

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



**Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques**  
**Et des Sciences Agronomiques**  
**Département des Sciences Agronomiques**



# Mémoire

*de fin d'études*

En vue de l'obtention du diplôme de Master

**Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques**

*Thème :*

**Qualité physico-chimique et biologique des eaux  
de forage de Boukhalfa**

**Présenté par : Mr. SLIMANI Mouloud et Mr. FLICI Samir**

**Devant le jury:**

**Président: Mr SI TAYEB HACHIMI : M. A.C.A à l'U.M.M.T.O.**

**Promoteur: Mr METAHRI Med-Said: Maitre de conférences à l'U.M.M.T.O.**

**Examineurs: Mr MERIDJA SAMIR : M. A.C.A à l'U.M.M.T.O.**

**M<sup>me</sup> LAKABI Lynda: M.A.C.A à l'U.M.M.T.O.**

**2014-2015**

## ***REMERCIEMENT***

*Au terme de ce travail, on tient à exprimer notre profonde gratitude au bon Dieu de nous avoir donné la force pour réaliser ce modeste travail.*

*On remercie particulièrement notre promoteur Mr METAHRI MED-SAID*

*Maitre de conférences au département des sciences*

*Agronomiques de l'U.M.M.T.O qui nous a encadrés pendant la période de la réalisation de ce travail.*

*On remercie énormément notre doyen de la faculté Mr DERRIDj Arezki.*

*On remercie également Mr SI TAYEB Hachimi maître assistant classe A au département des sciences agronomiques de l'U.M.M.T.O qui nous a fait l'honneur de présider le jury.*

*Nos remerciements s'adressent à Mr MERIDJA Samir maître assistant classe A au département des sciences agronomiques de l'U.M.M.T.O et Mme LAKABI Lynda maître assistant classe A au département des sciences agronomiques de l'U.M.M.T.O pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous nous adressons également nos vifs remerciements à l'ensemble du personnel du laboratoire de l'Algérienne des eaux (A.D .E) pour leurs aides dans le travail préparatoire.*

*Enfin, que toutes les personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail, trouvent ici l'expression de notre gratitude.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mes parents pour leurs sacrifices, leurs aides précieuses et leurs soutiens moraux et matériels.*

*À mes frères et À mes sœurs*

*Et à toute ma famille*

*À Ma tante BILLON Francine Angel*

*À tout ceux et toutes celles qui portent le nom de SLIMANI*

*À tous mes enseignants et le personnel administratif*

*À mon binôme et à toute sa famille.*

*À mes amis sans exception*

*À toutes les personnes qui me sont chères.*

*À tous les membres et les adhérents des associations*

*UNI-VERT et L.W.A.S.T.J*

*À tous ceux qui me connaissent de près ou de loin.*

*Mouloud*

## *Dédicaces*

*Tout l'honneur de ce travail revient à **Mon père** et **Ma mère** pour tant de sacrifices et d'encouragement dans mes études.*

*Que le Seigneur Tout Puissant leur donne longue vie pour que je puisse leur rendre le maximum de bien en retour.*

*Je dédie ce travail à mes deux frères Tarik ainsi qu'à Aghiles et sa femme et ses petites filles Océane et Annaelle que j'adore beaucoup.*

*A toute ma famille : oncles, tantes, cousins, cousines.*

*A tous mes amis qui m'ont encouragé dans ce travail. Ainsi qu'à mon binôme et sa famille*

*A toute la promotion de TVRH 2014/2015*

*A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.*

*Samir*

# Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I généralités sur les eaux naturelles.....	2
1-Eau, source de vie.....	2
2-Répartition de l'eau sur terre.....	2
3- Cycle de l'eau .....	3
4-Ressources en eau.....	4
4-1-Ressources en eau conventionnelles.....	4
4-1-1-Eaux superficielles.....	4
4-1-1-1-Eaux de rivières .....	4
4-1-1-2-Réservoirs des eaux superficielles.....	5
4-1-2-Eaux souterraines.....	5
4-1-2-1-Nappes.....	6
4-1-2-2-Puits.....	7
4-1-2-3-Sources.....	7
4 2-Ressources en eau non conventionnelles.....	7
4-2-1-Eaux usées.....	7
4-2-2-Eaux de mer.....	8
5-Principales différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.....	8
6-Pollution des eaux naturelles.....	9
6-1-Différents types de pollution.....	9
6-1-1-Pollution mécanique.....	9
6-1-2-Pollution physique.....	9
6-1-2-1-Pollution thermique.....	9
6-1-2-2-Pollution radioactive.....	10
6-1-3- Pollution chimique.....	10
6-1-3-1-Pollution par les pesticides.....	10
6-1-3-2-Pollution par les détergents.....	10
6-1-3-3-Pollution par les métaux lourds.....	10
6-1-4-Pollution biologique.....	11
6-1-4-1-Maladies à transmission hydrique (MTH).....	11
6-1-5-Pollution organique.....	14
Chapitre II paramètres et normes de qualité des eaux potables.....	16

1-Définition d'une eau potable.....	16
2-Paramètres globaux de la qualité des eaux.....	16
2-1-Paramètres organoleptiques.....	16
2-1-1-Odeur et saveur.....	16
2-1-2-Couleur.....	16
2-2-Paramètres physico-chimiques.....	17
2-2-1-Température.....	17
2-2-2-PH.....	17
2-2-3-Turbidité.....	18
2-2-4-Conductivité et minéralisation.....	18
2-2-5-Oxygène dissous.....	18
2-2-6-Matières en suspension.....	18
2-2-7-Résidu sec.....	19
2-3-Minéralisation globale.....	19
2-3-1-Dureté totale.....	19
2-3-2-Titre alcalimétrique (T.A).....	19
2-3-3-Titre alcalimétrique complet (TAC).....	19
2-3-4-Chlorures.....	19
2-3-5-Calcium.....	20
2-3-6-Sodium.....	20
2-3-7-Potassium.....	20
2-3-8-Magnésium.....	20
2-3-9-Sulfates.....	21
2-4-Paramètres bactériologiques.....	21
2-4-1-Germes aérobies revivifiables.....	22
2-4-2-Coliformes.....	22
2-4-3-Streptocoques fécaux.....	23
2-4-4-Clostridium sulfito-réducteur.....	23
2-4-5-Salmonelles.....	24
2-5-Paramètres indésirables.....	25
2-5-1-Fer.....	25
2-5-2-Aluminium.....	25
2-5-3-Manganèse.....	25

2-6-Paramètres de pollution.....	26
2-6-1-Matières organiques.....	26
2-6-2-Demande biochimique en oxygène (DBO5).....	26
2-6-3-Demande chimique en oxygène (DCO).....	27
2-6-4-l'azote ammoniacal.....	27
2-6-5-Nitrites.....	27
2-6-6-Nitrates.....	28
2-6-7-Phosphates.....	28
2-7-Paramètres de toxicité.....	29
2-7-1-Arsenic (As).....	29
2-7-2-Cadmium (Cd).....	29
2-7-3-Mercure (Hg).....	30
2-7-4-Plomb (Pb).....	30
2-7-5-Chrome (Cr).....	31
Chapitres III partie expérimentale.....	33
1-Matériels.....	33
1-1-Appareillage.....	33
1-2-Verrerie et autres matériels.....	33
1-3-Milieus de culture.....	34
2-Analyses physico-chimiques.....	35
2-1-Mesures du pH.....	35
2-2-Mesure de la turbidité.....	35
2-3-Mesure de la conductivité.....	36
2-4-Dosage de l'oxygène dissous.....	36
2-5-Détermination de l'alcalinité.....	38
2-6-Détermination de la dureté (TH).....	39
2-7-Dosage du calcium.....	40
2-8-Dosage des chlorures.....	40
2-9-Détermination de l'indice de permanganate.....	42
2-10-Dosage de l'ammonium.....	43
2-11-Dosage des ions nitrites.....	43
2-12-Dosage des nitrates.....	44
2-13-Détermination des sulfates.....	45

2-14-Détermination des phosphates.....	45
2-15-Détermination de la demande chimique en oxygène(DCO).....	45
2-16-Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO5).....	46
2-17-Dosage du fer.....	47
2-18-Dosage du potassium.....	48
2-19-Dosage du manganèse .....	49
2-20-Détermination des matieres en suspension.....	49
2-21-Détermination de la teneur en aluminium.....	50
3-Analyses bactériologiques.....	50
3-1-Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables.....	50
3-2-Recherche et dénombrement des E.coli et des bacteries coliformes.....	52
3-3-Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux .....	56
3-4-Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices et de clostridium sulfito-réducteurs.....	58
3-5-Recherche des salmonelles.....	59
4-Résultats et interprétation.....	60
4-1-Détermination de la qualité de l'eau.....	60
4-1-1-Détermination de la qualité de l'eau des forages de Boukhalfa.....	60
Conclusion générale.....	65



## **Liste des tableaux**

**Tableau 1** : principales différences entre les eaux superficielles et eaux souterraines.

**Tableau 2** : les principales bactéries pathogènes responsables d'infections bactériennes.

**Tableau 3** : les principaux virus responsables d'infections virales.

**Tableau 4** : les principaux parasites responsables d'infections parasitaires.

**Tableau 5** : liste des forages

**Tableau 6** : Résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau brute de la station Boukhalfa.

**Tableau 7** : résultats de l'analyse physico-chimiques et bactériologique de l'eau traitée de la station Boukhalfa.

## **Liste des figures**

**Figure 1** : répartition de l'eau sur terre.

**Figure 2** : cycle de l'eau .

## Liste des abréviations

**ADE** : Algérienne des Eaux.

**ADN** : Acide désoxyribonucléique

**AEP** : Alimentation en eau potable.

**ASR** : Anaérobie sulfito-réducteurs.

**Cond** : Conductivité.

**DBO** : Demande biologique en oxygène.

**D/C** : Double concentration.

**DCO** : Demande chimique en oxygène.

**DDT** : Dichlorodiphényltrichloroéthane.

**EB** : Eau brute.

**E. coli** : Escheria coli.

**ED** : Eau décantée.

**EDTA** : Ethylène Diamine-Tétra Acétique.

**ET** : Eau traitée.

**EVA** : Ethyle Violet Azide de sodium.

**Fr** : Force résultante.

**G** : Valeur guide.

**H<sub>2</sub>S** : Acide sulfurique.

**HMT** : Hauteur manométrique

**I** : Valeur limite impérative.

**ISO** : International Standards Organization.

**KI** : Iodure de potassium.

**KOH** : Hydroxyde de potassium.

**LDC** : Lysine décarboxylase.

**MES** : Matières en suspension.

**MTH** : Maladie à transmission hydrique.

**N** : Normalité.

**N.A** : Norme Algérienne.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**PH** : Potentiel d'hydrogène.

**TA** : Titre alcalimétrique.

**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet.

**UFC** : Unité formant colonies.

# **Introduction générale**

L'eau est une ressource naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie, cependant, l'accroissement de la demande en eau au fil des ans, et les risques de pollution et autres formes d'agression, mettent cette source en péril et constituent une menace à la qualité de nos réserves d'eaux.

Élément naturel, l'eau fait l'objet d'une surveillance attentive à travers le monde. Son importance pour la préservation de la santé publique détermine de vastes programmes de surveillance tant à l'échelle nationale qu'au plan international.

La surveillance de la conformité de l'état des sources, des installations hydrauliques, des réseaux de distribution et de la qualité de l'eau est une activité fondamentale de prévention, elle est d'un intérêt primordial et stratégique pour la préservation de l'état de santé de la population.

L'Algérie, étant un pays hydrosensible en pleine expansion et développement dans tous les domaines industriels et agricoles n'échappe pas à la contrainte du stress hydrique. Les disponibilités en eau en Algérie sont estimées à 17 milliards de m<sup>3</sup> par an, 12 milliards m<sup>3</sup> dans les régions du nord. Les ressources souterraines sont estimées à 2 milliards de m<sup>3</sup>, les ressources superficielles à 10 milliards de m<sup>3</sup>, et 5 milliards de m<sup>3</sup> dans le sud, sachant que les ressources du nord sont mobilisées en plus de 70% des ressources superficielles. Au vu des données on est à 75% des capacités de mobilisation au nord ( KETTAB, 2001) .

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail afin d'assurer l'étude des paramètres de qualité physico-chimique et biologiques des eaux des forages de BOUKHALFA.

Pour mieux cerner notre étude on a jugé utile de répartir notre travail comme suit :

-le premier chapitre traite des généralités sur les eaux naturelles conventionnelles, leur disponibilité et les problèmes de la pollution qui menace leur qualité

- le deuxième chapitre expose les différents paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux de consommations ainsi que leur valeurs guide ;

- le troisième chapitre concerne la partie expérimentale, qui porte sur la mise au point du matériels et des méthodes d'analyse des différents paramètres de qualité des eaux ainsi que l'interprétation des résultats obtenus ;

Et enfin nous terminons par une conclusion générale.

# **Chapitre III**

## **Partie expérimentale**

# **Conclusion générale**

# **Chapitre I**

## **Généralités sur les eaux naturelles**

# **Introduction générale**

# **Chapitre II**

## **Paramètres et normes de qualité des eaux potables**

# **Conclusion générale**

# **Références bibliographique**

# **Annexes**

**Introduction :**

L'eau est une ressource vitale pour l'homme, il est donc essentiel de la préserver pour sa survie, sa santé, son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, industrielles et touristiques, et la qualité de son environnement en dépend. Cependant elle est le réceptacle universel de tout type de pollution (METAHRI, 2008).

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel. Les polluants peuvent être transportés par l'eau à toutes les étapes du cycle de l'eau (RAMADE, 1998).

**1- L'eau, source de vie**

La molécule d'eau H<sub>2</sub>O est présente dans notre quotidien sous trois phases : liquide, solide et sous forme de vapeur. La valeur de l'eau est inestimable, première ressource minérale du monde, sa protection et sa gestion sont indispensables à la survie de l'humanité, du règne animal et végétal (ROUX, 1995).

**2- Répartition de l'eau sur terre**

La terre est souvent appelée la « planète bleue » parce que l'eau recouvre la majorité de sa surface (environ 72 %). (voir figure n01)

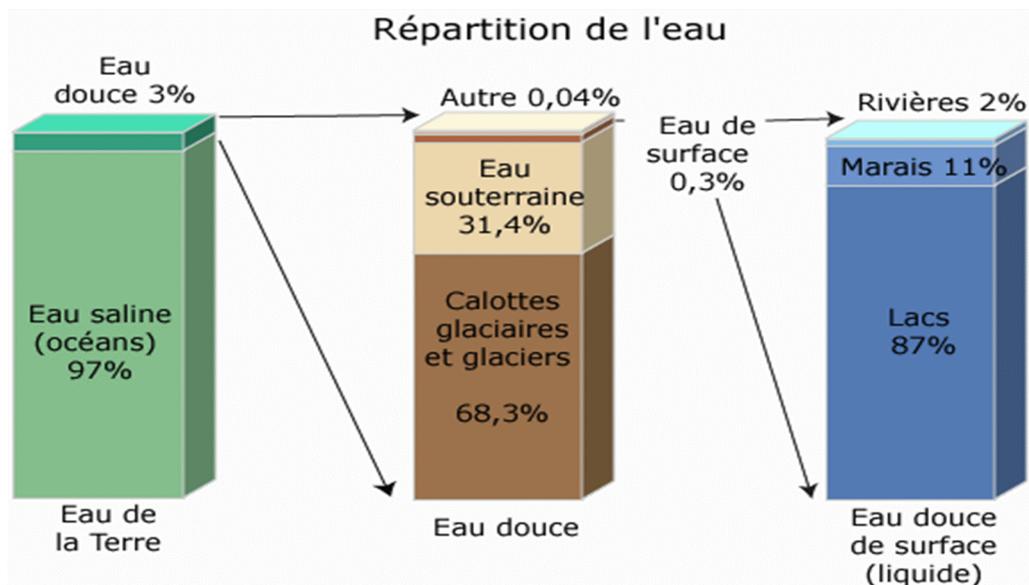


Figure 1 : Répartition de l'eau sur terre (Anonyme 1, 2008).

La majeure partie de l'eau qui circule sur terre (soit 97%) est stockée dans les océans. Elle est alors non conventionnelle de part sa salinité, ce qui la rend difficilement accessible à la plupart des besoins anthropiques. Les 3% d'eau douce restants ne sont toutefois pas entièrement disponibles pour l'homme puisqu'environ 68,3% de celle-ci se présente à l'état solide dans les glaciers et 31,4% seulement se trouve à l'état liquide dans les eaux souterraines ; le reste forme les lacs, les rivières et les marais (ASSOULINE, 2007).

### 3- cycle de l'eau

L'eau est le seul et unique élément qui existe sous les trois états solide, liquide et gazeux dans les conditions naturelles que l'on rencontre à la surface de terre (MUSY et HYG, 2004).

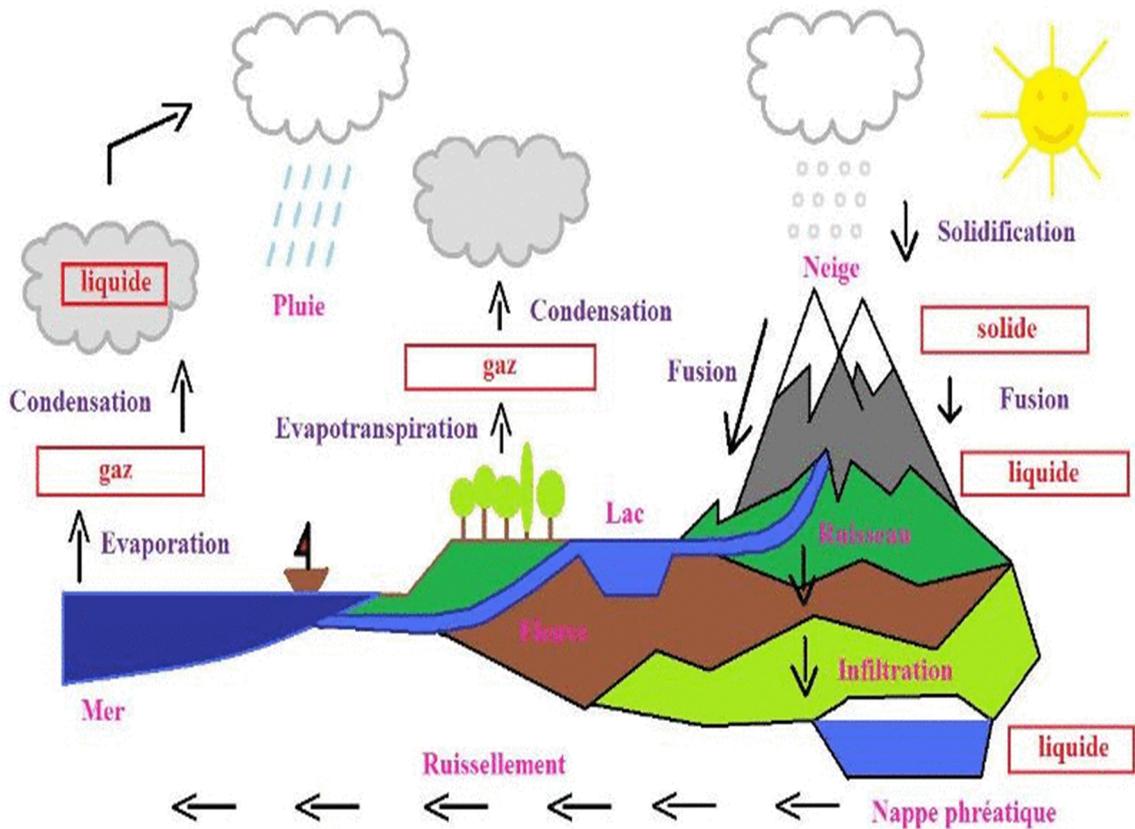


Figure 2 : cycle de l'eau (Anonyme 2, 2009)

Le cycle de l'eau est constitué des échanges d'eau et de vapeur entre l'atmosphère, la terre, les océans à l'échelle de la planète par le biais des précipitations et de l'évaporation. Il est relativement simple et nécessitant deux éléments pour sa mise en œuvre : l'énergie thermique fournie par le rayonnement solaire et la gravité terrestre (ASSOULINE, 2007).

L'eau évolue entre trois secteurs : les océans (l'hydrosphère), l'atmosphère et les sols (lithosphère). La terre recevant l'énergie solaire, l'hydrosphère chauffée s'évapore conduisant à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, suite à un refroidissement de l'air, se condense sous forme de nuages, ce qui provoque les précipitations (pluie, neige, grêle). Ces précipitations ruissellent sur la surface terrestre et peuvent être stockées sur une courte période avant de s'évaporer de nouveau. Ce cycle naturel de l'eau se déroule ainsi en permanence depuis des milliards d'années (LOUNNAS, 2009)

#### **4-Les ressources en eau :**

Les ressources en eau se divisent en deux groupes : les ressources en eau conventionnelles et les ressources en eau non conventionnelles.

##### **4-1-Les ressources en eau conventionnelles :**

Elles représentent les eaux superficielles et les eaux souterraines.

##### **4-1-1- Les eaux superficielles :**

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages...). La composition chimique des eaux superficielles dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (SALGHI, 1997).

##### **4-1-1-1 les eaux de rivières :**

Les rivières sont des cours d'eau qui s'écoulent dans un lit naturel et sont alimentés par des eaux de surface ou des eaux souterraines (ASSOULINE, 2007). La qualité des eaux de la partie amont d'une rivière diffère de celle de la partie aval.

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, où la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous.

✓ La turbidité élevée : le régime des rivières étant torrentiel. Les eaux transportent de grandes quantités de matières en suspension.

- ✓ Contamination bactérienne faible : la pollution causée par l'homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante.
- ✓ Température froide : ces eaux proviennent soit de sources. Soit de la fonte des neiges et des glaciers.
- ✓ Indice de couleur faible : ces eaux n'ont pas eu le temps de dissoudre des matières végétales, principales sources de couleur.

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficile à traiter qu'en amont. Les caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous.

- ✓ Contamination bactérienne élevée : cette contamination est surtout imputable au déversement des égouts domestiques et agricoles.
- ✓ Contamination organique et inorganique élevée : les eaux usées domestiques agricoles et industrielles contiennent de grandes quantités de matières organique et inorganique.

Indice de couleur pouvant être élevée : dans beaucoup de cas les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales qui les colorent (DESJARDINS, 1997).

#### **4-1-1-2- Réservoirs d'eaux superficielles :**

Elles peuvent être naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (barrages-réservoirs).

##### **a) Etangs et lacs :**

Se sont des réservoirs naturels, alimentés par les eaux de pluie, les eaux de surface (fleuves, rivières, ruissellement de surface) et les eaux souterraines dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement est peu importante (GENTN, 2003 ; ASSOULFNE, 2007).

##### **b) barrages-réservoirs :**

Présentent l'avantage de régulariser le cours d'eau et/ou de stocker l'eau pour différents usages (irrigation, industrie, hydroélectricité, réserve d'alimentation en eau potable.) (VILAGINES, 2003).

#### **4-1-2- Les eaux souterraines :**

Les eaux souterraines constituent 31,4% des réserves d'eau douce soit environ 1000 milliards de m<sup>3</sup>. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles forment de grands réservoirs naturels dénommés aquifères (CARDOT, 1999).

Quand une eau souterraine contient une concentration en certains minéraux dépassant les normes de potabilité, mais elle représente des propriétés thérapeutiques on la distribue en bouteilles avec parfois un traitement bien défini, ces eaux sont dites eaux minérales (SALGHI, 1997).

#### **4-1-2-1- les nappes :**

On distingue deux catégories principales : les nappes libres et les nappes captives.

##### **a) les nappes libres :**

Les nappes libres sont directement alimentées par les eaux de ruissellement. Très sensibles à la pollution, elles sont à l'origine des sources et des forages (LOUP, 1974). Les nappes libres peuvent être soit des nappes phréatiques soit des nappes alluviales :

##### ➤ **Les nappes phréatiques :**

Les nappes phréatiques sont les premières rencontrées lors du creusement d'un puits. Elles présentent l'inconvénient d'être quasi totalement polluées, sur tout le territoire, par les fosses septiques, pesticides, engrais... Elles fournissent donc une eau non potable (VTLAGINES, 2003).

##### ➤ **Les nappes alluviales :**

Les nappes alluviales sont des nappes aquifères qui se forment dans les alluvions constituant le lit de la rivière. Elles sont donc en rapport directe avec le cours d'eau qui l'alimente. Le séjour dans le lit filtrant surmontant la nappe étant en général bref, la qualité biochimique et microbiologique de l'eau souterraine sera voisine de celle de l'eau superficielle qui l'alimente et sujette aux mêmes variations. On se retrouve donc, avec une nappe alluviale, confronté aux mêmes problèmes de qualité et de variabilité qu'avec les nappes phréatiques (H AS LA Y et LECLERC, 1993).

La qualité des eaux des nappes alluviales sont directement influencée par la qualité de l'eau de la rivière (DEGREMONT, 2005).

##### **b) Les nappes captives :**

Les nappes captives sont emprisonnées entre deux couches de terrains imperméables. L'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures.

Les nappes de ce type sont les plus fréquentes et généralement les plus profondes ; il y règne une certaine pression : leur niveau piézométrique se situe généralement entre leur toit imperméable et la surface du sol ; elles sont dites « artésiennes » quand ce niveau se situe au-dessus de la surface du sol (d'où un jaillissement de l'eau lors d'un forage) (DEGREMONT, 2005 ; SALGHT, 1997).

**4-1-2-2- Les puits :**

Ce sont les ouvrages de captages les plus répandus. Ils vont du simple puits individuel à des forages très profonds susceptibles de fournir de gros débits.

➤ **Puits individuels** : Ils sont habituellement creusés par piochage en évitant notamment la proximité des fosses septiques. Ils peuvent être maçonnés au fur et à mesure de leur avancement ou encore murailles par enfouissement de buses de ciment. Le principal

➤ problème des puits individuels est qu'ils n'atteignent que la nappe phréatique, pratiquement toujours polluée.

➤ **Puits collectifs** : Ce sont des ouvrages industriels qui peuvent être à faible profondeur. Situés dans les nappes alluviales et munis de pompes, ils peuvent avoir des débits considérables. A grande profondeur, le puits perd son nom pour s'appeler forage. Ces grandes profondeurs permettent d'éviter au maximum les risques de pollution et de trouver des nappes ayant un débit suffisant (VILAGINES, 2003).

**4-1-2-3- Les sources :**

Les sources résultent, pour l'immense majorité d'entre elles, de la sortie, à l'air libre, de l'eau en provenance d'une nappe phréatique; plus rarement d'une nappe profonde; quelques résurgences d'eau karstique sont aussi appelées sources. L'écologie de l'eau à l'émergence sera celle de la nappe qui lui donne naissance (HASLAY et LECLERC, 1993).

Une eau de source est une eau d'origine souterraine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution apte à la consommation humaine sans autre traitement que décantation, filtration « grossière » et/ou aération et/ou adjonction de gaz carbonique (GROSCLAUDE, 1999).

**4-2- Les ressources en eau non conventionnelles :**

Elles représentent les eaux usées et les eaux de mers.

**4-2-1- Les eaux usées :**

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance.

Le recours aux eaux usées épurées devient une alternative incontournable afin de garantir la satisfaction des besoins en eau des populations, particulièrement, dans les pays arides et semi arides (METAHRI, 2008).

**4-2-2- Les eaux de mer :**

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on utilise que lorsqu'il n'ya pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous; c'est ce qu'on appelle leur salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer est de 33 000 à 37 000 mg/l (DESJARDINS, 1997).

**5-Les principales différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines :**

**Tableau N°1:** Principales différences entre les eaux superficielles et eaux souterraines (DEGREMONT, 2005)

Caractéristique	Eaux superficielles	Eaux souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES (argiles, algues... ) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques) ou due à une précipitation (Fe-Mn)
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares (sauf H <sub>2</sub> S)
Minéralisation globale (ou : salinité, TDS )	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	Sensiblement constante ; en générale, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
CO <sub>2</sub> agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
O <sub>2</sub> dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation : absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
H <sub>2</sub> S	Généralement absent	Souvent présent
NPL	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée

Silice	Teneur en générale modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays industrialisés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Solvants chlorés	Rarement présents	Peuvent être présents (pollution de la nappe)
Eléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal)	Ferro bactéries et sulfatoréductrices fréquentes
Caractère eutrophe	Possible : accentué par les températures élevées	Non

### 6-La pollution des eaux naturelles :

La pollution est une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimique et biologiques de l'eau, produites directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit (METAHRI, 2008).

Cependant la pollution est une contamination de l'eau par des corps étrangers tels que des micro-organismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres. Ces corps étrangers dégradent la qualité de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités.

#### 6-1- Les différents types de pollution :

On peut distinguer plusieurs catégories de pollution des eaux selon la nature et les usages des polluants qui sont à l'origine de ces pollutions (RAMADE, 1998).

##### 6-1-1- Pollution mécanique :

La pollution mécanique se traduit par une augmentation de la turbidité, une diminution de la transparence, de mauvaises odeurs dues à l'environnement et l'eutrophisation des milieux récepteurs. Elle peut aussi être provoquée par les remous de dragage du fond aquatique : passage de bateaux, travaux dans le lit des cours d'eau, microcentrales ou autre changement de débit du cours d'eau (érosion de rives) (COURT, 1986).

##### 6-1-2- Pollution physique :

###### 6-1-2-1-Pollution thermique :

Elle résulte des rejets d'eaux à température trop élevée qui influent à la fois sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique du milieu. La température est un facteur écologique important des milieux aqueux et joue donc un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des lacs et des mers (GAUJOUS, 1995).

**6-1-2-2- Pollution radioactive :**

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

Les dommages causés par l'accumulation de radioéléments dans l'organisme se présentent sous forme de lésions biologique (brûlures, cancer...) et par des répercussions d'ordre génétique grave, en particulier les malformations congénitales parmi la descendance (BELKACEM, 2010).

**6-1-3- Pollution chimique :****6-1-3-1- Pollution par les pesticides :**

Le terme pesticide est le plus couramment employé pour désigner les produits utilisés pour la protection des cultures contre les parasites végétaux et animaux nuisibles. Ils sont également dénommés : substances phytosanitaires.

Les pesticides peuvent être à l'origine de dommages pour l'environnement en raison de leur toxicité aiguë (cas de déversement accidentel en rivière par exemple), mais c'est surtout leur persistance dans l'environnement, l'eau notamment qui constitue le risque principal pour l'homme : des effets mutagènes, voire cancérogènes sont possible à long terme (VILAGINES, 2003).

**6-1-3-2- Pollution par les détergents :**

La pollution par les détergents est apparue avec le développement des produits de ménagère et de l'industriel (COLAS, 1977). La présence de phosphates dans les détergents est une source importante de

Pollution, les phosphates sont toxiques à forte concentration car ils favorisent la formation d'algues bleues aérobies. Ces algues fixent le CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub> en présence de lumière et contribue à un enrichissement excessif en matières organiques des eaux; ce phénomène porte le nom d'eutrophisation (DEFRANCESCHI, 1996).

**6-1-3-3- Pollution par les métaux lourds :**

Diverses activités humaines, sont responsables de la pollution métallique: les insecticides et fongicides, l'électronique, l'électricité, l'automobile etc. Le problème essentiel lié à cette pollution est que les métaux ne sont pas biodégradables (DEFRANCESCHI, 1996).

A faibles concentrations, les métaux sont des éléments essentiels et indispensables pour les êtres vivants comme constituant et cofacteur de différentes enzymes, ils interviennent également dans diverses voies métaboliques comme catalyseurs.

Cependant, a des concentrations plus importantes que celles nécessaires a un développement optimal, les métaux inhibent la croissance et plusieurs processus cellulaires incluant la photosynthèse, la respiration, l'activité enzymatique mais également la synthèse de pigments et de protéines. La division cellulaire peut, également, être affectée (VILAGINES, 2003).

#### **6-1-4- Pollution biologique :**

La pollution biologique, qu'elle soit de nature virale, bactérienne ou parasitaire a plusieurs origines :

- Les eaux résiduaires urbaines : qui sont très chargées en germes intestinaux, dont beaucoup sont pathogènes ;
- Les effluents industriels, agroalimentaires, ont également des charges importantes en germes pathogènes et en entérobactéries indicatrices, dont les proportions varient fortement selon la nature de l'industrie responsable (ELASLAY et LECLERC, 1993).

##### **6-1-4-1-Les maladies à transmission hydrique (MTH) :**

Les maladies d'origines hydriques sont des infections, qui sont dues à un agent infectieux, bactérie, virus ou protozoaires. La transmission d'une maladie infectieuse fait intervenir un agent infectieux, un sujet réceptif, et une voie d'introduction. Dans le cas des infections d'origine hydrique, les agents responsables qui ont contaminé l'eau proviennent des individus malades, des porteurs sains, ou des animaux (HASLAY et LECLERC, 1993).

##### **a) Maladies d'origine bactérienne :**

Certaines espèces de bactéries ont un pouvoir pathogène vis-à-vis de l'homme, ces bactéries sont, avec les amibes, les principales responsables des maladies diarrhéiques, qui provoquent chaque année la mort de millions de personnes et touchent particulièrement les enfants (VILAGINES, 2003).

Tableau N°2 : les principales bactéries pathogènes responsable d'infections bactériennes :

Maladie	Agents responsable	Manifestations	Contamination	Références
Fièvre typhoïde et Paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> et <i>Salmonella paratyphi A</i>	Fièvre, céphalées, diarrhée, douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extrême et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles: hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteintes hépatiques, respiratoires, neurologiques.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécale.	VILAGINES, 2003
Gastro-entérites	<i>Escherichia coli</i>	Vomissement, diarrhée, crampes, et même fièvre, nausée et maux de tête.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécale.	MASSCHEL E IN, 1996
Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>	Diarrhée s'accompagne de vomissements et de douleurs épigastriques avec anurie et crampes musculaires.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécale.	NAUCIEL C et VILDE J-L, 2005.

**b) Maladies d'origine virale :**

Les virus responsables d'infections hydriques sont excrétés dans les selles d'individus infectés.

Il a été démontré que plus de 130 virus pathogènes, que l'on peut dénommer virus entériques, peuvent être éliminés dans les fèces humaines (REJSEK, 2002).

Tableau N°3 : les principaux virus responsables d'infections virales :

Maladie	Agents responsable	Manifestations	Contamination	Références
Gastroentérites virales	<i>Rotavirus</i>	Nausées et vomissements avec douleurs abdominales, diarrhées et fièvres.	Voie digestive	HASLAY et LECLERC, 1993.
	<i>Virus de Norwalk</i>			
	<i>Astrovirus</i>			
Hépatite infectieuse	Virus de l'hépatite A	Après une courte phase pré-ictérique, de l'ordre d'une semaine, caractérisée par de la fièvre, myalgies, nausées et vomissements, survient la phase ictérique avec urines brun-doré, sombres, selles décolorées avec coloration jaune de la conjonctive et de la peau.	Voie digestive	SCHWARTZ BR OD, 1991

**C - Maladies d'origine parasitaire :****Tableau N° 4 :** les principaux parasites responsables d'infections parasitaires :

Maladie	Agents responsables	Manifestations	Contaminations	Références
Gastro-entérite	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Diarrhée profuse aqueuse avec crampes abdominales modérées, nausée et anorexie.	Voie digestive	VILAGINES, 2003.
Giardiase	<i>Giardia lamblia</i>	Crampes abdominales, nausées et diarrhée aqueuse.	Ingestion des kystes	HASLAY et LECLERC, 1993

**6-1-5- Pollution organique :**

La pollution organique à plusieurs sources : agricoles, industrielle, humaine. Lorsque les apports sont trop importants, la matière organique excédentaire provoque des dysfonctionnements des cours d'eau. La décomposition s'accompagne, en effet, d'une baisse de la teneur en oxygène dissous, qui conduit parfois à l'asphyxie de la faune en place. Les eaux de rivières privées d'oxygène peuvent également amorcer un processus de fermentation.



# **Chapitre II**

## **Paramètres et normes de qualité des eaux potables**

**Introduction:**

L'eau potable doit répondre à de très grandes exigences de qualité organoleptiques, biologiques et physicochimiques. Cependant, les eaux brutes qu'elles soient souterraines ou superficielles ne remplissent pas toujours les critères de qualité requis, pour améliorer leur propriété, elles nécessitent des traitements appropriés, afin de répondre aux règles générales d'hygiène et à toutes les mesures propres à préserver la santé de l'homme.

L'eau arrivant au robinet doit être potable, c'est-à-dire que l'ensemble des paramètres de qualité cités ci-dessous doivent être conformes à ceux définis par la réglementation en vigueur, appelée normes de potabilité. Les pays du monde n'appliquent pas souvent les mêmes normes et cela en fonction de la disponibilité de la ressource. Certains édictent leurs propres normes. D'autres adoptent ou se réfèrent à celles conseillées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (BEER, 2010, REJSEK, 2002, FERRAT, 2010).

**1- Définition d'une eau potable:**

«Une eau potable est une eau dont la composition et les qualités sont telles qu'elles ne puissent porter atteinte à la santé des consommateurs» (GROSCLAUD, 1999).

Selon le code des eaux Algérien du 16 juillet 1983 stipule dans son article 57 chapitre 1 qu'une eau est potable lorsque elle n'est susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment. Elle ne doit contenir en quantité nuisible ni substances chimiques ni germes pathogènes à la santé. Elle doit être inodore, incolore et agréable à boire.

Selon le décret n° 2003-461 du 21 mai 2003 relatif à certaines dispositions réglementaires du code de la santé publique remplaçant et abrogeant les décrets 2001-1220 et 89-03 qui transpose en droit français la directive européenne n° 98-83 du 3 novembre 1998 s'appuyant sur les recommandations de l'OMS relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Les eaux destinées à la consommation humaine doivent:

- ne pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ;
- être conformes aux limites de qualité définies par les normes.

## **2- Les paramètres globaux de la qualité des eaux:**

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux règlements généraux d'hygiène, de potabilité et à toutes les mesures propres afin de préserver la santé du consommateur (REJSEK, 2002)

### **2-1- Paramètres organoleptiques**

#### **2-1-1- Odeur et saveur**

Une eau potable de bonne qualité a un bon goût et ne présente pas d'odeur. La saveur dépend essentiellement de la qualité et la nature des corps dissous.

Toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition.

A l'état naturel, une concentration de la minéralisation, introduit un goût plus ou moins accentué dans l'eau. S'il y a absence des sels habituels et d'anhydride carbonique, la saveur de l'eau sera fade, c'est le cas de l'eau des citernes.

Si elle renferme une trop grande quantité de chlorure, l'eau aura une saveur saumâtre. Si elle contient de forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un goût amer. Les mauvais goûts de l'eau ne sont pas graves du point de vue de l'hygiène mais ils sont désagréables pour l'emploi de cette eau comme boisson. Pour les méthodes d'analyses ordinaires, les sens olfactifs peuvent seuls dans une certaine mesure les détecter.

\*Traitements correcteurs :

- **Aération,**
- **Adsorption,**
- **Oxydation,**
- **Filtration**

#### **2-1-2 Couleur**

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous colloïdal. Elle est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux substances en solution, et apparente quand les substances en suspension y ajoutent leurs propres colorations.

Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur la potabilité. Toutefois, la limpidité de l'eau ne garantit pas l'absence de germes pathogènes.

**\*Traitements correcteurs :**

- Clarification : par décantation et filtration
- Adsorption
- Oxydation

**2-2-Les paramètres physico-chimiques****2-2-1- La température**

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux qu'elles soient souterraines ou superficielles ; les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres.

L'eau de boisson a une bonne fraîcheur si sa température varie entre 9 et 12 °C. Pour les méthodes d'analyses ordinaires, les sens olfactifs peuvent seuls dans une certaine mesure les déceler.

**\*Traitements correcteurs :**

- Aération,
- Adsorption,
- Oxydation,
- Filtration

**2-2-2- pH**

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène  $[H_3O^+]$ , Il est inférieur ou supérieur à sept suivant que l'eau est acide ou basique. Le pH n'a pas de signification hygiénique mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau. Pour les eaux naturelles, le PH est compris entre 6 et 8. Le PH est mesuré avec un PH-mètre.

**\*Traitements correcteurs :****Abaissement du Ph**

- Ajout de solutions acides
- Injection de gaz carbonique Elévation du pH
- Filtration sur matériaux alcalino-terreux
- Injection d'un réactif : Chaux vive, carbonate de calcium.

### 2-2-3- Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée de la Teneur en matières en suspension. Les eaux troubles chargées de substances finement divisées (grains de silice, matières organiques, limons ...) forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs.

Pour la sécurité de l'eau de boisson, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU

#### **\*Traitements correcteurs :**

- Filtration
- Coagulation filtration

### 2-2-4-Conductivité et minéralisation

La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration de l'eau en sels dissous. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée, comme elle peut conduire à un entartrage des conduites si l'excès est dû aux ions de calcium. Trois techniques peuvent être utilisées pour la déminéralisation en eau potable :

- L'électrodialyse
- L'osmose inverse
- La distillation.

### 2-2-5 -Oxygène dissous

L'oxygène toujours présent dans l'eau, n'est pas un élément constitutif. sa solubilité est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle est fonction de l'origine de l'eau, les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation ; par contre, les eaux profondes n'en contiennent que quelques milligrammes par litre. L'eau saturée d'air, à 20°C et sous la pression normale contient 9,1 mg/l d'oxygène

### 2-2-6 Matières en suspension

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau ; elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets, etc.

Des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique.

Les normes en vigueur préconise que les matières en suspension doivent être absentes dans l'eau destinée à la consommation humaine.

#### **2-2-7 Résidu sec**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension

d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau filtrée permet d'évaluer la teneur en matières

dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

### **2-3- Minéralisation globale**

#### **2-3-1 Dureté totale**

La dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique est une mesure globale de la concentration en sels dissous de l'eau en calcium et en magnésium. En excès, les sels dissous dans l'eau forment un composé insoluble avec le savon qui perd ainsi une partie de son pouvoir détersif et ne mousse plus que difficilement.

Une eau à titre hydrotimétrique élevé est dite « dure » dans le cas contraire, il s'agit d'une eau « douce »

Pour l'usage domestique, on peut utiliser des eaux titrant jusqu'à 500 mg de  $\text{CaCO}_3$  /l (50°F), mais la dureté agréable se situe entre 80 et 150 mg de  $\text{CaCO}_3$  /l (8 et 15 °F)

#### **2-3-2 Titre alcalimétrique (T.A)**

Permet de connaître la teneur en hydroxyde, la moitié de la teneur en carbonates et un tiers environ des phosphates présents.

#### **2-3-3 Titre alcali métrique complet (TAC)**

Permet de connaître la teneur totale en hydroxydes hydrogène-carbonates, alcalins et alcalino terreux.

Pour pH inférieurs à 8,3, la teneur en ions  $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$  est négligeable (TA=0) pour les

#### **2-3-4 Chlorures**

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables. Ils peuvent avoir plusieurs origines :

- Percolation à travers des terrains salés,
- Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques,
- Activités humaines et industrielles.

Une présence excessive de chlorures dans l'eau, la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes .

Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution. Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent, présence en de chromate de potassium.

### **2-3-5 calcium**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et particulier dans les roches calcaires sous forme 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 pluies, de citernes n'en renferment que des traces.

Les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg en  $\text{CaCO}_3$ . Les eaux qui dépassent 500 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières.

Certaines eaux minérales en contiennent plusieurs centaines de milligrammes par litres.

### **2-3-6 Sodium**

élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre. Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques contenant du chlorure de sodium et de la décomposition des sels minéraux. Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau, il n'y a pas de valeur limite standard , cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable

### **2-3-7 Potassium**

La teneur du potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l à telles valeurs, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus.

Certains rejets industriels peuvent augmenter la teneur en potassium dans les eaux ; on cite en particulier les mines de potasse et les usines d'engrais qui peuvent entraîner des quantités relativement importantes de potassium.

### **2-3-8 Magnésium**

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2,1 % l'écorce, terre élément , élément indispensable pour la croissance il intervient comme élément plastique dans l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux.

Son abondance géologique et sa grande solubilité ainsi que sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à plusieurs centaines de milligrammes par litre.

Le magnésium constitue un élément significatif de la 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.

#### **2-3-9 les sulfates**

La concentration en ions sulfate des eaux naturelles est variable. Leur présence résulte de la légère dissolution des sulfates de calcium des roches gypseuses, de l'oxydation des sulfures dans les roches (pyrites), des matières organiques par d'origine animale.

Le cycle du soufre débute par la décomposition des divers déchets organiques par des bactéries hétérotrophes qui libèrent en dernier lieu de l'hydrogène sulfuré à partir des protéines restituées au sol.

En général, les sulfates sont rencontrés sous forme de sulfates magnésiens et /ou calciques dans les eaux dures. A fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez l'enfant) , ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable.

Les normes américaines précisent pour les sulfates une concentration maximale acceptable de 200 mg/l (SO<sub>4</sub>) et une concentration maximale admissible de 400 mg/l (SO<sub>4</sub>) Cette dernière valeur de 400 mg/l est également adoptée par l'O.M.S. L'organisme est susceptible cependant de supporter des doses plus élevées, sans inconvénient majeur autre qu'une action laxative temporaire.

La présence de sulfates en quantité supérieure à 300 mg/l peut entraîner dans certaines conditions une attaque du béton et accélérer la corrosion du fer. En fin, des concentrations élevées ( plusieurs centaines de milligrammes par litre) peuvent poser des problèmes en agriculture, pour l'irrigation et l'abreuvement. Une teneur supérieure à 480mg/l rend l'eau impropre à l'irrigation.

#### **2-4- Les paramètres bactériologiques:**

L'eau ne doit pas contenir de germes pathogènes (bactéries, virus, parasites....) qui provoqueraient des maladies chez les consommateurs. C'est la qualité la plus importante de la potabilité d'une eau. Les organismes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau sont très nombreux et très variés, leur présence est toujours liée à une pollution fécale de l'eau (BELKACEM, 2011).

**2-4-1- Les germes aérobie revivifiants:**

Selon la norme NF EN ISO 6222, les germes revivifiables, nommés également mésophiles aérobies sont toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu spécifié à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $68 \pm 4$  heures, et à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $44 \pm 4$  heures. Parmi les bactéries cultivant dans les conditions de la norme, on peut distinguer deux catégories différentes sur le plan de l'hygiène:

- les micro-organismes se développant à  $22^\circ\text{C}$  qui sont des saprophytes présents naturellement dans l'eau;
- les microorganismes se développant à  $37^\circ\text{C}$ , température du corps humain, qui proviennent de l'homme ou d'animaux à sang chaud. Même s'il ne s'agit pas forcément de germes pathogènes, ils peuvent montrer une contamination de l'eau analysée par des produits animaux, en particulier les matières fécales (REJSEK, 2002).

Ces microorganismes ne présentent pas d'effets directs sur la santé, mais une concentration trop importante peut entraîner des problèmes d'ordre organoleptique et le dénombrement de la flore totale permet d'évaluer la densité bactérienne globale. Une faible valeur est le témoin de l'efficacité du traitement et de l'intégrité du système de distribution (DUGUET et al, 2006). Leur nombre est exprimé en nombre d'unités formant colonies par ml d'eau (UFC/ml) ( FERRAT).

**2-4-2- Les coliformes:**

Les organisations internationales de standardisation ont officialisé l'existence du groupe coliforme, en proposant certaines définitions qui ont le mérite de faciliter les échanges. Ainsi, selon l' ISO, les «coliformes» sont des bacilles à gram négatif, non sporulés, oxydase, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et capables de fermenter le lactose, avec production d'acide et de gaz en 48 h à une température de  $35-37^\circ\text{C}$ .

Le terme de «coliforme thermotolérants» se rapporte aux coliformes ayant les mêmes propriétés à  $44^\circ\text{C}$ ; celui de «E. coli présumés» concerne les coliformesthermotolérants qui produisent de l'indol à  $44^\circ$  à partir du tryptophane utilisant une enzyme appelée (3-glucuronidase (HASLAY, 1993).

Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud où ils représentent moins de 10 % des microorganismes. Dans l'eau, ils perdent leur viabilité plus lentement que la majorité des bactéries pathogènes intestinales et constituent donc un indicateur de contamination fécale de l'eau de première importance. De plus, leur résistance aux

Agents désinfectants, est notamment au chlore, est voisine de la résistance des bactéries pathogènes; ils vont donc constituer de bons indicateurs d'efficacité de traitement (REJSEK, 2002).

#### **2-4-3- Streptocoques fécaux:**

Les streptocoques fécaux (ou streptocoques du groupe D ou entérocoques) sont des témoins de contamination fécale sensibles, spécifiques et assez résistants (y compris en milieu salé). Ils n'ont pas généralement de pouvoir pathogène important.

*Streptococcus faecalis* est omniprésent (ubiquitaire) dans le gros intestin des hommes et des animaux, les égouts, le fumier (GAUJOUS, 1995).

Selon la norme ISO 7899-2 et la norme NF T 90-416, les Streptocoques sont des bactéries Gram positif, catalase négative, anaérobies facultatifs, généralement microaérophiles ils se distinguent par leur forme coccoides, leur mode de groupement en paires ou en chaînettes et leur caractère homofermentaire.

L'intérêt de leur recherche en parallèle de la recherche de *E. coli* repose sur leur plus grande capacité à survivre dans les eaux que les *E. coli* (ils peuvent «Uacer» une contamination fécale plus ancienne) et sur leur plus grande résistance à la dessiccation ainsi qu'à la chloration (ils peuvent liées à la nature de leur paroi: bactéries gram positif),(DUGUET et al, 2006).

Les streptocoques fécaux Sont des germes de contamination fécale mais ils ne sont qu'exceptionnellement pathogène, ce sont alors des pathogène opportunistes avec une dose infectante forte, les toxi-infections sont très rares, elles provoquent douleurs abdominales et diarrhée et sont dues à la consommation de produits contaminés (GUIRAUD, 2003).

#### **2-4-4- Clostridium sultito-réducteur:**

Les clostridies sont des bactéries anaérobies flagellées à Gram positif, en forme de bâtonnets de 1 mn de diamètre et de 3-8 mn de long.

Elles peuvent former des endospores résistantes à de nombreux stress environnementaux, et se développent à la température de  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  en 24 à 48 heures.

La plupart des bactéries ubiquitaires du genre *Clostridium* (surtout présentes dans le sol et les voies digestives de l'homme et des animaux) ne sont pas pathogènes, donc sans danger pour l'homme et souvent utilisées à des fins biotechnologiques. Seules quelques espèces sont dangereuses pour l'homme en raison des toxines qu'elles produisent.

Les clostridies ou leurs toxines sont les agents de la gangrène gazeuse, du tétanos, du botulisme et de certaines entérites. Ils peuvent servir d'indicateur fécal, et, du fait de la grande résistance de leurs spores, on envisage de les utiliser, à l'instar des spores de *B. subtilis*, comme indicateurs de l'inactivation de *Cryptosporidium*, de *Giardia* et d'autres spores bactériennes (BEER, 2010)

Leur présence dans les eaux désinfectées peut donc indiquer que le traitement, en particulier de clarification ou de filtration, est déficient (DUGUET et al, 2006).

La recherche des bactéries anaérobies- réductrices ou *clostridium* sulfito-réducteurs, est habituellement prise en compte dans les réglementations destinées à garantir la qualité des eaux d'alimentation.

Tous ces germes ont un point commun, celui de réduire le sulfite de sodium en sulfure, cette propriété est mise à profit, dans les milieux de culture solides préparés à cet effet; en présence de sels de fer, les bactéries qui réduisent le sulfite de sodium, produiront des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de fer (HASLAY, 1993).

#### **2-4-5- Salmonelles :**

Selon la norme NF EN ISO 9308-1(2000), on entend par *Salmonella*, des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles, qui en se développant à température de  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  en 24 à 48 heures, sur milieu Hektoen, forment de petites colonies, lisses à contours réguliers, pigmentées en vert ou en bleu vert à centre noir (CANTIN et al, 2007).

Les salmonelles sont des bactéries à Gram négatif anaérobies facultatives (2-5 um de long et 0.8-1.5 pm de diamètre), très proches du genre *Escherichia*.

Les maladies qu'elles provoquent (gastroentérite, typhus) sont des zoonoses très souvent transmises par voie alimentaire.

Les cas graves surviennent essentiellement chez les nourrissons et les enfants en bas âge, ainsi que chez les personnes âgées et immunodéprimées.

Les salmonelles peuvent survivre des semaines entières hors de l'organisme humain ou animal. Elles sont néanmoins sensibles aux UV, à la chaleur et aux désinfectants chimiques (élimination des agents pathogènes) (BEER, 2010).

### **2-5- Les paramètres indésirables:**

#### **2-5-1 Fer**

Très répandu, le Fer se classe au 4<sup>e</sup> rang des éléments de la croûte terrestre. Il est largement utilisé dans la métallurgie et ses utilisations secondaires dans la chimie sont très variées.

Les eaux de surfaces peuvent contenir jusqu'à 0,5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine la lixiviation des terrains traversés, ou les pollutions industrielles ; dans les eaux de distribution, il provient le plus souvent de la corrosion des conduites d'aménées.

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

Le fer de l'eau ne présente certes aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais des teneurs très importantes sont considérées comme indésirables.

#### **2-5-2 Aluminium**

En général l'aluminium susceptible d'être retrouvé dans l'eau de distribution ne présente pas de caractère de toxicité pour les populations. Lorsqu'il est en solution et en milieu acide, il existe sous forme d' $Al^{+++}$  ; dans une solution dont on élève le pH progressivement, il précipite sous forme de tri hydroxyde  $Al(OH)_3$  qui se dissout sous forme d'aluminate  $AlO_2$ .

La directive des communautés européennes indique comme teneur de l'aluminium dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 0,05 mg/l et une concentration maximale admissible de 0,2 mg/l. L'OMS retient cette même valeur limite de 0,2 mg/l.

#### **2-5-3 Le manganèse**

Le manganèse est assez répandu dans la nature, présent dans l'eau peut s'y trouver, à des valences à des valences différentes ( II, III et IV ), à l'état soluble ou en suspension ou sous forme de complexes ; sa solubilité dépend du pH, de l'oxygène dissous, de la présence d'agents complexant.

Certaines eaux souterraines ont des teneurs de l'ordre de 1 mg/l en particulier lorsqu'il y a une attaque par l'eau de la roche support en milieu réducteur, ou sous l'action de certaines bactéries. Les eaux de surface en contiennent le plus souvent moins de 0,05 mg/l. Par ailleurs, même à des doses faibles (0,05 mg/l), il est susceptible de former une couche noire sur les canalisations qui lorsqu'elle se détache donne un aspect peu engageant à l'eau. Au point de vue domestique, il présente l'inconvénient, même en quantité faibles ( $\pm 0,1$  mg/l), de tacher l'émail et le linge.

## **2-6- Paramètres de pollution**

### **2-6-1 Les matières organiques**

La matière organique est principalement issue de la décomposition des végétaux, des animaux élaborés sous l'influence des micro-organismes. Elle n'est pas toxique, surtout si on tient compte de la quantité absorbée journaliseraient par l'alimentation mais,

Elle participe à beaucoup de paramètres de qualité de l'eau : couleur, sous produits de désinfection, naissance des produits indésirables et produits biodégradables, odeurs et saveurs désagréables...etc. (RODIER, et LOUNNAS, 2009).

Ces produits très complexes sont formés principalement par des substances humiques de masse moléculaire très variable, généralement teintées, à caractère acide et hydrophile. En quantités beaucoup moins importantes, on rencontre des substances dites non humiques constituées principalement par des protéines et acides aminés, polysaccharides, etc. D'une façon générale, une teneur élevée en matières organiques devra toujours faire suspecter une contamination microbienne ou autre (DUGUET, et al, 2005 ; RODIER et al, 2005).

### **2-6-2 Demande biochimique en oxygène (DBO5)**

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les micro-organismes entraîne une consommation d'oxygène ; le milieu exerce donc une certaine demande biochimique d'oxygène.

La mesure de cette DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et donc, dans une certaine mesure, sa qualité ou son degré de pollution.

La dégradation complète des matières organiques peut être relativement longue (plusieurs semaines). D'autre part, l'oxydation des dérivés ammoniacaux et des nitrites en nitrates (nitrification) absorbe également de l'oxygène.

Cette nitrification, dans les eaux naturelles, ne débute qu'au bout d'une dizaine de jours. Pour ces deux raisons, on mesure la DBO en 5 jours, ou DB05, c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommée ;

Pendant ce laps de temps, pour l'oxydation partielle des matières organiques biodégradables sous l'action des micro-organismes (TARDAT-HENRY, BEAURY, 1984, et DEGREMONT, 2005).

### **2-6-3 Demande chimique en oxygène (DCO)**

C'est une mesure de toutes les matières organiques (ou presque) contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient biodégradables ou non.

L'oxydation est effectuée ici dans des conditions énergiques, par voie chimique.

Elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (bichromate de potassium), en milieu acide fort ( $H_2SO_4$ ) et au reflux pendant deux heures.

La DCO constitue donc un paramètre important, c'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels (surtout ceux à caractère toxique qui se prête mal aux mesures de DCO, exprimée en mg/l d'oxygène, diffère de celle de la DBO.

Elle est généralement supérieure, surtout pour les eaux usées domestiques, mais il y a souvent un rapport à peu près constant entre les deux (de l'ordre de 1,5 à 2) (TARDAT-HENRY, BEAURY, 1984, et DEGREMONT, 2005).

### **2-6-4 L'azote ammoniacal**

L'azote ammoniacal se trouve sous forme d'ions d'ammonium. Ces ions se transforment rapidement en nitrites et en nitrates par oxydation, donc la teneur en azote ammoniacal dans les eaux superficielles est normalement faible (inférieure à 0,2mg/l). Habituellement,

les eaux profondes sont pauvres en ammonium; cependant, celles issues de sols riches en substances humiques ou en fer sont susceptibles de présenter des teneurs de l'ordre de 1 à 3 mg/l (REJSEK, 2002).

L'ammonium de l'environnement provient du métabolisme naturel des êtres vivants, de l'agriculture et des procédés chimiques par conséquent des concentrations plus élevées en ammonium peuvent indiquer la présence d'une pollution (eaux usées ou utilisation agricole) (BEER, 2010).

L'ammonium est toxique pour les poissons, surtout en milieu alcalin, sous forme de gaz qui diffuse facilement à travers les membranes. Une augmentation du pH, qui peut en eau douce n'être due qu'à la consommation du gaz carbonique par photosynthèse, entraîne donc une augmentation de la toxicité due à l'ammoniaque (GAUJOUS, 1995).

### **2-6-5 Nitrites**

Les ions nitrites se rencontrent dans la nature à des concentrations très faibles, où ils font partie du cycle de l'azote.

Le nitrite est essentiellement issu de la réduction microbiologique du nitrate dans des conditions anaérobies, que ce soit dans l'environnement ou dans le corps humain, et il peut également provenir d'un processus de nitrification installé dans un réseau de distribution (BEER, 2010).

Le principal effet biologique des nitrites chez l'homme est leur participation à l'oxydation de l'hémoglobine normale en méthémoglobine, qui est incapable d'assurer le transport de l'oxygène vers les tissus, cette méthémoglobinémie provoque une cyanose et dans les cas les plus graves l'asphyxie chez l'homme. D'autres groupes vulnérables à la formation de méthémoglobine sont les femmes enceintes, les nourrissons et les sujets qui présentent une carence en glucose 6-phosphate déshydrogénase ou méthémoglobine réductase (OMS, 2000).

#### 2-6-6 Nitrates

L'ion nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) est la forme stable de l'azote dans les composés contenant du dioxygène ; bien que chimiquement inerte, il peut être réduit par certains micro-organismes. Dans les régions industrielles, la teneur en nitrates de l'eau de pluie peut atteindre 5 mg/L, dans les régions rurales, les teneurs sont un peu plus faibles. Normalement la teneur en nitrates des eaux de surface est faible (0-18 mg/L), et varie souvent avec la saison et peut augmenter lorsque les rivières sont alimentées par des aquifères riches en nitrates. La norme retenue pour les eaux potables par l'OMS est de 50 mg/L (OMS, 2006).

Les principales sources de nitrate sont d'origine biologique, agricole (engrais), urbaines et industrielles (eaux usées), par conséquent, une hausse de la teneur en nitrate est le plus souvent le signe d'une influence anthropogénique (BEER, 2010).

Les nitrates ne sont pas toxiques; mais à des teneurs plus élevées provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu (BELKACEM, 2011).

#### 2-6-7 Les phosphates

On regroupe généralement sous le terme de phosphates tous les sels de l'acide phosphorique ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). A l'état naturel ils se trouvent principalement sous forme de minéraux phosphatés et de composés organophosphorés. Le phosphate est un nutriment important qui joue un rôle essentiel dans la structure de l'ADN et de l'os, comme aussi dans le métabolisme énergétique.

Le phosphore favorise le développement et la multiplication des algues dans les réservoirs et les grosses canalisations où il contribue à l'eutrophisation.

Les concentrations naturelles de phosphate dans les nappes et dans l'eau de source sont généralement  $<0.01$  mg/l.

Des teneurs plus élevées évoquent l'infiltration d'une eau de surface ou une contamination par des eaux usées ou des engrais (BEER, 2010).

### **2-7- Les paramètres de toxicité:**

#### **2-7-1- Arsenic (As):**

L'arsenic est un métalloïde très répandu dans la croûte terrestre (au niveau des roches: pollutions naturelles d'origine insecticides et industrielle), sous forme de sulfures ou d'arséniate lié à l'oxyde ou à l'hydroxyde de fer (III).

Il est présent dans certaines réserves d'eau potable, y compris les puits il se trouve donc dans les gisements de minerais dite « roches du socle » ou les roches volcaniques (massif central, Vosges...). Il existe une corrélation entre l'arsenic dans le sol et l'arsenic dans l'eau, L'arsenic s'infiltrer naturellement dans les lacs, les rivières ou l'eau souterraine lorsque des dépôts minéraux ou des roches qui en contiennent se dissolvent, il peut aussi s'infiltrer dans l'eau lors du déversement de déchets industriels ou lorsque des particules se mêlent à la poussière ou sont dissoutes dans la pluie ou la neige.

L'arsenic n'a ni goût ni odeur, il est donc impossible de savoir si l'eau potable en contient, il est connu pour sa forte toxicité générant des troubles digestifs graves pouvant entraîner la mort (l'arsenic a été d'ailleurs longtemps utilisé comme poison mortel), est surtout un cancérigène entraînant des cancers de la peau et des cancers internes.

D'autres toxicités ont été découvertes, notamment le risque vasculaire et le risque sur l'artériosclérose carotidienne découverte en 2002.

L'arsenic interfère avec le métabolisme cellulaire, ainsi qu'avec les mécanismes de transport et de réparation cellulaire, Sa toxicité chronique se manifeste par des lésions cutanées et vasculaires, et par des cancers. Ces différentes toxicités ont conduit l'organisation mondiale de la santé (OMS) à abaisser en 1993 la valeur guide de l'arsenic dans l'eau de boisson de 50 à 10 ug/L d'eau.

L'arsenic est plus facilement éliminé dans les eaux de surface que dans les eaux souterraines (GAUJOUS, 1995, BEER, 2010, et AHONON, 2011).

#### **2-7-2- Cadmium (Cd):**

Le cadmium est un métal lourd classé comme très toxique et à forte dangerosité pour l'environnement, il n'a aucune fonction connue dans l'organisme humain,

La prise orale chronique de faibles quantités de cadmium provoque des perturbations de l'homéostasie minérale et des lésions rénales comme il entraîne une diminution de la reproduction chez les crustacés et les poissons avec une perturbation de l'équilibre ionique, et provoque une diminution du taux d'hémoglobine et des pertes de calcium chez l'homme.

Le cadmium de l'environnement provient essentiellement de l'industrie métallurgique (extraction du zinc, du plomb et du cuivre), mais on le trouve également dans des pesticides et comme impureté dans les engrais minéraux phosphatés.

Il est très mobile contrairement aux autres métaux lourds, de ce fait l'OSEC fixe la valeur limite du cadmium à 5 µg/l (LALLOGO, 1992, et BEER, 2010).

### **2-7-3- Mercure (Hg):**

Le mercure est le seul métal liquide aux conditions normales, ses rejets anthropogéniques proviennent de la combustion du charbon, de la production du ciment, de l'industrie du chlore, de l'extraction de l'or.

Le mercure contenu dans l'eau et les aliments est toxique pour l'homme, qu'il soit sous forme de liquides, de vapeurs ou de sels. Ses composés organiques, comme le méthylmercure, peuvent être produits par certaines bactéries présentes dans les eaux polluées, ce qui leur confère une importance particulière.

Le méthylmercure est nettement plus toxique que le mercure anorganique, parce qu'il est bien absorbé par voie orale ; par ailleurs sa demi-vie est longue et il traverse facilement les barrières hémato-encéphalique et placentaires. Il est fortement neurotoxique et affecte le développement du cerveau (déficit moteur et mental chez le nouveau-né). L'OSEC fixe à 1 µg/l la valeur limite du mercure dans l'eau potable, il s'agit également de la valeur indicative (BEER, 2010).

### **2-7-4- Le plomb(Pb):**

Le plomb est un métal lourd que l'on trouve essentiellement sous forme de sulfure (galène) en milieu naturel, et qui présente une toxicité élevée pour l'environnement (dose tolérable selon les normes de l'OMS: 0,001mg/L).

Sa présence est directement liée à la métallurgie (monnaie, canalisations et ustensiles de cuisine), l'industrie, l'imprimerie et la fabrication des peintures et d'hydrocarbures.

Il s'accumule dans le corps, dans les os en particulier, Son absorption chronique est nocive, même à des quantités relativement limitées,

Il affecte le développement du système nerveux et la formation des cellules sanguines ; il est également toxique pour les reins.

La présence de plomb dans l'eau potable est essentiellement due à des problèmes de canalisation et de robinetterie, sa concentration est généralement négligeable dans l'eau brute. L'OSEC fixe la valeur limite du plomb à 0.01 mg/l pour l'eau du robinet tirée après 5 minutes d'écoulement t (BEER, 2010 et RODIER, 1975).

#### **2-7-5- Chrome(Cr):**

Le chrome se trouve le plus souvent à l'état d'oxydation -III (trivalent) et +VI (hexavalent), ce dernier [Cr(VI)] est extrêmement toxique et cancérigène, il est très soluble dans l'eau, contrairement au chrome trivalent qui l'est très peu et qui se lie surtout à des particules, les sources de pollution sont principalement l'industrie d'affinage du fer et de l'acier (galvanoplastie, tanneries, raffineries).

Le chrome pollue donc souvent les eaux de surface via les eaux usées, mais également par infiltration et par les sites contaminés, on le trouve parfois dans les eaux souterraines, la valeur limite du chrome VI est fixée par l'OSEC à 20 µg/l (BEER, 2010).

#### **Conclusion:**

Les eaux naturelles conventionnelles sont rarement potables à l'état brut, du fait de la présence de diverses substances d'origine naturelle ou anthropique (rejets).

Même une eau d'apparence limpide peut transporter en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour les organismes humains, c'est la raison pour laquelle l'eau doit donc être traitée, et protégée avant d'être consommée.

Cette pollution des ressources en eaux rend l'opération de surveillance et de traitement de plus en plus délicate, complexe et onéreuse, obligeant ainsi les organismes de traitements à rester très vigilant. Ces techniques qui ne cessent d'évoluer font aujourd'hui du traitement de l'eau une industrie de pointe très florissante

# **Chapitre III**

## **Partie expérimentale**

## Introduction :

La ville de Tizi-ouzou est alimentée par plusieurs stations, la station de Boukhalfa pour la partie Ouest, le forage de pont de bougie pour la partie Nord et le renforcement par le barrage de Taksebt pour la nouvelle ville. Et afin d'assurer une alimentation en eau continue et régulière de la ville, l'utilisation des eaux des différentes stations comme appoints s'avèrent une solution adéquate et plus que justifier. Pour cela une étude des eaux des forages de Boukhalfa sont effectuée au niveau de l'ADE ce qui est l'objet de notre travail.

La station de Boukhalfa est composé de dix (10 forages) dont un il n'est pas en fonction pour la cause de manque de ressources, les forages se présentent comme suit :

- BK1	100 m <sup>3</sup> /h	109.9m
- BK2	25 m <sup>3</sup> /h	109 m
- BK3	35 m <sup>3</sup> /h	109.8m
- BK4	100 m <sup>3</sup> /h	109m
- BK5	100 m <sup>3</sup> /h	100m
- BK6	70 m <sup>3</sup> /h	109m
- BK7	57 m <sup>3</sup> /h	109m
- BK8	55 m <sup>3</sup> /h	109m
- BK9	100 m <sup>3</sup> /h	94.2m
- BK10	0 m <sup>3</sup> /h	MR (manque de ressource)

**Nb :** les forages sont groupés en un seul réservoir

Pour cela une étude de ces eaux est effectuée au niveau de l'ADE ce qui est l'objet de notre travail.

## 1-Matériels :

### 1-1-Appareillage :

- > PH mètre HACH senson3 ;
- > Conductimètre senson7 ;
- > Turbidimètre HACH ;
- > Oxymétrie ;
- > Etuve réglable à 105-110°C et 175-185°C ;
- > Bain marie ;
- > Spectrophotomètre Hach ;
- > Spectrophotomètre d'émission de flamme ;
- > Agitateur magnétique ;
- > Incubateur ;
- > Dessiccateur ;
- > Pomme à eau ;
- > Etuve (22°C ,37°C et 44°C) ;

- > Rampe de filtration à trois postes ;
- > Autoclave ;
- > Appareil à reflux ;
- > Etuves réfrigérées ;
- > Comparsateur ;
- > Dispositif de filtre sous vide ou sous pression ;
- > Flocculation.

#### **1-2-Verrerie et autres matériels :**

- > Tubes à essais stériles ;
- > Pipettes graduées 1ml ; 2ml ; 5ml et 10ml stériles ;
- > Pipettes pasteur ;
- > Flacons de 250ml, 500ml et 100ml ;
- > Fioles (coniques, jaugées) ;
- > Burettes ;
- > Béchers ;
- > Erlenmeyer ;
- > Thermomètre ;
- > Cloche de durham
- > Tubes de centrifugation ;
- > Anse a boucle et anse à fil droit ;
- > Boites de pétri en plastique ;
- > Papier aluminium ;
- > Spatules ;
- > Anse pasteur à boucle ;
- > Pincés ;
- > Bec-bunsen ;
- > Pissettes ;
- > Coton ;
- > Réfrigérant ;
- > Agitateurs ;
- > Sonde DBO ;

#### **1-3- milieux de culture :**

##### **❖ Les germes revivifiables à 22 et 37°C :**

- Gélose Tryptophane Glucose Extrait de levure d'AGAR ( TGEA) ;
- Eau physiologique.

##### **❖ Coliformes totaux et coliformes fécaux :**

- Gélose lactosée au TTC et au Tergitol 7 ;
- Gélose TSA ;
- Milieu de Schubert ;
- Bouillon au pourpre de bromocresol (B.C.P.L) ;

- Bouillon lactosé bilié au vert brillant (B.L.B.V.B) ;
- Disques d'oxydase ;
- Réactifs de Kovacs.

❖ **Streptocoques fécaux :**

- Gélose SLANETZ et BARTLEY ;
- Gélose biliée à l'esculine et l'azoture (B.E.A) ;
- Bouillon glucosé à l'azide de sodium (Rothe) ;
- Milieu Litsky (E.V.A).

❖ **Clostridium sulfito-réducteur :**

- Gélose viande-foie (VF) ;
- Additifs : -sulfite de sodium ;  
-alun de fer.

❖ **Salmonelles :**

- Eau peptonée tamponnée (E.P.T) ;
- Milieu Rappaport Vassiliadis (RV) ;
- Gélose Hektoen.

## 2- analyses physico-chimiques :

### 2-1 Mesure du pH : méthode électrique avec électrode en verre :

❖ **Mode opératoire :**

- Etalonner le pH mètre avec une solution tampon ;
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée ;
- Immerger l'électrode dans l'échantillon ;
- Procéder à une agitation ;
- Faire la lecture après stabilisation du pH à une température de 20°C.

❖ **Expression des résultats :**

Les mesures sont exprimées en unités de pH (Rodier et al,2005)

### 2-2-mesure de la turbidité :

**a-Etalonnage :**

- Remplir la cuve avec de l'eau distillée ;
- appuyer sur le bouton zéro ;
- afficher sur l'écran le zéro.

**b-mesure :**

- remplir la cuve avec de l'eau à analyser ;
- appuyer sur le bouton mesure ;
- faire la lecture après stabilisation de la cuve.

**c-Expression des résultats :**

La turbidité d'une eau est exprimée en unité formazine qui correspond à une unité néphélométrie(NTU).

**2-3-mesure de la conductivité :****Mode opératoire :**

L'appareil utilisé est un conductimètre.

Etalonner l'appareil avec un seul étalonnage de 1000 $\mu$ S/cm chaque matin.

Rincer plusieurs fois la cellule a conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.

Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer des bulles d'air sur les électrodes. Introduire alors le thermomètre aussi près que possible de cellule. la température du liquide ne devra en aucun cas varier pendant la mesure.

**Expression des résultats :**

La conductivité électrique de l'eau est donnée par l'expression :

$$\text{Cond (ms/cm)} = \text{Conductivité (ms)/ K (constante d'étalonnage)}$$

Cette mesure est donnée à une température =20°C

La température, la salinité et le TDS sont déterminés aussi par le conductimètre (Rodier et al, 2005).

**2-4- Dosage de l'oxygène dissous, méthode électrochimique à la sonde :**

-L'appareil utilisé est un oxymétrie.

-l'étalonnage de l'appareil se fait avec de l'eau distillée.

-rincer électrode avec l'eau distillée.

-procéder à une agitation.

-immerger l'électrode dans l'échantillon.

-faire la lecture après stabilisation de la valeur de l'oxygène dissous affichée sur l'oxymétrie.

-les résultats sont exprimés en mg/l (Rodier et al, 2005).

**2-5- Détermination de l'alcalinité, méthode volumétrique :****❖ Réactifs :****• Solution alcoolique de phénophtaléine à 0,5% :**

- Phénophtaléine.....5 g
- Alcool éthylique.....500ml
- Eau distillée.....500ml

**• Solution de méthylorange à 0,50 % :**

- Méthylorange.....0,5g
- Eau distillée.....100ml.

❖ **Mode opératoire :**❖ **Détermination de TA :**

Prélever dans un erlenmeyer, 100ml d'eau à analyser. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution de phénophtaléine. Une Coloration rose doit alors se développer dans le cas contraire le TA est nul, ce qui se produit en général pour les eaux naturelles le Ph est inférieur à 8,3. Verser ensuite l'acide dans l'erlenmeyer à l'aide d'une burette en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH 8.3). Soit V les millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage.

❖ **Détermination de TAC :**

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouté (2) gouttes de solution de méthylorange et tirer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH 4,3) s'assurer qu'une goutte d'acide en excès provoque le passage de la coloration du jaune orangé au rose orangé (Ph 4). Soit V le nombre de millilitres d'acide N/50 versés depuis le début du dosage. Retrancher de ce volume 0.5 ml quantité d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur, qui un peu plus faible que le PH de neutralisation exacte de l'hydrogénocarbonate.

❖ **Expression des résultats :**• **TA :**

-  $V/5$  exprime le titre alcalimétrique en milliéquivalents par litre.

- V Exemple le titre alcalimétrique en degrés français (en effet, 1° F correspond à 10mg de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) ou 0.2 mEq/l).

• **TAC :**

○  $\frac{V'-0,5}{5}$  exprime le titre alcalimétrique complet en milliéquivalent par L

○  $V' - 0,5$  exprime le titre alcalimétrique complet en degrés français (ISO 6059/1984).

**2-6- Détermination de la dureté (TH), méthode titrimétrique à l'EDTA :**❖ **Principe :**

Titration par complexométrie de calcium et de magnésium avec une solution aqueuse D'EDTA à PH de 10. Le mordant noir 11, qui donne une couleur violette en présence des ions de calcium et de magnésium, est utilisé comme indicateur.

Lors du titrage, l'ADTA réagit d'abord avec les ions calcium et de magnésium libres en solution puis, au point d'équivalence, avec les ions calcium et magnésium combinés avec l'indicateur et provoque en changement couleur de violet à bleu.

Les résultats sont exprimés en unité de concentration de quantité de matière.

❖ **Réactifs :**

- Solution tampon : dissoudre 67,5g de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) dans 570ml de solution ammoniacale, ajouté ensuite 5.0g de sel di sodique de magnésium de l'ADTA ( $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2\text{Mg}$ ) et diluer à 1000ml avec l'eau.
- EDTA , solution titrée,  $c(\text{Na}_2\text{EDTA}) = 10\text{mmol/l}$  : sécher une portion d'ADTA à  $80^\circ\text{C}$  pendant 2h, dissoudre 3.725 g du sel sec dans l'eau et diluer à 1000ml dans une fiole jauger.
- Mordant noir 11, indicateur : dissoudre 0.5g de sel de sodium de mordant noir dans 100ml de triéthanolamine, afin de diminuer la viscosité de la solution.

❖ **Mode opératoire :**

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml de l'échantillon dans une fiole conique de 250 ml. Ajouté 4ml de la solution tampon et 3 gouttes de l'indicateur mordant noir 11. La solution doit se colorer en rouge foncé violet. Tirer immédiatement à l'aide de la solution d'EDTA versée à partir d'une burette, tout en agitant constamment. Verser rapidement au début de dosage puis lentement vers la fin.

Ajouter la solution d'EDTA goutte à goutte dès que la couleur de la solution commence à virer du rouge et du violet au bleu. Le point final de virage est atteint lorsque la dernière nuance rouge a disparu. La couleur ne doit plus changer par addition d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

❖ **Expression des résultats :**

La teneur globale en calcium et en magnésium,  $C_{\text{CA}+\text{Mg}}$ , exprimée en milli-moles par litre, est donnée par l'équation :

$$C_{\text{CA} + \text{Mg}} = C_1 \cdot v_1 / v_0$$

$C_1$  : est la concentration, exprimée en milli-moles par litre, de la solution d'EDTA ;

$V_0$  est le volume, en millilitres, de l'échantillon utilisé ;

$V_3$  est le volume, en millilitres, de solution d'EDTA, utilisé pour le titrage (ISO 6059-1984 (F))

**2-7 Dosage du calcium : méthode titrimétrique à l'EDTA :**❖ **Principe :**

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse d'EDTA à pH compris entre 12 et 13. Le HSN qui forme un complexe rouge avec le calcium est utilisé comme indicateur. Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage.

Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium libre, puis avec les ions combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu clair.

❖ **Réactifs :**

- Hydroxyde de sodium, solution de 2mol/l ; dissoudre 8g de (Na) dans 100 ml d'eau fraîchement distillée ;
- EDTA solution titrée,  $c(\text{Na}_2\text{EDTA}) = 10 \text{ mmol/l}$  ; sécher une portion d'EDTA à 80°C pendant 2h, dissoudre 3,725 g du sel sec dans de l'eau et diluer à 1000 ml dans une fiole jaugée ;
- Indicateur HSN : mélanger soigneusement 0,2 g d'acide calcane carboxylique ( $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_7\text{S}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) et 100 g de chlore de sodium (NaCl)

❖ **Mode opératoire :**

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 250 ml. Ajouter 2 ml de la solution de NaOH et environ 0.2 g de l'indicateur HSN.

Mélanger et doser immédiatement. Ajouter la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter.

Verser lentement. Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement bleue. La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

❖ **Expression des résultats :**

La teneur en calcium,  $C_{ca}$  exprimée en millimoles par litre, est donnée par l'équation :

$$C_{ca} = C_1 \cdot V_3 / V_0$$

$C_1$  est la concentration en EDTA exprimée en mmole/l ;

$V_0$  est le volume, en ml, de la prise d'essai ;

$V_3$  est le volume en ml de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage ;

Si l'on désire exprimer la teneur en calcium en mg/l, celle-ci est donnée, par l'équation :

$$C_{ca} = C_1 \cdot V_3 \cdot A / V_0$$

$A$  : est la masse atomique relative du calcium (40,08)

Si une dilution de l'échantillon a été utilisée, en tenir compte dans le calcul en utilisant le facteur de dilution  $F$  (ISO 6058 : 1984)

### 2-8- dosage des chlorures : titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (méthode de Mohr) :

❖ **Réactifs :**

- Solution de nitrate d'argent à 0.01 N (1,6987 g d' $\text{AgNO}_3$ , q.s.p 1000 ml) ;
- Solution de chlorures à 71 mg/l ;
- Indicateur coloré  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  à 10 %. (10g de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , q.s.p 1000 ml).

❖ **Mode opératoire :**

- Prendre 5 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 gouttes de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (coloration jaunâtre) ;
- Titrer avec  $\text{AgNO}_3$  à 0.01N jusqu'à coloration brunâtre

❖ **Expression des résultats :**

$$\text{Cl}^- \text{ mg/l Cl}^- = V_{\text{AgNO}_3} \cdot 71 \cdot F$$

$V_{\text{AgNO}_3}$  : Volume d' $\text{AgNO}_3$  nécessaire pour le dosage de l'échantillon ;

F : Facteur de correction du titre d'AgNO<sub>3</sub> ;

Pour le F :

- Prendre 5 ml de la solution mère à 71 mg/l ;
- Ajouter deux gouttes de l'indicateur coloré ;
- Doser par AgNO<sub>3</sub> à 0.01N jusqu'au virage (couleur brunâtre)

## 2-9- Détermination de l'indice de permanganate, méthode titrimétrique :

### Réactifs :

- Acide sulfurique, (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) = 2 mol/l.
- Oxalate de sodium, solution étalon, (Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) = 5 mmol/l.
- Permanganate de potassium, solution titrée, (KMnO<sub>4</sub>) = 2mmol/l.

### ❖ Mode opératoire :

Diluer les échantillons ayant un indice de permanganate élevé de façon à ce que les résultats pour les échantillons dilués soient dans la zone de 0.5 mg/l à 10 mg/l.

Transférer, à l'aide d'une pipette, 25 ml d'échantillon (ou d'échantillon dilué) dans un tube à essai. Ajouter 5 ml d'acide sulfurique et mélanger en agitant doucement.

Ajouter 5 ml de la solution étalon de permanganate de potassium.

Placer le tube à essai dans le bain d'eau bouillante pendant 10 min±2min.

Après 10 min, ajouter 5 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 mol/l et attendre que la solution se décolore. Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution étalon de permanganate de potassium jusqu'à une coloration rose pâle persistante pendant environ 30 s. noter le volume V<sub>1</sub> de solution de permanganate consommé.

Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 25 ml d'eau.

Noter le volume, V<sub>0</sub> de solution de permanganate consommé.

Conserver la solution titrée pour l'étalonnage de la solution étalon de permanganate de potassium.

A la solution titrée conservée pour la détermination du blanc, ajouter 5.00 ml de la solution d'oxalate de sodium. Réchauffer la solution, si nécessaire, à environ 80°C et titrer avec du permanganate jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante pendant environ 30 s.

Noter le volume, V<sub>2</sub>, de solution de permanganate consommé.

### ❖ Expression des résultats :

Calculer l'indice de permanganate, I<sub>mn</sub>, exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, à l'aide de l'expression suivante

$$I_{mn} = \frac{V_1 - V_0}{V_2} \cdot f$$

V<sub>0</sub> : est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc ;

V<sub>1</sub> : est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai ;

$V_2$  : est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé pour l'étalonnage ;

$F$  : est le facteur, en milligrammes par litre, utilisé pour recalculer l'oxygène et pour tenir compte du volume d'échantillon utilisé ;  $f$  est calculé comme suit :

$$f = V_4 \cdot c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot M_0 \cdot 1000 / 1000 \cdot V_5$$

$V_4$  : est le volume, en millilitres, de la solution étalon d'oxalate de sodium consommé pour la détermination dans le cas présent :5.

$c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$  :est la concentration de quantité de matière, en millimoles par litre, de la solution étalon d'oxalate de sodium (dans le cas présent :5)

**1000(numérateur)**: est le facteur utilisé pour calculer  $c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ , de mmol/l en mmol/ml, en ml/l.

$M_0$ :est la masse molaire, en milligrammes d'oxygène par millimole, pour recalculer l'oxygène (dans le cas présent :16) ;

$v_5$  est le volume d'échantillon utilisé, en millilitres (dans le cas présent :25) ;

**1000(dénominateur)**: est le facteur utilisé pour recalculer la valeur mesurée à 1 litre du volume d'échantillon, en millilitres par litre (ISO 8467 NA : 2064).

## 2 –10- Dosage de l'ammonium : méthode spectrométrique :

### ❖ Réactifs :

#### • Réactifs coloré :

- Salicylate de sodium..... 13 g ;
- Citrate trisodique dihydraté..... 13 g ;
- Sodium nitropentacyanoferrate(III) dihydraté.....0.097g ;
- Eau distillée.....100 ml

#### • Solution de dichloroisocyanurate de sodium :

- Hydroxyde de sodium.....3.2 g
- Eau distillée .....0.2 g
- Eau distillée.

### ❖ Mode opératoire :

Prendre 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50 ml ;

Ajouter 4 ml du réactif coloré et mélanger, il y aura alors apparition d'une coloration jaune.

Ajouter 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser et, compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Après 1 heure de l'ajout de la solution du réactif, s'il y aura apparition d'une coloration verdâtre, mesure la concentration en ion d'ammonium à une longueur d'onde de 655 nm avec le spectrophotomètre.

**Essai à blanc :**

Procéder comme décrit précédemment, mais en utilisant 40 ml d'eau distillée à la place de la prise d'essai (ISO 7150/1-19845(F)).

**2-11- dosage des ions nitrites, méthode spectrométrique :**❖ **Réactifs :**

- Solution du réactif.
- Sulfamide( $C_6H_8N_2O_2S$ )..... 20g
- Acide phosphorique.....50ml
- N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté( $C_{12}H_{16}Cl_2N_2$ ).....1g
- Eau distillée.....750ml.

❖ **Mode opératoire :**

Dans le cas d'échantillons troubles, il faut filtrer sur un filtre à membrane de 0.45  $\mu$ m.

Introduire 40 ml de l'échantillon (filtré) dans une fiole jaugée de 50 ml. Ajouter 1 ml de la solution du réactif, bien mélanger, compléter avec de l'eau distillée à 50 ml pour assurer que le pH adéquat est atteint après l'ajout du réactif (pH<1.9) et bien mélanger.

Après 20 à 30 mn de l'ajout du réactif, s'il ya apparition d'une coloration rose, mesurer l'absorbance à une longueur d'onde= 540 nm dans une cuvette de 1cm.

Le blanc étant composé d'eau distillée, traité de la même manière que les échantillons.

❖ **Expression des résultats :**

La valeur donnée par spectrophotomètre correspond à la concentration en N-NO<sub>2</sub> donc pour avoir la concentration en NO<sub>2</sub> on doit multiplier la valeur par 3,29(iso 6777 :1984).

**2-12 dosages des nitrates, méthode spectrométrique :**❖ **Réactifs :**

- Mélange acide :
  - acide sulfurique ( $H_2SO_4$ )..... 500ml
  - acide orthophosphorique( $H_3PO_4$ ) .....500ml
  - acide amidosulfonique.....0,040g
- Diméthyle-2.6phénol, solution à 1.2g/l

❖ **Mode opératoire :**

A l'aide d'une éprouvette, introduire 35 ml du mélange acide dans une fiole conique séchée de 100 ml, puis ajouter 5 ml de l'échantillon et 5 ml de la solution de diméthyle-2.6 phénol.

Mélanger soigneusement le contenu de la fiole par agitation circulaire et laisser reposer pendant 10 à 60 mn.

Effectuer un essai à blanc parallèlement au dosage en utilisant 5 ml d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

La concentration en azote nitrate est la valeur donner par le spectrophotomètre à une longueur d'onde de 324 mn, la concentration en Nitrate est égale à N-NO<sub>3</sub>\*4 ,427(ISO 7890/1-1986).

**2-13 déterminations des sulfates ( $\text{SO}_2^{-4}$ ), méthode spectrométrique :****❖ Réactifs :**

- Solution stabilisante :
  - Acide chlorhydrique .....60ml
  - Ethanol .....200ml
  - Chlorure de sodium .....150ml
  - Glycérol ..... 100ml
  - Eau distillée . .....qsp 500ml
- Solution de chlorure de baryum.
  - Chlorure de baryum..... 150g
  - Acide chlorhydrique ..... 5 ml
  - Eau distillée .....qsp 500 ml

**❖ Mode opératoire :**

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1mn.
- Passer au spectrophotomètre à  $\sigma = 420 \text{ nm}$ .

**❖ Expression des résultats :**

$\text{SO}_2^{-4}(\text{mg/l}) = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre} * \text{la dilution}$ .

**2-14- Détermination des phosphates, méthode spectrométrique :****❖ Principe :**

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartre double d'antimoine et de potassium.

Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption.

**❖ Réactifs :**

- Réactif mélange :
  - a )- 13g d'heptamolybdate d'ammonium.....qsp 100 ml H<sub>2</sub>O distillée;
  - b)-0.35g de tartrate d'antimoine.....qsp 100ml H<sub>2</sub>O distillée;
  - c)150 ml d'acide sulfuriques concentré..... qsp 300ml H<sub>2</sub>O distillée.
- Acide ascorbique :
  - 10 g acide ascorbique..... .qsp 100ml H<sub>2</sub>O distillée.

**❖ Mode opératoire :**

Prendre 40 ml d'eau à analyser ;

Ajouter 1ml d'acide ascorbique et 2ml du réactif mélange ; Incubation pendant 10 min ; L'apparition d'une coloration bleue indique la présence des phosphates.

Mesurer l'absorbance à 880 nm. Les résultats sont exprimés en mg/l (ISO 6878, 1986).

### **2-15- Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO), méthode titrimétrique :**

#### **❖ Réactifs:**

-Acide sulfurique-sulfate d'argent ;

-Dichromate de potassium, solution étalon de référence,  $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,040 \text{ mol/l}$ , contenant un sel de mercure(II).

-Sulfate de fer (II) et d'ammonium, solution titrée  $c[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}] \sim 0,12 \text{ mol/l}$ .

#### **❖ Mode opératoire:**

Transvaser 10 ml de l'échantillon pour l'analyse (dilué, si nécessaire) dans la fiole de l'appareil à reflux et ajouter 5 ml de la solution de dichromate de potassium et agiter soigneusement. Ajouter lentement et avec précaution 15 ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent et raccorder immédiatement la fiole au réfrigérant.

Amener le mélange réactionnel à l'ébullition en 10 min et continuer l'ébullition pendant encore 110 min. La température du mélange réactionnel doit être de 148°C. Après 120 min, laisser refroidir la fiole à température ambiante et rincer le réfrigérant avec un petit volume d'eau.

Enlever le réfrigérant et diluer le mélange réactionnel à environ 75 ml. Titrer l'excès de dichromate avec la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium, en présence de 2 gouttes de la solution d'indicateur à la ferroïne jusqu'au virage de la couleur jaune verte au marron.

Essai à blanc: effectuer en parallèle un essai à blanc en suivant le même mode opératoire précédant, mais en remplaçant la prise d'essai de 10 ml par de l'eau distillée.

#### **❖ Expression des résultats:**

La demande chimique en oxygène, DCO, exprimée en milligrammes par litre, est donnée par la formule:

$$\text{DCO} = 8000 \cdot c(V_1 - V_2)/v_0$$

**c** : est la concentration en quantité de matière, exprimée en mole par litre, de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium ;

**V<sub>0</sub>** : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai avant dilution (s'il y a lieu) ;

**V<sub>1</sub>** : est le volume, en millilitres, de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium, utilisé pour l'essai à blanc ;

**V<sub>2</sub>** : est le volume, en millilitres, de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium utilisé pour la détermination ;

**8000** : est la masse molaire, en milligrammes par litre, d'un demi d'oxygène.

Exprimer le résultat au milligramme par litre le plus proche. Les valeurs inférieures à 30 mg/ doivent être notées « <30 mg/l » (ISO 6060).

## **2-16- Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO5):**

### **❖ Mode opératoire:**

Remplir une fiole de 428 ml jusqu'au maximum avec de l'échantillon à analyser.

Verser le volume prélevé dans une bouteille d'échantillon Ajouter un barreau d'agitation aimanté propre dans la bouteille;

Verser deux gouttes de solution d'hydroxyde de potassium (KOH) à 45 % dans une coupelle hermétique sèche et insérer la coupelle hermétique dans la bouteille d'échantillon. Placer le sonde DBO sur la bouteille d'échantillon et resserrer soigneusement les coupelles. Mettre le compteur à zéro et démarrer l'agitateur.

Le sonde DBO prend une mesure par 24 heures pendant au maximum 5 jours.

## **2-17- Dosage du fer (II), méthode spectrométrique à la phénanthroline-1,10:**

### **❖ Réactifs:**

- Tampon d'acétate : dissoudre 40g d'acétate d'ammonium ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) dans l'eau, ajouter 50ml d'acide acétique cristallisable ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).  $P=1,06\text{g/ml}$  compléter à 100ml avec de l'eau.

- Chlorhydrate d'hydroxylamine, solution à 100g/l : dissoudre 10g de chlorhydrate d'hydroxylamine ( $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HO}$ ) dans l'eau et compléter à 100ml. Cette solution reste stable pendant une semaine au moins.

- Solution de phénanthroline-1,10 : alternativement dissoudre 0,42g de phénanthroline-1,10 mono hydratée ( $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ ) dans 100ml d'eau contenant deux gouttes de solution d'acide chlorhydrique.

Cette solution est stable pendant une semaine si elle est conservée à l'obscurité.

### **❖ Mode opératoire:**

A l'aide d'une pipette, pipeter 40ml de l'échantillon dans une fiole de 50ml. Ajouter 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement, ajouter 2ml de tampon acétate pour obtenir un pH compris entre 3,5 et 5,5 de préférence 4,5 ; ajouter enfin 2ml de la solution de phénanthroline-1,10. Compléter à 50ml puis conserver la fiole à l'obscurité pendant 15mn.

Un blanc est préparé de la même manière mais en remplaçant les 40ml de la prise d'essai par 40 ml d'eau distillée.

### **❖ Expression des résultats:**

Après 15min, mesurer l'absorbance des solutions à 510 nm. Les résultats sont exprimés en mg/l (ISO 6332-1988 (F))

## 2-18- Dosage du potassium ( $K^+$ ) et du sodium ( $Na^+$ ) par spectrométrie d'émission de flamme:

### ❖ *Mode opératoire:*

#### - Pour le potassium:

Dissoudre 1.907g de KCl (ayant été séché à 105 C pendant une heure de temps) dans un litre d'eau distillée. Cette solution a, ainsi, une concentration égale à 1000 mg/l de potassium ( $K^+$ ).

Soit  $C_i = 1000$  mg/l. La solution doit être stockée dans une bouteille en plastique.

A partir de  $C_i$  préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l, en prélevant 1ml q.s.p 100ml.

Faire passer la solution de 10 mg/l trois fois, et ça doit afficher « 10 ».

Filtrer les échantillons contenant des matières particulaires, sur un filtre lavé par un acide, de diamètre des pores de 0,45µm, pour éviter un colmatage du pulvérisateur et du brûleur. Faire passer ensuite les échantillons. Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/l, procéder à la dilution de l'échantillon.

Les concentrations correspondent aux extinctions x facteur de dilution.

#### - Pour le sodium:

Peser 2.54g de chlorure de sodium, ayant séché pendant une heure, dans une étuve à 105°C. Dissoudre cette même quantité dans de l'eau distillée et compléter à 1l. Cette solution a une concentration de 1 000 mg/l de sodium. Conserver cette solution dans une bouteille en plastique.

Par dilution, préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l en prélevant 1 ml de la solution précédente dans 100 ml d'eau distillée.

Faire passer au photomètre à flamme la solution d'étalonnage de 10 mg/l, trois fois. Filtrer les échantillons contenant des matières particulaires, sur un filtre lavé par un acide, d'ouverture de pores de 0,45µm, pour éviter un colmatage du pulvérisateur et

du brûleur. Faire passer les échantillons. Si la concentration en  $Na^+$  est supérieure à 10 mg/l, procéder à la dilution de l'échantillon.

Les concentrations correspondent aux extinctions x facteur de dilution (ISO 9964-3: 1993 (F)).

## 2-19- Dosage du manganèse, méthode au persulfate d'ammonium:

### ❖ *Réactifs:*

- Eau distillée exempte de substances réductrices.
- Persulfate d'ammonium  $(NH_4)_2 S_2O_8$ .
- Réactif:
  - Sulfate mercurique ..... 75g
  - Acide nitrique N ..... 400ml
  - Eau distillée ..... 200ml

- Acide phosphorique à 85 % ..... 200ml
- Nitrate d'argent ..... 0,035g
- Eau distillée ..... qsp 1000 ml.

❖ **Mode opératoire:**

Prendre 85 ml de l'échantillon + 5 ml du réactif.

Ajouter 1g de persulfate d'ammonium et porter à ébullition pendant 1 min; refroidir rapidement.

Amener le volume à 100 ml avec de l'eau distillée.

Le blanc traité de la même manière que l'échantillon (RODIER et al, 2005).

**2-20- Détermination des matières en suspension :**

❖ **Mode opératoire:**

Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105°C) jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1 mg près après passage au dessiccateur. Le mettre en place sur l'équipement de filtration. Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser l'échantillon (V) sur le filtre. Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10 ml d'eau distillée. Faire passer sur le filtre cette eau de lavage.

Laisser essorer le filtre, sécher à 105°C. Laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1 mg près, jusqu'à poids constant.

❖ **Expression des résultats:**

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/l) est donnée par l'expression suivante:

$$M_1 - M_0 / V * 1000$$

$M_0$  = masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

$M_1$  = masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V = volume d'eau utilisé (ml) (RODIER et al, 2005).

**2-21- Détermination de la teneur en Aluminium, méthode au rouge d'Alizarine:**

❖ **Réactifs :**

- Chlorure de calcium ;
- Acide thioglycolique ;
- Solution tampon pH=4,6 ;
- Solution en rouge d'Alizarine

❖ **Mode opératoire :**

Prendre 25 ml de l'échantillon (prise d'essai) ;

Ajouter 2,5 ml de la solution de chlorure de Calcium ;

Ajouter 1 ml de l'acide thioglycolique ;

Ajouter 5 ml de la solution tampon ;

Ajouter 1 ml de la solution de rouge d'Alizarine S ;

Diluer à 50 ml avec de l'eau distillée ;  
Bien mélanger et laisser reposer pendant 90 à 120mn ;  
Mesurer l'absorbance à 490 nm.

**- Analyses bactériologiques:**

**3-1- Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 22 et à 37°C:**

***a- Mode Opérateur:***

Réalisée en vue de réduire le nombre de micro-organismes par unité de volume pour permettre, après incubation, d'observer leur développement (cas des tubes) ou d'effectuer le dénombrement des colonies (cas des boîtes).

- Préparer sur un portoir une série de tubes contenant 9 ml d'eau physiologique, correspondant au nombre de dilutions décimales choisies.
  - Travailler dans la zone de stérilité du bec Bunsen, délimitée à un diamètre de 20 cm.
  - Agiter le flacon par papotement successifs afin d'obtenir une répartition homogène des micro-organismes.
  - Pipeter stérilement 1 ml d'échantillon homogénéisé avec une pipette stérile, et l'introduire dans un tube de 9 ml d'eau stérile.
  - Avec la même pipette, porter aseptiquement 1 ml en double de l'échantillon homogénéisé (SM) dans deux boîtes de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage comme l'indique le schéma n°1 ci-après.
  - Jeter la pipette dans un bac contenant de l'eau de Javel diluée.
  - Homogénéiser soigneusement la prise d'essai et le diluant pendant 5 à 10 secondes.
  - On obtient une dilution au 1/10 que l'on peut symboliser  $10^{-1}$
  - Avec une nouvelle pipette, transférer 1 ml de cette première dilution homogénéisée dans un second tube et procéder comme pour la première dilution.
  - On obtient une dilution au 1/100 que l'on peut symboliser  $10^{-2}$
  - Avec la même pipette, porter aseptiquement 1 ml en double dans deux boîtes de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage.
  - Continuer ainsi jusqu'à la dilution désirée.
  - Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à  $45 \pm 2^{\circ}\text{C}$  (ensemencement dans la masse). Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.
- 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, sur une surface fraîche et horizontale. Laisser solidifier les boîtes sur pailleasse. Les boîtes seront partagées en deux séries distinctes:
- La première série sera incubée à  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant  $68 \pm 4$  heures,
  - La seconde série sera incubée à  $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , pendant  $44 \pm 4$  heures.

***b- Lecture et interprétation:***

Les colonies de microorganismes revivifiables apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes. Retenir les boîtes contenant moins de 300 colonies. Il faut qu'une boîte renferme au moins 15 colonies.

Calculer ensuite la valeur du nombre N, de microorganismes revivifiables à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  à part et celle du nombre N de microorganismes revivifiables à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  à part, en tant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \frac{\Sigma c}{1,1 \times d}$$

où:

$\Sigma c$  : est la somme des colonies dénombrées sur deux boites de dilutions successives retenues.

$d$  : est le taux de dilution correspondant à la première dilution.

Arrondir les résultats calculés à deux chiffres significatifs après la virgule.

Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à  $22^\circ\text{C}$  et à  $37^\circ\text{C}$  par ml d'eau est noté par un nombre d'unités formant colonies par ml d'eau (UFC/ml), compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par  $10^x$  où x est la puissance appropriée de 10 (Norme NF EN ISO 6222, Norme NF EN ISO 6887-1).

### 3-2- Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes:

#### ❖ *Méthode par filtration:*

##### *a- Mode opératoire:*

- Mettre en route la pompe à vide et ouvrir le robinet.
- stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec Bunsen.
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile.
- Fermer le robinet.
- Prélever une membrane de porosité de 0,45µm dans son emballage stérile en le saisissant par son bord extérieur, avec une pince flambée et refroidie.
- L'étaler sur la plaque poreuse.
- » Installer le dispositif de fixation.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- Verser aseptiquement 100 ml d'eau à analyser, devant un bec Bunsen.
- Actionner la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir et transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile en le saisissant par son extrême bord.
- Déposer la membrane sur la surface d'une plaque de gélose TTC préalablement préparée en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air. .
- Cette dernière sera incubée couvercle en bas à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $21 \pm 3$  heures voire  $44 \pm 4$  heures et servira à la recherche des bactéries coliformes, suivie de l'identification des *Escherichia coli*.

- Les bactéries retenues à la surface sont nourries à travers la membrane par les pores de celle-ci.

**Remarque:** Une extension de la durée d'incubation jusqu'à  $(44 \pm 4)$ h peut augmenter la sensibilité de l'essai et peut être particulièrement utile pour les boîtes ne présentant pas de colonies typiques après  $(21 \pm 3)$ h.

**b- Lecture et interprétation:**

Après la période d'incubation spécifiée, on dénombre les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune. On repique de façon aléatoire 5 à 10 colonies à des fins de confirmation basée sur le test à l'oxydase d'une part et la production d'indole d'autre part.

**- Test à l'oxydase:**

Pour les besoins de ce test, on effectue tout d'abord un repiquage sur gélose TSA à la caséine de 5 à 10 colonies, à incuber à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $21 \pm 2$  heures, puis on effectue le test de l'une des façons suivantes:

> On imbibe un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis on dépose une colonie caractéristique.

> On verse 2 à 3 gouttes du réactif à l'oxydase préparé extemporanément (Tétraméthyl-p-phénylènediamine) sur un papier filtre puis on étale dessus une partie de la culture.

Dans les deux cas la réaction positive est immédiate et se traduit par un virage au bleu violet foncé

**- Test à l'indole:**

Pour cela, on transfère chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10) dans un tube contenant 3 ml de Schubert. Bien triturer la colonie dans le milieu puis on incube ce dernier à  $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$  pendant  $21 \pm 3$  heures puis on recherche la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs. La présence d'une coloration rouge à la surface du milieu traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu.

**c- Interprétation du test de confirmation:**

- » Toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des bactéries coliformes.
- Toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase, mais positive à l'indole, sont des *Escherichia coli*.

**d- Expression des résultats:**

Calculer la valeur **a** du nombre de bactéries coliformes ou des *Escherichia coli* ; le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante:

$$a = b/A \cdot C$$

**b** : nombre de colonies répondant positivement aux critères du test de confirmation.

**A** : nombre de colonies repiquées (cinq à dix colonies).

C : nombre total de colonies jaunes ou jaunes orangés trouvées dans la boîte (ISO 9308-1: 2000).

❖ **Méthode par ensemencement en milieu liquide:**

**a- Mode opératoire:**

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo tolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives:

- > le test de présomption: réservé à la recherche des bactéries coliformes,
- > le test de confirmation: réservé à la recherche des coliformes thermotolérants particulièrement les *Escherichia coli*.

**I- Test de présomption:**

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

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham
- 3 fois 0,1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

**Lecture:** seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois:

- un dégagement de gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche), B un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe.

**4- Test de confirmation:**

Le test de confirmation est basé sur la recherche de Coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

*Escherichia coli* est un coliforme thermo tolérant qui entre autre:

- produit de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44°C,
- donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl,
- ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol,

n'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Chasser l'air éventuellement présent dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à l'étuve à 44°C pendant 24 heures.

Lecture: seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois:

- un dégagement gazeux,
- un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (voir annexe) en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

**Remarque:** En cas de doute lors du test de présomption (trouble qui n'est pas clair ou bien un petit dégagement de gaz), un test de confirmation de coliformes totaux s'avère nécessaire et qui se réalise au même temps que le test de confirmation des coliformes thermotolérants sur milieu Schubert. Pour cela, on procède au repiquage des tubes BCPL positifs et les tubes

dont on a redouté, sur milieu BLVB (Bouillon Lactose au Vert Brillant). L'incubation des tubes BLVB se fait à 37°C pendant 48h (ISO 9308-1).

### 3-3- Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux:

#### ❖ *Méthode par filtration sur membrane:*

##### *a- Mode opératoire:*

La recherche des streptocoques fécaux par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Mettre en route la pompe à vide et ouvrir le robinet.
- stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec Bunsen.
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile.
- Fermer le robinet.
- Prélever une membrane de porosité de 0,45µm dans son emballage stérile en le saisissant par son bord extérieur, avec une pince flambée et refroidie.
- L'étaler sur la plaque poreuse.
- Installer le dispositif de fixation.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- Verser aseptiquement 100 ml d'eau à analyser, devant un bec Bunsen.
- Actionner la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.

- Retirer l'entonnoir et transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile en le saisissant par son extrême bord.
- Déposer la membrane sur la surface d'une plaque de gélose SLANETZ et BARTLEY préalablement préparée en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- Cette dernière sera incubée couvercle en bas à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $44 \pm 4$  heures.

***b- Lecture et interprétation:***

Après la période d'incubation spécifiée, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en rouge, marron ou rose.

Transférer aseptiquement la membrane du milieu de Slanetz et Bartley sur une plaque de gélose Bile esculine azoture (BEA) préchauffée préalablement à  $44^\circ\text{C}$  pendant 15 minutes. Cette dernière sera incubée à son tour à  $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$  pendant 2 heures.

Les colonies caractéristiques prennent alors une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu. Compter le nombre de colonies et le rapporter à 100 ml d'eau à analyser (ISO: ISO 7899-2).

• ***Méthode par ensemencement en milieu liquide:***

• ***a- Mode opératoire:***

La recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives:

> le test de présomption : réservé à la recherche présomptive des Streptocoque présumés. **s\*** le test de confirmation: réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux.

**4- Test de présomption:**

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

- 3fois 10 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu ROTECE D/C.
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C
- 3 fois 0,1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 à 48 heures.

**Lecture** : seront considérés comme présomptifs les tubes présentant un trouble microbien ; seulement ces derniers :

- ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA LITSKY dans le but d'être justement confirmés.

**4- Test de confirmation:**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à  $37^\circ\text{C}$ , pendant 24 heures.

**Lecture** : seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois:

- un trouble microbien ;
- une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

57

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe (ISO 7899-2).

### **3-4- Recherche et dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices et de Clostridium sulfito-réducteurs:**

#### ***a- Mode opératoire:***

A partir de l'eau à analyser:

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 75°C pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à  $47 \pm 1^\circ\text{C}$ , additionnée de leurs additifs spécifiques (sulfite de sodium (1ml) et alun de fer(4gouttes)).
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.

Laisser solidifier sur pailleuse pendant 30 minutes environ, puis incuber à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ , pendant 44+4 heures.

#### ***b- Lecture et interprétation:***

La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont envahissantes auquel cas on se trouvera en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de  $10^{-1}$  voire  $10^{-2}$ , la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à  $44 \pm 4$  heures. Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser (ISO 6461-2).

### **3-5- Recherche des salmonelles:**

#### ***a- Mode opératoire:***

La recherche des Salmonelles par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes:

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.

- Fixer ce dispositif avec une pince.
- Déposer ensuite 250 ml, 500 ml ou plus selon disponibilité jusqu'à 1 voire 5 litres d'eau à analyser, devant un bec Bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer la membrane à l'aide d'une pince stérile puis la placer dans un flacon contenant le milieu Eau Peptonée Tamponnée
- Bien mélanger le filtre dans le milieu, puis incuber ce dernier à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $20 \pm 2$  heures. Cette étape constitue l'enrichissement primaire.
- Après incubation, procéder à un enrichissement secondaire en transférant 1 ml de l'enrichissement primaire sur le milieu Rappaport Vassiliadis.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum, puis incuber ce dernier à  $42 \pm 0,5^\circ\text{C}$  pendant  $20 \pm 4$  heures voire  $44 \pm 4$  heures.
- Après l'incubation, procéder à l'isolement sur milieu Hektoen à incuber à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $20 \pm 2$  heures.

***b- Lecture et interprétation.***

-Repérer les colonies caractéristiques.

-Faire une identification biochimique basée essentiellement sur ONPG, TSI, Urée -Indole, LDC(ISO: ISO 9308-1).

**4- Résultats et interprétation :**

Avant de présenter nos résultats, nous précisons que certains paramètres physico- chimiques et bactériologiques ont été suivis pendant plusieurs mois afin de cours du traitement comprendre leurs évolution et de mettre en évidence les défaillances existantes au cours du traitement.

**4-1 Détermination de la qualité de l'eau :**

**4-1-1 Détermination de la qualité de l'eau des forages de Boukhalfa**

**Tableau N°5:** Résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau brute, des forages de BOUKHALFA

	2013	2014	2015
<b>Paramètres physico-chimiques</b>			
PH	7.38	7.46	7.41
Conductivité us/cm à 20° C	658	690	615
Température (°C)	20.5	21.6	14
Turbidité (NTU)	6.96	3.09	1.82
Salinité (°)	0.1	/	/
CO2 libre (mg/l)	/	/	/
MES à 105°C (mg/l)	/	5374	/
Résidu sec à 105°C	/	/	505
TDS (mg/l)	507	/	/
<b>Paramètres de pollution</b>			
Ammonium (mg/l)	00	0.08	00
Nitrite (mg/l)	00	Traces	0.01
Nitrate (mg/l)	/	/	10.6
Ortho-phosphate (mg/l)	00	00	00
Mat-org-acide (mg/l)	0.68	2.38	2.67
<b>Minéralisation globale</b>			
Calcium (mg/l)	73.75	70.54	94.59
Magnésium (mg/l)	26.74	29.17	35
Sodium (mg/l)	32	32	35
Potassium (mg/l)	04	06	06
Chlorures (mg/l)	45.18	76.58	43.25
Sulfate (mg/l)	69	/	63
Bicarbonates (mg/l)	274.50	305.12	305
Dureté totale	294	296	380
Dureté permanente (mg/lcaco3)	69	/	/
Titre alcalin (mg/lcaco3)	00	00	00
Titre alcalin complet (mg/lcaco3)	225	250.10	250
<b>Eléments indésirables</b>			
Fer fe2+ (mg/l)	/	/	/
<b>Paramètres bactériologique</b>			
Micro-Organismes revivifiables (UFC/ ml)	à 22°C	/	>01
	à 37°C	<01	>01
Coliformes totaux	06/100ml	10/100ml	00/100ml
CTT (E-Coli)	00/100ml	10/100 ml	00/100ml
Streptocoques fécaux :	00/100ml	00/100ml	00/100ml
Salmonelles	/	00/100ml	00/100ml
Anaérobies sulfito-réducteurs (S/ 100ml)	/	/	/
Chlore résiduel (mg/l)	/	/	/

**Tableau 6** : Résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau traitée, des forages de BOUKHALFA

	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>Normes NA</b>
<b>Paramètres physico-chimiques</b>				
PH	7.43	7.49	7.58	6,5-9,0
Conductivité us/cm à 20° C	830	673	668	2800
Température (°C)	20.6	20.7	17.1	/
Turbidité (NTU)	0.22	2.50	2.21	05
Salinité (‰)	0.2	/	/	/
CO2 libre (mg/l)	/	/	/	/
MES à 105°C (mg/l)	/	/	/	00
Résidu sec à 105°C	/	5362	/	1500
TDS (mg/l)	638	/	/	/
<b>Paramètres de pollution</b>				
Ammonium (mg/l)	00	00	00	0.5
Nitrite (mg/l)	00	00	00	0.2
Nitrate (mg/l)	/	/	3.09	50
Ortho-phosphate (mg/l)	00	00	0.06	/
Mat-org-acide (mg/l)	00	0.71	0.42	05
<b>Minéralisation globale</b>				
Calcium (mg/l)	66.53	67.74	86.57	200
Magnésium (mg/l)	27.71	28.20	22.37	/
Sodium (mg/l)	34	32	50	200
Potassium (mg/l)	04	06	07	12
Chlorures (mg/l)	45.18	78.71	50.34	500
Sulfate (mg/l)	70	/	108	400
Bicarbonates (mg/l)	283.41	303.63	305	/
Dureté totale	280	290	308	500
Dureté permanente (mg/lcaco3)	47.7	/	/	/
Titre alcalin (mg/lcaco3)	00	00	00	/
Titre alcalin complet (mg/lcaco3)	232.2	248.8	/	500
<b>Eléments indésirables</b>				
Fer fe2+ (mg/l)	/	/	0.07	0.3
<b>Paramètres bactériologique</b>				
Micro-Organismes revivifiables (UFC/ ml)	<01	/	/	100
à 22°C	<01	/	/	10
à 37°C				
Coliformes totaux	00/100ml	00/100ml	/	10
CTT (E-Coli)	00/100ml	00/100ml	/	00
Streptocoques fécaux :	00/100ml	00/100ml	/	00
Salmonelles	/		/	00
Anaérobies sulfito-réducteurs (S/ 100ml)	/	/	/	00
Chlore résiduel (mg/l)	0.5	0.8	0.8	0,2à0, 6

**a) Résultat d'analyses physico-chimiques :**

- **Ph** : d'après les résultats enregistrés, les eaux brutes des forages de boukhalfa présentent un ph légèrement alcalin qui répond aux normes de potabilité et durant le traitement ce dernier a vu une petite augmentation qui serait due probablement à l'ajout de la chaux pour faciliter la clarification physico-chimique.
- **Conductivité** : les résultats de la conductivité de l'eau brute obtenus varient entre 615 us/cm et 690 us/cm. Selon le tableau de la relation entre la conductivité et la minéralisation globale, on peut dire que la minéralisation de ces eaux est moyennement accentuée.  
La conductivité de l'eau traitée augmente par rapport à l'eau brute cela s'explique par l'utilisation d'adjuvants lors du traitement physico-chimique. On constate que ces valeurs sont dans l'intervalle des normes établit.

**Les paramètres de pollution :****Ammonium, nitrites, nitrates et phosphates :**

Les résultats obtenus montrent que les concentrations en ammonium, en nitrites et en nitrates dans les eaux brutes sont faibles. Leur présence en tant que les fertilisants serait due à la minéralisation de la matière organique et à l'utilisation d'engrais. Pour ce qui concerne les phosphates nous remarquons une absence totale.

Après traitement, nous constatons une élimination totale de la matière organique azotée, et une diminution des nitrates.

**Minéralisation globale :****➤ Les ions sodium :**

Les valeurs de concentration en sodium enregistrées pour l'eau brute varient entre 32 mg/l et 35mg/l et après traitement elles varient entre 32mg/l et 50mg/l. Elles sont conformes aux normes de potabilité appliquées en Algérie (200mg/l).

La concentration des ions de sodium de l'eau traitée est élevée par rapport à celle de l'eau brute en raison de l'utilisation de l'hypochlorite de sodium lors de la désinfection.

**➤ Les chlorures :**

Les valeurs des chlorures obtenues pour l'eau brute varient entre 43 mg/l et 76mg/l après traitement on marque une légère augmentation de la concentration finale des ions de chlore qui varie entre 45mg/l et 78mg/l, cela est due essentiellement à l'utilisation des dérivés de chlore mais elles sont conformes aux normes de potabilité fixées en Algérie (500mg/l).

**Les paramètres indésirables :**

- **Les Fe** : les valeurs sont des traces donc elles sont conformes aux normes Algérienne (0.3mg/l), c'est pour sa qu'elles nécessitent aucun traitement.

**a) Les résultats des analyses bactériologiques :****➤ Eau brute :**

Nos échantillons témoignent une très faible charge bactérienne, en germes revivifiables à 37°C et à 22°C, et une absence totale des coliformes fécaux et en streptocoque fécaux et les coliformes totaux l'association de tous ces microorganismes confirme la bonne qualité bactériologique de l'eau brute. On a aussi constaté l'absence de germes pathogènes notamment les salmonelles.

**➤ Eau traitée :**

Les résultats obtenus montrent l'absence totale de germes témoins de contamination fécale et de germes pathogènes vue la bonne qualité microbiologique de l'eau brute. Les doses de chlore appliquées sont suffisantes pour éliminer ces germes revivifiables.

**Conclusion :**

D'après les résultats effectués sur les eaux des forages de Boukhalfa on constate une bonne qualité physico-chimique et bactériologique, en résumé l'eau brute répond aux normes de potabilité pour la plupart des paramètres cependant elle est considérée de bonne qualité et nécessite un simple traitement de désinfection et de contrôle permanent des réseaux de distributions, afin de prévenir toutes contaminations.

Après le suivi des performances de la station Boukhalfa on a remarqué que la qualité des eaux traitées est sensiblement améliorée, étant que, l'ensemble des résultats des paramètres de qualité sont en dessous des valeurs guides prescrites par l'OMS et appliquées en Algérie

# **Conclusion générale**

La première partie du mémoire a traité des connaissances générales sur les eaux conventionnelles, leurs disponibilités, leurs différents paramètres de qualité.

La seconde partie a été consacrée à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des forages de BOUKHALFA et ce, par la mise en place d'un protocole expérimentale adéquat à la réalisation de cette partie.

Au cours de cette étude, nous nous sommes focalisés sur l'amélioration de la qualité des eaux brutes et le contrôle des eaux traitées destinées à la consommation humaine au niveau de la station de Boukhalfa.

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à déterminer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes de Boukhalfa, les résultats ont révélé que la qualité des eaux de cette dernière est bonne pour les paramètres physico-chimiques et moyenne pour la qualité bactériologique telle que les germes revivifiables, pour cela elle nécessite une poste chloration afin d'assurer un meilleur traitement de désinfection.

En se référant aux analyses effectuées au niveau du laboratoire de l'ADE Tizi-ouzou, l'examen analytique des eaux après traitement a montré qu'elles sont de bonne qualité de point de vue physico-chimique et bactériologique, donc la qualité de l'eau répond à toutes les normes de potabilité en vigueur en Algérie, alors elles peuvent être distribuées juste avec des contrôles permanents au niveau des réseaux.

### **Recommandations :**

La ville de Tizi-Ouzou est dotée naturellement de ressources hydriques non négligeables notamment la nappe phréatique de Bouhida qui a été sérieusement atteinte par les prélèvements anarchiques des alluvions (sable) qui ont souillés la qualité des eaux souterraines, il nous paraît alors urgent de réglementer et de contrôler ces prélèvements en amont et en aval de cette nappe importante et fragile.

Aussi la nécessité de cadastrer le domaine fluviale et de délimiter officiellement les périmètres de protection des forages et régler parallèlement l'exploitation des terres agricoles (contrôle des fertilisations et les produits phytosanitaires de traitement des cultures aux immédiats des forages).

L'installation de piézomètre au niveau de cette nappe est indispensable pour le suivi et le contrôle de cette nappe afin de déterminer le niveau des prélèvements à effectuer.

Malgré la mise en service de la station Taksebt qui répond actuellement aux besoins de la ville, la préservation des nappes alimentant la ville de Tizi-Ouzou permettra à coup sur la sécurisation de l'AEP de la cité.

Concernant la préservation de la qualité des eaux de cette nappe et compte tenu du développement du tissu urbain vers l'Ouest (Oued Fali), il nous semble important de rendre fonctionnelle la STEP de Boukhalfa et de prévoir un traitement des rejets des eaux usées de cette extension.

# **Références bibliographique**

**« A »**

**Anonyme 1 : (2008).** Répartition de l'eau sur terre

**Anonyme 2 : (2009).** Cycle de l'eau.

**« B »**

**BEAUCHAMPS J., (2006).** Qualité et pollution des eaux souterraines, l'université de Picardie Jules Veme.

**BEAUDRY J- P., (1984).** Traitement des eaux, ed. le griffon d'argile INC, Canada.

**BELKACEM Z., (2011).** Caractérisation et traitement des eaux de la retenue collinaires de Draa EL Mizan en vue de leur potabilisation, thèse d'ingénieur, université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou (UMMTO)

**« C »**

**CHEVAL A., (1983).** La désinfection des eaux de consommation, Lavoisier Technique et documentation, LIMOGES.

**CIR. (1983).** Centre international de référence pour l'approvisionnement en eau collective et l'assainissement. Alimentation en eau des petites collectivités. Technologies appropriées pour les petites installations dans les pays en voie de développement.

**COLSAR R.,(1977).** La pollution des eaux. 4eme édition.presse universitaire de France

**« D »**

**Document interne** de l'Algérienne des Eaux, 2002.

**DEGREMONT (1989).** Mémento technique de l'eau, technique et documentation, tome 1.

**« F »**

**FERRAT Z., (2010).** Caractérisation et traitement des eaux de la retenue collinaire de Tizi-Ghenif en vue de leurs potabilisation, thèse d'ingénieur, université de Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou

**« G »**

**GENIN B., (2003).** Cours d'eau et indice biologiques. Educagri 2<sup>ème</sup> édition, Dijon

**GRAINDORGE J et LANDOT E., (2005).** La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités. Edition techni-cités.

**« H »**

**HASLAY C et LECLERC H., (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. édition lavoisier Tec et Doc, Paris.

**« M »**

**METAHRI M.S et SAHMOUNE A., (2008).** Elimination de l'azote et du phosphore des eaux usées traitées par valorisation agricole. Cas de l'effluent de la station d'épuration est de Tizi-Ouzou Algérie (perspectives et recommandation). Thèse de doctorat. UMMTO

**« N »**

**NAUCIEL C et VILDE J-L., (2005).** Bactériologie médicale. Edition Masson, paris.

**NORME ISO 6059 (1984).** Qualité de l'eau-dosage de la somme du calcium et du magnésium-méthode titrimétrique à l'EDTA

**NORME ISO 6058 (1984).** Qualité de l'eau – dosage du calcium- méthode titrimétrique à l'EDTA

**NORME ISO 9297 (1989).** Qualité de l'eau- dosage des chlorures- titrage au nitrate d'argent avec chromate comme indicateur (méthode de Mohr).

**NORME ISO 8467(1993).** Qualité de l'eau – détermination de l'indice de permanganate.

**NORME ISO 7150 (1984).** Qualité de l'eau –dosage de l'ammonium- partie 1 : méthode spectrométrique manuelle.

**NORME ISO 6777 (1984).** Qualité de l'eau- dosage des nitrites- méthodes par spectrométrie d'adsorption moléculaire.

**NORME ISO 6878-1 (1986).** Qualité de l'eau- dosage du phosphore- partie1 : dosage spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium.

**NORME ISO 6060 (1989).** Qualité de l'eau- détermination de la demande chimique en oxygène.

**NORME ISO 5815 (1989).** Qualité de l'eau- détermination de la demande biochimique en oxygène après 05 jours (DBO5)- méthode par dilution et ensemencement.

**NORME ISO 6332 (1988).** Qualité de l'eau- dosage du fer- méthode spectrométrique à la phénanthroline-1,10.

**NORME ISO 9964-3 (1993).** Qualité de l'eau- dosage du sodium et du potassium- partie3 : dosage du sodium et du potassium par spectrométrie d'émission de flamme.

**NORME NF EN ISO 6887-1 :** suspension mère et dilution décimales ; 1. Règles générales.

**NORME NF EN ISO 6222 :** dénombrement des microorganismes revivifiables : comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.

**NORME NF EN ISO 9308-1 (2000) :** recherche et dénombrement des Escherichia coli et des bactéries coliformes partie 1. Méthode par filtration sur membrane.

**NORME NF T-90-413 :** recherche et dénombrement des coliformes et des coliformes thermo tolérants. Méthode générale par ensemencement en milieu liquide (NPP).

**NORME NF T90-415.** Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de clostridium sulfito-réducteurs.méthodes générale par incorporation en gélose en tubes profonds.

« O »

**OMS. (2006).** Organisation mondial de la santé. Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable.

« P »

**POTELON J-L., ZYMAN K., (1998).** Le guide des analyses d'eau potable, lettre du cadre territorial.

« R »

**RAMADE F., (1998).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ediscience international, paris.

**REJSEK F., (2002).** Analyse des eaux : aspect réglementaires et technique. Edition centre régional de documentation pédagogique d'Afrique.

**RONALAD V., (2003).** Eau, environnement et santé publique, 2eme édition, ed TEC et DOC, Paris.

**ROUX J-C .,(1995).** L'eau source de vie.