

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud MAMMERRI Tizi-Ouzou
Faculté des sciences Biologiques et des sciences Agronomiques
Département des sciences agronomiques



Mémoire



de fin d'étude

En vue d'obtention du Diplôme de Master en Agronomie.

Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques



**Qualité physico-chimiques et bactériologiques des
eaux de consommation de la ville de Tizi-Ouzou.**

Présenté par :

M^{elle} BRAHIMI Thinhinane

M^{elle} HAMADIRabea

Devant le jury :

Président : Mr. Si TAYEB. H

Maître de conférences B UMMTO

Promoteur : Mr. METAHRI. M. S

Maître de conférences A UMMTO

Co-promotrice : Mme. BERROUANE. N

Chargés de cours UMMTO

Examineur 1 : Mr. BERRADJ. O

Maitre assistance A UMMTO

PROMOTION : 2015-2016

Remerciements

Nous remercions tout d'abord « DIEU » tout puissant de nous avoir donné la santé et le courage d'effectuer ce projet de fin d'étude, dans les meilleures conditions

Comme nous tenons à adressées tout autres reconnaissances et notre gratitude à :

Tous les membres de l'unité d'ADE ainsi que le directeur de l'unité ADE de Tizi-Ouzou

Mr METAHRI Mohammed Said notre promoteur, et notre Copromotrice Mme BERROUANE Nawel et Mme BACHATENE Kamelia de nous avoir encadré, et de m'aider.

Suivi et orienté tout au long de notre travail

Nous remercions d'avance, les membres du jury d'accepter d'examiner notre travail

Nous remercions notre Institut INSIM

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Thinhinane et Rabea

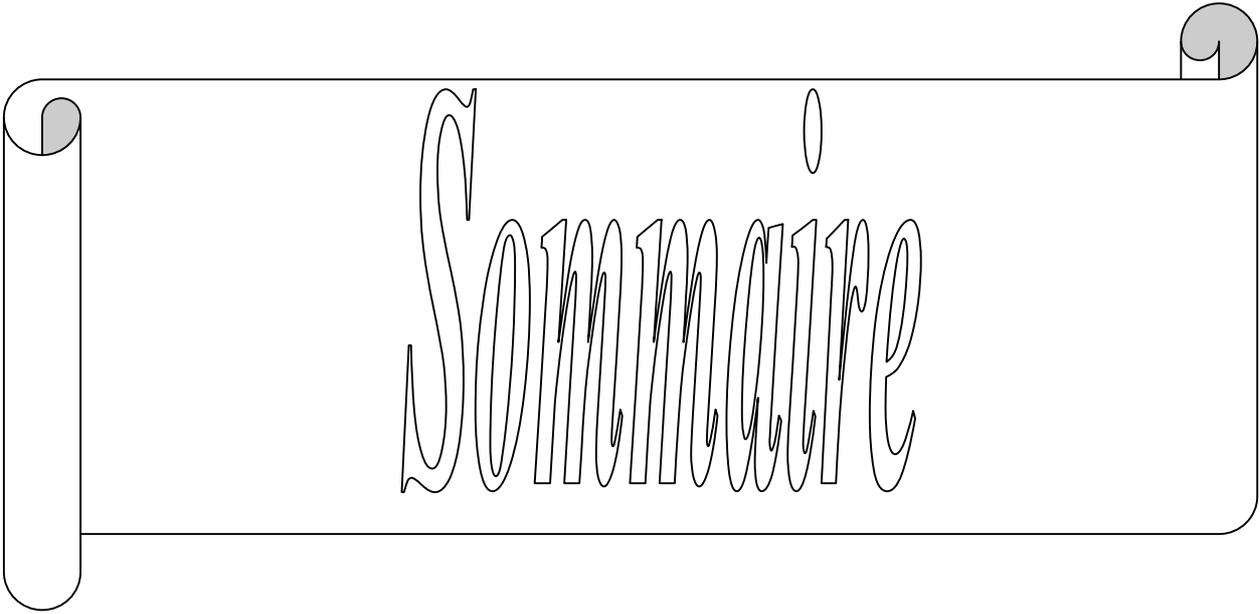


Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

- ☞ A mes très chers parents qui n'ont guère cessé de m'encourager et de soutenir et qui ont consacré tout son temps pour notre bien*
- ☞ A mes très chères sœurs FATMA, KELTOUM, RAZIKA, LYNDIA.*
- ☞ A toute ma section*
- ☞ A tous mes amis LIZA, SABRINA, MAMY, MASSI, GHILAS, MUSTAPHA, YUCEF En fin à tous ceux qui me connaissent de près et de loin et à tous ceux qui sont chers à moi*
- ☞ A ma binôme Rabea*





Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

Introduction

I.	Répartition de l'eau sur la terre.....	1
II.	Cycle de l'eau.....	2
III.	Ressources en eau.....	3
IV.1.	Ressources en eau conventionnelles.....	3
IV.1.1.	Eaux superficielles.....	3
IV.1.1.1.	Eaux de rivières.....	3
IV.1.1.2.	Réservoirs d'eaux superficielles.....	4
IV.1.2.	Eaux souterraines.....	4
IV.1.2.1.	Les nappes.....	5
IV.1.2.2.	Les puits.....	6
IV.1.2.3.	Les sources.....	6
IV.2.	Ressources en eau non conventionnelles.....	7
IV.2.1.	Eaux usées.....	7
IV.2.2.	Eaux de mer.....	7
IV.	Les principales différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.....	8
V.	La pollution des eaux.....	9
VI.1.	Les différents types de pollution.....	10
VI.1.1.	Pollution mécanique.....	10
VI.1.2.	Pollution physique.....	10

VI.1.3. Pollution chimique.....	11
VI.1.4. Pollution biologique.....	12
VI.1.4.1. Les maladies transmission hydrique (MTH).....	12
a) Maladies d'origine bactérienne.....	12
b) Maladies d'origine virale.....	13
c) Maladies d'origine parasitaire.....	14
VI.1.5. Pollution organique.....	15

Chapitre II : Les paramètres des eaux potables

Introduction

I. Définition de l'eau potable.....	16
II. Les paramètres des eaux potables.....	16
II.1. Paramètres organoleptiques.....	16
II.1.1. Couleur de l'eau.....	16
II.1.2. Odeur et goût.....	16
II.1.3. Turbidité.....	17
II.2. Paramètre physico-chimique.....	17
II.2.1. Température de l'eau.....	17
II.2.2. Potentiel hydrique.....	17
II.2.3. Conductivité électrique.....	17
II.2.4. Matière en suspension.....	18
II.2.5. La dureté totale.....	18
II.2.6. L'alcalinité.....	18
II.2.7. Equilibre calco-carbonique.....	19
II.2.8. Chlorures.....	19

II.2.9. Sodium.....	19
II.2.10. Potasium.....	20
II.2.11. Sulfate.....	20
II.3. Paramètres bactériologiques.....	20
II.3.1. Les germes aérobies revivifiables.....	21
II.3.2. Les coliformes.....	21
II.3.3. Les streptocoques fécaux.....	21
II.3.4. Clostridium sulfito-réducteurs.....	22
II.3.5. Salmonelles.....	22
II.4. Les paramètres indésirables.....	22
II.4.1. Fer.....	22
II.4.2. Aluminium.....	23
II.4.3. Cuivres.....	23
II.4.4. Manganèse.....	23
II.4.5. Zinc.....	23
II.5. Les paramètres de toxicité.....	24
II.5.1. Arsenic.....	24
II.5.2. Cadmium.....	24
II.5.3. Mercure.....	24
II.5.4. Plomb.....	25
II.5.5. Chrome.....	25
II.6. Les paramètres de pollution organique.....	25
II.6.1. La demande biochimique en oxygène.....	25

II.6.2. La demande chimique en oxygène.....	25
II.6.3. Azote ammoniacal.....	26
II.6.4. Nitrites.....	26
II.6.5. Nitrates.....	26
II.6.6. Matières organiques.....	27
II.6.7. Phosphates.....	27

Chapitre III : Les différents procédés de traitement

Introduction

I. Définition des objectifs du traitement.....	28
II. Qualités requise à la production d'eaux alimentaire.....	28
III. Traitement de potabilisation.....	29
III.1. Prétraitement.....	30
III.2. Dégrossissage.....	30
1. Dégrillage.....	30
2. Macrotamissage.....	30
3. Dessablage.....	31
4. Débourage.....	30
5. Microtamissage.....	31
6. Dégraissage et déshuilage.....	32
7. La pré-chloration.....	32
III.3. La clarification.....	32
III.3.1. La coagulation-floculation.....	32
III.3.2. La décantation.....	34
III.3.3. La flottation.....	35
III.3.4. La filtration.....	36

III.4. La désinfection.....	36
-----------------------------	----

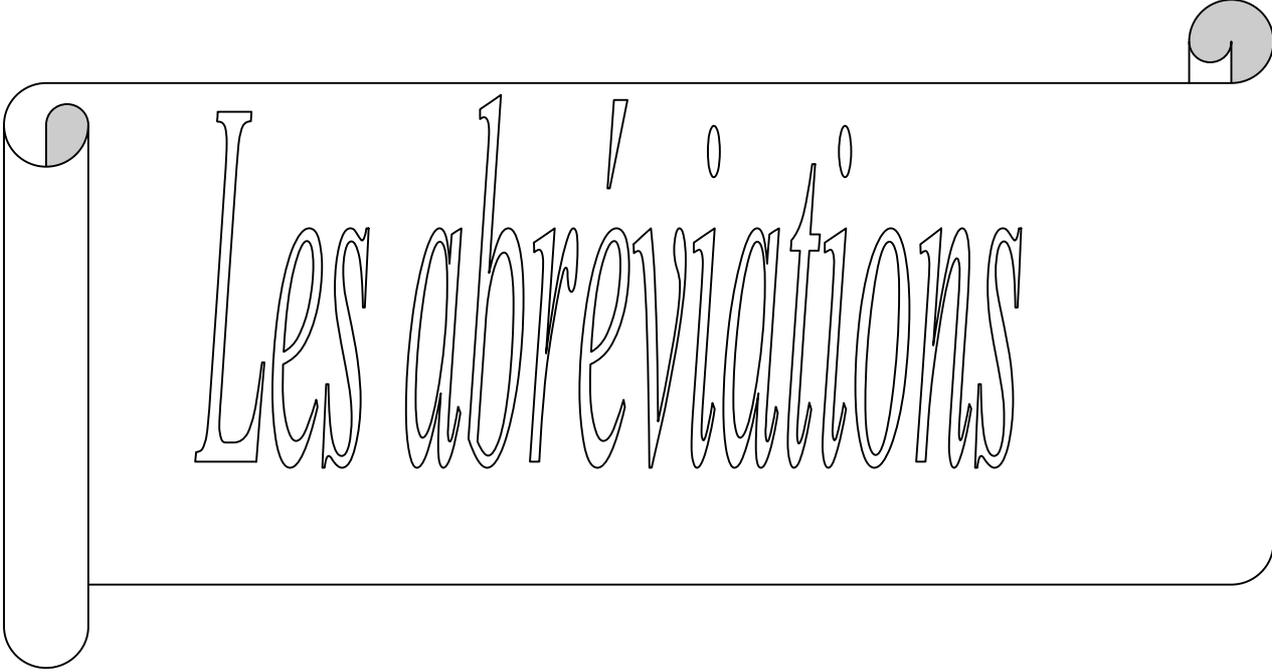
Chapitre IV : Partie expérimentale

I. Matériels	37
II. Analyse physico-chimiques.....	39
III. Analyse bactériologiques.....	52
IV. Résultats et interprétation.....	61

Conclusion générale

Les références bibliographiques

Les annexes



Les abréviations

Liste des abréviations

°C : degré celsius

°F : degré Français

µg : microgramme

µm : micromètre

µs : micros émince

Al : aluminium

C : concentration

Ca²⁺ : calcium

cm : centimètre

Cr : chrome

DBO : demande biochimique en oxygène

DCO : demande chimique en oxygène

g : gramme

K : potassium

L : litre

Méq : milliéquivalent

MES : matière en suspension

Mg : milligramme

Mg²⁺ : magnisium

ml : millilitre

Nacl : chlore sodium

NH₄⁺ : azote ammoniacal

NO₂⁻ : azote nitreux

NO₃⁻ : azote nitrique

NTU :

Ph : potentiel hydrogène

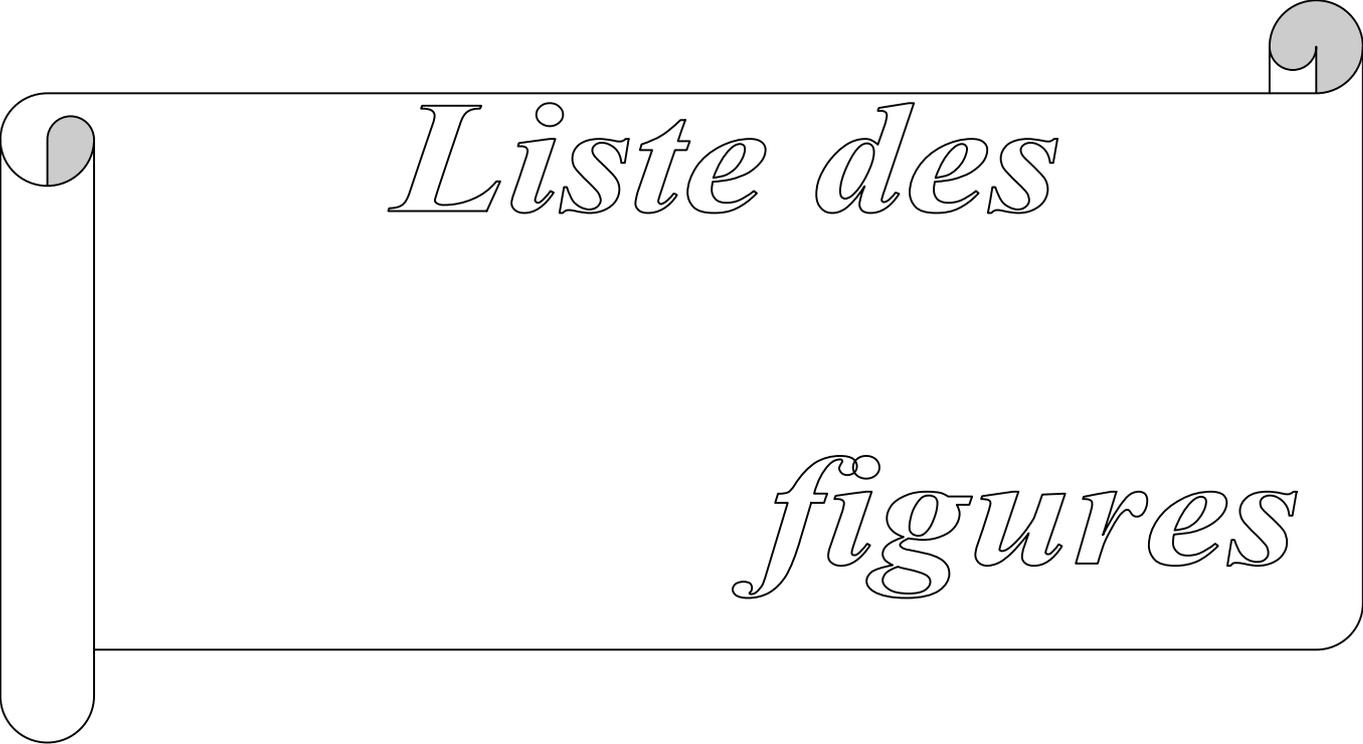
TA : titre alcalimétrique

TAC : titre alcalimétrique complet

THM : Trihalométhanes

V : volume

JORAD : Journal Officiel République Algérienne Démocratique



Liste des

figures

Liste des figures

Figure 1 : Répartition de l'eau

Figure 2 : Cycle de l'eau

Figure 3 : Les différents procédés de traitement d'une station

Figure 4 : Processus de coagulation floculation

Figure 5 : PH mètre

Figure 6 : Le conductivity mètre

Figure 7 : Variation de la température de différentes stations

Figure 8 : Variation de PH de différentes stations

Figure 9 : Variation de la conductivité de différentes stations

Figure 10 : Variation de l'ammonium de différentes stations

Figure 11 : Variation de nitrites de différentes stations

Figure 12 : Variation de nitrates de différentes stations

Figure 13 : Variation de phosphate de différentes stations

Figure 14 : Variation de sodium de différentes stations

Figure 15 : Variation de potassium de différentes stations

Figure 16 : Variation de chlorures de différentes stations

Figure 17 : Variations de sulfates de différentes stations

Figure 18 : Variation de TA de différentes stations

Figure 19 : Variation de TAC de différentes stations

Figure 20 : Variation de fer de différentes stations



Liste des

tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1 : Salinités des principales eaux de mer

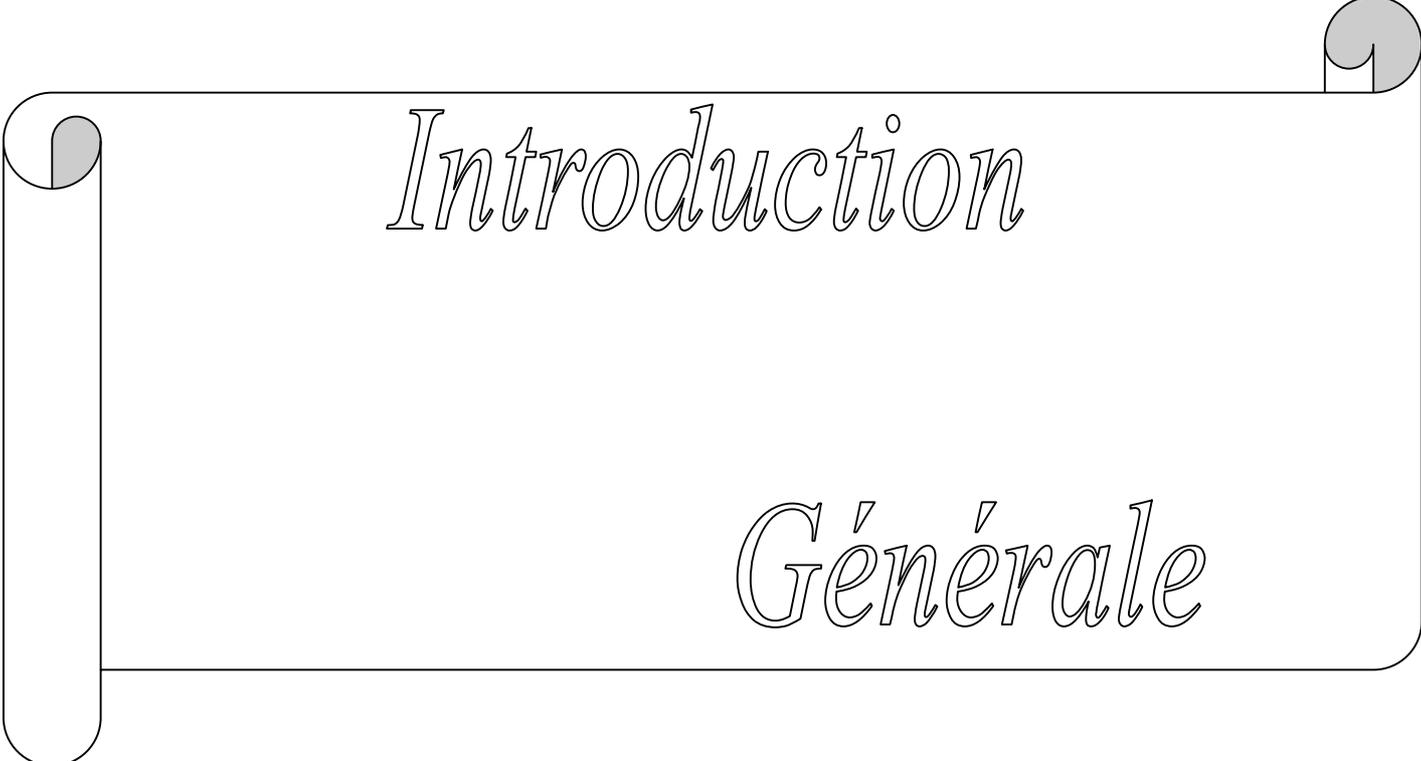
Tableau 2 : Principales différences entre les eaux superficielles et eaux souterraines

Tableau 3 : Les principales bactéries pathogènes

Tableau 4 : Les principaux virus responsables d'infections virales

Tableau 5 : Les principaux parasites responsables d'infections parasites

Tableau 6 : Résultats d'analyse bactériologiques des trois stations



Introduction

Générale

L'eau est une ressource vitale renouvelable, elle participe aux cycles de vie des êtres vivants, par l'évaporation et l'évapotranspiration induite par l'énergie solaire, les précipitations, les écoulements de surface et souterrains constituent les étapes de ce cycle. La problématique de l'eau est une question de quantité et de qualité, c'est-à-dire de ressource et de pollution. Pour cela une eau de bonne qualité physico-chimique et bactériologique est nécessaire pour son acceptation par la population, pour la protection sanitaire du consommateur et du réseau de distribution.

L'eau est la plus répandue sur terre. Elle est un élément indispensable à toute forme de vie. D'un point de vue chimique, l'eau, lorsqu'elle est pure, est un liquide inodore, transparent et insipide. D'un point de vue biologique, c'est dans l'eau que la vie est apparue et c'est grâce à elle se maintient. En effet, l'organisme humain peut vivre pendant près d'un mois sans manger mais ne peut survivre quelques jours sans boire.

L'eau potable est une eau qui est apte à être consommée par l'être humain, cette dernière peut contenir des substances polluantes, c'est pourquoi, elle a besoin d'être protégée, traitée et économisée.

Les eaux captées dans la nature ne présentent souvent pas les qualités physiques, chimiques et biologiques recommandées pour la consommation. Les eaux de surface, qui sont mobilisées au moyen de barrages, de retenues et de prise d'eau en rivière, représentent la majeure partie des ressources en eau disponibles. De ce fait, elles sont pratiquement les sources principales d'alimentation en eau brute des usines d'eau potable.

L'objectif de notre travail consiste en une contribution à l'étude des paramètres de qualité physico-chimique et biologique des eaux de consommation de la ville de Tizi-Ouzou qui est alimentée par le forage de Boukhalfa pour la partie ouest, le forage du pont de Bougie pour la partie nord et le renforcement par le barrage de Taksebt pour la nouvelle ville .

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 liés à la pollution qui menace leur qualité.

Le deuxième chapitre expose les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux potables.

Le troisième chapitre concerne les différents procédés de traitements des eaux superficielles.

Le quatrième chapitre concerne la partie expérimentale qui porte sur la mise au point des matériels et les méthodes d'analyse des différents paramètres de qualité des eaux ainsi que l'interprétation des résultats obtenus.

Enfin nous terminons par une conclusion générale.



Chapitre I

*Généralités sur les eaux
naturelles*

Introduction

L'eau est un élément indispensable aux êtres vivants. Sans eau il n'y aurait pas de vie sur terre ; donc elle est nécessaire à l'hygiène et à la prévention des maladies d'origine hydrique.

En fait, c'est à la fin du 18^{ème} siècle que l'on découvrit la nature réelle de l'eau grâce au physicien anglais Henry Cavendish.

La pollution causée par les activités agricoles et l'usage des produits phytosanitaires représente un cas typique de pollution multiple et généralisée du compartiment aquatique.

L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules H₂O (deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène) ; est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire.

L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable à la vie, elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70 % de leurs poids en moyenne).

L'eau a des propriétés physico-chimiques assez particulières par rapport aux autres liquides car elle est un excellent solvant, elle solubilise de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les colloïdes électro chargés. **(Aissaoui Azzedine ; 2013)**

I-Répartition de l'eau sur la terre

Sur le globe, l'eau dont le volume total est estimé à 1400 millions Km³ est répartie dans 5 réservoirs dont l'ensemble constitue l'hydrosphère. Les océans et les mers contiennent à eux seuls 1350 millions de Km³ d'eau, soit 97 % du volume total occupant 71 % de la superficie de la planète. Les eaux douces continentales ne représentent que 3 % de la masse totale. Elles se composent de glaces polaires et de montagne avec 28 millions de Km³ ; 2 % des eaux souterraines ; 0.76 % des fleuves et rivières 0.009 %. La différence est contenue dans l'atmosphère et la biosphère. **(Voire la figure 1). (Jean-Claude Roux ; 2010)**

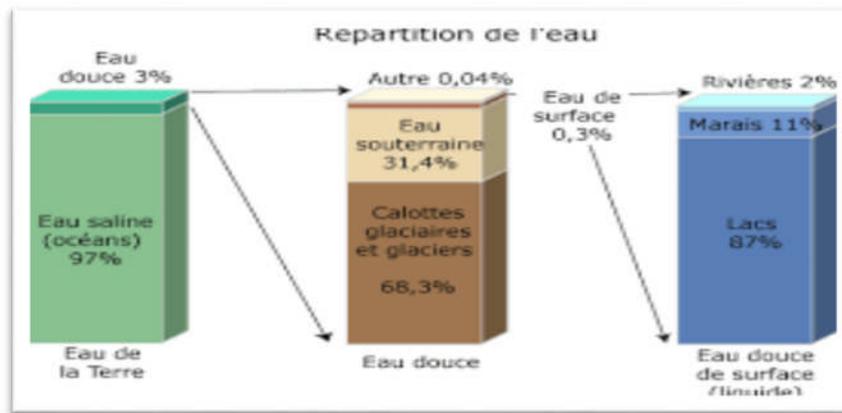


Figure 1 : répartition de l'eau ; 2008.

II-Cycle de l'eau :

L'eau se rencontre dans l'écosphère sous trois états : solide ; liquide ; gazeux qui dépendent des conditions particulières de température et de pression.

Dans le cycle de l'eau on distingue une branche atmosphérique : transport d'eau sous forme de vapeur, et une branche terrestre, écoulement et stockage sur terre et dans les océans.

Sous l'effet de l'énergie solaire qui permet la fusion des glaces et surtout l'évaporation consommant un tiers de l'énergie solaire totale reçue par la terre, l'eau s'évapore dans l'atmosphère, se refroidit au contact de l'air et forme les nuages par condensation. Sous l'effet de la pesanteur l'eau retombe à la surface de la terre sous forme de pluie et sous l'effet du froid, en flocons de neige ou cristaux de glace (la grêle).

Par gravité l'eau ruisselle ou s'infiltre dans le sous-sol des continents. Sources et ruissellements créent les rivières et les fleuves qui la ramènent à nouveau vers les mers et les océans.

Les réservoirs de l'objet entre eux de transferts complexes quantités d'eau dont les énergies solaire et gravitaire sont les moteurs des trois phases du cycle : évaporation, précipitation, ruissellement. Presque toute l'eau provient du réservoir océanique et finit par y retourner.

C'est à Bernard Palissy (1544-1590) que l'on doit la première conception moderne du cycle de l'eau, puis à Pierre Perrault (1610-1680). **(Voire la figure 2). (Jean-Claude Roux ; 2010)**

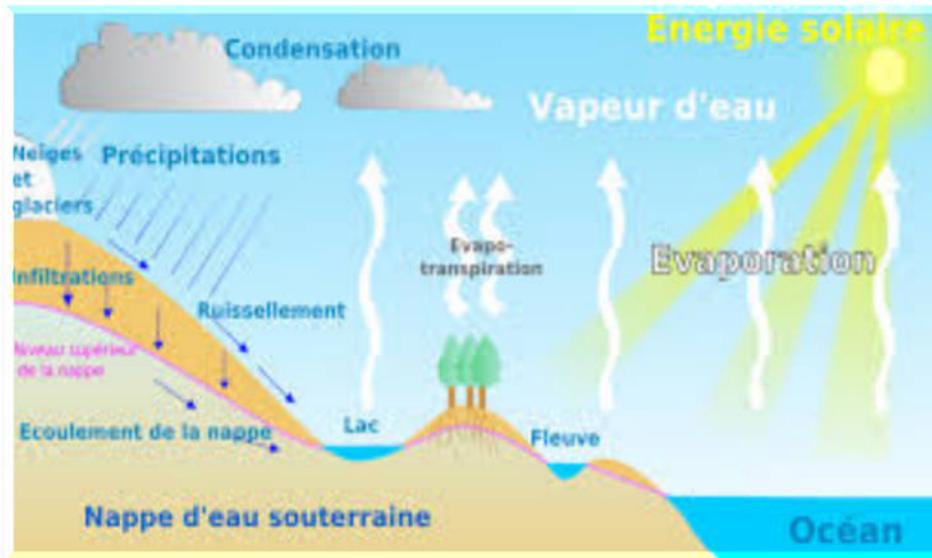


Figure 2 : cycle de l'eau (Anonyme 1, 2009)

III-Ressources en eau

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

III.1-Ressources en eau conventionnelles

Elles représentent les eaux superficielles et les eaux souterraines.

III.1.1-Eaux superficielles

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages...); leur composition chimique dépend de la nature des terrains traversés. 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).

III.1.1.1-Eaux de rivières

Les rivières sont des cours d'eau qui s'écoulent dans un lit naturel et sont alimentées 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 :

- **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 des 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.

Part contre 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 et sont caractérisées par :

- **Une contamination bactérienne élevée :** cette contamination est surtout imputable au déversement des égouts domestiques et agricoles.
- **Une contamination organique et inorganique élevée :** les eaux usées domestiques agricoles et industrielles de grandes quantités de matières organique et inorganique.
- **Un 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**).

III.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 peu importante (**Genin ; 2003, Assouline ; 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**).

III.1.2 Eaux souterraines :

Les eaux souterraines constituent 31,4 % des réserves d'eau douce (environ 1000 milliards de m³). 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 des concentrations minéraux plus élevées que les normes de potabilité, et qu'elle représente des propriétés thérapeutiques on la distribue en bouteilles avec parfois un traitement bien défini, ces eaux sont dites eaux minérales (**SALGHI ; 1997**).

Leurs principales caractéristiques sont :

- **Une turbidité faible** : les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- **Une contamination bactérienne faible** : le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- **Une température constante** : les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- **Un indice de couleur faible** : les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, source de couleur.
- **Un débit constant** : contrairement à celles des eaux de rivière, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année.
- **Une dureté souvent élevée** : les eaux peuvent être en contact avec les formations rocheuses contenant des métaux bivalents (Mg^{2+} , Ca^{2+} , etc....)
- **Une concentration élevée de fer et de manganèse** : ces métaux, souvent présents dans le sol, sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas l'oxygène dissous. (**Desjardins ; 1997**).

III.1.2.1 Les nappes

On distingue deux catégories principales de nappes : 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 (**VILAGINES ; 2003**).

➤ Les nappes alluviales

Les nappes alluviales sont des nappes aquifères qui se forment des 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. La qualité des eaux des nappes alluviales est 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, SALGHI ; 1997**).

III.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 murillés par enfoncement 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. Situées 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**).

III.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 la décantation, la filtration (grossière) et/ou adjonction de gaz carbonique (**GROSCLAUDE ; 1999**).

III.2-Ressources en eau non conventionnelles :

Elles représentent les eaux usées et les eaux de mer.

III.2.1.Eaux usées

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

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

III.2.2.Eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs fortes concentrations en sels dissous (salinité). La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg/l ; **le tableau 1** représente la salinité des principales eaux de mer. (**Desjardins ; 1997**).

Tableau 1 : Salinité des principales eaux de mer.

Mer ou océan	concentration (mg/l)
Mer Rouge	43000
Golfe Arabique	43000
Mer méditerranée	39400
Océan Atlantique	36000
Océan Indien	33800
Océan pacifique	33000
Mer Adriatique	25000
Mer Noir	13000
Mer Baltique	7000

Les données du **tableau 1** révèlent que la salinité de l'eau n'est pas la même dans toutes les mers ; les salinités indiquées ici constituent des valeurs moyennes pour chaque mer ou océan. En effet, les eaux situées près de l'embouchure de fleuves importants ont habituellement une salinité plus faible. (**Laurent Touchart ; 2010**).

IV- Les principales différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines

Les principales différences entre l'eau superficielle et l'eau souterraine provenant des sols sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : principales différences entre eaux superficielles et eaux souterraines (Anonyme 3 ; 2009).

Caractéristiques	Eaux superficielles	Eaux souterraines
Température	Varie en fonction des saisons	Relativement constante
Turbidité ; MES (varies ou colloïdales)	Niveau variable parfois élevé principalement dû aux sols en suspension, excepté pour les eaux acides et très douces	Principalement dû aux solides dissous

Couleur	Liée surtout aux MES (argiles, algues....) sauf dans les eaux très douces et acides humiques	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques) ou due à une précipitation (Fe, Mn)
Contenu minérale	Varie avec le sol, les effluents, les pluies	Généralement plus important que pour l'eau de surface pour un même endroit
Gouts et odeurs	Fréquents	Rares (sauf H ₂ S)
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	Généralement pas sauf pour au fond des lacs et des dans le processus d'eutrophisation	Présent
Co ₂ agressif	Souvent proche du niveau de saturation, absent dans les eaux très polluées	Souvent présent en grande quantité
H ₂ S	Pas présent	Souvent présent
NH ₄	Seulement dans des eaux polluées	Souvent présent sans forcément une pollution bactériologique
Nitrates	Niveau généralement faible	Niveau souvent important
Silice	Teneur généralement modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants d'origine organique et minérale	Présent dans les eaux des pays développés mais est susceptible de disparaître rapidement une fois la source éliminée	Normalement pas mais une pollution accidentelle a des effets à très long terme
Solvants chlorés	Rarement présents	Peuvent être présent (pollution de la nappe)
Éléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animale et végétal)	Ferro bactéries et sulfatoréductrices fréquentes
Caractère eutrophe	Possible : accentué par les températures élevées	Non

V- Pollution des eaux

La pollution est une modification défavorable de milieu naturel qui apparait en totalité ou en partie comme un sous produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de réparation des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de

la constitution, physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. **(Desjardins ; 1997).**

La pollution de l'eau est une dégradation de celle-ci par l'introduction de substances toxiques, qui nuisent directement à la chaîne alimentaire. Les rejets anthropiques dans l'eau concernent une grande quantité d'éléments indésirables, dont certains concernent une grande surface géographique. **(Laurent Touchart ; 2010).**

V-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.

V-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). **(Desjardins ; 1997).**

V-1-2-Pollution physique

V-1-2-1- Pollution thermique

Les activités humines peuvent réchauffer directement les eaux principalement par les rejets des centrales thermiques, qu'elles soient traditionnelles ou nucléaires **(Laurent ; 2010)**. Elles influent à la fois sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique de 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. **(Bouziani ; 2000).**

V-1-2-2- Pollution radioactive

Radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une source 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 des lésions biologiques (brulures, cancer...) et par des répercussions d'ordre génétique grave, en particulier les malformations congénitales parmi la descendance. (Desjardins ; 1997).

V--3- Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau devient de nos jours une préoccupation de santé publique, les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories : les substances chimiques dites « indésirables », les pesticides et produits apparentés, les substances toxiques, les détergents et les colorants et autres éléments toxiques. (Mustapha ; 2000).

V-1-3-1- Les substances chimiques dites « indésirables »

Les substances chimiques dites « indésirables » dans l'eau sont des substances dont la présence dans l'eau est tolérée, tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil (les sels ammoniacaux, le fluor, les nitrates....). (Mustapha ; 2000).

V-1-3-2- 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. (Vilagines ; 2003).

V-1-3-3-Pollution par les détergents

La pollution par les détergents est apparue avec le développement des produits de ménagère et de l'industrie. 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 CO₂ et N₂ en présence de lumière et contribue à un enrichissement excessif en matières organiques des eaux ; ce phénomène porte le nom d'eutrophisation. (Bouziati ; 2000).

V-1-3-4-Pollution par les métaux lourds

L'utilisation de diverses substances chimiques pour les besoins du développement industriel a entraîné dans presque toutes les régions du monde, une sémination dans le milieu naturel de différents types de résidus toxiques et de sels des métaux lourds. (Bouziati ; 2000).

A faibles concentration, les métaux sont des éléments essentiels et indispensables pour les êtres vivants comme constituant et cofacteur de différents 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)**

V-1-4-Pollution biologique

L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologique. Les principaux organismes pathogène qui se multiplient ou qui sont transporté dans l'eau sont : les bactérienne, virale, ou parasitaire. **(Bouziani ; 2000).**

V-1-4-1-Les maladies transmission hydrique (MTH)

La transmission d'une maladie fait intervenir un agent infectieux, une voie d'introduction et un sujet réceptif.

Dans le cas des infections d'origine hydrique, la voie d'introduction est l'eau, 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

Les eaux polluées peuvent contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes qui transmettent plusieurs types d'affections dites maladies à transmission hydrique ou maladies des mains sales. La plupart de ces germes pathogènes ont une origine fécale et leur transmission est dite Oro-fécale. **(Voire tableau 3). (Bouziani ; 2000).**

Tableau 3 : les principales bactéries pathogènes responsables d'infections bactériennes.

Maladie	Agents responsable	Manifestations	Contamination	Références
Fièvre typhoïde et Paratyphoïde	Salmonella typhi et Salmonella Paratyphi A	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.	MASSCHELE IN, 1996
Choléra	Vibrio cholerae	Diarrhée s'accompagne de vomissements et de douleurs épigastriques avec anurie et crampes musculaires.	Voie digestive à partir d'eau par des matières fécale.	NAUCIEL C et VILDE J-L, 2005.

b) Maladies d'origine virale

Les virus sont des micro-organismes infiniment plus petits et plus résistants dans l'eau. Ce sont des micro-organismes qui ont un métabolisme spécifique, ils ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante. Leur présence dans l'eau est liée à

une élimination humaine, par les selles, plus rarement par les usines ou les excréctions nasopharyngées. (Bouziari ; 2000).

Parmi les virus responsables de maladies hydriques, on distingue, (voire tableau 4) :

Tableau 4 : les principaux virus responsables d'infections virales

Maladie	Agents responsable	Manifestations	Contamination	Références
Gastroentérites Virales	Rotavirus Virus de Norwalk Astrovirus	Nausées et vomissements avec douleurs abdominales, diarrhées et fièvres.	Voie digestive	HASLAY et LECLERC, 1993.
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	Schwartzbr OD, 1991.

c) Maladies d'origine parasitaire :

Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme : d'œufs, de kystes ou de vers. Ils ne sont pas détruits par la chloration et par les autres méthodes de désinfection chimique, ils sont éliminés mécaniquement à l'aide d'une bonne filtration de l'eau de boisson. (Bouziari ; 2000).

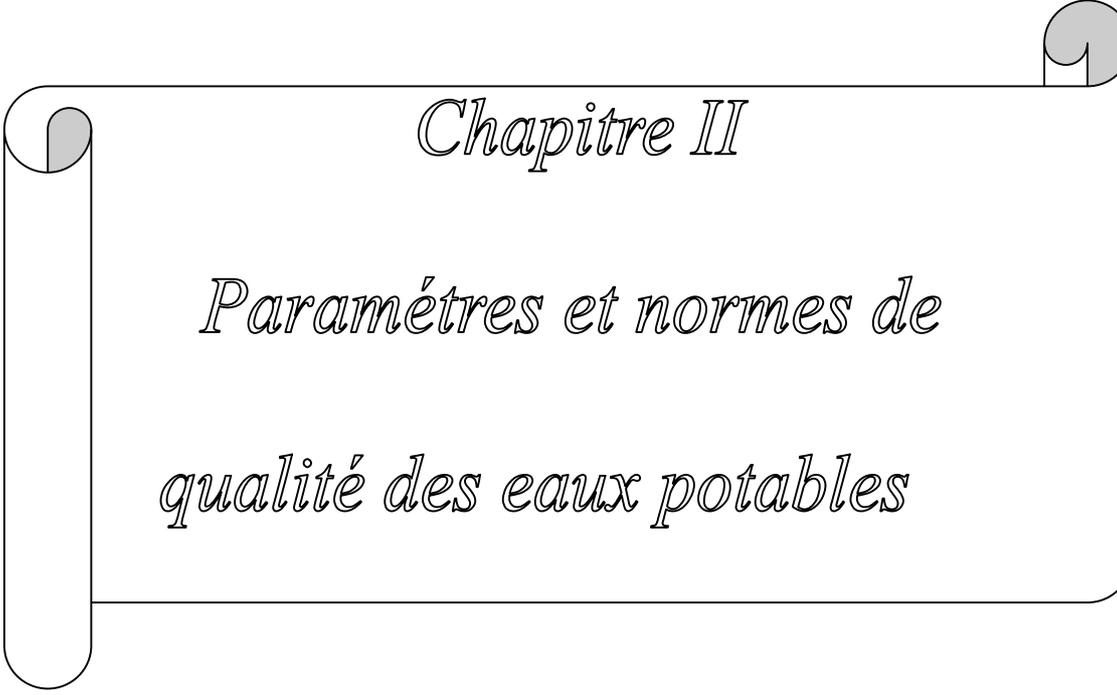
Parmi les parasites pathogènes les plus fréquents dans l'eau, on distingue (voire tableau 5) :

Tableau 5 : les principaux parasites responsables d'infections parasitaires.

Maladie	Agent responsables	Manifestations	Contaminations	Références
Gastro-entérite	Cryptosporidium Parvum.	Diarrhée profuse aqueuse avec crampes abdominales modérées, nausée et anorexie.	Voie digestive	VILAGINES, 2003.
Giardiase	Giardia Lamblia	Crampes abdominales, nausées et diarrhée aqueuse.	Ingestion des Kystes	HASLAY et LECLERC, 1993.

V-3-5-Pollution organique

Cette forme de pollution constitue la fraction la plus importante, provenant des eaux domestiques et des industries agroalimentaires provoque une surconsommation de l'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique et peut entraîner par conséquent la mort de la vie aquatique. (MELGHIT ; 2003).



Chapitre II

*Paramètres et normes de
qualité des eaux potables*

Introduction

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres organoleptiques, physico-chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs d'une bonne qualité de l'eau.

I-Définition de l'eau potable

Une eau est dite « potable » si elle respecte les valeurs imposées de la norme de potabilité. Les eaux potables sont traitées pour être utilisées dans les différents usages quotidiens (consommation, cuisine, refroidissement, jardins, incendies).

II-1-Paramètres organoleptiques

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais par leur dégradation, peuvent être des facteurs d'alerte pour une pollution ou indiquer un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. (LOUNNAS ; 2009).

II-1-1 Couleur de l'eau

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdal, elle est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux substances en solution apparente quand les substances en suspension y ajoutent leurs propres colorations. (L'ADE ; 2014).

II-2-2 Odeur et goût

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme, l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances.

Le goût peut être défini comme, l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche.

La saveur peut être définie comme, l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. (Jean Rodier ; 2005)

II-3-3-Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence, elle donne une idée sur sa teneur en matières en suspension notamment colloïdales (argiles, limons, grains de silice, matière organique....etc.), formant 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 (**Rodier ; 2005**)

II-2-Paramètres physico-chimiques

L'eau ne doit pas contenir d'éléments chimiques indésirables (Fer ; manganèse....) ou toxiques (plomb ; mercure....) qui entraîneraient des risques sanitaires à court, moyen, ou long terme.

II-2-1-Température de l'eau

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance de la qualité des eaux quelles 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).

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. Celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels et dans la détermination du pH. (**Arab.L et Oudafal.N ; 2015**)

II-2-2-Le pH

Le pH ou le potentiel hydrogène d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. On admet généralement un pH naturel situé entre 6,5 et 8,5. (**Jean RODIER ; 1975**).

II-2-3-Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration de la nature des ions, de la température et de la viscosité de la solution.

La conductivité s'exprime généralement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20° C, elle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour une eau naturelle. (**Rodier; 2005**).

II-2-4-Matière en suspension

Les matières en suspension correspondent aux particules véhiculées par l'eau. Elles peuvent être de nature minérale (argiles, sables, etc.) ou organique (débris végétaux, biomasse planctonique, etc.). Elles représentent la masse de dépôt exprimée en mg/l. **(Rodier;1975)**.

II-2-5-La dureté totale

La dureté est produite essentiellement par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient, les ions de calcium et de magnésium sont positifs, donc ils peuvent se lier dans l'eau à d'autres ions négatifs ; de ce fait on peut diviser la dureté en deux catégories :

- **Une dureté carbonatée ou temporaire** : qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de calcium et magnésium.
- **Une dureté non carbonatée** : produit par les autres sels et correspond à la dureté qui persiste après ébullition de l'eau.

La dureté est mesuré par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français) ; ou en milliéquivalents/l :

$$1^{\circ}\text{F}=5 \text{ meq/l}$$

$$1^{\circ}\text{F}=4 \text{ mg/l de Ca ou } 2.43 \text{ mg/l de Mg ou } 10 \text{ mg/l de CaCO}_3.$$

La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés. **(BEAUCHAMPS ; 2006)**.

II-2-6-L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogencarbonates $[\text{HCO}_3^-]$, carbonates $[\text{CO}_3^{2-}]$ et hydroxyde $[\text{OH}^-]$.

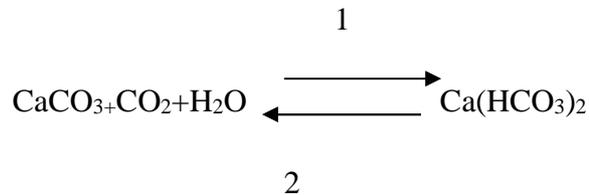
On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC).

- **Alcalinité au virage du rouge méthyle** : elle correspond à l'alcalinité totale à un pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} et OH^- .
- **Alcalinité au point de virage de la phénophtaléine (alcalinité composite)** : elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} .

Cette alcalinité composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8.3. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique (TA). (LOUNAS ; 2009).

II-2-7-Equilibre calco-carbonique

La réaction chimique prépondérante dans l'équilibre calco-carbonique est la suivant :



L'équilibre entre le carbonate de calcium et le bicarbonate de calcium est fonction de la teneur en CO₂ équilibrant. Deux cas peuvent se présenter :

- Si la concentration en CO₂ libre est supérieure à celle de CO₂ équilibrant, le sens (1) est prédominant en vertu de la loi de l'action de masse. Le CO₂ excédentaire attaque la couche calcaire présente dans les canalisations. L'eau est donc agressive.
- Dans le cas contraire, le manque de dioxyde de carbone favorise le sens (2). Une partie de Ca(HCO₃)₂ se dépose en calcaire et augmente la teneur en CO₂ libre. L'eau est entartrant ou incrustante. (Arab.L et Oudafal.N ; 2015).

II-2-8-Chlorures

Ils ne sont pas nocifs, mais constituent un important indicateur d'arrivée de pollution. Ils ne sont pas éliminés par les stations d'épuration. Dans la nature ils sont souvent indicateurs d'arrivée d'effluents urbains. A titre indicatif, dans l'eau du robinet le maximum admis est de 250 mg/l, de chlorures. (Kemoum D et Beddek F ; 2013).

II-2-9-Sodium

Le sodium est un métal alcalin que l'on trouve dans des sels sous forme d'ion Na⁺ c'est un élément constant de l'eau, mais sa teneur varie considérablement. Il est très soluble dans l'eau, et se trouve à des concentrations plutôt faibles dans les eaux butes.

Il est présent dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites), la roche Halite (évaporite NaCl) est le sel de cuisine sous forme de ion Na⁺, Notons que les argiles peuvent être saturées en ion Na⁺, par le processus d'échange de bases. Sa concentration peut augmenter sensiblement lors du processus d'échange d'ions en station

de traitement. Il affecte les qualités organoleptiques de l'eau lorsque sa concentration dépasse 200 mg/l. On peut également signaler que le sodium joue un rôle important en agriculture, il fait partie des bases alcalines et alcalino-terreuses et maintient la perméabilité des sols en vue de l'irrigation. **(Rodier; 2005, et Beer ;2010).**

II-2-10-Potassium

Le potassium se trouve sous forme de cation monovalent (K^+) en milieu naturel, il ne représente aucun inconvénient particulier sur la santé des populations, bien qu'il soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau et aussi un métal essentiel pour l'organisme, notamment par son rôle dans la régulation du potentiel membranaire.

La teneur du potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l, ces valeurs ne présentent pas d'inconvénients pour la santé des individus. **(Rodier, 2005).**

II-2-11- sulfate

La concentration en ions sulfates 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 d'origines animales.

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 générale, les sulfates sont rencontrés sous forme de sulfates magnésiens et/ou calciques dans les eaux dures à forte concentration, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez l'enfant); ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable. **(L'ADE ; 2014).**

II-3-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; 2010).**

II-3-1-Les germes aérobies revivifiables

Le principe consiste à mettre en évidence les bactéries qui se développent à 22° C ; favorisant ainsi les germes spécifiques de l'eau et celles qui se développent à 37° C ; favorisant ainsi les germes issus de l'homme et des animaux à «sang chaud». (**Cours Metahri ; 2015**).

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. Leur nombre est exprimé en nombre d'unités formant une colonie par ml d'eau. (**OUDAHMANE, HAMDI ; 2003**).

II-3-2-Les coliformes

On les recherche traditionnellement dans l'eau potable, car leur origine fécale est connue depuis très longtemps. On parle souvent de coliformes totaux qui correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulés, oxydase, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et de fermenter le lactose, avec production d'acide et de gaz en 48 heures à une température comprise entre 35 et 37° C. Ils se répartissent en 2 catégories :

Les germes d'origine fécale stricte : *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Levinea*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter cloacea*.

Les germes provenant d'autres sources environnementales (aquatique ou terrigène) : *Enterobacter intermedium* et *amniogenus*, *Klebsiella terrigena*, *Buttiauxella agresti*. (**Cours Metahri ; 2015**).

II-3-3-Les streptocoques fécaux

Selon la norme ISO 7899-2 et la norme NF T 90-416, les streptocoques sont des bactéries Gram positif, catalase négative, anaérobies-anaérobies facultatifs, ils se distinguent par leur forme coccoïde, leur mode de groupement en paires ou en chaînettes et leur caractère homofermentaire. Le genre streptocoques fécaux est vaste et divers, de sorte qu'il est difficile de classer ces bactéries de façon satisfaisante. (**BELKACEM ; 2010**).

Les streptocoques fécaux sont des germes de contamination fécale mais ils ne sont qu'exceptionnellement pathogène, ils sont très rares, et provoquent des douleurs abdominales

et diarrhée et sont dues à la consommation de produits contaminés. (**Oudahmane T, Hamdi F ; 2003**).

II-3-4-Clostridium sulfito-réducteurs

Ces bactéries ne peuvent pas vivre en présence d'oxygène : pour qu'elles se développent, il faut créer des conditions d'anaérobiose.

Parmi ces bactéries anaérobies, figure le genre Clostridium, également recherché dans le domaine de l'eau, qui est constitué par des bacilles Gram positif, trapus et capables de sporuler. Ce genre de bactéries ont la propriété de réduire le sulfite de sodium en sulfure. (**BELKACEM ; 2010**).

II-3-5-Salmonelles

Les Salmonelles sont des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles et qui se développent à une température de 36° C en 24 à 48 heures, sur milieu Hektoen, formant de petites colonies, lisses à contours régulier pigmentée en vert ou en bleu vert à centre noir.

Les salmonelles sont des bactéries à Gram négatif anaérobies facultatives (2-5 µm de long et 0.8-1.5 µm de diamètre très proches du genre Escherichia coli. (**OUDAHMANE, HAMDI ; 2003**).

II-4-Les paramètres indésirables

II-4-1 Fer

Le fer est un élément essentiel de la nutrition humaine, les limites de potabilité sont basées sur les effets esthétiques, sur le seuil gustatif, sur les effets ménagers et sur les inconvénients qu'il procure au réseau de distribution.

La présence de fer au robinet du consommateur peut être constatée, même si l'eau en est exempte à la sortie de la station de traitement, par le phénomène de la corrosion.

Le fer ne présente pas d'inconvénient au point de vue physiologique. Les besoins pour l'organisme humain se situent aux alentours de 10 mg/l pour la synthèse de l'hémoglobine, mais 60 à 70 % seulement de la quantité absorbée et métabolisée. (**REJESK ; 2002**).

II-4-2 Aluminium

L'aluminium est très répandu sur la terre, il vient par ordre d'importance après l'oxygène et le silicium, lorsqu'il est en solution et en milieu acide, il existe sous forme d' Al^{3+} .

A des concentrations supérieures à 30 $\mu g/l$ l'eau peut être considérée comme dangereuse lorsqu'elle est utilisée pour la dialyse rénale. **(VILAGINES, 2003).**

II-4-3 cuivres

Le cuivre est un métal très courant car il est utilisé dans de nombreuses applications industrielles et dans la vie courante. Il présente l'originalité d'être peu toxique pour l'homme mais fortement toxique pour les plantes aquatiques. C'est pour cela qu'il est utilisé pour éliminer les algues dans les piscines. Il est donc important de limiter la concentration dans les eaux de surface. **(ATTEAI ; 2005).**

II-4-4 Manganèse

Le manganèse est un oligo-élément indispensable à l'organisme, et ne présente aucun danger pour la santé publique excepté pour une absorption massive.

Il est répertorié dans les paramètres témoins du fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau potable, sa concentration est de 50 $\mu g/l$.

Il provoque néanmoins des désagréments d'ordre esthétique et organoleptique. **(CARDOT ; 2010).**

III-4-5- Zinc

Le zinc est un élément essentiel qui n'est généralement pas considéré comme toxique. L'eau renfermant des teneurs en zinc supérieures à 5,0 mg/l a tendance à être opalescente et à laisser une pellicule grasseuse après ébullition et à prendre un goût indésirable à cause de son astringence.

Utilisée pour recouvrir les métaux, peut être toxique à l'état de traces mais sa présence dans l'eau indique souvent la présence d'autres métaux ou polluants toxiques industriels. **(Jean RODIER ; 1996).**

II-5-Les paramètres de toxicité

II-5-1- Arsenic

L'arsenic est naturellement présent dans certaines eaux, il est à l'origine des cancers cutanés et d'autre forme de cancers, voire de problèmes circulatoires ; sa teneur admissible dans les eaux de consommation est en constante diminution (provisoirement : 10 µg/l). **(DEGREMENT ; 1989).**

II-5-2-Cadmium

Le cadmium est un métal lourd classé comme très toxique et à forte dangerosité pour l'environnement, les sources les plus importantes d'émission de cadmium est constituées par les eaux usées domestiques, les effluents industriels, en particulier les rejets de l'industrie minière, de la galvanoplastie et la synthèse de produits chimiques comme les insecticides, les engrais phosphatées, les solvants et les fibres textiles.

Chez l'homme, le cadmium s'accumule au cours de la vie essentiellement dans les reins et la fois, et est à l'origine de complications rénales graves. **(BOUZIANI, 2000)**

II-5-3-Mercure

Parmi les métaux lourds, le mercure constitue l'un des risques les plus importants de pollution de l'environnement.

Le mercure est surtout produit par les sources artificielles comme l'industrie chimique de chlore et de la soude, la fabrication d'appareillages électriques (accumulateur, batteries, piles).

La toxicité des sels de mercure varie en fonction de leurs caractéristiques chimiques et organiques et de leur absorption par le tractus gastro-intestinal, ces intoxications se traduisent par une stomatite, des troubles neurologiques et un syndrome néphrotique.

Il est plus toxique lorsqu'il est transformé en méthylmercure principalement par les micro-organismes du milieu aquatiques ; une intoxication par le méthylmercure provoque de graves lésions du système nerveux central, avec des troubles de la parole et peut entraîner la mort. **(BOUZIANI, 2000).**

II-5-4-Plomb

Le plomb est un métal lourd que l'on trouve essentiellement sous forme de sulfure en milieu naturel, il présente une toxicité élevée pour l'environnement.

Les émissions artificielles de plomb ont pour origine les rejets des fonderies, les incinérations d'ordures et les pigments de peinture. Les émissions artificielles de ce métal dans l'eau sont observées surtout par dissolution des conduites et des branchements à base de plomb.

La toxicité du plomb et ses manifestations cliniques sont connues de longue date (saturnisme). Le plomb a la particularité de se fixer dans le squelette et dans les tissus nerveux, ou il peut entraîner des lésions irréversibles. **(BOUZIANI, 2000)**

II-5-5-Chrome

Le chrome se trouve plus souvent à l'état d'oxydation-III (trivalent) ou VI, ce dernier (Cr(VI)) est extrêmement toxique et cancérigène, il est très soluble dans l'eau contrairement au chrome trivalent qui l'est moins 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 mg/l. **(BEER ; 2010).**

II-6- Paramètres de pollution organique

II-6-Demande biochimique en oxygène

La demande biochimique en oxygène (DBO) d'un échantillon d'eau est la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes aérobies présents ou introduits dans cet échantillon pour oxyder la matière organique biodégradable. Il s'agit donc d'une méthode d'évaluation de la fraction des composées organiques biodégradable. **(MEKBOUB .S ; 2003)**

II-6-2-Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique et dans des conditions définies les matières organiques

contenues dans l'eau, la quantité d'oxygène est exprimée en milligramme d'oxygène par litre. **(GROSCLAUD ; 1999)**

II-6-3-Azote Ammoniacal

L'élément azote existe principalement sous forme ionique, à savoir NH_4^+ , NO_2^- , et NO_3^- .

La pollution en ions NH_4^+ existe principalement pour les eaux de surface, leur oxydation conduit à la formation d'ions NO_2^- , il est en équilibre avec la forme gazeuse NH_3 . Ces deux espèces sont très toxiques pour la faune aquatique et problématique pour la santé publique. Elles induisent à une prolifération bactérienne sur le réseau, la dégradation des qualités organoleptiques de l'eau et à la corrosion des canalisations.

Les nitrates sont la principale source d'inquiétude, ces ions se transforment en milieu acide faible et à hauteur de 5 % en ions nitrites, qui sont toxiques pour l'organisme humain.

Ce sont des agents vasodilatateurs puissants qui causent vertiges et hypotension. Ils s'oxydent au niveau des ions ferreux de l'hémoglobine pour redonner des nitrates. On obtient alors de la méthémoglobine contenant des ions ferriques incapable de transporter les molécules d'oxygène. **(LOUNNAS ; 2009)**.

II-6-4-Nitrites

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates.

Leur présence dans l'eau est donc rare ou très faible. **(REJESEK ; 2002)**

II-6-5- Nitrates

Toutes les formes d'azote (azote organiques, ammoniaque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique (les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates). Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrate est très variable suivant la saison et l'origine des eaux. Les nitrates ont une toxicité indirecte par le fait qu'ils se transforment en nitrites.

Les possibilités de prévention de la pollution des eaux par les nitrates résident :

- Dans une meilleure maîtrise de fertilisation avec réadaptation de certaines pratiques agricoles ;
- Dans la limitation des rejets insuffisamment contrôlés, d'eau usée et de résidus divers,
- Dans le renforcement des périmètres de protection. (**BELKACEM ; 2011**).

II-6-6-Matières organique

Ce sont des composés contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition des matières animales ou végétales qui se trouvent dans l'eau, elles se décomposent du fait de leur instabilité chimique et par l'action des micro-organismes de l'eau en formant des composés plus simple.

Elles participent 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 ; 2005 et LOUNNAS ; 2009**).

D'une façon générale, une teneur élevée en matières organiques devra toujours faire suspecter une contamination microbienne ou autre (**RODIER ; 2005**)

II-6-7-Phosphates

Les phosphates sont des composés à base du phosphore, lequel joue un rôle prédominant dans l'eutrophisation des lacs. En conditions naturelles, le phosphore est présent en très faible quantité dans les eaux de surface. Les eaux de surfaces ou de nappes peuvent être contaminées par des rejets industriels et domestiques ou par le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par certains pesticides (**BOUZIANI ; 2000**).

Les phosphates présents dans l'eau se trouvent sous diverses formes et à des concentrations variables on distingue :

- L'acide phosphorique des effluents d'usine d'engrais phosphatés
- Les phosphates des eaux usées domestiques ;
- Les phosphates des purges de chaudières ;(**DEGREMENT ; 2005**)



Chapitre III

*Taitements des
eaux suerficielles*

Introduction :

Les eaux de surface, longtemps considérées comme capable d'accepter sans dommage des volumes énormes de contaminants, reçoivent aujourd'hui de quantités importantes des polluants à partir de multiples sources : affluents directs industrielles et urbains, et lessivage des sols.

Ces différentes sources de pollution représentent une atteinte à la santé par la qualité des polluants déversés et les proportions significatives de composés toxiques d'origine minérale comme les métaux lourds, ou organiques comme les pesticides. Le danger est dû surtout au fait que les différents maillons de la chaîne trophique sont capable d'accumuler ces substances toxiques et les transmettre à des teneurs élevées aux consommateurs. **(KHALID AROUYA, 2011)**

III.1. Définition des objectifs du traitement

Les objectifs du traitement des eaux de superficielles peuvent être répartis en trois groupes :

- La santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico- chimiques bactériologiques ;
- L'agrément des consommateurs, qui diffèrent du premier point car une peut être agréable à boire tous en étant dangereuse (sources polluée...) il s'agit des qualités organoleptiques, c'est- à -dire ce qui perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir la couleur, odeur et goût ;
- La protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usagers (robinetteries, chauffe-eau,...) contre l'entartrage et/ou la corrosion. **(METAHRI.M ,2013)**

III.2. Qualités requise à la production d'eaux alimentaire :

Selon l'article R. 1321-38, du décret 2003-461 du 21 mai 2003 de la réglementation française relatif à certaines dispositions réglementaires du code de la santé publique, les eaux douces superficielles sont classées selon leur qualité dans les groupes **A1**, **A2** et **A3**. Leur utilisation pour la consommation humaine est subordonnée pour les eaux classées en :

Groupe A1 : à un traitement physique simple et à une désinfection, par exemple : filtration rapide et désinfection ;

Groupe A2 : à un traitement normal physique, chimique, à une désinfection, par exemple : pré - chloration, coagulation, décantation, filtration, désinfection (chloration finale) ;

Groupe A3 : à un traitement physique et chimique poussé, à des opérations d'affinage et de désinfection, par exemple : chloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, affinage (charbon actif), désinfection (ozone, chloration finale).

La classe de l'eau brute est évidemment déterminée à partir d'une analyse complète suivant les paramètres donnés dans l'annexe 13-1-III qui reprend la directive européenne 75-440. Pour une eau donnée il faut que 95 % des échantillons aient leur valeurs inférieures à la valeur impérative et 90 % d'entre eux soient conforme à la valeur guide. Les 5 ou 10 % restants doivent respecter, entre autres, les conditions suivantes :

- La valeur des paramètres ne doit pas excéder 50 % de celles fixées, exception faite de la température, du pH, de l'oxygène dissous et des paramètres microbiologiques ;
- Il ne peut en découler aucun danger pour la santé publique.

Les eaux superficielles qui ont des caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques supérieures aux valeurs limites impératives correspondant au traitement type A3 ne peuvent être utilisées pour la production d'eau alimentaire. Dans l'état actuel des choses, une eau d'une telle qualité inférieure peut être exceptionnellement utilisée s'il est employé un traitement approprié permettant de ramener toutes les caractéristiques de qualité de l'eau à un niveau conforme aux normes de qualité de l'eau alimentaire. (METAHRI.M, 2013).

III.3. Traitement de potabilisation :

Les eaux destinées à la consommation humaine, avant leur traitement sont dites eaux brutes qu'elles soient d'origines souterraines ou superficielles, elles sont habituellement très chargées en particules et pollution diverses.

Si pour une eau brute souterraine, une aération et une désinfection suffisent généralement à la rendre potable, une eau superficielle nécessite, selon sa composition et sa charge en matières en suspension des procédés de traitement appropriés. (KEMMOUM .D et BEDDEK .F, 2013).

La figure 3 : représentent les différents procédés de traitement d'une station

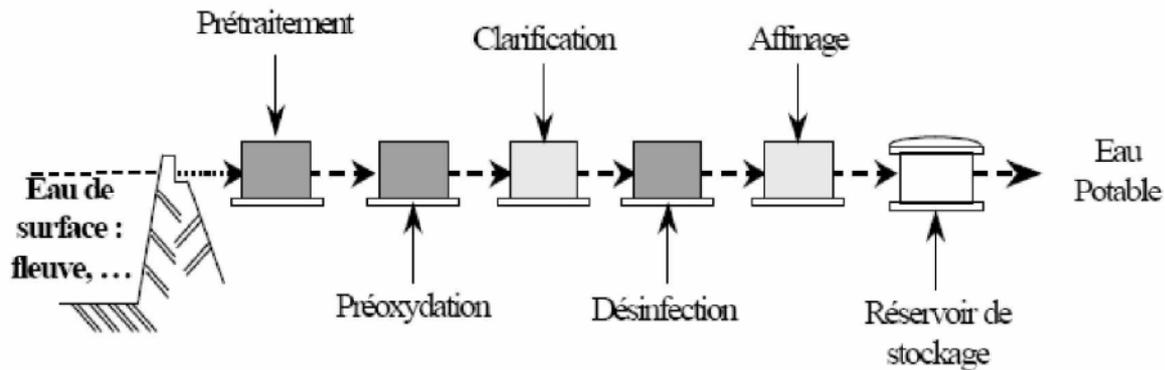


Figure 3 : chaîne de traitement

III.3.1. le prétraitement :

Dans le processus de traitement des eaux, les prétraitements représentent la première phase. Ils servent à soulager le traitement (élimination des particules les plus grossières et indésirables comme le plancton, des gaz en excès...) et à protéger les ouvrages de sables-limons, des algues et de la corrosion. (METAHRI.M, 2013)

III.3.2. dégrossissage :

Ayant pour but d'éliminer les matières de grandes dimensions susceptibles de gêner la mise en œuvre des autres traitements. Il peut comporter :

III.3.2.1. dégrillage :

Le dégrillage, premier poste de traitement, indispensable sur les eaux superficielles, permet de protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement, ceci permet également de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements d'eau, ou au moins compliquer leur exécution et leur exploitation. (LOUNNAS.A,2009)

III.3.2.2. Macrotamissage :

Les éléments filtrants sont constitués de tôles perforées, ou le plus souvent, de mailles croisées en acier inoxydable ou en tissu synthétique, présentant des ouvertures de 0,15 à 2 mm. (KEMMOUM .D et BEDDEK .F ,2013)

III.3.2.3. Dessablage :

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines, ainsi de protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion. **(KEMMOUM .D et BEDDEK .F ,2013)**

III.3.2.4 .Débourbage :

Le débouillage est nécessaire quand la quantité des MES de l'eau brute à éliminer (limons, argiles.....) dépasse la capacité de concentration (2 g/l) et d'extraction des décanteurs situés à l'aval. **(GANI .F ,2001)**

III.3.2.5. Micro tamisage :

Le micro tamisage est une opération destinée à faire passer un liquide contenant des impuretés à travers une toile de fibres ou de à travers une membrane poreuse. Durant le passage de liquide, certains solides sont arrêtés soit directement (par des mailles du microtamis).soit indirectement (par les métiers solides accumulées sur le microtamis).la grosseur des mailles d'un microtamis est inférieure à 150 µm.

Les microtamis peuvent intercepter le plancton et les particules organiques et minérales assez grosse dans la taille est supérieure à celle des ouvertures des microtamis.

Par contre, les microtamis n'arrêtent pas les éléments minéraux fins (argiles), ni les éléments colloïdaux minéraux ou organiques, ni les substances dissoutes, le microtamisage n'améliore donc pas la turbidité causée par de fines particules et ne modifie pas la couleur de l'eau.

Ils sont utilisés principalement pour :

- Traiter les eaux de lac faiblement contaminées, dont la turbidité est faible et la couleur peu accentuée .Dans ce cas, le microtamisage est habituellement suivi d'une filtration et d'une désinfection.
- Réduire la quantité de matière en suspension (MES) présente dans les eaux usées après épuration ;
- Clarifier les eaux résiduaires industrielles ;
- Récolter les algues à la sortie d'un traitement par lagunage. **(DESJARDINS .R ,1997)**

III.3.2.6 Dégraissage et déshuilage :

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent à séparer des produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation, naturelle ou assistée, dans une enceinte liquide de volume suffisant. (METAHRI .M, 2013)

III.3.2.7 La pré-chloration :

La pré-chloration a pour but d'oxyder totalement l'ammoniaque et les autres matières oxydables, et permet l'amélioration de la floculation et de la décantation. L'injection de chlore en prétraitement permet aussi d'éviter la prolifération algale dans les bassins de décantation ou de filtration.

La pré-chloration présente l'inconvénient de former des composés organiques chlorés dont les trihalométhanes (THM) qui peuvent avoir des effets nocifs sur la santé de l'homme, il faut donc éviter une pré-chloration dans le cas de l'eau brute fortement chargée en matières organiques, car les THM se forment à partir du chlore et de certains composés (ex : les acides humiques), la qualité de désinfectant est déterminée à l'aide de différentes méthodes expérimentales, les plus employées sont les méthodes dites « tests chlore » et « break point ». (KEMMOUM .D et BEDDEK .F ,2013)

III.4. La clarification :

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension (MES) d'une eau brute ainsi que la majeure partie des matières organiques présentes dans les eaux superficielles. La clarification comprend les opérations de coagulation-floculation, décantation ou flottation et filtration. (KEMMOUM .D et BEDDEK .F ,2013)

III.4.1. La coagulation-floculation :

C'est un procédé physico-chimique qui facilite l'élimination des MES et des matières colloïdales contenues dans l'eau.

- La coagulation a pour but de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. On peut obtenir cette déstabilisation par : (DESJARDINS .R ,1997)
 - Compression de la double couche ;
 - Adsorption et neutralisation des charges ;
 - Emprisonnement des particules dans un précipité ;
 - Adsorption et pontage.

➤ Flocculation

La flocculation est l'agglomération de ces particules déchargées en micro floc, puis en flocs volumineux et décantables par l'ajoute d'un autre réactif, qui contribue à une structuration des flocs.

Le mécanisme de coagulation flocculation est un processus de déstabilisation de particules puis leur agrégation. (figure 4) (GANI .F ,2001)

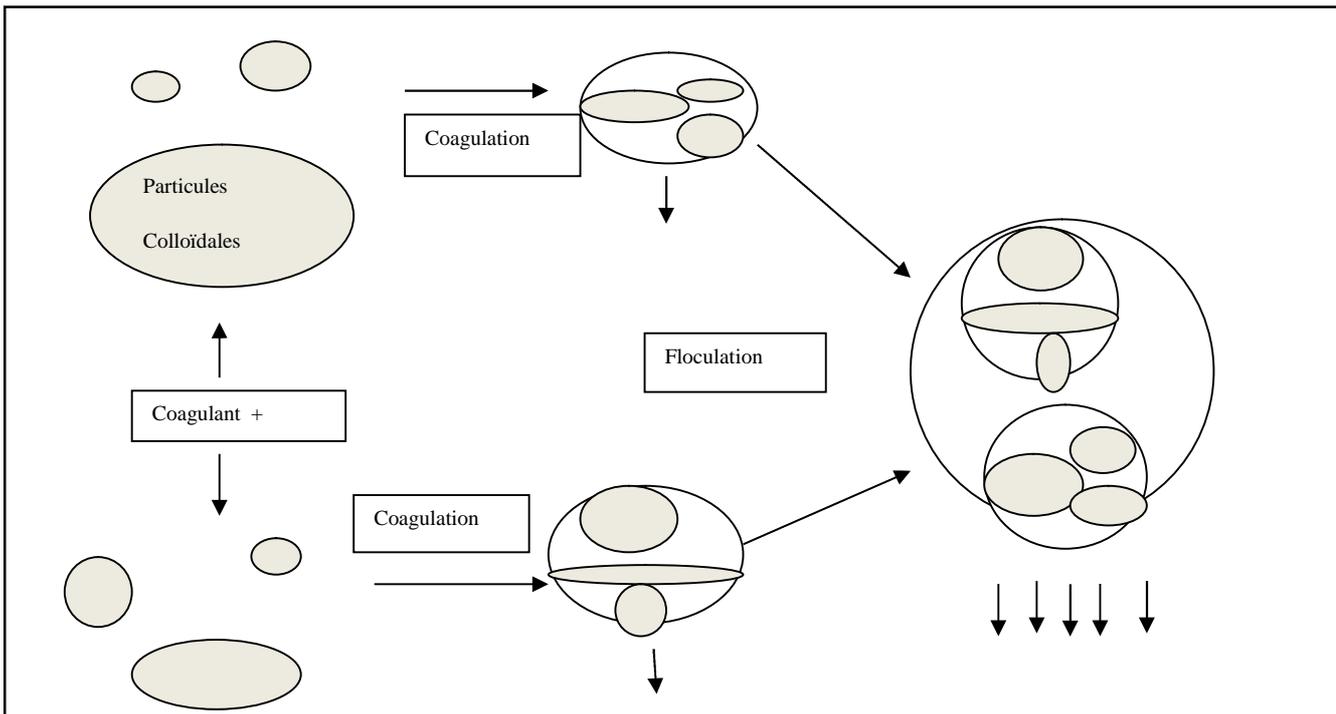


Figure 4 : processus de coagulation-flocculation (KEMMOUM .D et BEDDEK .F ,2013)

III.4.1.1.les mécanismes de coagulation –flocculation :

On peut considérer qu'il existe quatre grands mécanismes qui agissent individuellement ou ensemble dans la coagulation ou flocculation :

- Réduction de l'épaisseur de la couche ionique : transportée par les particules, par augmentation de la force ionique de la solution.
- Neutralisation des charges ioniques : par l'ajout d'un réactif chimique contenant des contre ions du colloïde (LOUNNAS.A, 2009).
- Pontage entre les particules : par utilisation des polymères de haut poids moléculaire.
- Piégeage des particules : par formation de polymères d'hydroxydes minéraux volumineux. (LOUNNAS A, 2009)

III.4.1.2. Les réactifs de coagulation –floculation :

- **Les coagulants** : les réactifs coagulants les plus généralement utilisés sont :
 - ✓ **Les sels d'aluminium** : les plus employés sont :
 - **Sulfate d'aluminium** : soit cristallisé : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{ ou } 18 \text{H}_2\text{O}$, soit liquide : solution à 600 ou 720 g/l.
 - **Sulfate cristallisé** : couramment appelé sulfate d'alumine.
 - **Chlorure d'alumine** : AlCl_3 liquide (efficace mais rare).
 - **Aluminate de sodium** : NaAlO_2 .
 - ✓ **Les sels de fer** : les plus employés sont :
 - Le chlorure ferrique sublimé FeCl_3 ou cristallisé FeCl_3 .
 - Les sulfates ferriques cristallisés en poudre $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$. (**METAHRI, 2013**).
- **Les flocculants utilisés** :
 - ✓ **Les flocculants minéraux** : il s'agit essentiellement de la silice activée, préparée (en continu ou discontinu) en neutralisant partiellement l'alcalinité d'une solution de silicate de sodium par un acide : (H_2SO_4) le plus souvent, ou aussi HCl , sulfate d'aluminium, eau de chlore...). On obtient un polymère anionique linéaire
 - ✓ **Les flocculants organiques** :
 - **D'origine naturelle** : on utilise surtout l'acide alginique ou ses sels, les alginates de sodium (polymères anioniques linéaires), plus simple à mettre en œuvre, mais souvent moins actifs que la silice activée (sauf lorsque le coagulant est un sel de fer).
 - **D'origine synthétique** : ce sont des polyélectrolytes anionique, cationiques ou non ioniques, à très haute masse molaire (10^6 à 10^7); il s'agit de polyacrylamides, polyamine. (**MEKBOUB .SALAH, 2003**)

Ce sont les plus efficaces des flocculants et beaucoup d'entre eux sont maintenant officiellement agréés pour leur utilisation dans les traitements de potabilisation.

III.4.2. La décantation :

La décantation consiste à précipiter les flocs formés précédemment au fond des décanteurs, sous la force de leur poids (décantation gravitaire) , la décantation à pour rôle (**GANI.F, 2001**) :

- De séparer les particules en suspension de l'eau claire
- D'obtenir une eau décantée qui soit filtrable
- De se débarrasser des boues

III.4.2. Types de décanteur :

➤ **Décanteur statique** : le décanteur est constitué d'un bassin rectangulaire ou circulaire. Les boues se déposent au fond du bassin dont le radier est incliné de 45 à 60 pour permettre l'évacuation continue ou intermittente des boues au point le plus bas. Certains sont garnis d'un système de recyclage. (GANI.F, 2001).

➤ **Le décanteur à recyclage des boues** :

Ils favorisent un bon contact de l'eau et des boues par recyclage d'une partie des boues dans une colonne centrale de réaction. Le rassemblement des flocons permet une sédimentation plus rapide. (GANI.F, 2001)

➤ **Décantation à lit de boues**

L'eau à clarifier traverse verticalement le lit de boues qui joue un rôle de filtre très efficace ; les pulsations garantissent la bonne floculation et l'homogénéité du lit de la boue. (GANI.F, 2001)

III.4.3. La flottation :

Par opposition à la décantation, la flottation ou est un procédé de séparation solide-liquide qui s'applique à la des charges dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient.

La flottation est dite naturelle si la différence de masse volumique entre les agrégats et l'eau est naturellement suffisante pour une séparation.

La flottation est dite assistée si elle nécessite la mise de moyens de moyens extérieurs (de l'air, ou de l'air et des réactifs) pour améliorer la séparation de particules naturellement flottables (mais avec une vitesse de séparation insuffisante).

La flottation est dite provoquée à masse volumique de la particule, à l'origine supérieure à celle du liquide, est artificiellement réduite pour provoquer sa flottation (LOUNNAS.A, 2009)

III.4.4. La filtration :

La filtration est un procédé de séparation solide/liquide qui utilise le passage à travers un milieu poreux (la plus courante est le sable) qui retient les particules en suspension dans l'eau brute ou l'eau prétraitée (floculée et décantée à mesure que les particules solides atteignent la couche filtrante, elles déposent et absorbent les matières minérales ou organiques qui arrivent ultérieurement.

Ceci peut conduire à la formation d'un film biologique. Avec le temps, il y a diminution du diamètre des pores du filtre, on dit qu'il y a colmatage. D'une façon générale, on distingue deux types de filtration :

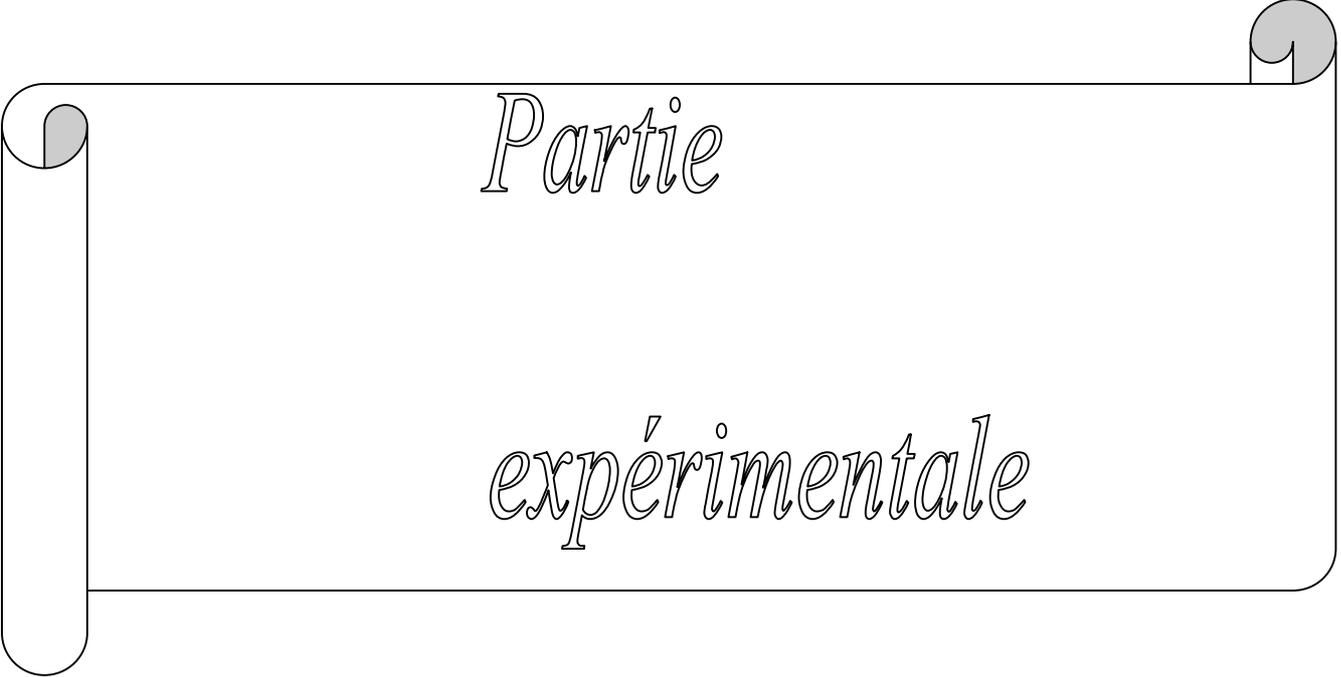
- La filtration lente qui a l'avantage d'être une opération facile mais présentant plusieurs inconvénients tels que la nécessité d'une grande surface et l'exigence d'une eau dont la turbidité est faible.
- La filtration rapide, qui en revanche est une opération relativement complexe mais palliant aux inconvénients de la première. (LOUNNAS.A, 2009)

III.5.Traitement d'affinage :

III.5.1.La désinfection :

La désinfection est un traitement visant à éliminer les micro-organismes pathogènes, bactéries, virus et parasites ainsi que la majorité des germes moins banals moins et résistants.

C'est le moyen de fournir une eau bactériologiquement potable, tout en y maintenant un pouvoir désinfectant suffisamment élevé pour éviter les reviviscences bactériennes dans les réseaux de distribution. L'eau potable, suivant les normes, contient toujours quelques germes banals, alors qu'une eau stérile n'en contient aucun. La désinfection est une post-oxydation. En eau potable, elle est assurée par des oxydants chimiques tels que le dichlore Cl_2 , le dioxyde de chlore ClO_2 , l'ozone O_3 et dans un certain nombre de cas par un procédé physique comme le rayonnement UV. (CLOUD.C, 2010)



Partie

expérimentale

Partie expérimentale

Introduction:

La Ville de Tizi-Ouzou est alimentée par le forage 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.

Afin d'assurer une alimentation en eau continue et régulière de cette ville, l'utilisation des eaux des différentes stations comme appoints s'avèrent une solution adéquate et plus que justifier. Pour cela une étude de ces eaux est effectuée au niveau de l'ADE ce qui est l'objet de notre travail.

I-Matériels :

I-1-Appareillage :

- ❖ pH mètre HACH ;
- ❖ Conductimètre sension 7
- ❖ Oxymètre ;
- ❖ Etuve réglable à 105-110° et 175-185°C ;
- ❖ Bain marie ;
- ❖ Spectrophotomètre HACH ;
- ❖ Spectrophotomètre d'émission de flamme ;
- ❖ Agitateur magnétique ;
- ❖ Incubateur ;
- ❖ Dessiccateur ;
- ❖ Pompe à eau ;
- ❖ Turbidimètre HACH ;
- ❖ Etuves (22°C, 37°C et 44°C) ;
- ❖ Rampe de filtration à trois postes ;
- ❖ Autoclave ;
- ❖ Appareil à reflux ;
- ❖ Etuves réfrigérées ;
- ❖ Comparateur ;
- ❖ Dispositif de filtre sous vide ou sous pression ;
- ❖ Flocculateur ;

I-2-Verrerie et autres matériels :

- ❖ Tubes à essais stériles ;
- ❖ Pipettes graduées 1ml, 2ml, 5ml et 10ml stériles ;
- ❖ Pipettes Pasteur ;
- ❖ Flacons de 250ml, 500ml et 1000ml ;
- ❖ Fioles (coniques, jaugées) ;
- ❖ Burettes ;
- ❖ Béchers ;
- ❖ Erlenmeyer ;
- ❖ Cloche de Durham
- ❖ Tubes de centrifugation ;
- ❖ Anse à 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 ;

Partie expérimentale

I-3-Milieus de culture :

❖ Les germes revivifiables à 22 et à 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 lactosée bilié au vert brillant (B.L.B.V.B) ;
- Disques d'oxydase ;
- Réactifs de Kovacs

❖ Streptocoques fécaux :

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

❖ Clostridium sulfito-réducteurs :

- Gélose viande-foie (VF) ;

Additifs : sulfite de sodium ;

Alun de fer;

❖ Salmonelles :

- Eau peptonée tamponnée (E.P.T) ;
- Milieu Rappaport Vassiliadis (RV) ;
- Gélose Hektoen.
- **II-Analyse physico-chimiques :**

II-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 ;

Partie expérimentale

- Faire la lecture après stabilisation du PH à une température de 25°C.
- ❖ **Expression des résultats :** Les mesures sont exprimées en unités de PH, à la température 25°C. (Voire la figure 4).



Figure 4: Le pH mètre

II-2 Mesure de la turbidité:

- ❖ **Mode opératoire :**
 - Remplir la cuve avec de l'eau distillée ;
 - Appuyer sur le bouton zéro ;
 - Affiche sur l'écran le zéro ;
- ❖ **Mesure :**
 - Remplir la cuve avec de l'eau à analyser ;
 - Appuyer sur le bouton mesure ;
 - Faire la lecture après stabilisation de la cuve ;
- ❖ **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en NTU (Nephelometric Turbidity Units) si cette unité est sélectionnée.

II-3-Mesure de la conductivité :

Partie expérimentale

❖ Mode opératoire :

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau permutée puis en plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées. Agiter le liquide afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Introduire alors le thermomètre aussi près que possible de la cellule. La température du liquide ne devra en aucun cas varier. Effectuer la mesure la plus vite possible.

❖ Expression des résultats :

La conductivité exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou S/m . La conductivité électrode de l'eau est donnée par l'expression. (Voire la figure 5).

$$\text{Cond} = \frac{\text{conductivité}}{K (\text{constant d'étalonnage})}$$



Figure 5: Le conductivity mètre.

II-4-Dossage de l'oxygène dissous:

❖ Mode opératoire:

- L'appareil utilisé est un oxymètre l'étalonnage de l'appareil se fait avec l'eau distillée.
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée.
- Faire la lecture après stabilisation de la valeur de l'oxygène dissous affichée sur l'oxymètre.

❖ Expression des résultats

Partie expérimentale

Les resultants sont exprimés en mg/l.

II-5-Détermination de l'alcalinité, method volumétrique:

❖ Principe:

Sont principe est base sur la neutralization d'un certain volume d'eau par un acide minérale dilué en presence d'un indicateur coloré.

❖ Materiel et produits:

- Phénophtaléine.
- Méthylorange.
- Eau distillée.
- Erlenmeyer.
- Burette à 100ml.
- Acide sulfurique N/25 Dosage de TA et TAC.

❖ Mode opératoire:

❖ Détermination de TA:

Prélever dans un erlenmeyer, 100 ml 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 produit des que 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 le nombre de ml d'acide utilisés pour obtenir le virage.

❖ Détermination de TAC:

Prélever dans un erlenmeyer, 100 ml d'eau à analyser. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution de méthylorange. Une coloration jaune orange doit alors se développer ce qui produit des que le pH est inférieur à 4,5. Verser ensuite l'acide dans l'erlenmeyer à l'aide d'une burette en agitant constamment et ceci jusqu'au passage de la coloration du jaune orange au rose orangé. Soit V' le nombre de ml d'acide N/25 versés depuis le début du dosage. Retrancher de ce volume 0.5 ml qualité 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:

Partie expérimentale

❖ TA:

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

V: exprime le titre alcalimétrique en degrés français (en effet, 1°F correspond à 10 mg de carbonate de calcium (ca CO₃) ou 0,2 méq/l).

❖ TAC:

V'-0,5/5: exprime le titre alcalimétrique complet en milliéquivalents par litre.

V'-0,5: exprime le titre alcalimétrique complet en degrés français.

II-6-Détermination de la dureté totale (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 de titration avec l'EDTA provoque un changement de couleur de violet au bleu.

❖ Réactifs:

- Solution tampon : dissoudre 67,5 g de chlorure d'ammonium (NH₄Cl) dans 570 ml de solution ammoniacale, ajouter ensuite 5,0 g de sel disodique de magnésium de L'ADTA (C₁₀H₁₂N₂O₈Na₂Mg) et diluer à 1000 ml avec de l'eau.
- EDTA, solution titrée, c(Na₂EDTA)=10 mmol/l : sécher une portion d'ADTA à 80°C pendant 2 h, dissoudre 3,725 g du sel sec dans l'eau et diluer à 1000 ml dans une fiole jaugée.
- Mordant noir 11, indicateur : dissoudre 0,5 g de sel de sodium de mordant noir dans 100 ml de triéthanolamine, afin de diminuer la viscosité de la solution.

❖ Mode opératoire:

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 4 ml de la solution tampon et 3 gouttes d'indicateur mordant noir 11, la solution doit se colorer en rose. Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA à l'aide d'une burette goutte à goutte dès que la couleur de la solution commence à virer du violet au bleu.

❖ Expression des résultats:

Partie expérimentale

La teneur globale en calcium et en magnésium, C_{ca+mg} , exprimée en milli-moles par litres, est donnée par l'équation:

$$C_{ca+mg} = \frac{c_1 v_1}{v_0}$$

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

V_0 : est le volume, en milliliters, de l'échantillon utilisé.

V_1 : est le volume, en milliliters, de la solution d'EDTA, utilisé pour le titrage (ISO 6059-1984 (F)).

II-7-dosage du calcium: méthode titrimétrique à l'EDTA:

❖ Principe:

Titration des ions avec une solution aqueuse d'EDTA à pH 12 et 13, l'indicateur utilisé est le HSN qui forme un complexe rouge avec le calcium.

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.

❖ Réactifs:

- Hydroxyde de sodium, solution 2N dissoudre 8g d'hydroxyde de sodium dans 100 ml d'eau fraîchement distillée.
- Sécher une portion d'EDTA à 80°C pendant 2 heures, dissoudre ensuite 3,725 g du sel sec dans de l'eau distillée et diluer à 100 mg/l dans un fiole Jaugée.-Indicateur HSN: mélanger soigneusement 0,2 d'acide calcane carboxylique ($C_{12}H_{14}N_2O_7S \cdot 3H_2O$) et 100g de chlore de sodium (NaCl).

❖ Mode opératoire:

Prélever une prise d'essai de l'échantillon. Ajouter de la solution de NaOH et environ 0,2g de l'indicateur HSN, mélanger et doser immédiatement. Ajouter à l'aide d'une burette EDTA goutte à goutte tout en continuant d'agiter des que la couleur de la solution commence à virer du violet au bleu.

❖ Expression des résultats:

La teneur en calcium, C_{ca} exprimée en milli-moles par litre, est donnée par l'équation:

$$C_{ca} = \frac{C_1 \cdot V_1}{V_0}$$

C_1 : est la concentration en EDTA exprimée en mmol/l.

Partie expérimentale

V1: est le volume en ml de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage.

V0: est le volume en ml de la prise d'essai.

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

$$C_{ca} = \frac{C1.V1.A}{V0}$$

A: est la masse atomique de calcium (40,8g).

II-8-Dosage de chlorures: titrage nitrate d'argent avec du chromate de potassium

❖ Principe

Reaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ion argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur.

Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

❖ Réactifs

- Solution de nitrate d'argent à 0.02N dissoudre 3,3974 d'AgNO₃ séchés au préalable à 105°C et compléter à 1000 dans une fiole Jaugée.
- Solution de chlorures à 71mg/l.
- Indicateur coloré K₂ Cr O₄ à 10% dissoudre 10g de chromate de potassium (K₂CrO₄) dans l'eau et diluer à 100ml.

❖ Mode opératoire

Prélever une prise d'essai de 100ml de l'échantillon. Ajouter 1ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent à 0,02N dès que la couleur de la solution commence à virer du jaunâtre au brunâtre.

❖ Expression des resultants:

La teneur en chlorure, exprimée en milli-gramme par litre est donnée par l'équation:

$$C_{cl^-} = V_{AgNO_3} * 71 * F$$

V_{AgNO₃}: Volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

F:Facteur de correction du titre de AgNO₃

Partie expérimentale

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

❖ Réactifs :

- Acids sulfurique, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2\text{mol/l}$
- Oxalate de sodium, solution étalon($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) = 5mmol/l.
- Permanganate de potassium, solution titrée, $C_{(\text{KMnO}_4)} \approx 2\text{ mmol/l}$

❖ 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 0,5mg/l à 10mg/l.
- Transférer, à l'aide d'une pipette ,25ml d'échantillon (ou d'échantillon dilué) dans un tube à essai. Ajouter 5ml d'acide sulfurique et mélanger en agitant doucement. Ajouter 5ml de la solution étalon de permanganate de potassium.
- Placer le tube à essai dans le bain d'eau bouillante pendant 10 ± 2 min.
- Après 10 min, ajouter 5 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5mol/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_1 , 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 25ml d'eau. Noter le volume, V_0 , 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 5,00ml 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 30s.
- Noter le volume, v_2 , de solution de permanganate consommé.

❖ Expression des résultats :

Calculer l'indice de permanganate, I_{Mn} , exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, à l'aide de l'expression suivante :

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

V_0 : est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc ;

V_1 : est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai ;

Partie expérimentale

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 :

$$f = \frac{V_4 * C_{Na_2C_2O_4} * M_0 * 1000}{1000 * V_5}$$

V_4 : est le volume, en millilitres, de la solution étalon d'oxalate de sodium consommé pour la détermination lors de l'étalonnage : $V_4 = 20$ ml.

$C(Na_2C_2O_4)$: est la concentration, en millimoles par litre, de la solution étalon d'oxalate de sodium : $C(Na_2C_2O_4) = 5$ millimoles/l.

1 000 (numérateur) : est le coefficient correcteur pour exprimer $C(Na_2C_2O_4)$ de millimoles/l à millimoles/ml.

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

V_5 : est le volume d'échantillon utilisé, en millilitres ($V_5 = 25$ ml) ;

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 :

❖ Principe

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

❖ Réactifs :

▪ Réactifs coloré :

- salicylate de sodium.....130 g ;
- Citrate trisodique dihydraté.....130 g ;
- Sodium nitropentacyanoferrate(III) dihydraté.....0,97 g ;
- Eau distillée.....100 ml ;

▪ Solution de dichloroisocyanurate de sodium :

- Hydroxyde de sodium.....32 g
- Dichloroisocyanurate di-hydraté..... 2 g
- Eau distillée100 ml

❖ Mode opératoire :

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

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

Partie expérimentale

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'ajoute de la solution du réactif, s'il y aura apparition d'une coloration verdâtre, mesurer la concentration en ion d'ammonium à une longueur d'onde de 655nm avec le spectrophotomètre.

- **Essai à blanc :**

Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre :

4 ml du réactif coloré homogénéisé, 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser.

Après au moins 60 mn, attendre le développement de la couleur, mesurer la concentration en ion d'ammonium à la longueur d'onde de 655 nm.

- ❖ **Expression des résultats**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'ammonium.

2-11 Dosage des ions nitrites, méthode spectrométrique

- ❖ **Principe**

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorohydrate..

- ❖ **Réactifs**

- **Solution du réactif**

- Sulfamide ($C_6H_8N_2O_2S$).....40g
- Acide phosphorique.....100ml
- N-(naphtyle)- éthylénediamine –dichlorohydraté.....2 g
- Eau distillée1000 ml

- ❖ **Mode opératoire :**

Dans le cas d'échantillon troubles, il faut filtrer sur un filtre à membrane de 0,45 μ m.

Introduire 40ml de l'échantillon (filtré) dans une fiole jaugée de 50ml. Ajouter 1 ml de la solution du réactif, bien mélangé, compléter avec de l'eau distillée à 50ml pour assurer que le PH adéquat est atteint après l'ajoute du réactif (PH<1,9) et bien mélanger.

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

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

Partie expérimentale

❖ Expression des résultats :

La valeur donnée par le spectrophotomètre correspond à la concentration en N-NO₂ donc pour avoir la concentration en NO₂ on doit multiplier la valeur par 3,29(ISO 6777 :1984).

2-12 Dosage des nitrates méthode spectrométrique

❖ Principe

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

❖ Réactifs :

▪ Mélange acide :

- Acide sulfurique (H₂SO₄).....500ml
- Acide orthophosphorique(H₃PO₄).....500ml
- Acide amidosulfurique.....0,040g
- Diméthyle-2.6 phénol, solution à 1.2g/l.

❖ Mode opératoire :

A l'aide d'une éprouvette, introduire 35ml du mélange acide dans une fiole conique séchée de 100ml, puis ajouter 5 ml de l'échantillon et 5ml de la solution de diméthyle-2,6phénol.

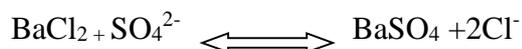
Mélanger soigneusement le contenu de la fiole par agitation circulaire et laisser reposer pendant 10 à 60mn. Effectuer un essai à blanc parallèlement au dosage en utilisant 5 ml d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

La concentration en azote nitrate est la valeur donner par le spectrophotomètre à une longueur d'onde de 324 nm, la concentration en nitrate est égale à N-NO₃×4,427 (ISO 7890/1-1986).

2-13 Détermination des sulfates (SO²⁻4), méthode spectrométrique

❖ Princi

Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :



❖ Réactifs

▪ Solution stabilisante

- Acide chlorhydrique.....60 ml
- Ethanol.....200 ml
- Chlorure de sodium150 ml
- Glycérol.....100 ml
- Eau distillée.....100 ml

▪ Solution de chlorure de baryum à 0.01 N

- Chlorure de baryum.....150 g

Partie expérimentale

- Acide chlorhydrique.....5 ml
- Eau distillée.....qsp 500 ml

❖ Mode opératoire :

Prendre 100ml d'eau à analyser, ajouter 5ml de la solution stabilisante, ajouter 2ml de chlorure de baryum.

Agiter énergiquement pendant 1 mn, passer au spectrophotomètre à $\lambda=420$ nm.

❖ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en SO_4^{2-} mg/L.

2-14 -Détermination des phosphates, méthode spectrométrique

❖ Principe

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate 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

- 13g d'heptamolybdate d'ammonium.....qsp 100 ml d'eau distillée ;
- 0,35 g de tartrate d'antimoine.....qsp 100 ml d'eau distillée ;
- 150 ml d'acide sulfuriques concentré.....qsp 300 ml d'eau distillée ;

▪ Acide ascorbique :

- 10g acide ascorbique.....qsp 100 ml d'eau distillée.

❖ Mode opératoire :

Prendre 40 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mélange, incubation pendant 10 min, l'apparition d'une coloration bleue indique la présence des phosphates.

Mesurer l'absorbance à 880 nm.

❖ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en mg/l (ISO 6878, 1986).

2-15- 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 50 ml d'acide acétique cristallisable (CH_3COOH) ; P=1,06g/ml compléter à 100ml avec de l'eau.

▪ Chlorhydrate d'hydroxylamine, solution à 100g/l

- Dissoudre 10g de chlorhydrate d'hydroxylamine ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$) dans l'eau et compléter à 100ml.

Partie expérimentale

▪ Solution de phénanthroline-1,10

Alternativement dissoudre 0,5 g de phénanthroline-1,10 mono hydratée ($C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$) 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 40ml d'eau distillée.

❖ Expression des résultats

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

2-16 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 $105^\circ C$ pendant une heure de temps) dans un litre d'eau distillée. Cette solution à, ainsi, une concentration égale à 1000 mg/l de potassium (K^+).
- Soit $C_1=1000mg/l$.la solution doit être stockée dans une bouteille en plastique.
- A partir de C_1 préparer quotidiennement une solution de 10mg/l, en prélevant 1ml q.s.p 100ml.
- Faire passer la solution de 10mg/l trois fois, et ça doit afficher « 10 ».
- Filtrer les échantillons contenant des matières particulières, sur un filtre lavé par un acide, de diamètre des pores de $45\mu m$, pour éviter un colmatage du pulvérisateur et du bruleur.
- Faire passer ensuite les échantillons. Si la concentration en potassium dépasse 10mg/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 $105^\circ C$.
- Dissoudre cette même quantité dans de l'eau distillée et compléter à 1l.
- Cette solution a une concentration de 1000 mg/l de sodium.
- Conserver cette solution dans une bouteille en plastique.
- Par dilution, préparer quotidiennement une solution de 10mg/l en prélevant 1 ml de la solution précédente dans 100ml d'eau distillée.

Partie expérimentale

- Faire passer au photomètre à flamme la solution d'étalonnage de 10mg/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 10mg/l, procéder à la dilution de l'échantillon.

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

2-17 Dosage du manganèse, méthode au persulfate d'ammonium :

❖ Réactifs :

Tous les réactifs seront préparés à partir d'eau distillée exempte de toutes traces de manganèse.

- Sulfate mercurique.....75g
- Acide nitrique N.....400ml
- Eau distillée.....200ml
- Acide phosphorique à 85%.....200ml
- Nitrate d'argent.....0,035g
- Eau distillée.....qsp 1000ml.

❖ Mode opératoire :

Prendre 85 ml de l'échantillon+5ml du réactif, ajouter 1g de persulfate d'ammonium et porter à ébullition pendant 1min ; refroidir rapidement, amener le volume à 100ml avec de l'eau distillée.

Le blanc traité de la même manière que l'échantillon (J ; Rodier, 2005).

2-18 Détermination des métaux 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 0,1mg 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 10ml 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 0,1mg 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 :

$$\frac{M1-M0}{V} \times 1000$$

M₀ : masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

Partie expérimentale

M_1 : masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V : volume d'eau utilisé (ml) (Rodier et al, 2005).

2-19- détermination de teneur en Aluminium, méthode au rouge d'Alizarine S

❖ Principe

Réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine à un pH de 5,9 en présence de l'acétate d'ammonium.

❖ Réactifs :

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

❖ Mode opératoire :

Prendre 25ml de l'échantillon, ajouter 2,5 ml de la solution de chlorure de calcium ; ajouter 1 ml de l'acide thioglycolique ; ajoute 5ml de la solution tampon ; ajouter 1ml de la solution de rouge d'Alizarine S ; Diluer à 50ml avec de l'eau distillée ; mélanger et laisser reposer pendant 90 à 120mn.

❖ Expression des résultats

Les résultats sont affichés par le spectromètre en mg/l d'aluminium.

III-Analyses bactériologiques :

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

❖ Mode opératoire :

- A partir de l'eau analyser (SM=1) et/ ou des dilutions decimals 10^{-1} et 10^{-2} porter aseptiquement 1 ml en double dans deux boites de pétries vides, numérotées et prepares à cet usage. Completer ensuite avec environ 19 ml de gélose T.G.E.A fondue puis refroidie à $45 \pm 2^\circ \text{C}$. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribue l'inoculum dans la boite et celui où le milieu est coulène doit pas excéder 15 mn.
- Faire ensuite des mouvements circulaire et de va-et vient en forme de «8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, sur une surface fraiche et horizontale.
- Laisser solidifier les boites sur pailleasse, puis ajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la meme gélose ou de gélose blanche. Cette double couche, à un role protecteur contre les contaminations externs diverses.

Les boites seront partagées en deux series distinctes:

-La première série sera incubée à $22 \pm 2^\circ \text{C}$ pendant 68 ± 4 heures.

-La seconde série sera incubée $36 \pm 2^\circ \text{C}$ pendant 44 ± 4 heures.

Partie expérimentale

❖ Lecture et interprétation

Les colonies de microorganismes revivifiables apparaissent en masse sous forms lenticulaires et bien distinctes. Retenir les boîtes contenant moins de 300 colonies au niveau de deux dilutions successive. 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:

$$N = \frac{\sum c}{1,1 * d}$$

Où :

C : est la somme des colonies dénombrées sur deux boîtes de dilutions successives retenues.

d : le taux de dilution correspondant à la premier dilution.

Arrondir les résultats calculés à deux chiffres après la virgule.

Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à 22°C et 37°C par ml d'eau est note par un nombre compris entre 1 et 9,9 multiplié par 10^x où x est la puissance approprié de 10.

III-2-Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes

➤ Méthodes par filtration

❖ Mode opératoire

- Mettre en route la pompe à vide et ouvrir le robinet.
- Stériliser l'entonnoir en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec Bunsen.
- Les refroidir tout de suite après, ave l'eau à analyser si en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane d'une porosité nominale de $0,45 \mu$ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuit aseptiquement 100 ou 250 ml d'eau à analyser, selon les types d'eaux à analyser, devant un bec Bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, sur la surface d'une plaque de gélose TTC préalablement préparée. Cette dernières sera incubée couvercle en bas à $36 \pm 2^\circ \text{C}$ pendant 21 ± 3 heures voire 44 ± 4 heures et servira à la recherche des bactéries coliformes suivi de l'identification biochimique des *Escherichia Coli*.

Partie expérimentale

❖ Lecture et interprétation

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

Repiquer de façon aléatoire 5 à 10 colonies à des fins de confirmations basées 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, effectuer 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 ± 2 heures, puis effectuer le test de l'une des façons suivantes :
Imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer une colonie caractéristique. Verser 2 à 3 gouttes du réactif à l'oxydase préparé extemporanément (Tétraméthyle-p-phénylènediamine) sur un papier filtre puis étaler dessus une partie de la culture. Dans les deux cas la réaction positive et 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 bouillon au tryptophane.

Bien triturer la colonie dans le milieu puis incuber se dernier à $44 \pm 2^\circ \text{C}$ pendant 21 ± 3 heures puis rechercher la production d'indole en ajoutant deux à trois gouttes du réactif de Kowacs, la coloration rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu.

Remarque : l'utilisation d'un bouillon tryptosé au mannitol, au laurylsulfate et au tryptophane permet de prouver à la fois la production de gaz et d'indole dans un seul tube à essai.

❖ Interprétation des tests 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.

❖ Expression des résultats

Calcul de la valeur a du nombre de bactéries coliformes ou des Escherichia Coli : le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante :

$$a = \frac{b}{A} C$$

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

A : nombre de colonies repiquées (5 à 10 colonies).

Partie expérimentale

C : nombre total de colonies caractéristiques trouvées dans la boîte.

➤ Méthode par ensemencement en milieu liquide

❖ 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 coliformes.
- Le test de confirmation : réservée à la recherche des coliformes thermo tolérants et Escherichia Coli.

➤ Test de présomption

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

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C 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 fait à 37° C pendant 48 heures.

➤ La lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10^{ème} de la hauteur de la cloche).
- 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.

➤ Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la recherche des Coliformes Thermo Tolérants 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 méthyle.
- Ne produit pas de l'acéthyl méthyle 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 de quelque goutte à l'aide d'une pipette dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Partie expérimentale

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 44° C pendant 24 heures.

➤ La lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gazeux, et un trouble microbien.
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Escherichia Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

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

III-3-Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

➤ Méthode par filtration sur membrane

❖ Mode opératoire

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

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir 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.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane d'une porosité nominale de 0,45 µ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ou 250 ml d'eau à analyser, selon les types d'eaux à analyser, devant un bec Bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.

Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, sur la surface d'une plaque de gélose Slanetz et Barteley préalablement préparée. Cette dernière sera incubée couvercle en bas à 36 ± 2°C pendant 44 ± 4 heures.

❖ La lecture

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 Slanetz et Barteley sur une plaque de gélose Bile Esculine Azoture (BEA) préchauffée préalablement à 44° C. Cette dernière sera incubée à son tour à 44 ± 0,5° C pendant 2 heures.

Partie expérimentale

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 ou 250 ml d'eau à analyser.

➤ **Méthode par ensemencement en milieu liquide**

❖ **Mode opératoire**

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

- Le test de présomption : réservé à la recherche présomptive des streptocoques.
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux.

➤ **Test de présomption**

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

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

Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

❖ **La 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 Litsky EVA dans le but d'être justement confirmés.

➤ **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 les tubes contenant le milieu EVA Litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37° C pendant 24 heures.

❖ **La lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

-Un trouble microbien.

-Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.

III-4-Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices et de Clostridium sulfito-réducteurs

❖ **Mode opératoire**

Partie expérimentale

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 mn, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes. Un autre flacon rempli d'une autre eau servira de témoin de température.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau du 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 Tryptose Sulfite Cyclosérine ou Tryptose Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à $47 \pm 1^\circ$ C additionnée de leurs additifs spécifiques.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 mn environ, puis incuber à $36 \pm 2^\circ$ C pendant 44 ± 4 heures.

❖ La lecture et interprétation

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

III-5-Recherche des Salmonelles

❖ 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 μ m 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.

Partie expérimentale

- 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 incubé ce dernier à $36 \pm 2^\circ \text{C}$. 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 incubé ce dernier à $42 \pm 0,5^\circ \text{C}$ pendant 20 ± 4 heures voire 44 ± 4 heures.
- Après l'incubation, procéder à l'isolement sur milieu Hektoen à incubé à $36 \pm 2^\circ \text{C}$ pendant 20 ± 2 heures.

❖ Lecture et interprétation

- Repérer les colonies caractéristiques.
- Faire une identification biochimique basée essentiellement sur ONPG, TSI, Urée. Indole LDC (**iso 9308-1**)

I. Détermination de la qualité de l'eau de la ville de Tizi-ouzou

Afin de pouvoir classer l'eau de la ville de Tizi-Ouzou en se basant sur la variation des différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques, nous avons emprunté celles qui ont été faites par laboratoire de L'ADE, pour la station Monobloc Taksebt, pont de Bougie et la station de boukhalfa.

II. Détermination de la Qualité de l'eau brute et traité de différentes stations

L'annexe 1, 2, 3, 4, 5, 6, pressentent les résultats d'analyse physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute et l'eau traitée, pour les trois stations.

a) les résultats d'analyse physico-chimiques :

➤ Températures :

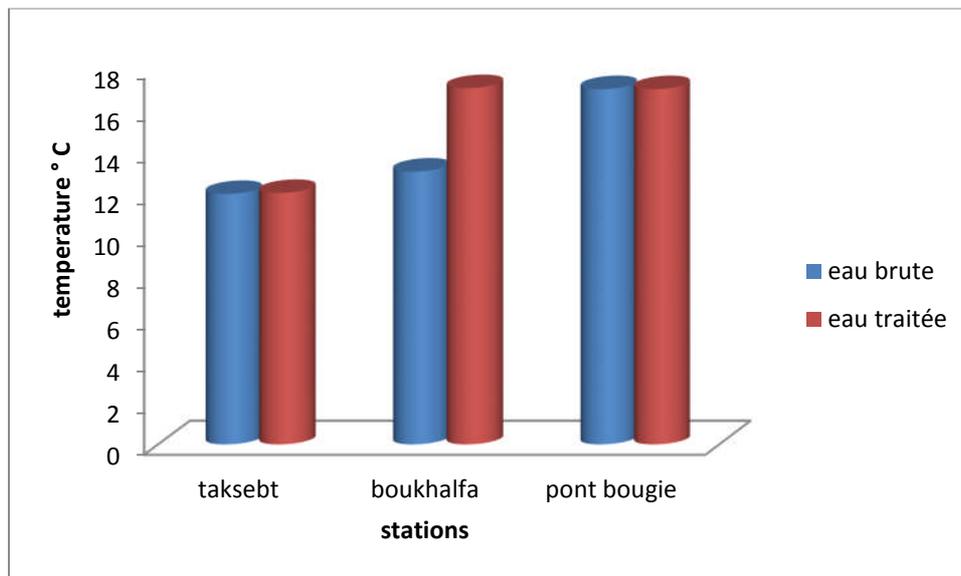


Figure 07 : variation de la température de différentes stations

Les températures relevées pour les différentes stations varient entre 12,1 et 17,1 C°, sans de passer la norme fixée par OMS (≤ 20) comme le montre la **figure 07**.

➤ pH :

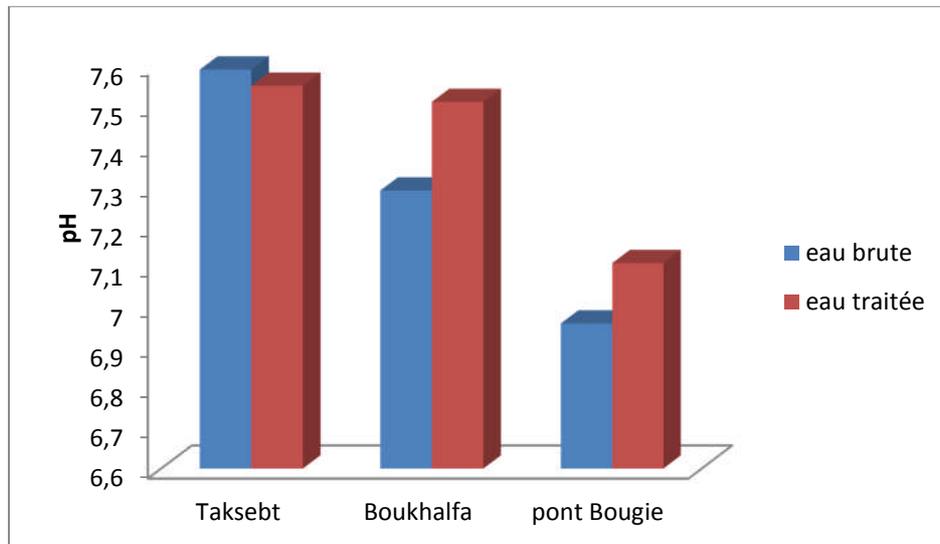


Figure 08 : Variation du ph des différentes stations

D'après les résultats enregistrés, l'eau brute et traitée des différentes stations présente un ph alcalin **figure 08**, l'OMS recommande un ph inférieur à 8 pour l'eau destinée à la consommation humaine.

➤ Conductivité :

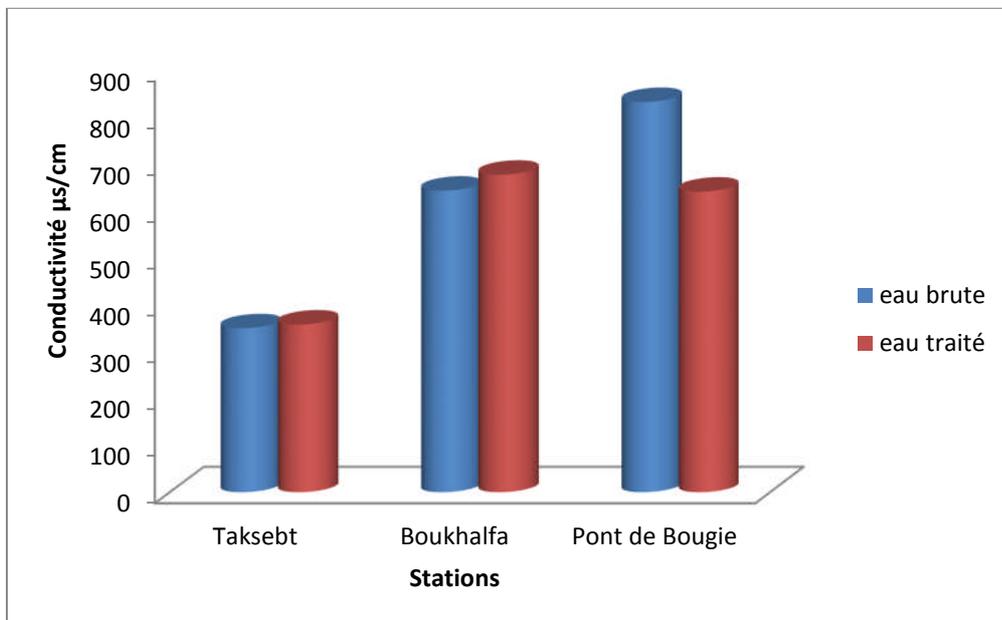


Figure 9 : Variation de la conductivité des différentes stations

Les résultats de la conductivité de l'eau traitée augmente par rapport à l'eau brute dans les deux stations Taksebt et Boukhalfa comme le montre la **figure 9**. Cela explique par le fait de l'utilisation des adjuvants lors du traitement physico-chimique ; On constate que ces valeurs sont dans l'intervalle des normes établis.

b) Les paramètres de la pollution :

➤ Ammonium :

La **figure 10** présente les résultats obtenus pour l'Ammonium:

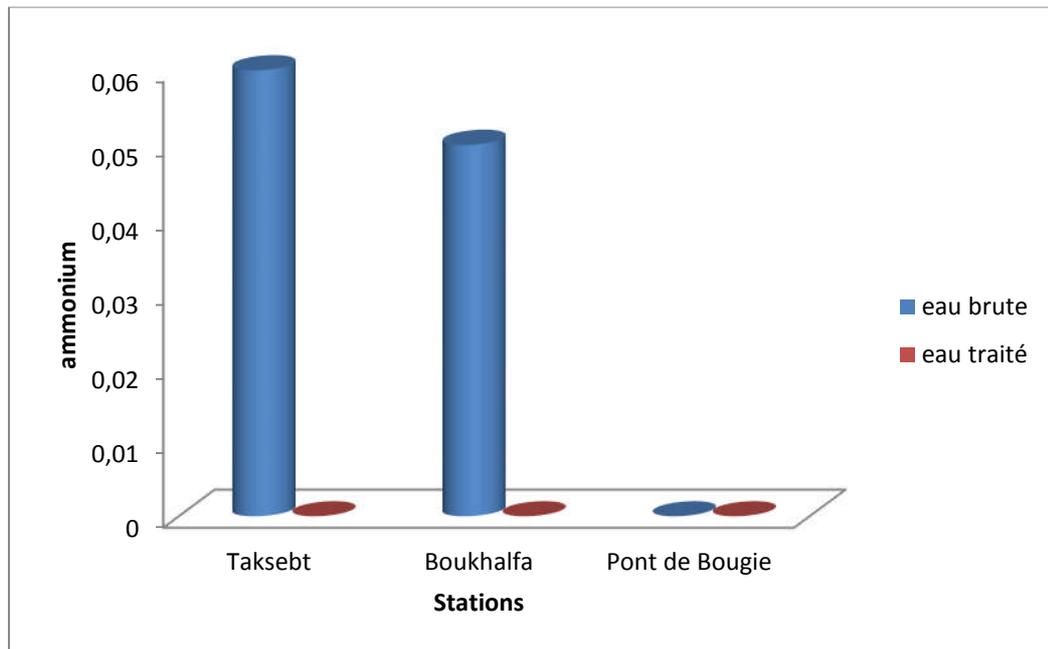


Figure 10 : Variation de l'ammonium de différentes stations

La concentration moyenne est de 0.06 mg /l ; dans les deux stations (Taksebt et Boukhalfa), pour l'eau brute est faible pour la station du pont Bougie.

Après traitement, nous constatons une élimination totale de l'Ammonium.

➤ Les nitrites :

La **figure 11** présente les résultats obtenus pour nitrites

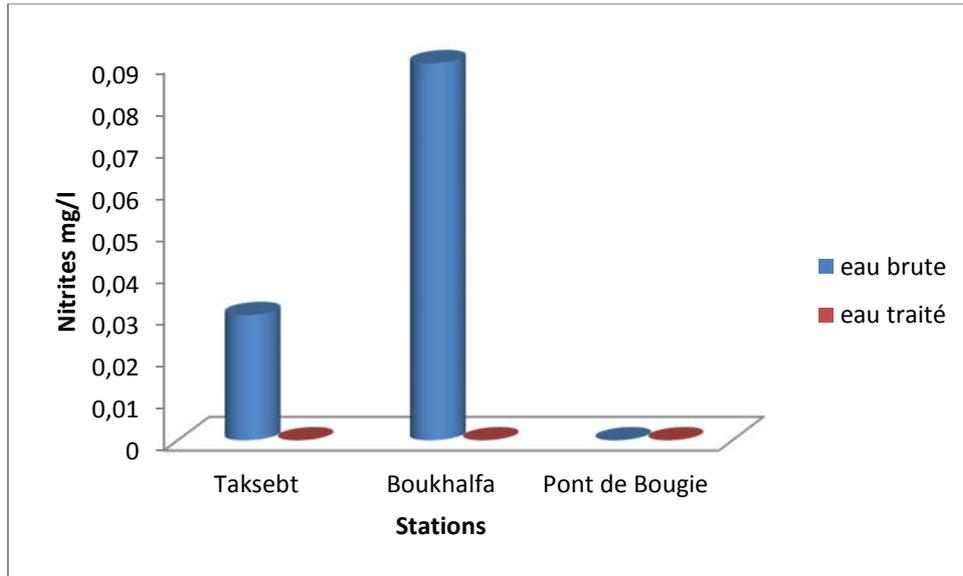


Figure 11 : variation de nitrites de différentes stations

Les résultats obtenus pour les nitrites de trois stations sont faibles et varient entre 0,03 et 0,09 mg/l ; ceci peut-être dû aux précipitations enregistrées durant cette période permettant une oxydation de milieu ; favorisant la transformation des nitrites en nitrates.

❖ Les nitrates

La figure 12 présente les résultats obtenus pour nitrates

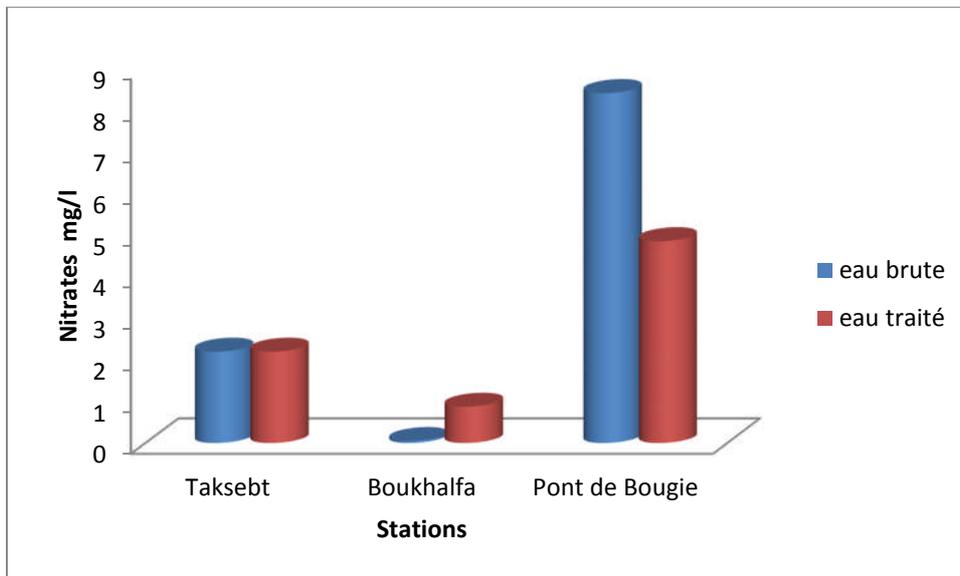


Figure 12 : variation de nitrates de différentes stations

On constate que la concentration de nitrate pour la station du pont Bougie est plus élevée par rapport aux autres stations.

Après le traitement, nous constatons une diminution des nitrates, on a recours à des procédés biologiques où à des échangeurs d'ion.

➤ Phosphate

La **figure 13** représente les résultats obtenus pour phosphate

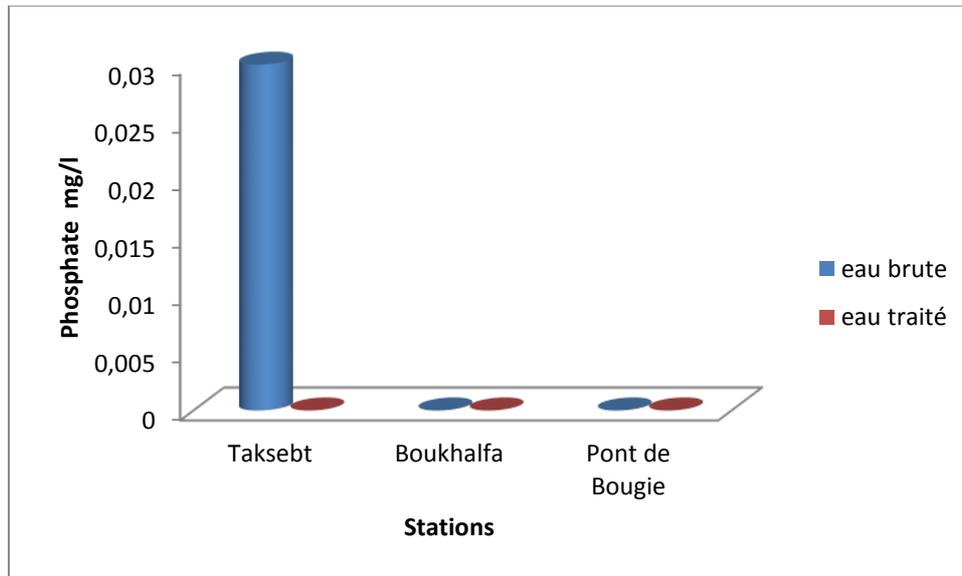


Figure 13 : variation de phosphate de différentes stations

Les résultats enregistrés montre que les phosphates dans les trois stations présentes une teneur faible 0.03 mg/l pour l'eau brute de la station Taksebt et nulle pour les autres.

❖ La minéralisation globale :

➤ Le sodium :

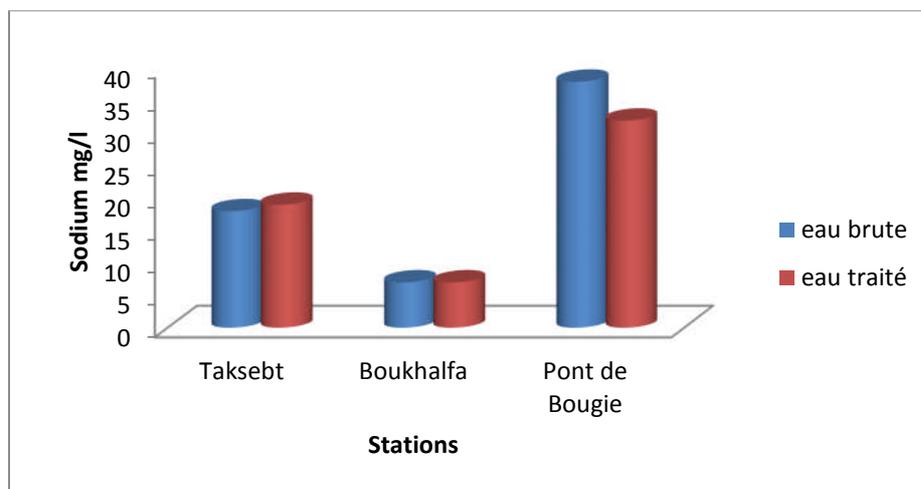


Figure 14 : variation de sodium de différentes stations

La concentration de l'ion sodium après le traitement est légèrement élevée par rapport à celle de l'eau brute en raison de l'utilisation de hypochlorite de sodium lors de la désinfection.

➤ Potassium :

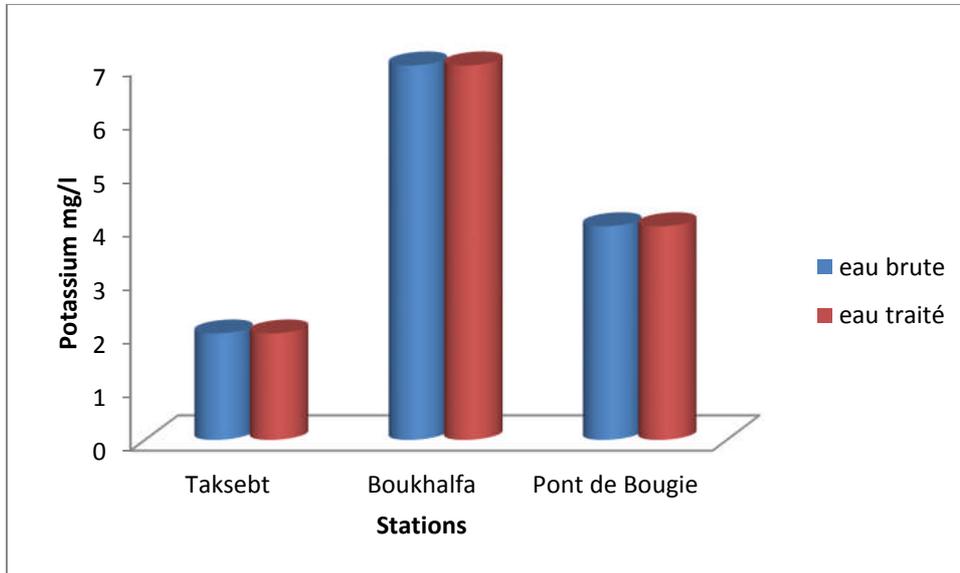


Figure 15 : variation de potassium de différentes stations

Les concentrations en potassium enregistrées pour les trois stations restent constantes pour l'eau brute et l'eau traitée, ses valeurs sont conformes aux normes de potabilité fixée en Algérie 12 mg/l.

Ce que veut dire que les étapes de traitement appliquer aux niveaux des stations n'a aucune influence sur l'élimination de potassium.

➤ Les Chlorures :

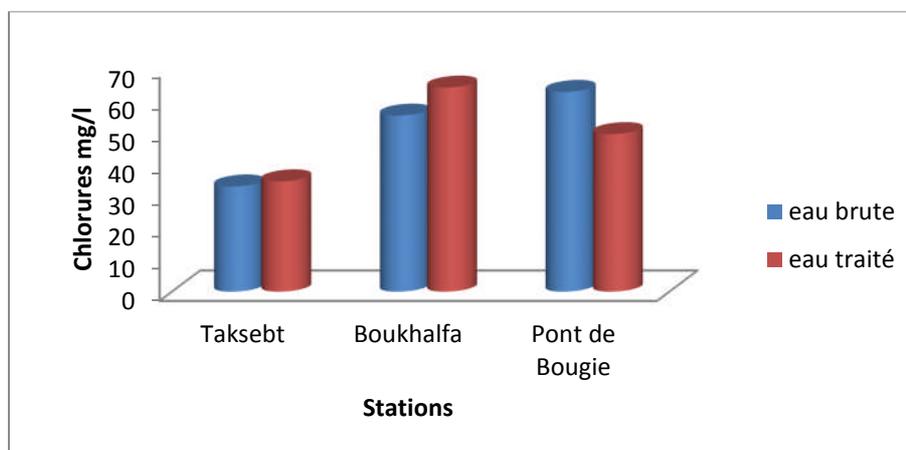


Figure 16 : variation de Chlorure de différentes stations

Les valeurs de Chlorure obtenus pour l'eau traité et l'eau brute de différentes stations sont conformes à la norme de potabilité fixé en Algérie 500 mg/l, **figure 16**

L'utilisation dérivée de Chlore augmente légèrement la concentration finale des ions Chlorures.

➤ **Les Sulfates :**

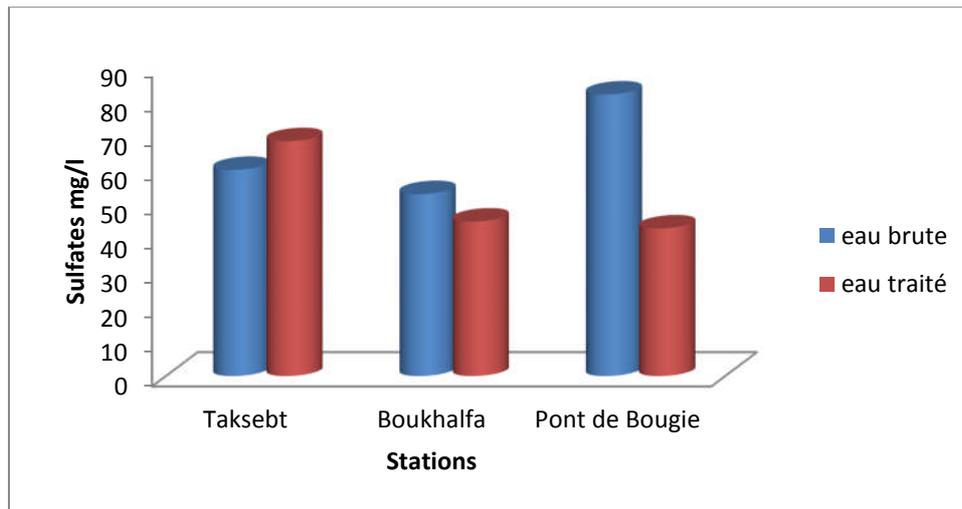


Figure 17 : variation de Sulfate de différentes stations

Les valeurs de Sulfate obtenus pour l'eau traité est conforme à la norme de potabilité fixé en Algérie 400 mg/l, **figure 17**.

Les ions de sulfate sont importants pour la variation de Ph car s'ils baissent considérablement, il aura libération de proton H⁺ diminuant ainsi le Ph.

➤ **Titre alcalimétrique (TA) :**

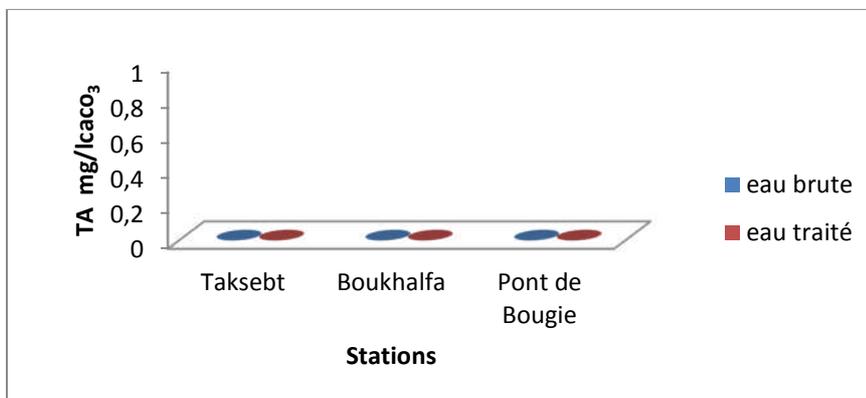


Figure 18 : variation de TA de différentes stations

Pour l'eau brute et l'eau traité de trois stations le TA est toujours égal a 0 comme la montre la **figure 18**.c'est le cas général des eaux naturelles dont le Ph est inferieur a 8,03.

➤ **Titre alcalimétrique (TAC) :**

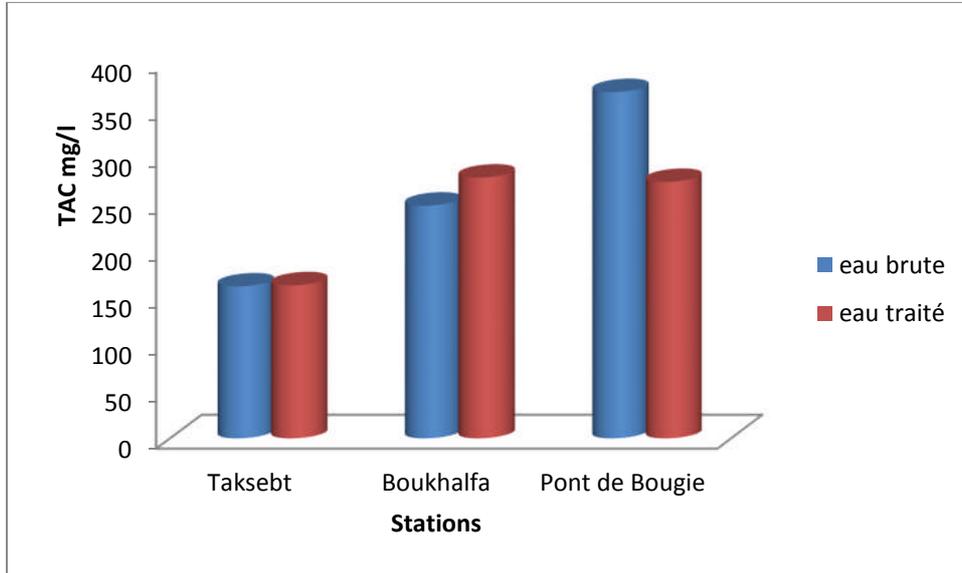


Figure 19 : variation de TAC de différentes stations

Les valeurs de TAC conformes une forte présence de bicarbonates (HCO_3).ceci s'explique par l'origine karstique des eaux. **Figure 19**

❖ **Les paramètres indésirables :**

➤ **Le fer :**

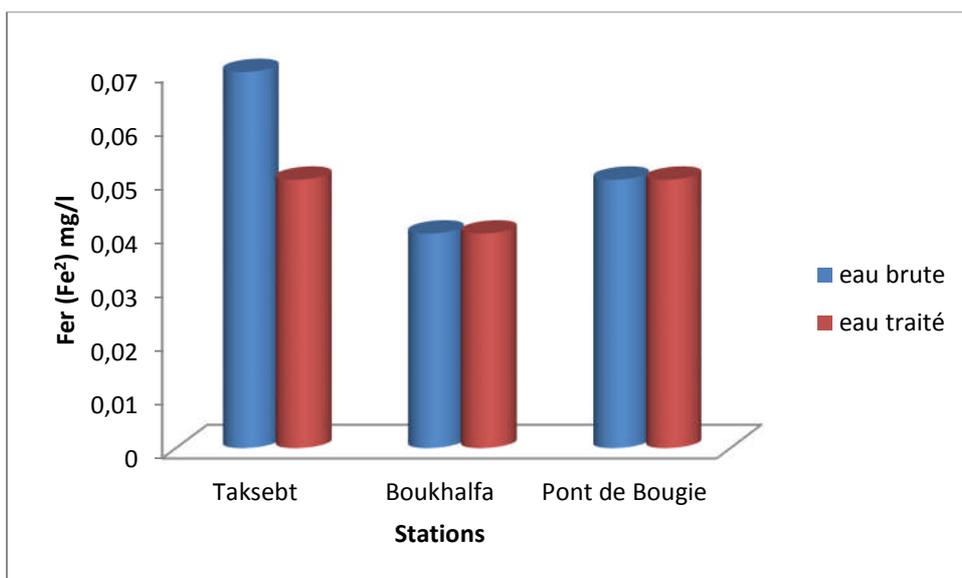


Figure 20 : variation de Fer de différentes stations

Les valeurs de Fer obtenus pour l'eau traité dans les trois stations est 0,05 mg/l, elles sont donc conformes aux normes algériennes 0,03 mg/l. **Figure 20**

c) Les résultats de l'analyse bactériologique

Les différents paramètres bactériologiques pour les trois stations sont situés dans le tableau ci dessous : **tableau 6**

Paramètre	Taksebt		Boukhalfa		PontBougie	
	Brute	traitée	Brute	Traitée	Brute	traitée
coliformes totaux	55/100 ml	00/100 ml	03/100 ml	00/100 ml	00/100 ml	00/100 ml
CTT (E,Coli)	5/100 ml	00/100 ml	00/100 ml	00/100 ml	00/100 ml	00/100 ml
Streptocoques fécaux	6/100 ml	00/100 ml	01/100 ml	00/100 ml	00/100 ml	00/100 ml
Anaérobies sulfito- S/100 ml	0	0	0	0	0	0

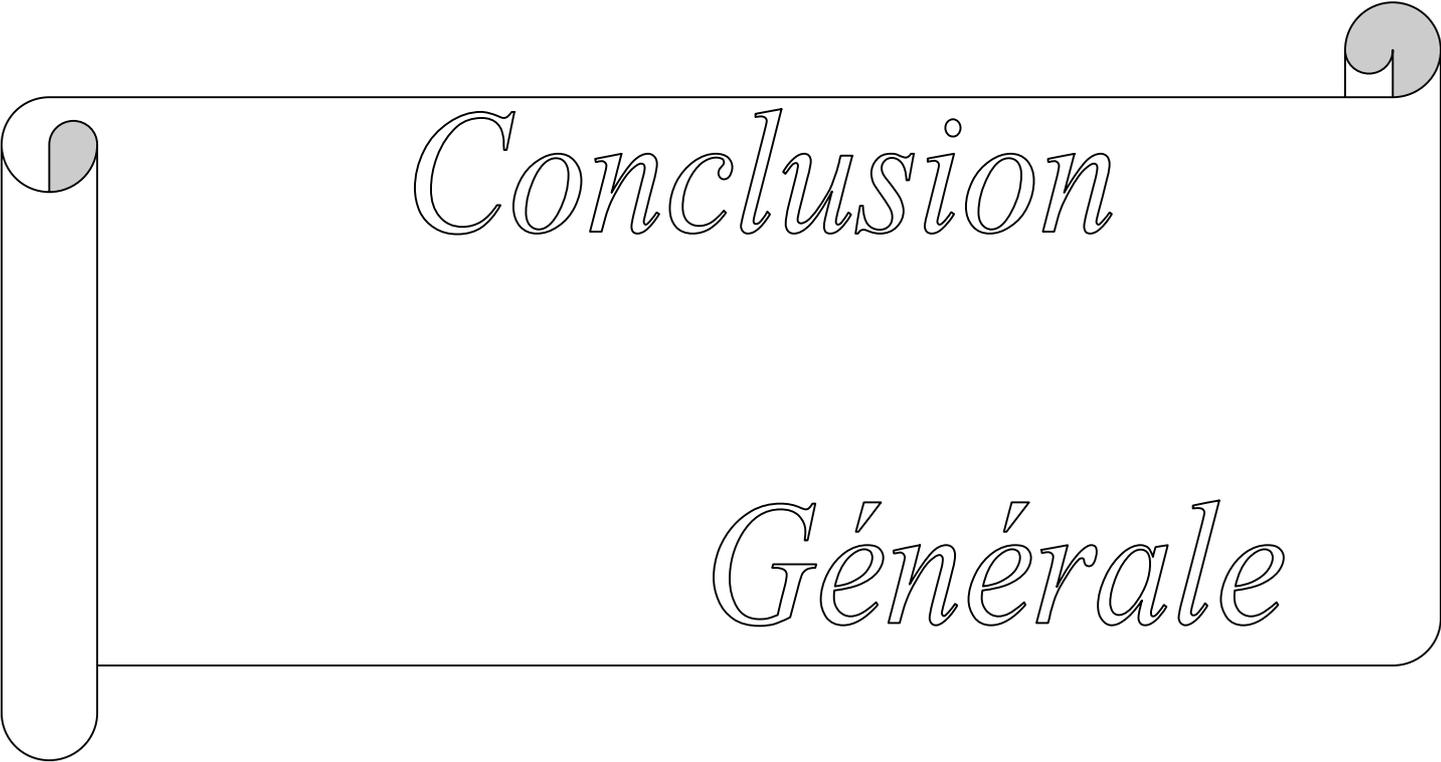
Tableau 6 : les résultats de l'analyse bactériologique de l'eau brute et traité pour les trois stations

➤ **Eau brute :**

L'échantillon de différentes de stations que nous avons suivis durant la période de mois février 2016 témoigne d'une moyenne charge bactérienne en coliformes totaux et une faible teneur en coliforme fécaux (*Escherichia coli*) et en streptocoque fécaux. On a aussi constaté l'absence de germes photogènes notamment les *Clostridium* qui seraient due au non abondance du substrat nutritif.

➤ **Eau traitée :**

Les résultats obtenu pour l'eau traitée montre l'absence totale de germes témoins de contamination fécale et de germes pathogènes, ceci s'explique par l'efficacité dans la chaîne de traitement, En effet, la mesure de chlore appliquée est suffisamment élevée pour éliminer ces germes.



Conclusion

Générale

Nous nous sommes focalisés dans notre travail sur l'étude et le contrôle de la qualité de l'eau bruts et traitées destinées à la consommation humaine au niveau de trois stations : Taksebt, Boukhalfa, pont de bougie.

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à déterminer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes de la station de traitement Monobloc de Taksebt, les résultats ont révélés que la qualité des eaux potables de cette dernière est bonne pour certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques et moyenne pour d'autres telle que les germes revivables, pour remédier il suffit de faire un traitement simple de désinfection.

Dans un second temps, nous avons déterminé les caractéristiques de l'eau brute pour la station de Boukhalfa, et les résultats ont révélé que la plupart des paramètres répondent aux normes de potabilité ce qui fait d'elle une eau de bonne qualité.

En dernier on a étudié les eaux traitées de pont de bougie, les résultats montrent que leur eau est de bonne qualité. En comparant l'ensemble des analyses et les résultats obtenus on constate que la ville de Tizi-Ouzou est alimentée par une eau inodore, incolore agréable à boire et qui répond aux normes de potabilité.

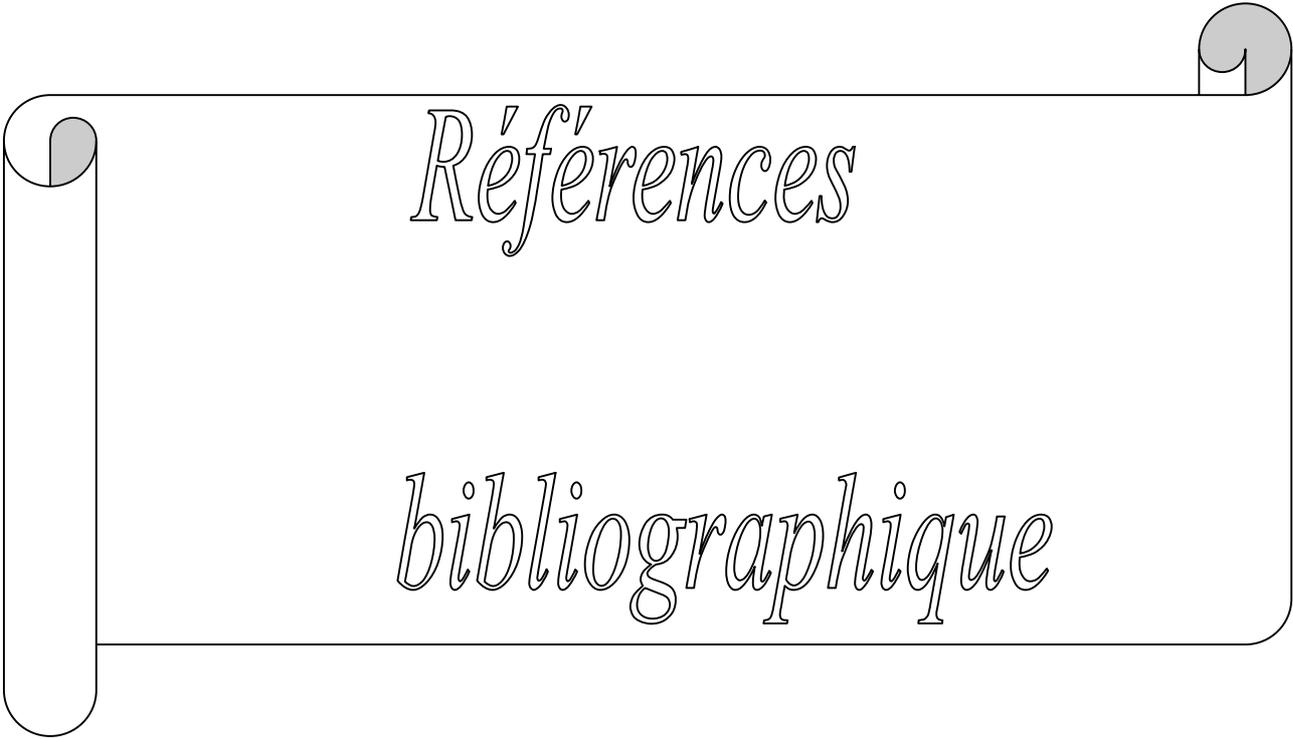
L'examen analytique des eaux brutes avant le traitement au période de stage à montré qu'elles sont de bonne qualité du point de vue physico-chimiques et bactériologiques et après un simple traitement la qualité répond aux normes de potabilités fixées par l'OMS et le JORAD.

Nous recommandons de pousser l'étude des paramètres de qualité à analyser de la DBO, DCO, MES, OD, nous proposons aussi l'installation de filtres à charbon actif pour affiner la qualité de l'eau.

D'une manière générale l'eau brute de Tizi-Ouzou répond aux normes de potabilité elle est considérée de bonne qualité et nécessite un simple traitement de désinfection et de contrôle permanent des réseaux de distribution, afin de prévenir toute contamination.

Le suivi des performances des stations a montré que la qualité générale de l'eau traitée est sensiblement améliorée puisque l'ensemble des valeurs des paramètres de

qualité physico-chimiques et bactériologiques est en dessous des valeurs guides données par l'OMS et appliqués en Algérie.



Références

bibliographique

«A»

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

Anonyme 2 ; (2009) Cycle de l'eau.

Anonyme 3 ; (2009) Principales différences entre eaux superficielles et eaux souterraines.

Aissaoui Azzedine ; 2003. Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage Hammam Grouz de la région d'oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles. Thèse de magister, Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. (UMMTO).

Assouline. S. géopolitique de l'eau : nature et enjeux. Edition Studyrama Perspectives.

Atteia. O ; 2005. Chimie et pollution des eaux souterraines. Edition Lavoisier Tec et Doc. Paris.

«B»

Beauchamps. J ; 2006. Qualité et pollution des eaux souterraines. Université de Picardie Jules Veme.

Beer. M ; 2010. Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable.

Belkacem. Z ; et Abdat. B ; 2011. Caractérisation et traitement des eaux de la retenue collinaire de Draa El Mizan en vue de leur potabilisation. Thèse d'ingénieure (UMMTO).

Bouziati. M ; 2000. L'eau de pénurie aux maladies. Edition Ibn Khaldon.

«C»

Cardot. C ; 1999. Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Ellipses Edition Marketing.S.A.

CLOUD. C ; 2010. Les traitements de l'eau pour l'ingénieur. Procédés physico-chimiques et biologiques cours et problèmes résolus. Ellipses Edition marketing.S.A.

«D»

DEGREMONT ; 1989. Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome I.

DEGREMONT ; 2005. Mémento technique de l'eau. Tome I. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.

Desjardins. R ; 1997. Le traitement de l'eau. Edition de l'école polytechnique de Montréal.

«G»

Gani. F ; 2001. Analyse et traitement des eaux de Taksebt (T.O), mémoire de fin d'étude, diplôme d'ingénieure d'état en Agronomie.

Genin. B ; 2003. Cours d'eau et indices biologiques. Educagri 2^{ème} Edition, Dijon.

Grosclaude. G ; 1999. L'eau, Tome I : milieu naturel et maitrice. Edition INRA, Paris.

«H»

Haslay. C et Leclerc. H ; 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.

«J»

JEAN CLAUDE ROUX ; 2010. Les secrets de la terre. L'eau ; Edition du BRGM. Orléans.

Jean. R ; 1975. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Coll. Dunod technique. Tome II, Paris.

Jean. R ; 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 7^{ème} édition.

Jean. R ; 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer 8^{ème} édition.

Jean. R ; 2009. L'analyse de l'eau 9^{ème} édition. Dunod, Paris.

«K»

Kemmoum. D et beddek. F ; 2013. Qualité physico-chimique et bactériologique de l'AEP de la ville de T.O mémoire de fin d'étude, diplôme d'ingénieur d'état en Agronomie.

Khalid. A ; 2011. La pollution des eaux usées. Impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface.

«L»

Laurent. T ; 2010. Hydrologie Mers, fleuves et lacs. Edition Armand Colin.

Arab. L et Oudafal.N ; 2015. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées de barrage de la station Taksebt de Tizi-Ouzou, mémoire de fin d'étude diplôme d'ingénieur d'état en Agronomie.

Lounnas. A ; 2009. Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda, thèse de Magister, Université de Skikda.

Loup. J ; 1974. Les eaux terrestres. Edition masson et cie. Grenoble.

«M»

Metahri.M.S ; 2013. Cours traitement des eaux superficielles. Maitre assistant et charge de cours à UMMTO.

Metahri.M.S ; 2015. Cours production de l'eau potable. Maitre de référence classe A.

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.

Melghit.M ; 2013. Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments eau sidiments de l'oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroum. Thèse Magister en ecologie, Université Mentouri de Constantine.

Mekboub.S ; 2003. Contribution à l'optimisation du traitement physico-chimique de l'eau de la station de Souk El Djemàa (A.E.H) Tizi-Ouzou.

«N»

Norme ISO 8467 NA (2064). Qualité de l'eau- Détermination de l'oxydabilité au l'indice de permanganate. Méthode à chaud en milieu acide.

Norme ISO 6777 (1984). Qualité de l'eau- Dosage du phosphore- Partie 1 : Dosage spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium.

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- Parie 3 : dosage du sodium et du potassium par spectrométrie d'émission de flamme.

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 ISO 7899-2 et Norme NFT 90-416. Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux. Partie 2 méthode par filtration sur membrane.

Norme ISO 7890-1 (1986). Qualité de l'eau- Dosage des nitrates – Méthodes par spectrométrie d'adsorption moléculaire.

Norme ISO 6059 (1984). Qualité de l'eau- Dosage du calcium- Méthode titrimétrique à l'EDTA.

«O»

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

OMS (2000). Organisation Mondial de la Santé. Directives de qualités de l'eau de boisson. Volume 2 : critère hygiène et documentation à l'appui.

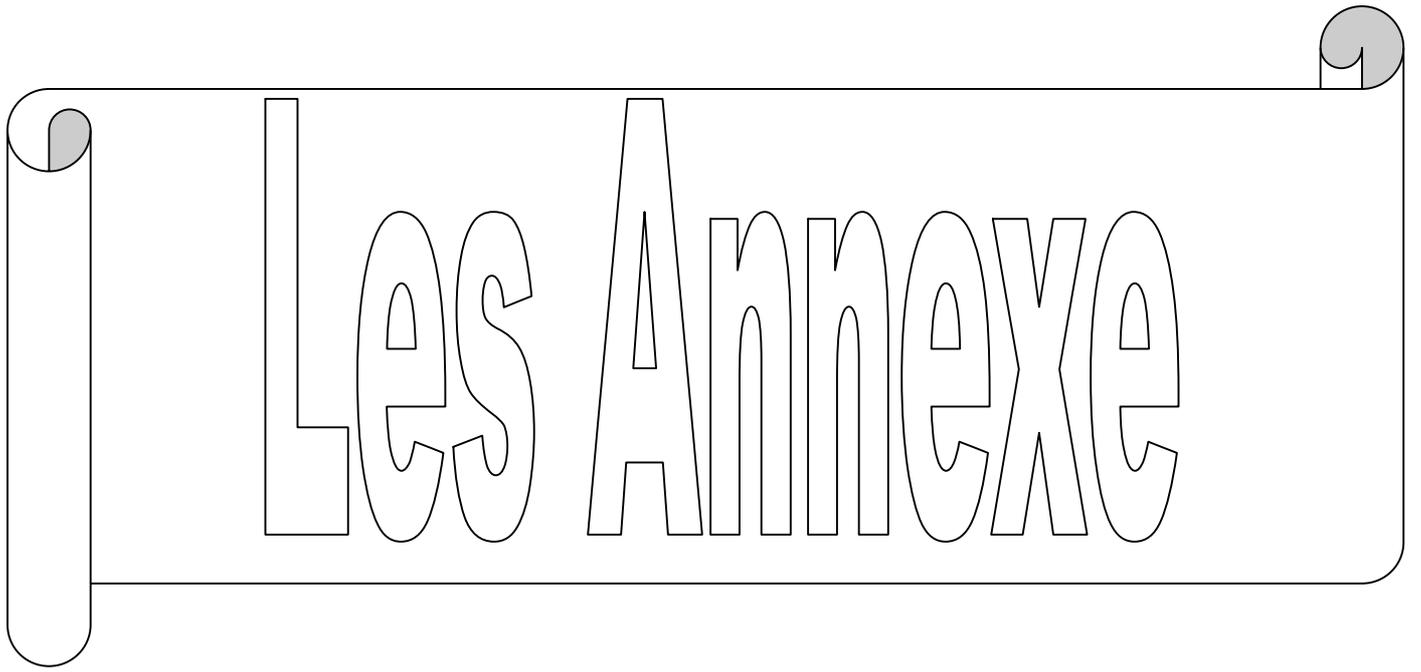
Oudahmane. T et Hamdi. F ; 2003. Elimination de la pollution azotée et phosphatée par un procédé mixte (Lit bactérien et bous activées) et traitement mixte (biologiques et physico-chimiques).

«R»

Rejsek. F ; 2002. Analyse des eaux : Aspect réglementaires et technique. Edition centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine.

Salghi ; 1997. Différents filières de traitement des eaux. Edition ENSA, Agadir.

Vilagines. R ; 2003. Eau, environnement et santé publique : introduction à l'hydrogéologie. 2^{ème} édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris.



LES ANNEXE

Annexe 1 : Résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau brute du barrage de Taksebt pour le mois de février 2016.

paramétrées	Résultats	Minéralisation globale	Résultats
organoleptiques			
		Calcium mg/l	52,91
Couleur p/c	04	Magnésium mg/l	17,5
Odeur S/p à 25°C	/	Sodium mg/l	18
Gout S/p à 25°C	/	Potassium mg/l	2
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Chlorures mg/l	33,04
		Sulfate mg/l	60,4
PH	7,59	Bicarbonates mg/l	197,88
P-redox mv	/	Carbonate mg/l	/
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$	351	Dureté totale mg/l CaCO_3	204
Température C°	12,1	Dureté permanente mg/l CaCO_3	/
Turbidité NTU	2,37	Titre alcalin mg/l CaCO_3	0
Oxygène dissous mg/l	/	Titre alcalin complet	162,20
Salinité %	/	Eléments indésirable	Résultats
CO ₂ libre mg/l	/	Fer total mg/l	/
Résidu sec à 105°C mg/l	285	Fer Fe ²⁺ mg/l	0,07
MES à 105°C mg/l	/	Aluminium mg/l	/
TDS mg/l	/	Fluor mg/l	/
Paramétrées de la pollution	Résultats	Paramètres bactériologiques	Résultats
		Micro-UFC/ml à 22°C	/
Ammonium mg/l	0,06	Organismes à 37°C	/
Nitrite mg/l	0,03	revivifiables	
Nitrate mg/l	2,21	coliformes totaux:	55/100ml
phosphore mg/l	0,01	CTT(E-Coli) :	05/100ml
Ortho-phosphates mg/l	0,03	Streptocoques fécaux:	06/100ml
Mat-Org-Acide	1,96	Anaérobies sulfito- S/100ml	0
DBO ₅ mg/1O ₂	/	réducteurs	
DCO mg/1O ₂	/	Test de chlore mg/l	/

Annexe 2 : Résultats de l'analyse physico-chimiques et bactériologique de l'eau traitée, du barrage de Taksebt, pour le mois de février 2016.

paramétrées	Résultats	Minéralisation globale	Résultats
organoleptiques			
		Calcium mg/l	51,30
Couleur p/c	00	Magnésium mg/l	19,45
Odeur S/p à 25°C	/	Sodium mg/l	19
Gout S/p à 25°C	/	Potassium mg/l	02
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Chlorures mg/l	34,67
		Sulfate mg/l	68,40
PH	7,55	Bicarbonates mg/l	199,35
P-redox mv	/	Carbonate mg/l	/
Conductivité µs/cm	359	Dureté totale mg/l caco ₃	208
Température C°	12,6	Dureté permanente mg/lcaco ₃	/
Turbidité NTU	1,42	Titre alcalin mg/lcaco ₃	00
Oxygène dissous mg/l	/	Titre alcalin complet	163,4
Salinité %	/	Eléments indésirable	Résultats
CO ₂ libre mg/l	/	Fer total mg/l	/
Résidu sec à 105°C mg/l	267,21	Fer Fe ²⁺ mg/l	0,05
MES à 105°C mg/l	/	Aluminium mg/l	0,15
TDS mg/l	/	Fluor mg/l	/
Paramétrées de la pollution	Résultats	Paramètres bactériologiques	Résultats
		Micro-UFC/ml à 22°C	<01
Ammonium mg/l	00	Organismes à 37°C	<01
Nitrite mg/l	00	revivifiables	
Nitrate mg/l	2,21	coliformes totaux:	00/100ml
phosphore mg/l	00	CTT(E-Coli) :	00/100ml
Ortho-phosphates mg/l	00	Streptocoques fécaux:	00/100ml
Mat-Org-Acide	0,33	Anaérobies sulfito- S/100ml	00
DBO ₅ mg/IO ₂	/	réducteurs	
DCO mg/IO ₂	/	Test de chlore mg/l	0,8

Anexe 3 : Résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau brute de Boukhalfa, pour le mois de février 2016.

paramétrées organoleptiques	Résultats	Minéralisation globale	Résultats
Couleur p/c	00	Calcium mg/l	109,82
		Magnésium mg/l	17,99
Odeur S/p à 25°C	/	Sodium mg/l	41
Gout S/p à 25°C	/	Potassium mg/l	07
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Chlorures mg/l	55,31
		Sulfate mg/l	53
PH	7,29	Bicarbonates mg/l	346,48
P-redox mv	/	Carbonate mg/l	/
Conductivité µs/cm	644	Dureté totale mg/l caco ₃	208
Température C°	13,8	Dureté permanente mg/lcaco ₃	/
Turbidité NTU	0,40	Titre alcalin mg/lcaco ₃	00
Oxygène dissous mg/l	/	Titre alcalin complet	248,0
Salinité %	/	Eléments indésirable	Résultats
CO ₂ libre mg/l	/	Fer total mg/l	/
Résidu sec à 105°C mg/l	457,35	Fer Fe ²⁺ mg/l	0 ,04
MES à 105°C mg/l	/	Aluminium mg/l	/
TDS mg/l	/	Fluor mg/l	/
Paramétrées de la pollution	Résultats	Paramètres bactériologiques	Résultats
		Micro-UFC/ml à 22°C	>300
Ammonium mg/l	0,05	Organismes UFC/ml à 37°C	41
Nitrite mg/l	0,09	revivifiables	
Nitrate mg/l	<0,5	coliformes totaux:	03/100ml
phosphore mg/l	00	CTT(E-Coli) :	00/100ml
Ortho-phosphates mg/l	00	Streptocoques fécaux:	01/100ml
Mat-Org-Acide	2,29	Anaérobies sulfito- S/100ml	00
DBO ₅ mg/IO ₂	/	réducteurs	
DCO mg/IO ₂	/	Test de chlore mg/l	/

Anexe 4 : Résultat de l'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau traitée, station Boukhalfa, pour le mois de février 2016.

paramétrées organoleptiques	Résultats	Minéralisation globale	Résultats
Couleur p/c	00	Calcium mg/l	109,02
		Magnésium mg/l	14,10
Odeur S/p à 25°C	/	Sodium mg/l	39
Gout S/p à 25°C	/	Potassium mg/l	07
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Chlorures mg/l	64,10
		Sulfate mg/l	45
PH	7,51	Bicarbonates mg/l	338,92
P-redox mv	/	Carbonate mg/l	/
Conductivité µs/cm	678	Dureté totale mg/l caco ₃	330
Température C°	17,7	Dureté permanente mg/lcaco ₃	/
Turbidité NTU	0,42	Titre alcalin mg/lcaco ₃	00
Oxygène dissous mg/l	/	Titre alcalin complet	277,80
Salinité %	/	Eléments indésirable	Résultats
CO ₂ libre mg/l	/	Fer total mg/l	/
Résidu sec à 105°C mg/l	448,55	Fer Fe ²⁺ mg/l	0 ,04
MES à 105°C mg/l	/	Aluminium mg/l	/
TDS mg/l	/	Fluor mg/l	/
Paramétrées de la pollution	Résultats	Paramètres bactériologiques	Résultats
		Micro-UFC/ml à 22°C	<01
Ammonium mg/l	00	Organismes UFC/ml à 37°C	<01
Nitrite mg/l	00	revivifiables	
Nitrate mg/l	0 ,88	coliformes totaux:	00/100ml
phosphore mg/l	00	CTT(E-Coli) :	00/100ml
Ortho-phosphates mg/l	00	Streptocoques fécaux:	00/100ml
Mat-Org-Acide	0,33	Anaérobies sulfito- S/100ml	00
DBO ₅ mg/IO ₂	/	réducteurs	
DCO mg/IO ₂	/	Test de chlore mg/l	0,8

Anexe 5 : Résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau Brute de pont de bougie, pour le mois de février 2016.

paramétrées organoleptiques	Résultats	Minéralisation globale	Résultats
Couleur p/c	00	Calcium mg/l	158,72
		Magnésium mg/l	12,16
Odeur S/p à 25°C	/	Sodium mg/l	38
Gout S/p à 25°C	/	Potassium mg/l	04
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Chlorures mg/l	62,75
		Sulfate mg/l	82
PH	6,96	Bicarbonates mg/l	449,69
P-redox mv	/	Carbonate mg/l	/
Conductivité µs/cm	833	Dureté totale mg/l caco ₃	446
Température C°	17,2	Dureté permanente mg/lcaco ₃	/
Turbidité NTU	0,53	Titre alcalin mg/lcaco ₃	00
Oxygène dissous mg/l	/	Titre alcalin complet	368,60
Salinité %	/	Eléments indésirable	Résultats
CO ₂ libre mg/l	/	Fer total mg/l	/
Résidu sec à 105°C mg/l	590,88	Fer Fe ²⁺ mg/l	0,05
MES à 105°C mg/l	/	Aluminium mg/l	/
TDS mg/l	/	Fluor mg/l	/
Paramétrées de la pollution	Résultats	Paramètres bactériologiques	Résultats
		Micro-UFC/ml à 22°C	>300
Ammonium mg/l	00	Organismes UFC/ml à 37°C	120
Nitrite mg/l	00	revivifiables	
Nitrate mg/l	8,41	coliformes totaux:	00/100ml
phosphore mg/l	00	CTT(E-Coli) :	00/100ml
Ortho-phosphates mg/l	00	Streptocoques fécaux:	00/100ml
Mat-Org-Acide	3,59	Anaérobies sulfito- S/100ml	00
DBO ₅ mg/IO ₂	/	réducteurs	
DCO mg/IO ₂	/	Test de chlore mg/l	/

Anexe 6 : Résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau traitée de pont de bougie, pour le mois de février 2016.

paramétrées organoleptiques	Résultats	Minéralisation globale	Résultats
Couleur p/c	00	Calcium mg/l	114,63
		Magnésium mg/l	16,04
Odeur S/p à 25°C	/	Sodium mg/l	32
Gout S/p à 25°C	/	Potassium mg/l	04
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Chlorures mg/l	49,49
		Sulfate mg/l	43
PH	7,11	Bicarbonates mg/l	333,30
P-redox mv	/	Carbonate mg/l	/
Conductivité µs/cm	642	Dureté totale mg/l caco ₃	352
Température C°	17,2	Dureté permanente mg/lcaco ₃	/
Turbidité NTU	0,54	Titre alcalin mg/lcaco ₃	00
Oxygène dissous mg/l	/	Titre alcalin complet	273,20
Salinité %	/	Eléments indésirable	Résultats
CO ₂ libre mg/l	/	Fer total mg/l	/
Résidu sec à 105°C mg/l	430,68	Fer Fe ²⁺ mg/l	0,05
MES à 105°C mg/l	/	Aluminium mg/l	/
TDS mg/l	/	Fluor mg/l	/
Paramétrées de la pollution	Résultats	Paramètres bactériologiques	Résultats
		Micro-UFC/ml à 22°C	<01
Ammonium mg/l	00	Organismes UFC/ml à 37°C	<01
Nitrite mg/l	00	revivifiables	
Nitrate mg/l	4,86	coliformes totaux:	00/100ml
phosphore mg/l	00	CTT(E-Coli) :	00/100ml
Ortho-phosphates mg/l	00	Streptocoques fécaux:	00/100ml
Mat-Org-Acide	0,65	Anaérobies sulfito- S/100ml	00
DBO ₅ mg/IO ₂	/	réducteurs	
DCO mg/IO ₂	/	Test de chlore mg/l	0,7