au Sud, et en hivers sont très rigoureux et l'été chaud et sec.

III.1.2.1.les températures

-La moyenne de tous les minima : - 2 C°.

-La moyenne de maxima : +21,4 C°.

-Le minimum absolu observé : - 4,8 C°.

-Le maximum absolu observé : +42 C°.

Les maxima absolus observés pendant la saison estivale sont très élevés, ce qui engendre une forte évaporation pendant cette saison. **(Boukhechem, 2010)**

III.1.2.2.les précipitations

Il faut souligner que les données sur les précipitations, les pluies torrentielles, la neige, les orages, la grêle, la gelée blanche et le brouillard sont celles de SELTZER ; pour 25 ans d'observation. En dehors de la région montagneuse du Nord-Ouest (DJ.Chelia et DJ.Aidel) qui reçoit entre 700 et 1200 mm de pluies par an et du sud (les parcours sahariens) qui reçoit moins de 200 mm de pluies par an (Oued EL Meita) ; le reste du territoire de la wilaya est compris entre les isohyètes 200 et 600 mm (de pluies par an). Aussi, il a été relevé que le mois de mars est le plus humide (reçoit le plus de pluies) alors que le mois de juillet, est le plus sec (reçoit le moins de pluies.) En général, les pluies de printemps sont plus importantes, (une moyenne de 60,33 mm) que celles de l'automne qui ont une moyenne de 43,67. **(Boukhechem, 2010)**

III.1.3.Ressource en eau

Les données à notre disposition sur les potentialités en eau de la Wilaya sont des estimations de l'ANAT datant de 1990.

A. Eaux souterraines

Trois nappes sont différenciées :

- Une nappe phréatique d'une profondeur inférieure à 100m et captée par plusieurs forages à travers toute la wilaya. Elle alimente plusieurs sources.
- Une deuxième nappe d'une profondeur variant entre 100 et 300m également exploitée par de nombreux forages à travers la Wilaya
- Une troisième nappe, exclusivement au niveau du Sud (Chechar), d'une profondeur de 300 à 600m.

B.Eaux de surface :

Le réseau hydrographique est dense au niveau de la Wilaya mais, rares sont les cours d'eau permanents.

C.Ressources en eau mobilisables et mobilisations

Les ressources en eau totales (Souterraines et de surface) mobilisables ont été estimées à 405,94 Hm³ /an en hypothèse forte et, à 375,94 Hm³/an en hypothèse faible. (Boukhechem, 2010)

Tableau n°13 : les différents taux des ressources en eau de la wilaya de Khenchela (2000-2008). U=Hm3

Ressources mobilisables	Hypothèse forte	Hypothèse Faible
	405,94	375,94
-Mobilisations		
Eaux Souterraines	184,08	184,08
2000	124,49(Dont sources)	124,49
2008	44,12	44,12
Eaux de surface	44, 575	44,575
2000		
2008		
-TOTAUX		
2000	228,20	228,20
2008	169, 065	169, 065
-Taux de mobilisation		
2000	56,21%	60 ,70%
2008	41, 65%	44,97%
-Ressources disponibles		
2000	177,74	147, 74
2008	236,875	206,675

Source : Fait par nous à partir des documents portant monographie de la wilaya de la DPAT de la Wilaya de Khenchela de Février 2001 (en français) et, celui de 2009 (en langue arabe).

III.2. Technique d'échantillonnage et méthode d'analyse

III.2.1.Matériels

A. In-situ

Nous avons besoin de :

Une glacière pour transporter les échantillons a une température de 4°C, cela empêchera toute interaction qui peut modifier la composition chimique ou microbiologique de l'échantillon.

Des flacons de 1 litres en plastique sombre, afin d'éliminer toute interactions entre la matière et l'eau prélevée.

Un multi-paramètre pour mesurer les paramètres in-situ.

B. en laboratoire

Les outils de sécurité (gants, lunettes, tablier, masque, pour éviter les frottements des produits nocives..). Voir (**Figure N°25**).

Verrerie (béchers et flacons à différents volumes).

Bec benzène.

Pipettes (à différents mesures).

Multi paramètre. Voir (**Figure N°26**)

Spectrophotomètre UV visible (mesurer les anions). Voir (**Figure N°27**)

Spectrophotomètre à flamme (mesurer les cations). Voir (**Figure N°27**)



Figure n°25 : Les outils de sécurité au laboratoire.



Figure n°26 : Multi paramètre.

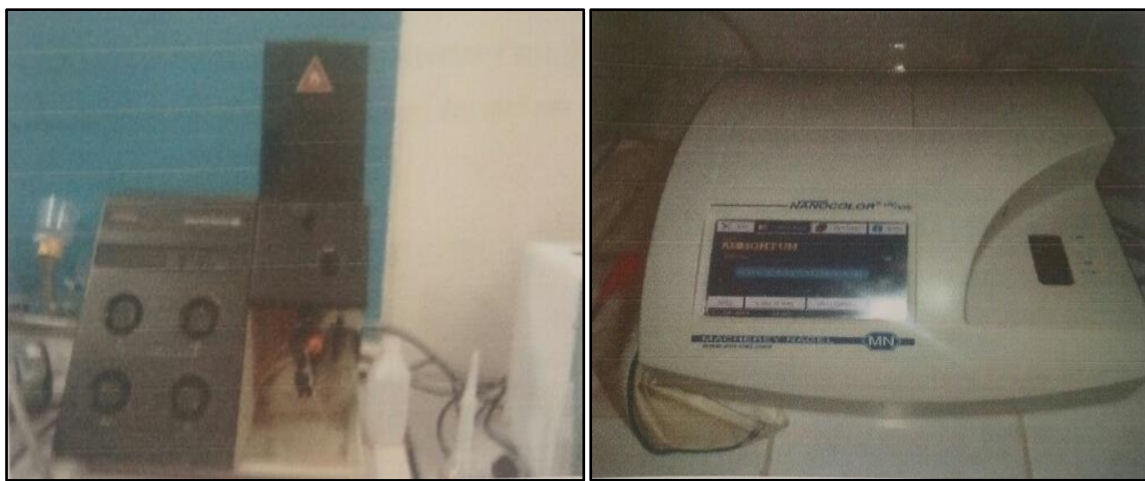


Figure n°27: Spectrophotomètre à flamme ‘à droite’ et Spectrophotomètre UV visible ‘à gauche’

III.2.2.Echantillonnage

Le prélèvement d’un échantillon d’eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l’interprétation qui en sera faite.

L’échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l’eau (gaz dissous, matières en suspension, etc...). Etant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n’est pas l’analyste, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques (**Rodier, 2009**).

Pour faciliter le travail et l’exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables (**Rodier, 99**). Aussi noté la date, l’heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales.

Les échantillons de l’eau ont été obtenus de différentes sources (10 échantillons) pendant 2 périodes climatiques différentes (froid et chaud) ensuite on a mesuré un ensemble des paramètres physique, chimique et bactériologique pour évaluer leurs qualité.

III.2.3.Transport d’analyse

Les analyses doivent être commencées moins de 6 heures après le prélèvement. Si le transport dépasse 6 heures, ainsi si la température extérieure est supérieure à 10°C ; le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C. Enfin, les prélèvements sont placés aux froids dès leurs arrivés au laboratoire avant de commencer les analyses (**NA 762, 1990**).

III.2.4.Méthode d'analyse

III.2.4.1.Analyse physique

A- Les paramètres mesurés

- **La température** : la température dépend de l'augmentation de la consommation d'eau, de la fluoration, de la solubilité et de l'ionisation des substances coagulantes, du changement du pH, de la désinfection, etc.

Le thermomètre ou multi-paramètre est l'appareil le plus utilisé pour la mesure du T°.

- **Le pH** : le pH est l'une des mesures que l'on doit effectuer le plus fréquemment, il est relié à la teneur en ions H⁺ et aussi à l'acidité et l'alcalinité de l'échantillon.

Le pH-mètre est l'appareil le plus utilisé pour la mesure du pH.

- **La turbidité** : la turbidité de l'eau est due à la présence de matériaux solides en suspension qui réduisent sa transparence. Elle peut être également provoquée par la présence d'algues, de plancton, de matière organique et plein d'autres substances comme le zinc, le fer, le manganèse et le sable, résultant du processus naturel d'érosion ou de rejets domestiques et industriels.

La turbidité mètre est l'appareil le plus utilisé pour la mesure de la turbidité.

- **L'oxygène dissous** : un niveau adéquat d'oxygène dissous est essentiel pour les écosystèmes aquatiques. Un niveau d'oxygène dissous de 5 mg/l ou plus supportera la croissance de la plupart des espèces de poissons.

L'oxymètre est l'appareil le plus utilisé pour la mesure de l'O₂ dissous.

- **Salinité** : traduit le caractère salin de l'eau. Les solides totaux dissous traduisent l'ensemble de solides dissous dans une eau.

La mesure de tous ces paramètres se fait à l'aide du TDS /conductimètre. (**Bouchar, 2010**)

B- Mode opératoire

La mesure de (T°, pH, Turbidité, O₂dissous) se faite sur terrain (in situ) par l'utilisation d'un multi paramètre par :

- Plonger la sonde de l'appareille dans la source de l'eau à analyser.
- Attendez qu'il stabilise (après 10 min) et lisez la valeur affichée à l'écran de l'appareille.
- Pour les paramètres (CE et Turbidité) se faite sur terrain et elle se refaire au laboratoire.

III.2.4.2.Analyse chimique

A-Cations

Le dosage de ces 4 éléments (Calcium, magnésium, sodium et potassium) est effectué par spectrophotométrie d'émission de flamme .Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des photons de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être

mesurée par spectrophotométrie. La concentration initiale du cation à doser est déduite de la valeur absolue de l'intensité de l'émission spectrale mesurée (**Rodier et al, 2005**). Les teneurs en Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ et K^+ sont exprimées en mg/l.

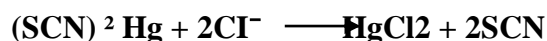
En plus ; la détermination de la concentration totale en calcium et magnésium par la méthode de titrimétrie à l'aide de l'EDTA.

B- Anions

Le dosage de ces 3 éléments (sulfate, nitrate, nitrite) est effectué par spectrophotométrie UV visible.

• Chlorure

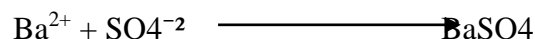
Le dosage des chlorures se fait selon la méthode colorimétrique. Le thiocyanate mercurique réagit en présence d'ions chlorures par double décomposition :



Il se forme du chlorure mercurique insoluble et il y a libération d'ions sulfocyanure, qui en présence d'ions ferriques donnent une coloration rouge intense, proportionnelle aux ions SCN^- et donc aux ions Cl^- . (**Rodier et al, 2005**)

• Sulfate

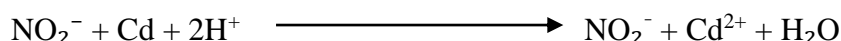
Le dosage des sulfates se fait par la méthode turbidimétrique. Les ions SO_4^{2-} sont précipités par le chlorure de baryum sous forme de sulfate de baryum très peu soluble selon la réaction chimique suivante :



La spécificité est bonne, le précipité (BaSO_4), très fin est maintenu en suspension par un produit tensioactif la gélatine. On effectue sur le trouble obtenu une mesure turbidimétrique à 435nm (**ANRH, technique interne**).

• Nitrate

En préalable, les ions nitrates présents dans l'eau sont réduits par le cadmium en ions nitrites. Ces derniers réagissent avec l'acide sulfanilique pour donner un sel de diazonium intermédiaire qui, à son tour, réagit avec l'acide gentisique pour donner un complexe de coloration jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de l'azote nitrique. Les réactions successives sont les suivantes :



• Nitrite

Le dosage des nitrates se fait selon la méthode d'un dosage spectrométrique, la diazotation de l'amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de *N*- (naphtyl-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré pourpre.

C-La représentation simplifiée des caractéristiques chimiques des eaux

L'interprétation des analyses chimiques repose sur la cartographie hydro-chimiques pour illustrer le faciès chimique des eaux et remonter leur origine. Cette représentation utilise des diagrammes puisés dans le logiciel qui s'appelle **DIAGRAMME** initié par le docteur Roland SIMMLER du laboratoire d'hydrogéologie de l'université d'Avignon.

Le recours à des diagrammes et graphiques divers est donc assez fréquent et utile en hydrochimie.

- **Diagramme de Piper**

Le diagramme de Piper permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eaux, il est composé de deux triangles équilatéraux à la base surmontés d'un losange au milieu permettant de représenter le faciès hydro-chimiques des eaux par rapport à la concentration relatives des cations et des anions. Ce type de diagramme est particulièrement adapté pour étudier l'évolution du faciès des eaux lorsque la minéralité augmente ou bien pour distinguer des groupes d'échantillons. (Valles, 2007)

- **Diagramme de Schoëller et Berkloff**

Le diagramme de Schoëller et Berkloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques. Un groupe d'eau de minéralité variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence, il est ainsi possible de visualiser le faciès chimique, comme pour le diagramme de Piper, mais aussi la minéralisation de l'eau, ce qui est appréciable. Toutefois, la visualisation du faciès est moins aisée qu'avec le diagramme de Piper. (Valles, 2007)

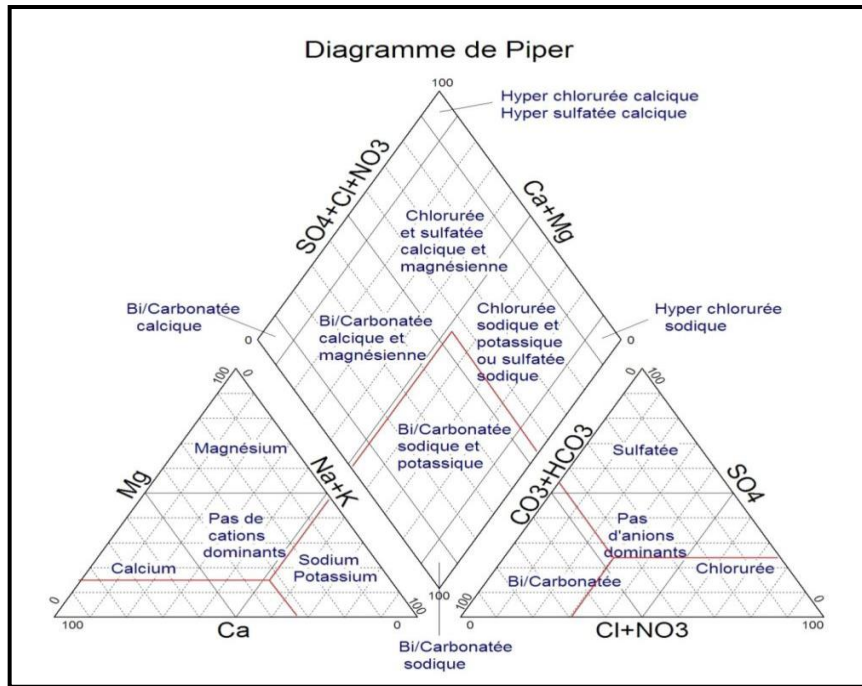


Figure n°28 : Diagramme de Piper.

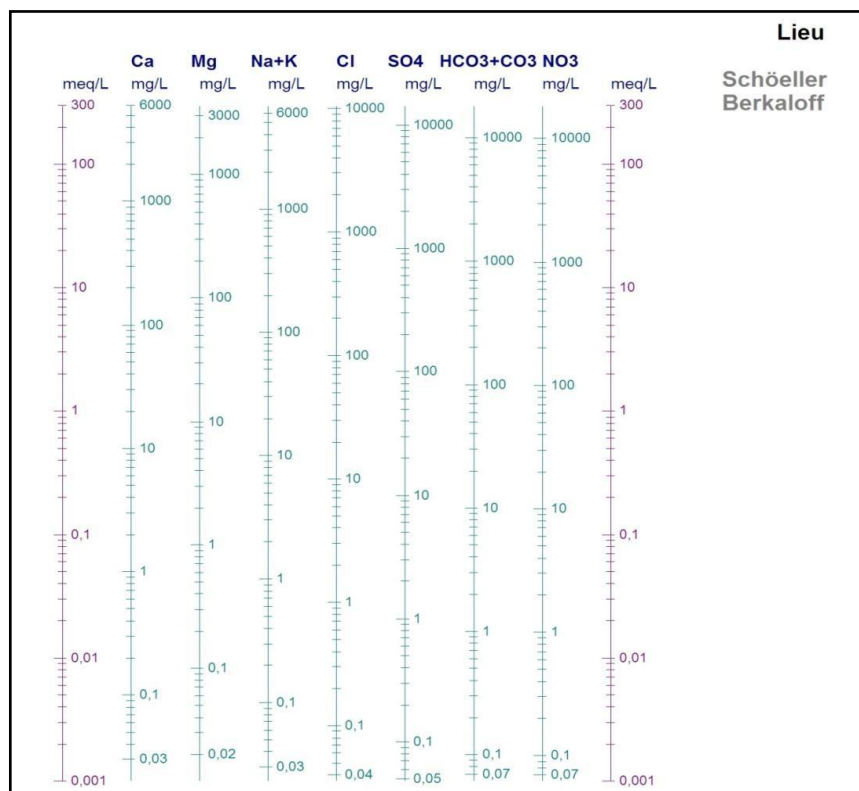


Figure n°29: Diagramme de Schoëller et Berkaloff.

III.2.4.2. Analyse bactériologique

L'ensemble de ces analyses bactériologiques sont effectuées au niveau du laboratoire, habituellement effectuées sur une eau de consommation humaine sont basées sur la recherche et le dénombrement des germes suivants :

- ✓ Flore aérobie mésophile total.
- ✓ Les Coliformes totaux.
- ✓ Coliformes fécaux et identification d'*Escherichia coli*.
- ✓ Les Streptocoques fécaux.
- ✓ Les Clostridium sulfito-réducteur.

- **Matériel utilisé en bactériologie**

Boite de Pétrie de dimension de 90 à 100 mm.

Bain-marie réglable.

Membrane filtrante de porosité 0,45m.

Autoclave modèle Tuttnauer Briinkman 2340 M.

L'incubateur ou étuve (37-440 ; 220c).

Distillateur.

Bombonne à gaz, le bec bunsens.

-Réfrigérateur et Jarre d'anaérobiose.

Lampe à filtration.

Verrerie de laboratoire.

Microscope.

Milieux de culture (Bouillon lactosé; bouillon lactosé bilié au vert brillant à 2%; bouillon EC; *Plate Count Agar*).

Coton.

Pipettes graduées.

A-Recherche de la flore aérobie mésophile total à 30°C (FAMT)

- **Mode opératoire**

A partir des dilutions décimales allant de 10⁻⁷ à 10⁻¹, porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée.

Compléter ensuite avec 12 à 15 ml de gélose (*Plate Count Agar*) fondue puis refroidie à 45 °C ± 1.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de (8) pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée.

Laisser solidifier sur la paillasse, les boîtes sont incubées à 30 °C pendant 72 h.

- **Lecture**

Les colonies des FAMT se présentent sous forme lenticulaire en masse.

B- Recherche des coliformes totaux**• Mode opératoire**

A partir des dilutions décimales 10⁻⁷ à 10⁻¹, porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée. Cette opération doit être effectuée en double pour chaque dilution car :

La première série de boîtes sera incubée à 37 °C et sera réservée à la recherche des Coliformes totaux.

Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose VRBG, fondue puis refroidie à 45 °C ± 1.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de (8) pour bien mélanger.

La gélose à l'inoculum. Les boîtes de pétri sont incubées pendant 24 à 48 h à : 37 °C pour la première série (recherche des coliformes totaux).

• Lecture

Les colonies des coliformes totaux apparaissent en masse sous forme des petites colonies de couleur rouge foncé et de 0,5 mm de diamètre.

C- Recherche des coliformes fécaux et identification d'*Escherichia coli***• Principe**

Les coliformes fécaux sont des bactéries utilisées comme indicateurs de la pollution microbiologique d'une eau, ces bactéries proviennent des matières fécales produites par les humains et les animaux à sang chaud. Selon l'organisation internationale des standardistes ISO, le terme coliforme correspond à des organismes en bâtonnets à Gram négative, non sporulés, oxydase négative, aérobies, ou anaérobies capable de ce croître en présence des sels biliaires et capable de fermenter le lactose avec une production d'acides et de gaz en 48 h à une température de 25 °C à 37 °C. La Colimétrie permet de déceler et de dénombrer les germes coliformes. Parmi ces genres *Escherichia coli* est seul l'origine de contamination est fécale. Elle se fait en deux étapes consécutives :

-Test de présomption : réservé à la recherche des coliformes.

A partir de la solution mère porter aseptiquement :

- ✓ 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C.
- ✓ 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C.
- ✓ 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C.

Le flacon et les tubes sont munis de cloches de Durham pour repérer le dégagement éventuel du gaz dans le milieu. Chassez ce dernier et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Les tubes considérés comme positifs montrent un dégagement gazeux et un aspect trouble avec virage du milieu au jaune. Ces deux caractères représentent le témoin de la présence des coliformes totaux.

La lecture se fait selon la table du Mac Grady par la méthode (1.5.5) pour déterminer le nombre le plus probable (N.P.P) de coliformes totaux par 100 ml d'échantillon.

-Test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermo tolérants et *E. coli*.

Les tubes trouvés positifs précédemment sont repiqués (deux à trois gouttes) dans un tube contenant le milieu Schubert (milieu indole mannitol) muni d'une cloche de Durham.

L'incubation se fait à une température de 44 °C ± 0,5 °C pendant 24 heures.

Pour les tubes présentant à la fois un trouble et un dégagement gazeux ajouter quelques gouttes de réactif Kowacks. La formation d'un anneau rouge à la surface de tube indique que la réaction est positive et révèle la présence des coliformes fécaux (*E. coli*).

La lecture finale se fait selon la table du Mac Grady par la méthode (1.5.5) pour déterminer le nombre le plus probable (N.P.P) de coliformes fécaux dans 100 ml d'échantillon. (Lebres, 2005)

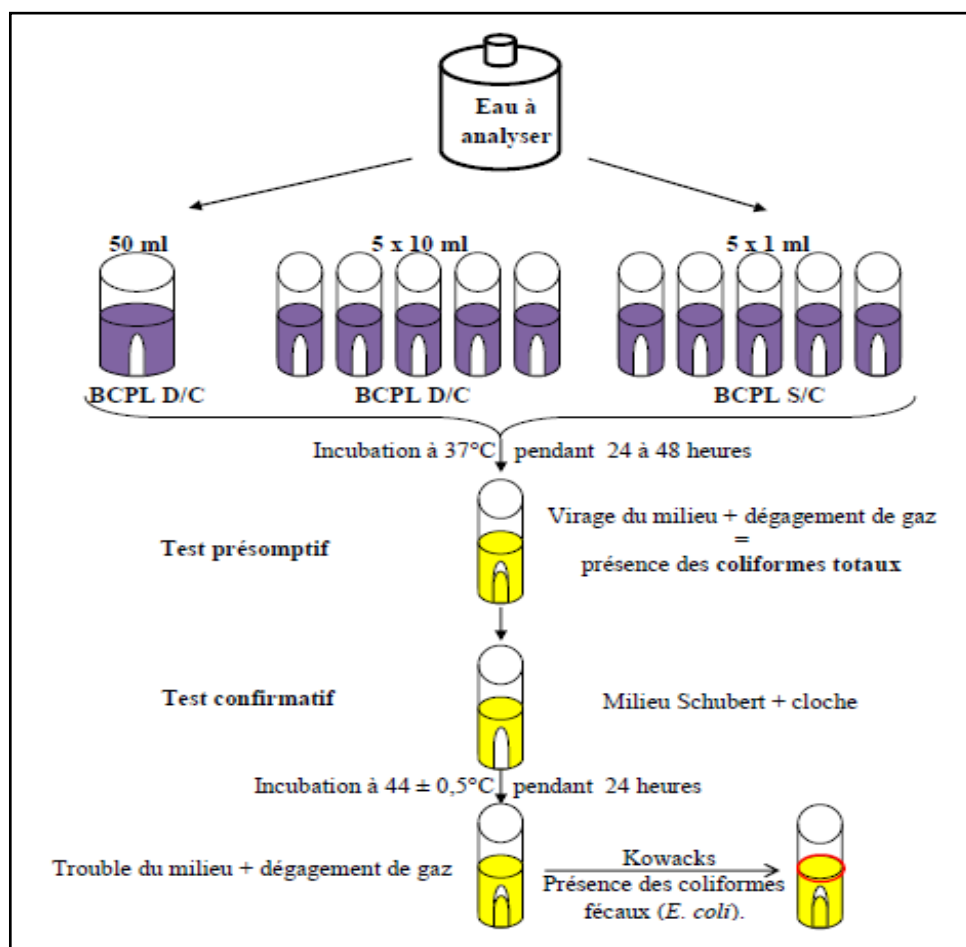


Figure n°30 : Protocol Recherche et dénombrement des coliformes.

D- Recherche des Clostridium sulfito-réducteurs

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram +, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose viande de foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (**Lebres et al, 2006**).

- **Mode opératoire**

Le dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs se fait par incorporation d'un échantillon après destruction des formes végétatives des bactéries (par un chauffage approprié à 80 °C pendant 10 minutes) dans un milieu de culture (viande de foie), contenant du sulfite de sodium et alun de fer.

L'incorporation se fait dans un tube bien fermé afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air.

Après solidification et incubation, la présence de germes sulfito-réducteurs se traduit par un halo noir autour des colonies.

Le dénombrement des colonies, se réalise après incubation pendant 24h et ou 48 h à 37 °C sous anaérobiose.

Le résultat final est exprimé en nombre de spores de CSR par 100 ml d'eau analysée.

Le dénombrement est effectué après 18h d'incubation car parfois après 24h, le tube devient complètement noirs, et il est alors impossible compter les spores d'ASR (**Rodier, 2005 ; Guiraud, 1998**).

- **Lecture :**

Les colonies des Anaérobies Sulfito-Réducteurs apparaissent de couleur noire, la première lecture doit se faire impérativement à 16 h, car, d'une part ces colonies sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile, voire impossible et l'analyse est à refaire. D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussée en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm.

Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique ré incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 h voire 48 h.

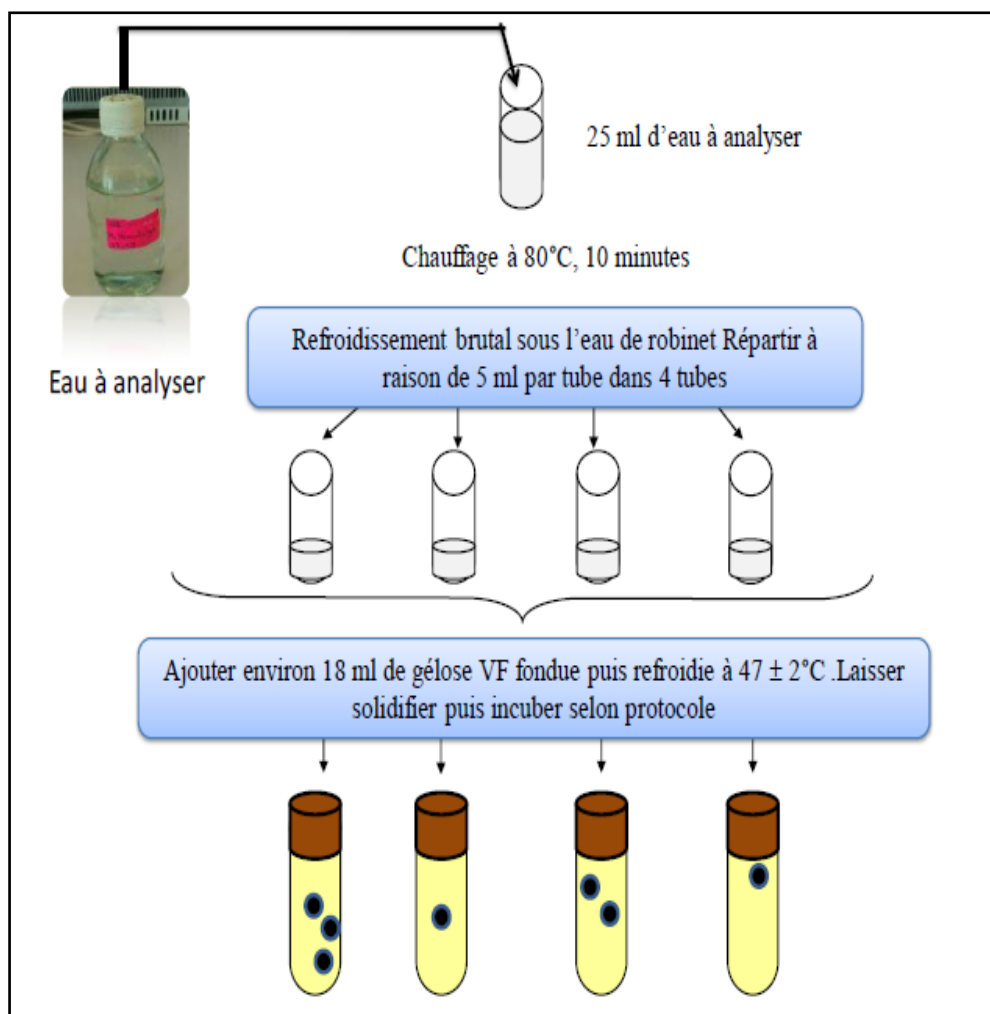


Figure n°31: Protocol de Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteur.

E-Recherche des Streptocoques fécaux

Sous la dénomination générale d'Entérocoques, les Streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Certaines bactéries de ce groupe proviennent des fèces des animaux tel que : *Streptococcus bovis*, *S. equinus*, *S. gallolyticus*, *S. alactolyticus*, ou se rencontrent même sur des végétaux. Ce sont des bactéries sphériques, en paires ou en chaînettes, à Gram positif, catalase négatif, anaérobies facultatives qui hydrolysent l'esculine en présence de bile. Cependant, elles sont considérées comme indicateurs d'une pollution fécale dont leur principal intérêt est la résistance à la dessiccation et persistent plus longtemps dans l'eau. La présence des Streptocoques fécaux est évaluée par dénombrement en milieu liquide à l'aide de deux bouillons de culture (milieu de Rothe et le milieu Eva Litsky) comme suit (**Figure N°31**) (Clausen *et al.* 1977 ; Farrow *et al.* , 1984 ; Bitton, 1999 ; CEAEQ, 2006).

- **Le test présomptif :** à partir de l'eau à analyser ensemencer :
50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu Rothe D/C ;

5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C ;

5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C.

Après le mélange du milieu et l'inoculum, l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Les tubes considérés comme positif montrent un trouble microbien, et ils font l'objet d'un test de confirmation sur le milieu Eva Litsky.

- **Le test confirmatif :** à partir des tubes de Rothe trouvés positifs, ensemercer 2 ou 3 gouttes dans un tube contenant le milieu Eva- Litsky. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures. Les tubes positifs montrent un trouble microbien une pastille violette (blanchâtre) au fond desquels. La lecture se reporte à la table de Mac Grady par la méthode (1.5.5) pour déterminer le nombre le plus probable (N.P.P) de Streptocoques fécaux dans 100 ml d'échantillon.

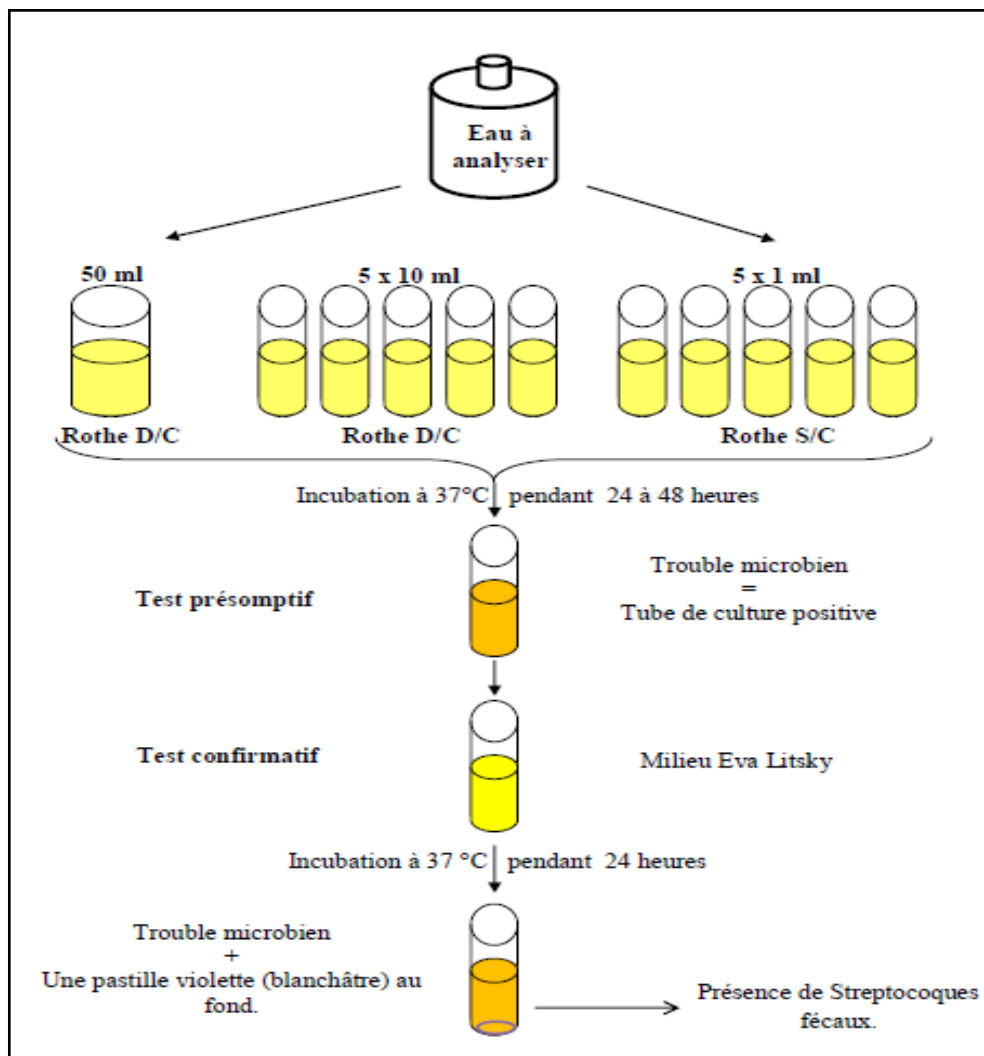


Figure n°32 : Protocol de Recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux

Conclusión general



Conclusion générale

L'eau est une ressource naturelle indispensable pour la survie de l'humanité et de toute espèce animale ou végétale et pour l'environnement, son importance, sa demande et son approvisionnement deviennent de plus en plus difficile à acquérir dans les pays en voie de développement en général, et l'Algérie en particulier qui à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays hydro-sensibles, les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, cela créé un problème qui doit être résolu.

L'eau destinée à l'alimentation humaine doit présenter un certain nombre de critères aussi bien organoleptique, physicochimique et microbiologique car, elle constitue un réservoir important pour la survie et la dissémination de microorganisme (bactéries, virus, protozoaires et parasites), ce qui la rend impropre a la consommation humaine. Ces microorganismes véhiculés directement ou indirectement, sont pathogènes pour l'homme. Ils sont à l' origine de nombreuses maladies infectieuses (Choléra, hépatite A...) dites maladies à transmission hydrique. Avec cela, nous avons choisi cette catégorie d'eau potable vendue chargée dans les citernes mobile dans la commune de Khenchela, pour le but de déterminer leur qualité physico chimique et bactériologique et si elle est vraiment potable ou non.

La région d'étude « ville de Khenchela» s'étend sur une superficie de 32 Km², elle est dominée par un climat semi aride, en hiver est très rigoureux et en été chaud et sec, la température moyenne est de 29,1°C durant le mois de juillet et 7 ,4°C durant le mois de janvier, elle reçoit une précipitation moyenne équivaux à 987.7 mm/an.

Le plan de travail dans sa majeure partie doit se réaliser au niveau du laboratoire par l'utilisation des déférents matériels spécifiques pour déterminer chaque paramètre physique chimique et bactériologique. Le protocole dit que dix échantillons seront prélevés de dix citernes par l'utilisation de flacons stériles. En fin, nous présentons les différents résultats obtenus au cours de notre étude sous forme des tableaux et des graphes, avec une discussion et une conclusion générale clôturant le mémoire et en but de connaitre la qualité d'eau des citernes concerné.

Malheureusement, nous n'avons pas terminé la partie pratique en raison de la pandémie du Covid 19, mais cela restera un sujet ouvert pour les étudiants à venir. Malgré cela et A la lumière des recherches réalisées, nous recommandons les autorités ;

- D'approfondir ce genre de recherche par des études complémentaires sur d'autres, flores microbiennes contaminant l'eau
- Alerter ces commerçants de l'indispensabilité de l'hygiène des citernes.
- Surveiller périodiquement la qualité des eaux vendues aux citoyens.

Références bibliographiques



- Abdenmour, N., Ait Namane, T. (2015).** Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux mises en distribution de la ville de Tizi-Ouzou (Barrage de Taksebt et forages de Boukhalfa) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Addioui N., Benaïssa M. (2013).** Les bactéries de la salive des animaux de compagnie (chat et chien): Isolement, identification, résistance aux antibiotiques et impact sur la santé humaine.
- Amalou S., Idjoubare H. (2017).** Cartographie de la qualité de la nappe alluviale du bas isser (Doctoral dissertation, université de bouira).
- Ammouche F. (2013).** Etude de la qualité des eaux souterraines (Doctoral dissertation, université de Tlemcen).
- ANRH, technique interne.**
- ARS-Fr. (2012).** Rapport de « La qualité de l'eau du robinet en France données 2012/2013 ». (<http://social-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/eaux/article/eau-du-robinet>)
- ARS-OI. (2017)** .Le point sur les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes
- Asimolarimalala W. (2008).** Analyse physico–chimique de l'eau du lac ranomafana d'antsirabe en vue de sa remediation, université d'Antananarivo.
- Athamena M. (2006).** Étude des ressources thermales de l'ensemble allochtone sud Sétifien. Mémoire de Magister, Départ. Hydraulique, Univ. Batna, 130 p.
- Bachasson B. (2012).** Mise en valeur des étangs. Lavoisier.
- BartheC, Perron J, Perron.JM. (1998).** Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de travail (version préliminaire), ministère de l'Environnement du Québec: 155.
- Battisti O. (2010).** Carnet de pédiatrie en Afrique: microbiologie.
- Belala Z. (2006).** Mémoire de Magister, Etude et traitement de l'eau du barrage Djorf-Eltorba de la wilaya de Bechar par filtration sur sable, Université Hassiba Benbouali des sciences et sciences de l'Ingénieur, Bechar (Algérie), p:128.
- Benlala. (1995).** Mobilisation des ressources en eau, santé plus : 25p.
- Berne F. (1972)** .Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNIP, p 207.
- Berne F, Jean C,** Traitement des eaux, Édition TECHNIP, 1991, 306 p.
- Bidon C., Kinshasa V. (2018).** Qualité physico-chimique et microbiologique des eaux embouteillées.
- Bitton G. (1999):** Waste water microbiology. 2ème éd. John Wiley & Sons. NY. 578p.

- Bompangue D. (2009).** Dynamique des épidémies de choléra dans la région des grands lacs africains: cas de la République Démocratique du Congo (Doctoral dissertation).
- Bonnin J. (1982)** .Aide Mémoire Hydraulique Urbaine, Éditions eyrolles, p 25.
- Boualem R. (2009).** Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article de recherche, p 20-33.
- Boucenna F. (2009).** Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité a la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale de l'oued djendjen (JIJEL, nord -est ALGERIEN).Mémoire magister. Université BADJI MOKHTAR-ANNABA.P133.
- Bouchar F. (2010)** .Mesure de salinité -réalisation d'un conductimètre. Version 1.0 (TENUM TOULOUSE).Ed3. P15.
- Bouchemal F. (2017).** Diagnostic de la qualité des eaux souterraines et superficielles de la région de Biskra (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- Boucheseiche C., Cremille E., Pelte T. & Pojer K., (2002).**Pollution toxique et écotoxicologique : notions de base. Guide technique N°7. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, Montpellier(France).
- Boukhechem R. (2010) :** « Expérimentation Participative et Adaptative de Modèles de Gestion des Ressources Forestières dans la Chaîne Montagneuse de l'Atlas (Algérie, Maroc, Tunisie) » partie Algérie zones forestières de Bouhmama et m'Sara wilaya de Khenchela. Volet : profil des agropasteurs rapport final
- Bouziani M. (2000).** L'eau De La Pénurie A La Maladie. Edition Ebeanthaldoun, p84.
- Bruslé J., Quignard J. (2001).** Biologie des poissons d'eau douce européens. Lavoisier.
- Cardin S. (2006).** Investigation bactériologique sur les mortalités massives et saisonnières chez le pétoncle géant *placopecten magellanicus*.
- Catherine G. (2009)** .La qualité chimique de l'eau, 3ème Éditions, Paris, p10.
- CEAEQ. (2000).** Recherche et dénombrement des coliformes totaux; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec. 2000:25.
- CEAEQ. (2006) :** Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec: Recherche et dénombrement des entérocoques: méthode par filtration sur membrane. MA. 700-Ent 1.0,Rév. 3. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. 23p
- Clausen E.M., Green B.L. and Litsky W. (1977):** Fecal streptococci: indicators of pollution. Am. Soc. Test. Mat. (ASTM). 635: 247-264.
- COX. CHARLES R. (1967).** Techniques et contrôle du traitement des eaux. O.M.S Genève.

- Daghaa A ., Tarcha. (2019).** Étude de la déminéralisation des eaux souterraines par osmose inverse dans le sud est Algérien cas de la station d'El Meghaier.
- DDE. (2006).** Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar.
- De S., Pramanik S. K., Williams A. L. & Dutta S. K., (2004).** Toxicity of polychlorobiphenyls and its Bioremediation. *International Journal of Human Genetics*, 4 (4): 281-290
- Debabza M. (2005).** Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba(Algérie).
- Dejoux C. (1988).** Pollution des eaux continentales africaines, Editions ORSTOM.
- Deliste C., Schmidt J. (1977).**The effects of sulphur on water and aquatic life in in Canada. Dans: Sulphur and its inorganic derivatives the Canadian environnement, NRCC No. 15015, comité associé sur les critères scientifique concernant l'état de l'environnement. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa.
- DPAT** Direction de la Planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya de Khenchela.
- Edberg SC, Rice EW, Karlin RJ, Allen MJ. (2000).** Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*;88:106-16.
- El attiffi El ouadrassi A. (2011).** La qualité microbiologique des eaux de baignade (Doctoral dissertation, université Rabat).
- Elmund G, Allen MJ, EW Rice. (1999) .**Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. *Water Environ Res*;71:332-9.
- Fabure, J. (2009).** Étude de l'accumulation et des effets des composés organiques volatils (BTEX) chez les bryophytes (Doctoral dissertation).
- Farrow J.A.E., Kruze J., Phillips B.A., Bramley A.J. and Collins M.D. (1984):** Taxonomic studies of *S. bovis* and *S. equinus*: description of *S. alactolyticus* sp. No. And *S. saccharolyticus* sp. nov. *System. Appl. Microbiol.* 5:467-482.
- Feachem R (1983) .**Sanitation and disease health aspects of excreta and wastewater management Word Bank, Washington.

- Fine, F., Lucas, J. L., Chardigny, J. M., Redlingshofer, B., Renard, M. (2015).** Pertes alimentaires dans la filière oléagineuse. *Innovations Agronomiques*, 48, 97-114.
- Forterre P. (2014).** Microbes de l'enfer. Le roi qui voulut être saint: Le roi qui voulut être saint. Belin.
- Gaujous D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques. Edit. Lavoisier Techniques et documentation. Paris. P17
- Ghezri F. (2014).** Etude de la sorption du plomb (ii) par la résine lewattit TP 214 (doctoral dissertation, université Abou Bekr Belkaid Tlemcen)
- Goita A. (2014).** Bactéries pathogènes d'origine hydrique de l'épidémiologie à la prévention (Doctoral dissertation).
- Goldstein Bernard D. (2002).** Encyclopedie of Public Health. Ed. Lester Breslow. New York, Macmillan Reference USA, 4:936 – 941.
- Guenard G., Nadif M. (1988).** Comportement des réfractaires de poches de traitement: rôle sur la qualité de l'acier. *Revue de Métallurgie*, 85(3), 219-230.
- Guilbert L. (2000).** Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire, p 21.
- Hamadouche N. (2003).** Interactions des bactéries marines responsables de la formation des biofilms avec des matériaux bispécifiques (Doctoral dissertation, Université Paris 13).
- Hammes F. 2011.** Un numéro de funambule depuis 75ans, p18.
- Hartemann P. (2004).** Contamination des eaux en milieu professionnel. *EMC-Toxicologie-Pathologie*, 1(2), 63-78.
- Henry R. (2011).** Caractérisation des régulateurs transcription els Rgg et étude du rôle de la protéine Rgg0182 de *Streptococcus thermophilus* (Doctoral dissertation, Université Henri Poincaré-Nancy 1).
- Hoffmann et al.(2014)** .L'eau .Edition : Confluence p.43.
https://www.google.dz/search?q=CYCLE+DE+L%27EAU&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj1wLqC2fTbAhXDPxQKHQqnBIgQ_AUICigB&biw=1280&bih=694#imgrc=ZmF4i-kkCHf-Um .
- Houéto K. (2004).** Analyse statistique des mesures de pollution en temps de pluie (Doctoral dissertation, École de technologie supérieure).
- Imken F. (2015).** Projet de fin d'études les étapes de traitement des eaux et contrôle de qualité. Université sidi Mohamed ben abdellah.
- Jean-Claude B. (1983).** Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine, Edition Ed. Techniques Ingénieur, pp 2-8.

- JOLY B., REYNAUD A. (2003).** Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses. Edit Techniques et Documentation. Paris. P356.
- Keck G, et Venus E. (2000).** « Déchets et risques pour la santé », techniques de l'ingénieur, Paris, 2450p.
- Khelil N. (2007).** Etude des antibiotiques biosynthétisés par des bactéries filamenteuses extrémophiles, notamment Metallogenium sp (Doctoral dissertation, université de Tlemcen).
- Kherifi W. (2017).** Aridité et maladies à transmission hydrique. P 146-155.
- KOUACHE A. (2011).** Ammonium quaternaire du platformat: synthèse et application a l'inhibition de la corrosion acide d'acier (doctoral dissertation, université Saad Dahlab-Blida 1).
- Kouassi A., Ahoussi K., Koffi Y., Kouame I., Soro N., Biemi J. (2014).** Caractérisation physico-chimique du lixiviat d'une décharge de l'Afrique de l'ouest: cas de la décharge d'Akouedo (Abidjan-Côte d'Ivoire). LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 25/-9782, (19).
- Kouassi, A. M., Mamadou, A., Ahoussi, K. E., Biemi, J. (2013).** Simulation de la conductivité électrique des eaux souterraines en relation avec leurs propriétés géologiques: cas de la Côte d'Ivoire. Revue. Ivoirienne des Sciences et Technologie, 21-22.
- Labres E. Aziz D. et Boudjellab B. (2006) :** Cours d'hygiène et de microbiologie des eaux : Microbiologie des eaux et des boissons, Institut Pasteur d'Algérie. P : 35-40.
- Lahssaini J. (2020).** Aspects microbiologiques et résistance aux antibiotiques de bactéries isolées d'hémoculture à l'hmmim de janvier 2016 a mars 2019 (doctoral dissertation).
- Lakehal ayat A. (2019).** Optimisation du procédé d'élaboration de revêtements de chrome par électrolyse.
- Lamchouri F., Mennane Z. (2015).** D'anabasis aretioides.
- Lavergne C. (2014).** Rôle (structure et fonction) des communautés procaryotes (bactéries et archées) dans le cycle de l'azote d'une vasière littorale du Pertuis Charentais (Doctoral dissertation).
- Le Guillou M. (2009).** Diagnostic et cartographie des risques de pollution de l'environnement (eau, plantes, sol), par les métaux lourds, autour de fermes camelines, au Kazakhstan (Doctoral dissertation, UM2).
- Lebres E. (2005) :** Manuel des travaux pratique : analyse des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. 60p.
- Levade I. (2018).** Le choléra: un fléau toujours d'actualité.
- Leyral G., Vierling E. (2007).** Microbiologie et toxicologie des aliments.

- Leyral. G, Ronnefoy. C, Guillet. F. (2002)**, Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 245p.
- Loizeau V. (2014)**. Prise en compte d'un modèle de sol multi-couches pour la simulation multi-milieux à l'échelle européenne des polluants organiques persistants (Doctoral dissertation).
- Malawska. Wilkomirski.(2000)**. An analysis of soil and plant (*Taraxacum Officinale*) contamination with heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the area of the railway junction Ilawa Glowna, Poland. *Water, Air and Soil Pollution*, 127, 339-349.
- Matthess G., Geol. Mijinbouw. (1994)** .In Forstner U ETWittmann GTW Metal pollution in the Aquatic Environment, 355-359. 53, 194.
- MEDD., MSS 2008**.Qualité radiologique des eaux du robinet 2008-2009- Synthèse .
- Mégie, G. (1989)**. Ozone: l'équilibre rompu .Paris: Presses du CNRS. (p260).
- Merabet S. (2010)**. Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et Distribuées du barrage réservoir de beni Haroun. Mémoire de magister chimie analytique. Université mentouri de Constantine. pp 4, 5,9.
- Merouani M., Bouguedah A. (2013)** .Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux Souterraines de la cuvette d'Ouargla (Doctoral dissertation).
- Metahri M. (2012)**. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes: cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Meybeck H. (2001)**. Encyclopedia of Global Change : Water Quality. Ed. Andrew S. Goudie. Oxford University Press:
www.oxfordreference.com.edlis.ied.edu.hk/views/ENTRY.html?subview=Main&entry=t1
- Mochalova O., Antonova, N., Gurvich, L. (2002)**. The role of dispersants in the processes of oil transformation and oxidation in aquatic environment. *Water Resources*, 2, 202-205.
- Mokeddem K ., Ouddane S. (2005)**, Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie – Mascara, 2005, pp 18- 22.
- Mouaz M ., Bentchich K. (2017)**. Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de l'oued de Cheliff.
- Ngaram N. (2011)**. Contribution à l'étude analytique des polluants (en particulier de type métaux lourds) dans les eaux du fleuve Chari lors de sa traversée de la ville de N'Djamena (Doctoral dissertation).
- OHyg, (2014)** .Critères d'appréciation pour l'eau potable: microbiologie Février 2014

- OMS. (2001).** Directives de qualité pour l'eau de boisson, volume 2 critères d'hygiène et documentation à l'appui .Organisation mondiale de la santé.
- OMS. (2017).** Vaccins anticholériques: Note de synthèse de l'OMS - août 2017. Relevé épidémiologique hebdomadaire 2017;92(34):477–500
(<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/258763/1/WER9234.pdf?ua=1>).
- OMS. (2017)** Organisation Mondiale de la Santé, "Directives de qualité pour l'eau de boisson: 4e éd. intégrant le premier additif."
- Oubagha N. (2011).** Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique. Mémoire magister. Université mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. p151.
- Pardé ., Maurice. (1960).**"Les facteurs des régimes fluviaux." *Norois* 27.1 245-271.
- Parenteau M. (1997).** Application de l'absorptiométrie UV multi-longueurs d'onde au dosage des détergents anioniques dans les eaux naturelles et résiduaires (Doctoral dissertation, Université du Québec à Trois-Rivières).
- Pesson P. (1979)** .Pollution des eaux continentales, incidences sur les biocénoses aquatiques97-101.
- Proust, N., Guery, J., Picot, A. (2000).** Toxicologie de l'arsenic et de ses composés: importance de la spéciation. *Actualité Chimique*, (6), 3-11.
- Ramade. (2011).** Introduction à l'écochimie, les substances chimique et l'écosphère a l'Homme Edition. Lavoisire. Paris.
- Rangognio ., Jérôme. (2009)** .Impact des aérosols sur le cycle de vie du brouillard: de l'observation à la modélisation. Diss. Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
- Régis M (2017)** .pollutions hydriques (ppt) .p10.
- Réglementation. (2003)** : Arrêté royal du 8 février 1999 concernant les eaux minérales naturelles et les eaux de source (modifié par l'arrêté royal du 15 décembre 2003 Erratum et l'arrêté royal du 15 décembre 2003.
- Rodier J. (1996)** .L'analyse De L'eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, 8^{ème} Edition, Dunod, Paris, 1335p.
- Rodier J. (1996).** Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer), 8^{ème} Edition, paris, 1996, 1260 p.
- Rodier J. (2005)** : L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Résiduaires. Eau de mer.8^{ème} édition. Dunod. P : 138-145.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Champsaur H. et Rodi L. 2005.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer. 8^{ème} Ed. DUNOD. Paris, 1383 pp.

Références bibliographiques

- Rodier. (1999)** : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Paris, 7ème édition, Dunod.
- Rodier. (2009)** : L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition: Dunod, Paris.
- Rodier. J (1996).**L'analyse De L'eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, 8ème Edition,
- Rodriguez G. (2004).** Étude de la congélation comme technique de traitement des eaux : Applications spécifiques Thèse Doctorat. 2004
- Ruf, T., Margat, J. (2014).** Les eaux souterraines sont-elles éternelles? : 90 clés pour comprendre les eaux souterraines. Quae.
- Sala, P., Jannès Ober E., Lamblin V. (2013)** .Eau, milieux aquatiques et territoires durables 2030. Diss. irstea.
- Samanta, S.K., Singh O.M. et Jain R. K. (2002).** Polycyclic aromatic hydrocarbons: environmental pollution and bioremediation - review. *Trends in Biotechnology*,20, (6), 243-248.
- Saou A., Maza M ., Seidel J. (2016).** Mécanismes de transfert de polluants dans la zone de mélange des eaux des oueds djemaa-zitouna, Bejaia, Algérie.
- Schuddeboom J. (1993).** Nitrates et Nitrites dans les denrées alimentaires, éditions du Conseil de l'Europe, Strasbourg, p 11.
- Sellal A. (2018).** Etude de la pollution de Oued K'sob (région de Bordj Bou Arreridj) et de l'effet phyto-accumulateur de *Phragmites australis* (roseau) (Doctoral dissertation).
- Serghini, A., Fekhaoui, M., El Abidi, A., Tahri, L., & Bouissi, M. (2003).** Contamination métallique des eaux souterraines de la ville de Mohammedia (Maroc). Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé, 13(3), 177-182.
- Site web. (2019)** :<https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/coliformes-fecaux> consulté le 28 avril 2019.
- Stitou M. (2019).** Proposition d'un système de surveillance épidémiologique de la fièvre typhoïde au Maroc.
- Taleb M., Badaoui S. (2019).** Etude qualitative des eaux souterraines de la région de Bouira (Doctoral dissertation, université Akli Mouhend-Oulhadj de Bouira).
- Tardat Henry M. (1992).** Chimie Des Eaux, 2ème Edition, Les éditions du griffon d'Argile, pp 213-215.
- UMVF. (2014).** Collégiale des enseignants de bactériologie-virologie-hygiène, Croissance des bactéries (université Médicale Virtuelle Francophone).
- Vasey C. (2013).** *Quand le corps a soif*. Jouvence.

Références bibliographiques

Wilcke W. (2000). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAR) in soils - a review, 1. *Plant nutr. Soil sci.*, 163, 229-248.

Yayé G. (2013). Evaluation et essais d'optimisation de l'activité antifongique des extraits de Terminalia Mantaly H. Perrier, sur la croissance in vitro de *Aspergillus fumigatus*, *Candida albicans*, *Cryptococcose neoformans* et *Trichophyton mentagrophytes* (Doctoral dissertation).

Zanamindry E. (2016). Etude diagnostique de l'état de pollution d'un réseau d'égout dans la commune urbaine d'Antananarivo (cua): cas du canal andriantany (doctoral dissertation, université d'Antananarivo).

Résumé

Notre travail de recherche consiste à déterminer la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau vendue en citernes dans la commune de Khenchela. Il était prévu que dix échantillons seront prélevés de dix citernes par l'utilisation de flacons stériles qui seront par la suite acheminés aux laboratoires sous froid. Des analyses in-situ doivent être faites sur le terrain pour empêcher toute réaction qui peut changer la chimie des échantillons puis au laboratoire les analyses physicochimique et bactériologiques vont montrer la qualité des eaux étudiées.

La situation actuelle nous a conduits à se contenter de la partie théorique, la réalisation de la partie pratique aurait peut-être exposé l'un de nous à la contamination au Covid-19. Nous avons réalisé un travail qui sert à un protocole pour les scientifiques qui dans le futur décident de mettre la lumière sur cette problématique.

Selon les études ultérieures que nous avons utilisées comme ressources bibliographiques, une surveillance journalière doit être apportée aux eaux des citernes mobiles. C'est donc l'une de nos priorités de connaître les sources d'eau et d'inculquer dans nos sociétés une culture de la conservation de l'eau et de rationaliser sa consommation, ce qui nécessite du besoin et non du gaspillage car c'est devenu la préoccupation première de la plupart des pays du monde.

Mots clés: eau, citerne mobile, analyse de l'eau, contamination.

ملخص

يتكون عملنا البحثي من تحديد الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للمياه المباعة في الصهاريج في بلدية خنشلة. تم التخطيط لأخذ عشر عينات من عشرة خزانات باستخدام عبوات معقمة يتم إرسالها بعد ذلك إلى المعامل في ظروف باردة . تم التخطيط لأخذ عشر عينات من عشرة خزانات باستخدام عبوات معقمة يتم إرسالها بعد ذلك إلى المعامل في ظروف باردة. يجب إجراء التحليلات في الموقع في الميدان لمنع أي تفاعل يمكن أن يغير كيمياء العينات ، ثم في المختبر ، ستظهر التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية جودة المياه المدروسة

لقد دفعنا الوضع الحالي إلى الشعور بالرضا عن الجزء النظري ، فقد يؤدي تنفيذ الجزء العملي إلى تعريض أحدنا لتلوث كورونا. لقد قمنا بعمل بمثابة بروتوكول للعلماء الذين قرروا في المستقبل تسليط الضوء على هذه القضية.

وفقاً للدراسات اللاحقة التي استخدمناها كمصادر بليوغرافية ؛ يجب إجراء مراقبة يومية على المياه في الخزانات المحمولة. لذلك من أولوياتنا معرفة مصادر المياه وغرس ثقافة الحفاظ على المياه وترشيد استهلاكها في مجتمعاتنا ، الأمر الذي يتطلب الحاجة وليس الهدر لأنه أصبح الشغل الشاغل لمعظم دول العالم.

الكلمات المفتاحية: المياه ، الخزان المحمول ، تحليل المياه ، التلوث

Abstract

Our research work consists of determining the physicochemical and bacteriological quality of the water sold in cisterns in the municipality of kenchela. It was planned that ten samples will be taken from ten tanks using sterile bottles which will then be sent to the laboratories under cold conditions. It was planned that ten samples will be taken from ten tanks using sterile bottles which will then be sent to the laboratories under cold conditions. In-situ analyzes must be carried out in the field to prevent any reaction which can change the chemistry of the samples, then in the laboratory, physicochemical and bacteriological analyzes will show the quality of the water studied.

The current situation has led us to be satisfied with the theoretical part, carrying out the practical part might have exposed one of us to Covid-19 contamination. We have carried out work that serves as a protocol for scientists who in the future decide to shed light on this issue.

According to subsequent studies which we used as bibliographic resources; daily monitoring must be carried out on the water in portable tanks. It is therefore one of our priorities to know the sources of water and to instill in our societies a culture of conserving water and rationalizing its consumption, which requires need and not waste because it has become the primary concern of most of the world.

Keywords: water, portable cistern, water analysis, contamination.