

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de
Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Agronomie

Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

Thème

**Contribution à l'étude de la qualité
physico-chimique et bactériologique des
eaux des forages de Boukhalfa**

Présenté par : Mlle BELHOCINE Yasmine

Mlle MANKOUR Lydia

Soutenue publiquement le : 10/07/2016

Devant le jury :

Président	:	Mr SMAIL ADEL	MAA à UMMTO
Promoteur	:	Mr METAHRI MED SAID	MCA à UMMTO
Co-promoteur	:	Mme BERROUANE NAWEL	Enseignante à UMMTO
Examineur	:	Mr MERRIDJA SAMIR	MAB à UMMTO
Examineur	:	Mr SI TAYEB HACHIMI	MCB à UMMTO

Année universitaire : 2015/2016.

Remerciements

Avant tout, nous remercions dieu tout puissant de nous avoir donné la force, la patience, la volonté et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Au terme de cette étude, il nous est agréable de remercier vivement tous ceux qui grâce à leur aide précieuse ont permis la réalisation de ce travail.

Nous remercions particulièrement notre encadreur M^r METAHRI Med Saïd, Maître de conférences à la faculté des sciences Agro-Bio de UMMTO, et notre Co-encadreur M^{me} Berrouane Nawel chargée de cours à la faculté des sciences Agro-Bio de UMMTO qui nous ont dispensé sans compter leur rigueur scientifique, leurs qualités humaines, leur optimisme, ainsi que leurs connaissances qui nous ont permis de mener à terme ce travail.

Nous tenons à remercier également Mr Smail Adel maître assistant à la faculté des sciences Agro-Bio UMMTO, pour avoir accepté de présider le jury.

Nos remerciements vont aussi à Mr MERIDJA S et Mr Si Tayeb H maître assistant et maître de conférences à la faculté des sciences Agro-Bio UMMTO, pour avoir accepté d'examiner notre travail.

DEDICACES

A mes chers et adorables parents, source de tendresse et d'amour, qui n'ont jamais cessé de me soutenir et de m'encourager,

A l'homme de ma vie ; mon époux a qui je dois ma réussite,

A ma fille : Manissa,

A mon frère, mes sœurs,

A mes grands parents,

A la mémoire de ma très chère tante Ouerdia

A la mémoire de mon grand père, et mon beau père que dieu les accueille dans son vaste paradis,

A ma très chère et adorable belle mère,

A mes belles sœurs et mes beaux-frères,

A toutes mes amies.

Lydia

Je dédie ce memoire

A mes parents pour leur amour inestimable, leur soutien, leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer

A mes frères Amine et Aris

A ma grand-mère qui est a été pour moi une deuxième maman

A ma tante Samia qui a toujours été la pour moi

A toute ma famille ainsi qu'à mes amis

Yasmine

Liste des abréviations

ADE :	Algérienne des eaux.
µg :	Microgramme.
µS :	Micro-siémens.
AEI :	Alimentation En eau d'Industrie.
AEP :	Alimentation En eau Potable.
An	Année.
B.C.P.L :	Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol.
B.L.V.B :	Bouillon Lactosé Bilié au Vert.
BPC :	Biphényles Polychlorés.
C :	Degré Celsius.
C.E :	Conductivité Electrique.
CGP :	Cocci à Gram Positif.
Cm :	Centimètre.
DBO :	Demande Biochimique en Oxygène.
DCO :	Demande Chimique en Oxygène.
DDT :	Dichlorodiphényltrichloroéthane.
DHW :	Direction de l'Hydraulique de la Wilaya.
<i>E. Coli</i> :	Escherichia Coli.
EDTA :	Acide Ethylène Diamine Tetracétique.
E.VA :	Ethyl Vilolet et l'Azide de sodium.
g :	Gramme.
g/ j/hab. :	Gramme par jour par habitant.
g/l :	Gramme par litre.
h :	Hectare.
hm ³ :	Hectometer cube.
ISO :	International Standards Organization.
kg/lit/jour :	Kilogramme par litre par jour.
km :	Kilomètre.
km ² :	Kilomètre carré.
L/J/Hab. :	Litre par jour par Habitant.

l/s :	Litre par seconde.
L :	Litre.
m :	Mètre.
m ³ :	Mètre cube.
m ³ /j	Mètre cube par jour.
MECA :	Mécanique.
MES :	Matière En Suspension.
mg :	Milligramme.
mg/l :	Milligramme par litre
mm :	Millimètre.
ml :	Millilitre.
MTH :	Maladies à Transmission Hydrique.
N :	Normalité.
NA :	Normes Algériennes.
NF :	Norme Française.
NPP :	Nombre le Plus Probable.
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé.
NTU :	Unité de Turbidité Néphélométrique.
pH :	Potentiel Hydrogène.
SM :	Solution Mère.
T° :	Température.
TA :	Titre Alcalimétrique.
TAC :	Titre Alcalimétrique Complet.
T.G.E.A :	Gélose Tryptone Glucose à l'Extrait de levure.
TH :	Titre Hydrotimétrique.
TSA :	Gélose Tryptonée au Soja.
TSC :	Tryptone-Sulfite-Cyclosérine.
TSN :	Tryptone – Sulfite – Néomycine.
TTC :	Triphényl Tétrazonium.
UFC :	Unité Formant Colonie.
UV :	Ultra-Violets.
V :	Volume.
ZHUN :	Zone d'Habitation Urbaine Nouvelle.

Liste des figures

Figure n° 1	Cycle de l'eau.	2
Figure n° 2	Comparaison entre une nappe captive et une nappe libre.	4
Figure n° 3	Variation de La turbidité des eaux analysées.	54
Figure n° 4	Variation du PH des eaux analysées	55
Figure n° 5	Variation de la température des eaux analysées.	56
Figure n° 6	La conductivité des eaux analysées.	56
Figure n° 7	Variation de la dureté totale des eaux analysées.	57
Figure n° 8	Variation de la teneur en magnésium des eaux analysées.	57
Figure n° 9	Variation de la teneur en calcium des eaux analysées.	58
Figure n° 10	Variation de la teneur en chlorure des eaux analysées.	59
Figure n° 11	Variation de la teneur en bicarbonates des eaux analysées.	59
Figure n° 12	Variation de la teneur en potassium des eaux analysées.	60
Figure n° 13	Variation de la teneur en sulfate des eaux analysées	60
Figure n° 14	Variation de la teneur en orthophosphate des eaux analysées.	61

Figure n° 15	Variation de la teneur en Mat-Org-Acide des eaux analysées.	61
Figure n° 16	Variation de la teneur en ammonium des eaux analysées.	62
Figure n° 17	Variation de la teneur en nitrate des eaux analysées.	62
Figure n° 18	Variation de la teneur en fer des eaux analysées.	63
Figure n° 19	Variation de la teneur en chlore des eaux analysées.	63
Figure n° 20	Résultats du dénombrement des coliformes totaux dans les eaux analysées.	64
Figure n° 21	Résultats du dénombrement des E-Coli dans les eaux analysées.	65
Figure n° 22	Résultats du dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux analysées.	65

Liste des tableaux

Tableau 01	Comparaison entre les eaux de surface et souterraines.	4
Tableau 02	Principales maladies d'origine hydrique et agents microbiologiques responsables	10
Tableau 03	Maladies lié aux substances chimiques dissoutes.	10
Tableau 04	Classification des eaux selon de leur Ph.	13
Tableau 05	Classification des eaux selon la température.	13
Tableau 06	Classification des eaux selon la conductivité.	14
Tableau 07	Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.	14
Tableau 08	Qualité de l'eau en fonction de la DBO5.	18
Tableau 09	Biodégradabilité des eaux résiduaires.	19
Tableau 10	Situation général de l'AEP de la ville de Tizi-Ouzou.	29
Tableau 11	Les conduites d'adduction de la chaine de BOUKHALFA	30

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES EAUX

INTRODUCTION	1
1. LES ETATS DE L'EAU	1
2. CYCLE DE L'EAU	1
3. LES EAUX NATURELLES	2
3.1. EAUX DE SURFACE	2
3.2. EAUX SOUTERRAINES	2
3.2.1. DIFFERENTS TYPES DE NAPPES	3
A. NAPPE LIBRE	3
B. NAPPE CAPTIVE.....	3
3.3. COMPARAISON EAUX DE SURFACE ET EAUX SOUTERRAINES	4

CHAPITRE II : QUALITE ET TRAITEMENT DES EAUX

INTRODUCTION	6
1. QUALITE DES EAUX ALIMENTAIRES	6
1.1. QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES	6
2. POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES	7

2.1. LES DIFFERENTS TYPES DE POLLUANTS	7
2.1.1. LA POLLUTION MINERAL	7
2.1.2. LA POLLUTION MICROBIOLOGIQUE	8
2.1.3. LA POLLUTION ORGANIQUE	8
3. MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUE.....	9
3.1. PRINCIPALES MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUE.....	9
3.2. MALADIES LIEES AUX SUBSTANCES CHIMIQUES DISSOUTES.....	10
4. L'EAU POTABLE	11
5. PARAMETRES DE QUALITE DES EAUX.....	11
5.1. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES	11
5.1.1. COULEUR.....	11
5.1.2. ODEUR	12
5.1.3. GOUT ET SAVEUR	12
5.1.4. LA TURBIDITE.....	12
5.2. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUE	12
5.2.1. POTENTIEL D'HYDROGENE « PH »	12
5.2.2. LA TEMPERATURE	13
5.2.3. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE	13
5.2.4. MINERALISATION GLOBALE	14
5.2.5. LA DURETE	14
5.2.6. TITRE ALCALIMETRIQUE (TA ET TAC)	15
5.2.7. MATIERES EN SUSPENSION.....	15
5.2.8. CHLORURE	15
5.2.9. CALCIUM	15
5.2.10. SULFATE	16
5.2.11. SODIUM	16
5.2.12. POTASSIUM.....	16
5.3. PARAMETRES DE POLLUTION ORGANIQUES.....	16
5.3.1. MATIERES ORGANIQUES	16

5.3.2. AZOTE AMMONIACAL.....	17
5.3.3. NITRITES.....	17
5.3.4. NITRATES.....	18
5.3.5. DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE DBO ₅	18
5.3.6. LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE DCO.....	18
5.3.7. PHOSPHATES.....	19
5.4. PARAMETRES DE TOXICITE.....	19
5.4.1. PLOMB.....	19
5.4.2. CADMIUM.....	19
5.4.3. ARSENIC.....	20
5.4.4. MERCURE.....	20
5.4.5. CHROME.....	20
5.5. PARAMETRES INDESIRABLES.....	20
5.5.1. FER.....	20
5.5.2. L'ALUMINIUM.....	21
5.5.3. CUIVRE.....	21
5.5.4. MAGNESIUM.....	21
5.5.5. ZINC.....	21
5.6. PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES DE L'EAU.....	22
5.6.1. COLIFORMES TOTAUX.....	22
5.6.2. COLIFORMES FECAUX.....	22
5.6.3. LES STREPTOCOQUES FECAUX.....	22
6. REGLEMENTATION ALGERIENNE APPLICABLE AUX EAUX DE CONSOMMATION.....	23
7. TRAITEMENT DES EAUX.....	23
7.1. LA PRISE D'EAU.....	23
7.2. PRETRAITEMENT.....	23
7.2.1. DEGRILLAGE.....	24
7.2.2. TAMISAGE.....	24
7.2.2.1. MACROTAMISAGE.....	24
7.2.2.2. MICROTAMISAGE.....	24
7.2.3. DESSABLAGE.....	24

7.2.4. DEGRAISSAGE ET DESHUILAGE	25
7.3. AERATION.....	25
7.4. PRECHLORATION	25
7.5. CLARIFICATION	25
7.5.1TRAITEMENT PHYSICOCHIMIQUE.....	25
7.5.1.1. COAGULATION - FLOCCULATION	25
7.5.1.2. DECANTATION	26
7.5.1.3. FILTRATION	26
7.6. DESINFECTION	26

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

1. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE.....	28
1.1. LES PRINCIPALES RESSOURCES EN EAU	28
1.1.1. LES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE :	28
1.1.2. LES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE	28
1.2. L’ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE TIZI-OUZOU	29
1.3. DESCRIPTION DU SYSTEME D’AEP DE LA VILLE DE TIZI-OUZOU	29
1.3.1. CHAMPS DE CAPTAGE DE BOUKHALFA	30
2. PRESENTATION DU LABORATOIRE DE L’ADE.....	30
3. ECHANTILLONNAGE.....	31
3.1. ECHANTILLONS DESTINES AUX ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES	31
3.1.1. MATERIEL DE PRELEVEMENT	31
3.1.2. MODE DE PRELEVEMENT	31
3.2. ECHANTILLONS DESTINEES AUX ANALYSES BACTERIOLOGIQUES	31
3.2.1. MATERIEL DE PRELEVEMENT	31
3.2.2. MODE DE PRELEVEMENT	31
LE PRELEVEMENT PROPREMENT DIT S’EFFECTUE DANS LES MEILLEURS CONDITIONS DE STERILISATIONS ET AVANT DE PROCEDER AU PRELEVEMENT PROPREMENT DIT, IL Y’A LIEU DE SUIVRE LES ETAPES SUIVANTES :	31
4. LE TRANSPORT.....	32

5. MATERIEL UTILISES	32
6. METHODES D'ANALYSES ORGANOLEPTIQUES	33
6.1. TEST DE LA COULEUR.....	33
6.2. TEST DE L'ODEUR ET DE LA SAVEUR.....	34
6.3. MESURE DE LA TURBIDITE	34
7. METHODES D'ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES.....	34
7.1. METHODE D'ANALYSE VOLUMETRIQUE	34
7.2. METHODE D'ANALYSE SPECTROPHOTOMETRIQUE	35
7.3. METHODE D'ANALYSE PHOTOMETRIQUE	35
8. METHODES D'ANALYSE BACTERIOLOGIQUES	45
8.1.1 DENOMBREMENT SUR MEMBRANE FILTRANTE.....	46
8.1.2. METHODE DE DENOMBREMENT PAR INOCULATION SUR MILIEU LIQUIDE	46
8.1.3. DENOMBREMENT DES MICROORGANISMES REVIVIFIABLES A 37°C ET A 22°C	47
8.2. DENOMBREMENT DES COLIFORMES ET DE <i>E. COLI</i>	48
A. METHODE DE DENOMBREMENT PAR FILTRATION SUR MEMBRANE :	48
DENOMBREMENT PAR INOCULATION EN MILIEU LIQUIDE	50
8.3. DENOMBREMENT DES STREPTOCOQUES FECAUX.....	51
A. METHODE PAR FILTRATION SUR MEMBRANE	51
B. METHODE DE DENOMBREMENT SUR MILIEU LIQUIDE	52
8.4. DENOMBREMENT DES SPORES DE <i>CLOSTRIDIUM</i> SULFITO-REDUCTEUR.....	53
A. METHODE PAR INCORPORATION EN GELOSE.....	53
LECTURE ET EXPRESSION DES RESULTATS	53

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'ANALYSE ORGANOLEPTIQUE :.....	54
1.1. L'ODEUR.....	54
1.2. LA COULEUR.....	54
1.3. LA TURBIDITE	54
2. INTERPRETATION DES RESULTATS PHYSICO- CHIMIQUES	55

2.1. LE POTENTIEL D'HYDROGENE (PH).....	55
2.2. LA TEMPERATURE.....	55
2.3. LA CONDUCTIVITE.....	56
2.4. LA DURETE TOTALE.....	56
2.5. L'ION MAGNESIUM.....	57
2.6. L'ION CALCIUM.....	58
2.6. L'ION CHLORURE.....	58
2.7. LES BICARBONATES.....	59
2.8. POTASSIUM (K+).....	60
2.9. L'ION SULFATE.....	60
2.10. L'ORTHOPHOSPHATE.....	61
2.11. MATIERES ORGANIQUES ACIDE (MO).....	61
2.12. L'ION D'AMMONIUM.....	62
2.13. L'ION NITRATE.....	62
2.14. L'ION FER.....	63
2.15. CONTROLE DE LA DESINFECTION (TEST DU CHLORE).....	63
3. INTERPRETATION DES RESULTATS BACTERIOLOGIQUES.....	64
3.1. LES MICRO-ORGANISMES REVIVIFIABLES:.....	64
3.1.1. LES COLIFORMES TOTAUX ET FECAUX.....	64
3.2. LES STREPTOCOQUES FECAUX.....	65

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau, élément essentiel à la vie joue un rôle central et primordial en tant que bien social, bien économique et bien lié à l'environnement. Toutefois, trop souvent, elle n'est pas perçue comme le bien précieux qu'elle est véritablement, mais est paradoxalement gaspillée (Forum mondial sur l'eau Kyoto, 2003).

Le défi auquel nous devons faire face aujourd'hui dans le domaine de l'eau est de veiller à ce que l'ensemble de la population dispose en permanence d'approvisionnements suffisants en eau de qualité tout en protégeant les ressources naturelles de la surexploitation.

Les ressources naturelles en eau sont constituées d'eaux souterraines et superficielles, l'eau souterraine présente souvent des avantages de qualité, d'accessibilité et de fiabilité par rapport à l'eau de surface, elle ne renferme généralement pas de polluants microbiologiques.

Au fur et à mesure que l'eau de surface s'infiltré dans les aquifères, le sol et les roches filtrent des organismes vivants, qui peuvent être une cause importante de maladies (UHL, 2009).

En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau au sud est l'eau souterraine tandis qu'au nord elle est mixte.

Les ressources en eau souterraines de la wilaya de Tizi-Ouzou se concentrent essentiellement dans la nappe alluviale de l'oued Sébaou, alimentée par l'infiltration directe à partir des eaux de pluies (DHWT, 2012).

Face à la croissance démographique, la modernisation de l'agriculture et l'activité humaine, la qualité naturelle des eaux souterraines peut être altérée, sa détérioration est appréciée par mesures des paramètres physico-chimiques et bactériologiques (BEAUCHAMP, 2006).

Notre travail à pour objectif d'évaluer la qualité des eaux des forages de Boukhalfa, et cela en se basant sur les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

Le présent document est structuré en deux parties ;

La première partie est consacrée à la synthèse bibliographique composée de deux chapitres:

- Premier chapitre décrit les généralités sur les eaux.
- Deuxième chapitre est consacré à l'étude de la qualité des eaux et leur traitement.

La deuxième partie est réservée à l'étude expérimentale et comporte aussi sur deux chapitres :

- Chapitre trois : matériels et méthodes.
- Chapitre quatre: résultats et discussions.

Introduction

L'eau est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre (PERRY, 1984).

L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes des métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes (ENCARTA, 2006).

1. Les états de l'eau

Dans la nature, sous l'action du soleil, de la pression atmosphérique et de la température, l'eau change d'état. On peut la trouver sous trois formes :

- **État solide** : à basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières.
- **État gazeux** : caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas de liaisons entre les molécules, et qui sont indépendantes les unes des autres.
- **État liquide** : caractérisé par une forme non définie. Les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires (MARSILY, 1995).

2. Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau (figure 01) est bien connu: évaporation des océans, des eaux terrestre et de la végétation, précipitation sous forme de pluie ou de neige, infiltration, ruissellement ou écoulement souterrain, sortie de l'exutoire, en sont les principales composantes (COLLIN, 2004).

L'hydrosphère chauffée par l'énergie solaire, s'évapore et conduit à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, à la suite d'un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace et se trouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle sur la lithosphère à la surface de laquelle approximativement $\frac{1}{4}$ pénètre, $\frac{1}{4}$ ruisselle, quant au $\frac{1}{4}$ restant, il s'évapore à son tour (VILAGINES, 2003).

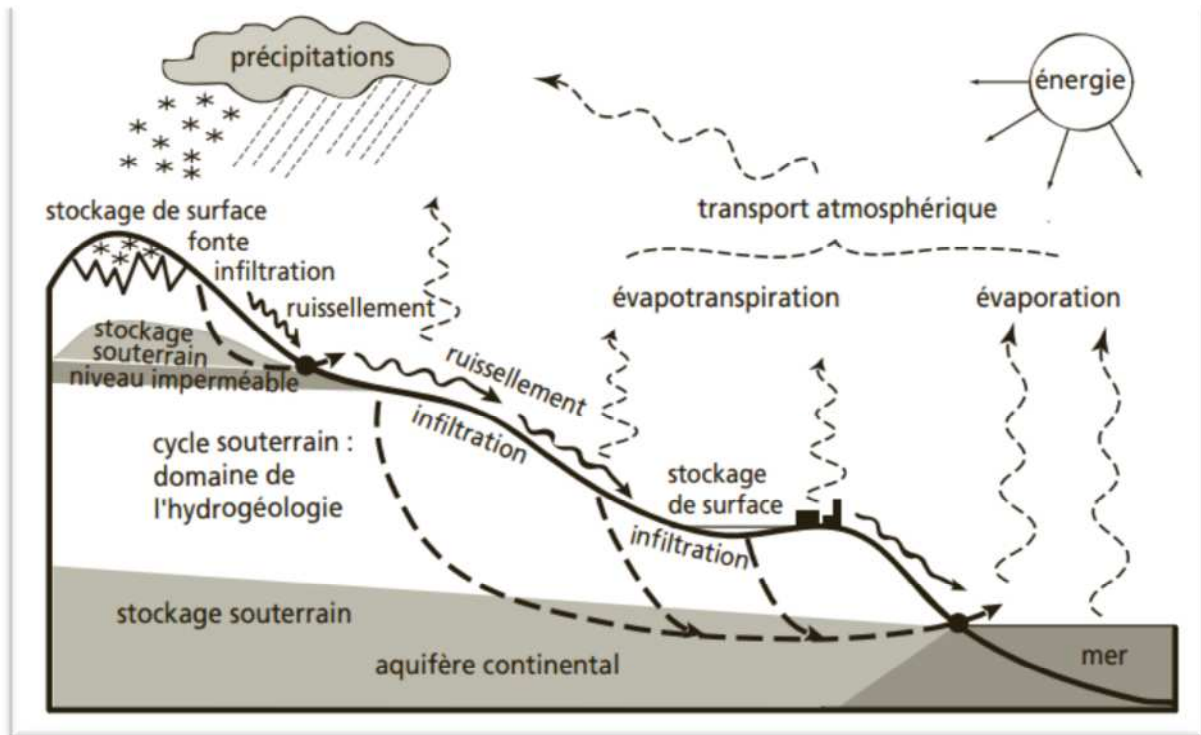


Figure 01 : cycle de l'eau (GILLI et al, 2008).

3. Les eaux naturelles

Les réserves disponibles des eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltrations, nappes) et des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières) (DEGREMONT, 2005).

3.1. Eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement (DEGREMONT, 2005).

Les eaux de surface sont moins stables. Elles contiennent des matières minérales et organiques en suspension qui peuvent engendrer des désagréments olfactifs et gustatifs. Elles nécessitent un traitement physico-chimique parfois complexe dans des infrastructures importantes (Site Internet 1).

3.2. Eaux souterraines

Lorsque l'eau superficielle pénètre dans le sol, une partie est retenue à la surface par des grains ou dans les micro-interstices. Cette quantité d'eau retenue est caractéristique d'un sol

donné et se définit comme sa capacité de rétention. Une autre partie de cette eau superficielle percole en direction du sous-sol sous l'action de la pesanteur (VILAGINES, 2003).

3.2.1. Différents types de nappes

«L'aquifère », ou encore «la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau (KETTAB, 1992).

Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices des roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (POMEROL et RENARD, 1997).

On peut distinguer deux types d'aquifères (figure 02) :

A. Nappe libre

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable (BONNIN, 1982).

B. Nappe captive

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut elle est alors appelée nappe captive (BONNIN, 1982).

Les nappes peuvent être classées en nappes phréatiques et nappes profondes.

- Les nappes phréatiques sont celles qui reposent sur la première couche imperméable proche du niveau du sol elles sont toujours libres et souvent contaminées.
- Les nappes profondes dites subordonnées reposent sur une couche perméable plus profonde et peuvent être libres ou captives (DUPONT, 1974).

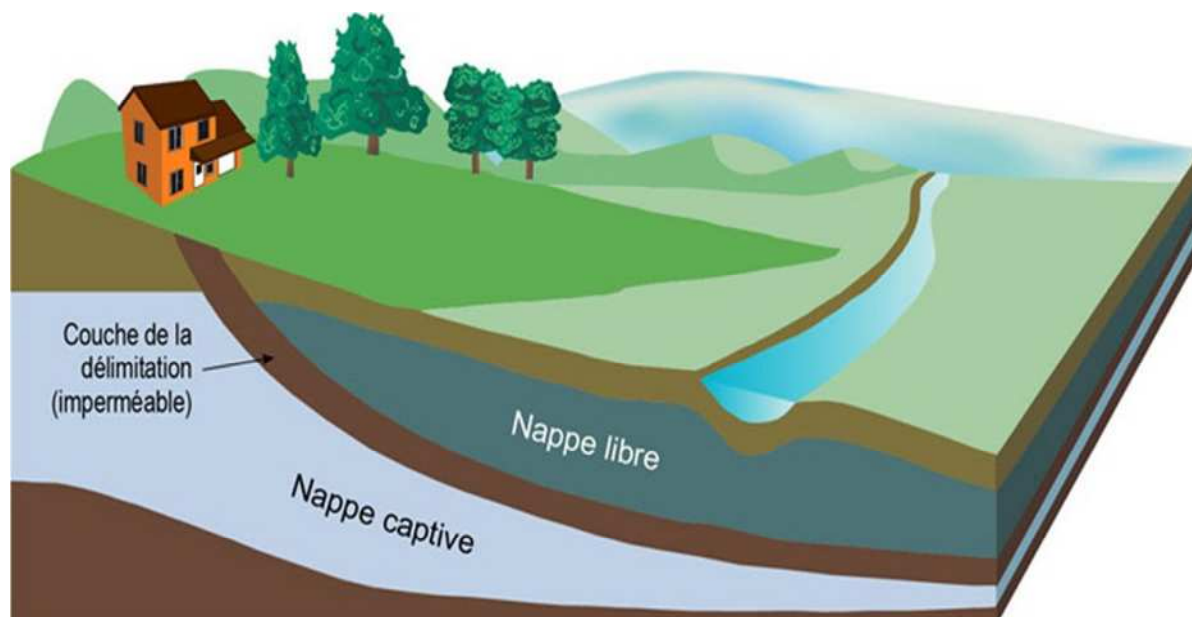


Figure 02 : Comparaison entre une nappe captive et une nappe libre (site internet 2).

3.3. Comparaison eaux de surface et eaux souterraines

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

Tableau 01 : Comparaison entre les eaux de surface et souterraines (DEGREMONT, 2005).

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable (saisons)	Plutôt constante
Turbidité / MES vraies ou colloïdales	Variable (parfois élevée / crues, rejets de carrières, fortes pluies)	Faible ou nulle sauf en pays karstique et en pays crayeux
Couleur	Dépend essentiellement des MES, des acides humiques, tannins, etc. et des algues	Dépend des acides humiques ou des précipitations Fe - Mn
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares sauf H ₂ S
Minéralisation globale / Salinité	Variable (précipitations rejets, nature des terrains traversés, etc.)	Généralement plus élevée que celle mesurée dans les eaux de surface sur le même territoire

Chapitre I : Généralités sur les eaux

Fe et Mn divalent dissous	Normalement absents sauf dystrophisation des eaux profondes	Présents
CO₂ agressif	Généralement absent	Présent souvent en quantité
O₂ dissous	Variable (proche de la saturation dans les eaux propres / absent dans les eaux polluées)	Absent
H₂S	Absent	Présent
NH₄	Seulement dans les eaux polluées	Présence souvent sans rapport avec une pollution bactérienne
Nitrates	Variable (normalement absent, parfois en quantité dans les zones d'excédent azoté)	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur normalement modérée	Teneur élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Surtout présents dans les eaux des régions industrialisés	Absents sauf à la suite d'une pollution accidentelle
Solvants chlorés	Normalement absents	Présents en cas de pollution de la nappe
Éléments vivants	Virus, bactéries, algues, protistes, etc. / Présence d'organismes pathogènes toujours possible	bactéries sulfato-réductrices et ferrobactéries surtout

CHAPITRE II

Qualité et traitement des eaux

Introduction

L'eau dans son état naturel peut véhiculer des microorganismes en tout genre : bactéries, virus et parasites. Elle devra donc subir un traitement adéquat qui dépendra de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être en permanence analysée. Il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition. Il est nécessaire, de moduler le traitement de cette eau dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants.

1. Qualité des eaux alimentaires

La qualité de l'eau destinée à l'alimentation est régulièrement remise en question ces dernières années (CRUYPER et DENNEG, 1993). Souvent considérée comme un symbole de pureté, elle est progressivement devenue le produit alimentaire le plus surveillé, et est soumise aux normes de qualité les plus sévères (DEFRANGESCHI, 1996).

L'eau joue un rôle important pour la vie, la santé, l'accès à l'hygiène et au confort. C'est aussi un vecteur pour de nombreuses maladies à transmission hydrique comme la brucellose, la tuberculose, la fièvre typhoïde, le choléra et les diarrhées, pour ne citer que ces quelques maladies qui tuent des milliers de personnes chaque année à travers le monde. (OUAHDI, 1995).

1.1. Qualité des eaux souterraines

L'eau souterraine présente souvent des avantages de qualité, d'accessibilité et de fiabilité par rapport à l'eau de surface. Elle ne renferme généralement pas de polluants microbiologiques, car au fur et à mesure que l'eau de surface s'infiltré dans les aquifères, le sol et les roches filtrent des organismes vivants (UHL, 2009).

La qualité naturelle des eaux souterraines peut être altérée par l'activité humaine, cette détérioration est appréciée par la mesure de ces paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Dans le cas d'une détérioration jugée importante, l'eau ne sera plus considérée comme potable et pourra être utilisée à d'autres fins (irrigation...) ou devra subir un traitement approprié pour retrouver sa potabilité. L'eau des nappes n'est donc pas à l'abri de la pollution et l'auto-épuration naturelle n'est pas complète dans toutes les nappes et vis-à-vis de certaines substances (BEAUCHAMP, 2006).

2. Pollution des eaux souterraines

La pollution est une modification défavorable ou nocive des propriétés physicochimiques et biologiques de l'eau, produites directement ou indirectement par les activités humaine, les rendant impropres à l'utilisation normale établit (METAHRI, 2012).

La vulnérabilité des eaux à la pollution dépend du type de nappe (libre ou captive) et du mode de circulation de l'eau dans l'aquifère. Les nappes libres sont les plus vulnérables puisque les polluants d'origine superficielle peuvent diffuser librement dans le sol ; les nappes captives en revanche sont mieux protégées par les couches imperméables qui les surmontent. Leur pollution apparaît lorsque le niveau protecteur imperméable est percé par un ouvrage (ancien forage, fouille profonde...). (BEAUCHAMP, 2006).

Dans tous les cas, la pollution des eaux souterraines est favorisée par certains aménagements et pratiques comme :

- Les interventions qui favorisent l'infiltration dans la nappe: forages ou puits sans précaution, ouverture de gravières, puits perdus pour infiltrer les eaux usées...
- La mauvaise gestion des eaux de ruissellement, suite à l'imperméabilisation des surfaces (ville, routes), au drainage agricole, et des eaux usées.
- L'élevage intensif et modification des pratiques agricoles: remplacement de la prairie par des cultures intensives (remembrement, suppression des haies, du bocage, sols à nu pendant l'hiver). (BEAUCHAMP, 2002).

2.1. Les différents types de polluants

2.1.1. La pollution minérale

Les principaux polluants d'origine minérale sont les nitrates et les autres composés azotés. L'eau d'une nappe ne contient naturellement pas de composés azotés, ils proviennent de la décomposition de la matière vivante par les micro-organismes et sont minéralisés en azote gazeux.

C'est l'augmentation artificielle de la quantité d'azote combiné disponible dans le sol qui crée un déséquilibre entre l'apport et la consommation et produit un excès d'azote qui est finalement entraîné vers la nappe. Cet azote se trouve sous forme de nitrates et d'ammonium.

Les nitrates sont des sels très solubles qui sont facilement entraînés en profondeur par les eaux d'infiltration. Pour la nappe de la craie, on estime qu'il faut quelques dizaines d'années pour qu'ils passent du sol à la nappe. Leur origine est principalement agricole, la pollution engendrée est diffuse (BEAUCHAMP, 2006).

Les autres substances minérales sont les chlorures, les sulfates, le fluor (étant des paramètres de la qualité naturelle des eaux) et des éléments toxiques (métaux lourds) tels que le cyanure et l'arsenic, qui sont des substances minérales issues de l'activité humaine et susceptibles de polluer les nappes de façon ponctuelle (BEAUCHAMP, 2002).

2.1.2. La pollution microbiologique

Les micro-organismes sont peu nombreux dans les eaux de nappes captives du fait des conditions généralement anaérobies et des faibles quantités de nutriments disponibles. Le transfert de la matière organique dans la nappe favorise leur prolifération. Les milieux fissurés, surtout karstiques, présentent des conditions favorables à la survie et à la multiplication des germes: pénétration facile de matière organique, conditions aérobies, pas de filtration (KANKOU, 2004).

Les germes pathogènes sont généralement associés aux coliformes et streptocoques fécaux, la présence de ces derniers indique une pollution par les eaux de vannes, les eaux de station d'épuration, les rejets d'élevages industriel (KANKOU, 2004).

2.1.3. La pollution organique

Elle peut se faire soit par :

- La décomposition de la matière organique par les micro-organismes qui libère des nitrites, des nitrates, l'ammonium, du méthane et hydrogène sulfuré. La matière organique résiduelle persistant dans l'eau constitue un milieu favorable au développement des germes qui peuvent être pathogènes (BEAUCHAMP, 2006).
- La contamination de la nappe par les hydrocarbures, elle est généralement accidentelle (fuite de carburant, rupture de canalisation...). Les hydrocarbures légers, non miscibles à l'eau, s'étendent à la surface de la nappe; ils confèrent à l'eau un goût caractéristique même à très faible teneur ce qui la rend imbuvable. Les hydrocarbures lourds se rassemblent à la base de la nappe; ils diffusent moins (BEAUCHAMP, 2006).

Les substances de synthèse

Fabriquées par l'homme et cela grâce, à une ou des transformations chimiques

- Les détergents sont en général biodégradés dans le sol ou adsorbés sur les argiles. Certains atteignent la nappe à partir des puits ou à partir des rivières polluées dans les nappes alluviales. Leur toxicité est faible mais en tant que produits mouillants ils favorisent la dispersion d'autres produits indésirables comme les pesticides.

- Les pesticides sont en partie métabolisés ou retenus dans le sol et dans la zone non saturée. Leur transfert à la nappe est faible. Les plus fréquents sont deux herbicides, l'atrazine et la simazine, employés à forte dose dans les cultures de maïs. Les fortes teneurs sont dues à des pollutions ponctuelles produites par des rinçages de cuves rejetés dans un puits, fuite d'une citerne...).
- Les polychlorobiphényles (PCB) et les phtalates se retrouvent rarement dans les nappes. Les solvants chlorés (trichloréthylène, tétrachloréthylène, tétrachlorure de carbone) sont peu biodégradables et peu retenus dans le sol, leur transfert à la nappe est donc aisé. Ce type de pollution est observé dans les zones urbaines et industrielles et dans les décharges non contrôlées (BEAUCHAMP, 2006).

3. Maladies à transmission hydrique

3.1. Principales maladies à transmission hydrique

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent et qui peuvent être nocifs pour la santé (RODIER, 2009).

En Algérie, les maladies à transmission hydrique ont toujours sévi à l'état endémique. La dégradation de l'hygiène du milieu, l'explosion démographique et l'urbanisation anarchique, ont favorisé depuis les années 1980, l'éclosion de multiples foyers de ces maladies. Elles déterminent souvent d'importantes flambées épidémiques estivo-automnales : de cholera, de fièvre typhoïde d'hépatites virales a travers tout le pays. (BOUZIANI, 2000).

Actuellement ces affections conservent leur prééminence sur toutes les autres maladies à déclaration obligatoire. Les maladies à transmission hydriques représentent a elles seules : 39% de l'ensemble des maladies déclarées. On estime que les taux d'indice global des maladies à transmission hydrique a travers le pays est de l'ordre de 30 cas pour 100 000 habitants (BOUZIANI, 2000).Le tableau 02, résume les principales maladies à transmission hydrique ainsi que leurs agents pathogènes

Chapitre II: Qualité et traitement des eaux

Tableau 02: Principales maladies à transmission hydrique et agents microbiologiques responsables d'après (HASLAY et LECLERC, 1993).

Origine	Maladies	Agents pathogènes
Parasitaires	Dysenterie amibienne	<i>Entamoebahistolyca</i>
	Gastro-entérites	<i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidiumparvum</i>
Bactérienne	Fièvres typhoïde et Paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi</i> Aet B
	Dysenterie bacillaire	<i>Shigella</i>
	Cholera	<i>Vibriocholerae</i>
	Gastro-entérites	<i>Escherichia coli</i> enterotoxinogene <i>Campylobacterjejuni</i> <i>Yersinaenterocolitica</i>
Virale	Hépatites A et E	Virus hépatite A et E
	Poliomyélite	Virus poliomyélitique
	Gastro-enterites	Rotavirus Enterovirus Calicivirus Adenovirus...

3.2. Maladies liées aux substances chimiques dissoutes

Les principales maladies causées par des substances chimiques dissoutes sont résumées dans le tableau suivant (tableau 03)

Tableau 03 : Maladies liées aux substances chimiques dissoutes (GODART, 2000).

Maladies	Causes
Fluorose	La fluorose dentaire est due à un surdosage en fluor pendant plusieurs mois ou années survenant lors de la période de minéralisation des dents.
Goitre endémique	Carence d'iode

Méthémoglobinémie infantile	Excès de nitrites (ion), lui-même souvent provoqué par un excès de nitrates (ion) réduits le plus souvent par des bactéries nitratoréductrices fréquentes en l'absence d'hygiène stricte
Saturnisme	Excès de plomb
Maladie d'Itai-Itai	Excès de cadmium
Hydrargyrisme, maladie de Minamata	Excès de mercure
Arsenicisme	Excès d'arsenic

4. L'eau potable

La définition d'une eau potable repose sur des normes établies par une réglementation. Cette dernière varie d'une communauté économique ou d'un pays à l'autre et est évolutive. (OLIVAUX, 2007).

En fait, il faut avoir à l'esprit qu'il existe deux définitions de l'eau potable, l'une est réglementaire et l'autre est une médicale.

- Définition réglementaire : une eau potable et une eau conforme aux normes réglementaires. Dans cette optique, l'eau du robinet et les eaux minérales embouteillées sont généralement potables, sauf accident.
- Définition médicale : Une eau potable est une eau qui ne rend pas malade même à long terme. Ainsi, qu'elle soit distribuée au robinet ou en bouteille, l'eau destinée à la consommation humaine est un aliment, et doit à ce titre ; posséder des qualités organoleptiques propres à satisfaire le consommateur et ne pas porter atteinte à la santé. (OLIVAUX, 2007).

5. Paramètres de qualité des eaux

5.1. Paramètres organoleptiques

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

5.1.1. Couleur

Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques

(acides humiques, fulviques). Ces dernières doivent être éliminées pour rendre l'eau agréable à boire. (ALPHA, 2005).

5.1.2. Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, l'odeur peut être définie comme étant l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles, la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances. (RODIER, 2009).

5.1.3. Goût et saveur

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

Tandis que la saveur est définie comme étant l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (RODIER, 2009).

5.1.4. La turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect plus au moins trouble de l'eau, c'est l'inverse de la limpidité. (APHA et *al*, 1998). La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc.

L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (RODIER, 2009).

5.2. Paramètres physico-chimique

5.2.1. Potentiel d'hydrogène « pH »

Le pH correspond à la concentration d'ions hydrogène, il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau. Le pH interfère avec d'autres paramètres de la qualité dans de complexes réactions chimiques : dureté, alcalinité, turbidité, conductivité (SAVARY, 2010). Le tableau 04 représente la classification des eaux selon leur pH

Tableau 04 : Classification des eaux selon leur pH (DEGREMONT, 2005).

Ph	Classe	Remarque
<5	Acidité forte	Présence d'acides minéraux ou organique
7<pH<8	Neutralité approchée	Majorité des eaux de surface
5.5<pH<8	-	Majorité des eaux souterraines
pH>=8	Alcalinité forte	Evaporation intense

5.2.2. La température

La température des eaux souterraines est relativement constante toute l'année, par contre celle des eaux superficielles est très variable selon les saisons et peut passer de 2 °C à 30 °C. La diminution de la température entraîne la diminution de l'efficacité des traitements dont la désinfection et entraîne aussi l'augmentation de la viscosité de l'eau.

L'augmentation de la température a diverses conséquences comme : la croissance bactérienne, les problèmes de saveur, de couleur, de corrosion (SAVARY, 2010). Le tableau suivant représente la classification des eaux selon leur température

Tableau 05: Classification des eaux selon la température. (DENHOVE, 1990).

Températures (°C)	Types d'eau
T<30	Minérale, source
20 <T< 30	Mésothermale
30<T<50	Thermale
T>50	Hyperthermale

5.2.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (RODIER, 2009). Le tableau 06 présente la qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique.

Tableau 06 : Classification des eaux selon la conductivité (RODIER, 2005).

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)	Résistivité
Eau pure	< 23	>30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

5.2.4. Minéralisation globale

La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles.

Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (RODIER, 2005).

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. (RODIER, 2009). Comme le montre le tableau suivant :

Tableau 07: Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (RODIER, 2009).

Conductivité	($\mu\text{S}/\text{cm}$) Minéralisation
Conductivité < 50	1,365079 * Conductivité à 20°C
50 < Conductivité < 166	0,947658 * Conductivité à 20°C
166 < Conductivité < 333	0,769574 * Conductivité à 20°C
333 < Conductivité < 833	0,71592 * Conductivité à 20°C
833 < Conductivité < 1000	0,458544 * Conductivité à 20°C
Conductivité > 1000	0,850432 * Conductivité à 20°C

5.2.5. La dureté

Une eau très dure présente des inconvénients d'utilisation, tels que la diminution des propriétés détergentes des lessives et savons et les dépôts de tartre sur les parois des canalisations d'eau.

Une eau trop douce est une eau corrosive. Elle attaque les parois des canalisations et contribue à la dégradation de la qualité de l'eau à la suite de la dissolution de métaux lourds tels que le plomb (BREMOND et VUICHARD, 1973).

5.2.6. Titre Alcalimétrique (TA et TAC)

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes « OH⁻ » et une valence de carbonates.

Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates (BERN et CORDONNIER, 1991).

5.2.7. Matières en suspension

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau (SATIN et SELMI, 1999).

Une eau potable ne doit pas contenir de matières en suspension décantables. Une eau qui contient des matières en suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs (DEGREMONT, 2005).

Elles sont hétérogènes et de forme et variées dans les eaux de surface, dans les eaux de forages, des sables fins, du fer oxydé et quelque fois des algues filamenteuses. (BERNE et CORDONNIER, 1991).

5.2.8. Chlorure

Les chlorures présents dans l'eau potable proviennent des eaux usées et des effluents industriels. La principale source d'exposition humaine au chlorure est l'ajout de sels aux aliments. L'apport de cette source est généralement supérieur à celui de l'eau de boisson. Les concentrations excessives de chlorure augmentent les taux de corrosion des métaux dans le système de distribution, cela peut conduire à une augmentation des concentrations de métaux dans les systèmes d'alimentation en eau potable (OMS, 2003).

5.2.9. Calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates.

Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables; Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. (RODIER, 2009).

5.2.10. Sulfate

Les sulfates sont des composés naturels des eaux. Ils sont liés aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium et le sodium. Ils proviennent de certains minéraux, en particulier du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation des minéraux sulfureux (BREMOND et VUICHARD, 1973).

5.2.11. Sodium

Le sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Il n'existe pas de danger dans l'absorption des quantités relativement importantes de sodium sauf pour les malades hypertendus.

Les doses admissibles de sodium dans l'eau, ne doivent pas dépasser les 200 mg/l ; cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtre et prennent un goût désagréable (TARDAT-HENRY, 1992).

5.2.12. Potassium

Le potassium, beaucoup moins abondant que le sodium et rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l. Il ne représente aucun inconvénient particulier bien que le K est une des sources possibles de radioactivité de l'eau (TARDAT-HENRY et BEAUDRY, 1984).

5.3. Paramètres de pollution organiques

5.3.1. Matières organiques

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

Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique. Leur teneur est appréciée, le plus souvent, par des tests tels que la réduction du permanganate de potassium en milieu acide et en milieu alcalin. Les eaux très

pures ont généralement une consommation en oxygène inférieur à 1 mg/l (BERNE et CORDONNIER, 1991).

Selon la classification de (RODIER ,2005):

- Une eau est très pure pour des valeurs inférieures à 1mg/l.
- Une eau est dite potable pour des valeurs comprises entre 1 et 2mg/l.
- Une eau est suspecte pour des valeurs comprises entre 2 et 4mg/l.
- Une eau est mauvaise pour des valeurs supérieures à 4mg/l.

5.3.2. Azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne (BREMOND et VUICHARD, 1973).

La présence d'ammoniac à des concentrations supérieures aux niveaux naturels est un indicateur important de la pollution fécale. Lorsque l'eau de boisson contient plus de 0,2 mg/l on peut s'attendre à des problèmes de goût et d'odeur ainsi qu'à une réduction de l'efficacité de la chloration (OMS, 2000).

5.3.3. Nitrites

L'azote, élément essentiel de la vie, est présent en abondance dans la nature sous formes gazeuse, organique ou minérale. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (SAVARY, 2010).

Les nitrites sont ré pondus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes, mais en quantité relativement faibles. Les nitrites non liées à une pollution, se retrouvent parfois dans les eaux pauvres en oxygène. Leur présence a également été signalée dans les eaux de pluie et dans celles provenant de la fonte des neiges. En effet la pollution atmosphérique favorise l'augmentation de la teneur en nitrites. Toutefois, une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique (SAVARY, 2010).

5.3.4. Nitrates

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont très répandus dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Soluble dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Les nitrates sont employés dans la fabrication des explosifs, dans l'industrie chimique comme oxydant, et comme conservateur dans les denrées alimentaires (SAVARY, 2010).

5.3.5. Demande biochimique en oxygène DBO₅

On appelle DBO₅ d'une eau la quantité d'oxygène exprimée en mg/l, consommée pendant 5 jours à une température de 20°C, nécessaire pour décomposer par oxydation biologique des matières organiques présentes dans l'effluent. La valeur obtenue représente environ 80% de la pollution biodégradable totale (RODIER, 2009). Le tableau 08 représente la qualité de l'eau en fonction de la DBO₅

Tableau 08: Qualité de l'eau en fonction de la DBO₅ (RODIER, 2009).

Valeur de la DBO ₅ (mg/l)	Qualité des eaux
DBO ₅ <3mg/l	Très bonne
3mg/l<DBO ₅ <5mg/l	Bonne
5mg/l<DBO ₅ <8mg/l	Moyenne
DBO ₅ >8mg/l	Mauvaise

5.3.6. La demande chimique en oxygène DCO

C'est la quantité d'oxygène exprimée en mg/l consommée par les matières existantes dans l'eau (dégradable ou non) et oxydable en présence d'oxydants puissants; tel que le bichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) sans l'intervention des microorganismes (RODIER, 2005).

➤ Rapport DCO/DBO₅

Dans l'étude des eaux résiduaires, on s'intéresse à ce rapport pour avoir une idée sur la biodégradabilité du rejet et par conséquent opter pour le traitement adéquat : traitement biologique, traitement physico-chimique, ou bien le traitement mixte (TUFFERY et VERNEAU, 1967).

- Si DCO/DBO₅ est supérieur à 0.6, les procédés de type biologique sont envisageables car la pollution biodégradable constitue la fraction majoritaire de la fraction totale. (TUFFERY et VERNEAU, 1967)
- Si DCO/DBO₅ est inférieur à 0.5, la pollution biodégradable est minoritaire, donc, il y a possibilité de traitement physico-chimique (tableau 09) (TUFFERY et VERNEAU, 1967).

Tableau 09: Biodégradabilité des eaux résiduaires (RODIER, 2009).

Valeurs DCO/DBO ₅ (mg/l)	Qualité des eaux
DCO/DBO ₅ < 3mg/l	Effluents facilement biodégradable
3mg/l < DCO/DBO ₅ < 5mg/l	Effluent moyennement biodégradable
DCO/DBO ₅ > 5mg/l	Effluent difficilement biodégradable voir non biodégradable

5.3.7. Phosphates

Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle (décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux) ou due aussi aux rejets industriels (agroalimentaire...etc.), domestiques (polyphosphate des détergents), engrais (pesticides...etc.) (TARDAT-HENRY, 1992).

5.4. Paramètres de toxicité

5.4.1. Plomb

C'est un métal toxique présent naturellement dans la croûte terrestre, il est quasiment inexistant dans l'eau sa présence dans cette dernière ne peut provenir que de la corrosion des canalisations de distribution de l'eau (RODIER, 2005).

Il a un effet cumulatif sur l'organisme et est à l'origine de nombreux troubles de la santé (des lésions du système nerveux, l'hypertension) (RODIER, 2005).

5.4.2. Cadmium

Le cadmium est un métal blanc, flexible et assez rare dans l'environnement, on peut le trouver associé au zinc (BONTOUX, 1993). Les déchets industriels et les ordures ménagères sont les principales sources de pollution par le cadmium, élément qui circule dans les eaux et

les sols avec grande facilité. Sa très nette toxicité se manifeste particulièrement par des atteintes rénales (BONTOUX, 1993).

5.4.3. Arsenic

L'arsenic (As) est un constituant naturel de la croûte terrestre. L'arsenic contenu dans les fonds géochimiques représente une des principales sources de contamination des cours d'eau et des eaux souterraines, mais il peut également pénétrer dans l'environnement par des processus d'origine anthropique (BOUCHESEICHE et *al*, 2002).

La toxicité de l'arsenic dépend essentiellement de sa forme chimique : ses composés minéraux sont plus toxiques que ses composés organiques. (BOUCHESEICHE et *al*, 2002).

5.4.4. Mercure

Le mercure (Hg) est un métal lourd que l'on retrouve dans la croûte terrestre. Il est plus fréquent dans les zones volcaniques. Du fait de sa grande volatilité, le mercure peut être largement répandu dans la nature sous forme de traces. Il se concentre souvent sur les particules en suspension dans l'eau ou la matière organique; on peut le retrouver de ce fait, dans les sédiments des rivières. Par contre, la présence de mercure dans les eaux souterraines est essentiellement d'origine anthropique (BOUCHESEICHE et *al*, 2002).

5.4.5. Chrome

Le chrome (Cr) est présent naturellement dans les roches magmatiques et dans les sédiments calcaires et argileux. Dans les eaux naturelles, il peut provenir essentiellement de filons métallifères (chromite). Cependant, la présence de chrome dans les eaux naturelles est assez rare, du fait de sa faible solubilité. Sa présence dans les eaux est en général due aux rejets d'eaux usées. Les dérivés du chrome se retrouvent dans l'eau essentiellement sous forme oxydée : le chrome trivalent (Cr^{3+}) et le chrome hexa valent (Cr^{5+}) (BOUCHESEICHE et *al*, 2002).

5.5. Paramètres indésirables

5.5.1. Fer

Le fer se classe en 4^{ème} rang des éléments de la croûte terrestre. Les eaux minérales et principalement les eaux thermo minérales peuvent en contenir plus de 10 mg/L. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau (RODIER, 2009).

5.5.2. L'aluminium

L'aluminium est le métal le plus abondant de la croûte terrestre, il se trouve sous forme de silicate et d'oxydes (ex : la bauxite), il est mobile en sols acides et peut être lessivé dans les eaux souterraines. Il est originaire des roches et sols, d'industrie (traitement de surface, métallurgie, de l'industrie de l'alumine, des colorants, industrie pétrochimique), et traitement par floculation en alimentation en eau potable.

L'aluminium est souvent utilisé comme flocculant dans le processus de traitement de l'eau ; ce qui peut entraîner une hausse malvenue de sa teneur dans l'eau potable l'OSG fixe à 0,2 mg/l la valeur de tolérance de l'aluminium dans l'eau potable, l'aluminium n'a pas d'effets toxiques connus, sauf chez les dialysés rénaux (GAUJOUR, 1995 et BEER, 2010).

5.5.3. Cuivre

Le cuivre est un métal lourd, c'est un oligo-élément essentiel pour l'homme, il présente peu d'inconvénients du moins lorsque les concentrations sont faibles, sa toxicité aiguë est plutôt faible. Sa toxicité chronique provient d'une absorption excessive, dépassant les capacités d'élimination du foie, les conséquences peuvent en être une hépatite, cirrhose et une anémie.

Les nourrissons et les enfants en bas âge sont particulièrement sensibles à l'excès de cuivre puisque les mécanismes de détoxification hépatiques ne se mettent complètement en place que dans les premières années de la vie (BEER, 2010).

5.5.4. Magnésium

Élément indispensable à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leur origine est naturelle (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (KEMMER, 1984).

5.5.5. Zinc

Le zinc est un métal figurant parmi les oligo-éléments essentiels pour l'homme il entre dans la composition de la croûte terrestre, il est néanmoins considéré comme dangereux pour l'environnement, bien que la charge naturelle du zinc soit généralement faible, sa teneur peut fortement augmenter dans les canalisations du fait de leur zingage et de la solubilisation.

L'eau potable contient aussi une certaine quantité de zinc qui peut être plus élevée lorsque l'eau est stockée dans des réservoirs en métal, sa valeur est limitée à 5 mg/l (BEER, 2010 et AHONON, 2011).

5.6. Paramètres bactériologiques de l'eau

5.6.1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des bactéries en forme de bacilles non sporulantes Gram négative, aérobies facultatives et qui fermentent le lactose en 48 heures à 35 °C avec production de gaz. Les coliformes totaux ne sont pas nécessairement des bactéries originaires du système intestinal. Plusieurs bactéries qui font partie du groupe des coliformes totaux se retrouvent en fait sur les feuilles des arbres et sur toute autre forme de végétation. Donc, la présence de coliformes totaux ne veut pas dire à coup sûr que l'on se retrouve devant une contamination d'origine fécale (BOUCHARD, 2008).

5.6.2. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou thermotolérants sont en fait des coliformes qui poussent à des températures plus élevées, soit à partir de 44,5 °C.

Ces coliformes fécaux sont des bactéries que l'on retrouve dans la flore intestinale des animaux à sang chaud. La bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*) fait partie des coliformes fécaux.

Comme la présence de ces bactéries dans une source d'eau ne peut pas être considérée comme normale, elle peut donc représenter une menace ou l'indication d'une éventuelle dégradation de la qualité microbiologique de l'eau, due à la présence d'une contamination fécale. Le mécanisme de transport de ces bactéries dans l'eau serait surtout le ruissellement des eaux de pluies sur le bassin versant, entraînant avec lui les microorganismes contenus dans la terre (BOUCHARD, 2008).

5.6.3. Les streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale. Et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution. L'identification de *streptocoques fécaux* donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution (MEHANNED et al, 2014).

6. Réglementation Algérienne applicable aux eaux de consommation

La norme Algérienne NA 6360-1992 est inspirée des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives aux eaux et des normes prescrites dans les directives de la Communauté Économique Européenne (CEE). Elle a pour objet de fixer les spécifications organoleptiques, bactériologiques, physico-chimiques et toxicologiques des eaux destinées à la consommation.

Ces textes sont tirés du journal officiel de la république Algérienne (N°34 -17 RAJAB 1432- 19 juin 2011) (ANNEXE 1).

7. Traitement des eaux

Les eaux brutes destinées à la consommation, qu'elles soient d'origine superficielle ou profonde, sont souvent trop chargées en particules ou en polluants divers. Avant leur utilisation et leur distribution aux consommateurs, elles doivent faire l'objet de plusieurs procédés de traitement et de désinfection (BOUZIANI, 2000).

La détermination du traitement demande une étude analytique préalable tendant à la connaissance, d'une part de la nature et de la quantité des corps indésirables à éliminer et, d'autre part, de l'environnement physico-chimique qui peut influencer sur les méthodes à utiliser pour cette élimination (GODART, 2000).

7.1. La prise d'eau

La bonne conception d'une prise d'eau est le point de départ du traitement. Quand il s'agit d'une eau souterraine, le premier souci doit être de concevoir un captage ou un pompage qui entraîne avec l'eau le minimum de terre et de sable.

Il est également indispensable qu'un périmètre de protection suffisamment important soit bien déterminé (DEGREMENT, 2005).

7.2. Prétraitement

Le premier traitement possible est un dégrossissage, ayant pour but d'éliminer les matières de grandes dimensions susceptibles de gêner la mise en œuvre des traitements (DEGREMENT, 2005).

Il peut comporter :

7.2.1. Dégrillage

- C'est le premier poste de traitement, indispensable pour les eaux de surface et permet de :
- Protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptible de provoquer des bouchages dans les tuyauteries de liaison, voir dans les différentes unités de l'installation ;
- Séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute qui pourrait nuire à l'efficacité des traitements de l'eau.

L'opération est plus ou moins efficace, en fonction de l'écartement entre barreaux de grilles. On peut distinguer :

- Le pré dégrillage, pour un écartement supérieur à 40 mm ;
- Le dégrillage moyen, pour écartement de 40 à 10 mm ;
- Le dégrillage fin pour écartement de 10 à 6 mm (DEGREMENT, 2005).

7.2.2. Tamisage

7.2.2.1. Macrotamisage

Les éléments filtrants sont constitués de tôles perforées ou, le plus souvent, de toiles à mailles croisées en acier inoxydable ou en tissu synthétique, présentant des ouvertures de 0,15 à 2 mm (DUGUET *et al*, 2006).

7.2.2.2. Microtamisage

Le microtamisage est une opération destinée à faire passer un liquide contenant des impuretés à travers une toile de fils ou de fibres ou à travers une membrane poreuse.

Durant le passage du liquide, certains solides sont arrêtés soit directement, soit indirectement. La grosseur des mailles d'un microtamis est inférieure à 150 μm (DES JARDINS, 1997).

7.2.3. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus au moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et les conduites, ainsi que pour protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et éviter de surcharger les traitements ultérieurs (METAHRI, 2012).

7.2.4. 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 (DEGREMENT, 2005).

7.3. Aération

C'est une opération qui vise à compenser le déficit de l'eau brute en oxygène ou à débarrasser l'eau de gaz indésirables en excès.

Lorsque cette opération est effectuée à l'atmosphère, l'augmentation de l'oxygène de l'eau va de pair avec l'élimination du gaz carbonique. Il faut en tenir compte dans le cas des eaux moyennement et fortement minéralisées, car l'évasion du CO₂ équilibrant peut rendre l'eau entartrante. On peut ainsi être amené à choisir une aération sous pression au cours de laquelle la concentration en CO₂ n'évolue pas, tandis que celle en O₂ augmente (DEGREMENT, 2005).

7.4. Préchloration

En présence de matières organiques la préchloration s'accompagne de la formation de composés indésirables ; il est donc en général préférable de reporter le point de chloration le plus loin possible dans la chaîne de traitement après l'élimination la plus complète possible des précurseurs organiques présents dans l'eau.

Une préchloration ne peut donc être maintenue que si l'eau ne contient pas de précurseurs en concentration importante ; on l'applique si l'on craint des développements d'algues dans les ouvrages de clarification, si l'on veut éliminer des ions NH₄ ou si l'oxydation de fer ferreux en fer ferrique est recherchée. On peut aussi l'appliquer à un stade intermédiaire (DEGREMENT, 2005).

7.5. Clarification

7.5.1 Traitement physicochimique

7.5.1.1. Coagulation - floculation

La coagulation-floculation est un procédé physicochimique de clarification des eaux. Il réside dans la formation, par addition de coagulant, de trames floconneuses appelées « floccs ». Cette prise en masse, suivie d'une décantation rapide, vise les particules colloïdales et la dispersion fine, mais également des substances dissoutes ou de grosses molécules hydrophiles en dispersion stable (KETTAB, 1992).

Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et pour produire un floc sont : le sulfate d'alumine, $(Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O)$, l'aluminate de sodium, $(NaAlO_2)$, le chlorure d'aluminium, $(AlCl_3)$, le chlorure ferrique, $(FeCl_3)$, le sulfate ferrique, $(Fe_2(SO_4)_3)$, le sulfate ferreux, $(FeSO_4)$, le sulfate de cuivre, $(CuSO_4)$, et les polyélectrolytes. Les produits les plus utilisés pour la purification des eaux sont les sels d'aluminium et de fer (DESJARDINS, 1997).

7.5.1.2. Décantation

Elle réalise la séparation gravitaire des matières insolubles dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. Dans le cas de particules de densité inférieure à celle de l'eau, le procédé de flottation est à appliquer (DESJARDINS, CARDOT, 1999).

7.5.1.3. Filtration

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. En effet, il subsiste de très petites particules présentes à l'origine dans l'eau brute ou issues de la floculation. La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physique. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériau utilisé. La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité (CARDOT, 2002).

7.6. Désinfection

La désinfection vise à tuer ou inactiver les germes pathogènes qui peuvent se trouver dans l'eau susceptibles de causer des maladies infectieuses chez l'homme ou le bétail. (KETTAB, 1992).

La désinfection se définit comme la destruction des microorganismes pathogènes (bactéries, virus, protozoaires) sans leur élimination physique.

Dans la préparation de l'eau potable, la désinfection est l'étape la plus fréquente, la plus importante. Il peut s'agir d'une désinfection basée sur l'emploi d'agents oxydants (ozone, chlore, dioxyde de chlore, etc.) ou sur celui du rayonnement (UV) et l'ozonation. Mais quel que soit le moyen utilisé, le désinfectant doit pouvoir agir par contact direct avec les microorganismes pour les détruire ou les inactiver (OFSP, 2010).

Chapitre II: Qualité et traitement des eaux

Le choix d'un procédé de désinfection se fait normalement en considérant les contraintes techniques, économiques et environnementales qu'il présente. En ce sens, le mode de désinfection idéal est celui qui regroupe les caractéristiques suivantes :

- Efficacité contre la plupart des micro-organismes pathogènes ;
- Absence de sous-produits indésirables formés à la suite de son utilisation ;
- Produit non dangereux pour la santé humaine et pour la vie aquatique ;
- Facilité d'utilisation ;
- Faibles coûts d'investissement et d'exploitation. (WEF, 1996).

CHAPITRE III

Matériels et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Tizi-Ouzou présente un relief montagneux fortement accidenté et s'étale sur une superficie de 2994 Km² avec une population environ de 1200 000 habitants, soit une densité de 400 h/km². Le réseau hydrographique renferme deux grands bassins versants à savoir le bassin de l'Oued Sébaou et le bassin côtier.

Sur le plan hydraulique, les potentialités hydriques de la wilaya de Tizi-Ouzou sont fournies par la forte pluviométrie ou la fonte de neige du massif du Djurdjura, ce qui alimente fortement deux grands oueds de la région : l'oued Sébaou et l'oued Aissi (principaux Oueds pourvoyeur de l'eau pour la ville de Tizi-Ouzou) (DRE, 2015).

1.1. Les principales ressources en eau

1.1.1. Les ressources en eau de surface :

Les ressources en eau de surface de la wilaya de Tizi-Ouzou relèvent principalement des écoulements des principaux bassins versants du Sébaou qui drainent l'essentiel du territoire de la wilaya, ainsi que d'une multitude de petits oueds côtiers.

La wilaya recèle un potentiel important en eaux de surface ; dont une infime partie qui est seulement mobilisé. Les principales ressources en eau de surface mobilisées se présentent comme suit :

- **Les Barrages** : Le volume des eaux superficielles de la wilaya est évalué à un Milliard de m³, dont seulement environ 192 millions de m³ sont déjà mobilisés, grâce aux barrages de Taksebt, Djebba, Draa-El-Mizan, Zaouia et Tizi-Ghennif (DHWT, 2012).
- **Retenues collinaires** : La wilaya de Tizi-Ouzou compte 83 retenues collinaires réalisées en majorité durant les années 80, dans le cadre d'un programme de petite et moyenne hydraulique, totalisant ainsi une capacité de 5.59 hm³(DHWT, 2012).

1.1.2. Les ressources en eau souterraine

Les ressources en eau souterraines de la wilaya de Tizi-Ouzou se concentrent essentiellement dans la nappe alluviale de l'oued Sébaou, alimentée par l'infiltration directe à partir des eaux de pluies dont la moyenne est de l'ordre de 1000 mm/an et des crues de l'Oued Sébaou et de ses affluents (DHWT, 2012).

- **Les forages et les puits** : L'inventaire des forages existants à travers la wilaya de Tizi-Ouzou fait état de 435 forages, dont 209 réellement exploitées. Le volume mobilisé par les

forages et les puits de la wilaya est de 27 hm³ ; destinées à l'AEP, l'AEI et à l'irrigation (DHWT, 2012).

- **Les sources :** La wilaya de Tizi-Ouzou, dispose d'un nombre important de sources situées en majeure partie sur le flanc Nord de Djurdjura, généralement utilisées pour l'alimentation en eau potable des zones montagneuses isolées. On dénombre pour l'ensemble de la wilaya 203 sources dont 121 sources importantes d'un débit total estimé à 701.7 l/s, soit plus de 22 millions de m³ par an (DHWT, 2012).

1.2. L'alimentation en eau potable de la ville de Tizi-Ouzou

La ville est alimentée par des eaux souterraines captées par des forages situés dans la nappe alluviale de l'Oued Sébaou ainsi que par le barrage de Taksebt doté de deux stations de traitement de 600000 m³/j, et de 15000 m³/j.

Actuellement une bonne partie de la ville de Tizi-Ouzou est alimentée à partir du barrage avec un volume mobilisé très important. Le tableau suivant présente la situation générale de l'AEP qui caractérise la ville de Tizi-Ouzou :

Tableau 10 : Situation général de l'AEP de la ville de Tizi-Ouzou. (DPAT et de l'ADE, 2012).

Principaux indicateurs	
Nombre total des réservoirs	15
Capacité totale des réservoirs en m3	28850
Nombre de forages en exploitation	27
Nombre de stations de pompage	11
Stations de traitement	2
Stations de dessalement	1
Réservoirs et château d'eau	55
Volumes d'eau stockés m3	36800
Dotation journalières (L/J/Habitant)	290
Taux de satisfaction	95
Taux de raccordement	95

1.3. Description du système d'AEP de la ville de Tizi-Ouzou

Le réseau d'adduction de la ville de Tizi-Ouzou est très complexe. L'ensemble des équipements constituant ce réseau est essentiellement composé de :

Forages, barrages, stations de traitement, stations de pompage, réservoirs, conduites de refoulement et d'adduction d'eau potable.

Trois champs de captage sont actuellement en exploitation pour l'alimentation de la commune de Tizi-Ouzou. Ils sont repartis entre le pont de Bougie, ZHUN-Oued Aissi et de celle de Boukhalfa.

Dans cette étude nous nous intéressons particulièrement aux champs de captage de BOUKHALFA décrits comme suit :

1.3.1. Champs de captage de BOUKHALFA

Ils sont situés à l'ouest de la ville de Tizi-Ouzou en contrebas de la ville de Boukhalfa. Dix-neuf forages (19).

Essentiellement, dix forages situés à Bouaid alimentent la chaîne de Tassadort. Le reste de ceux-ci desservent Boukhalfa, ThalaAllam, le centre et la haute ville de Tizi-Ouzou.

Le tableau 10 présente les conduites d'adduction de la chaîne de BOUKHALFA :

Tableau 10 : Les conduites d'adduction de la chaîne de BOUKHALFA (ADE, 2010).

Désignation	Longueur (Mètre linéaire)
Bouaid-Boukhalfa ville	1700
Boukhalfa ville-Boukhalfa Haut	300
Boukhalfa ville-THalaAllam	1400
ThalaAllam- Caserne	2500
ThalaAllam- Haute ville	800

2. Présentation du laboratoire de l'ADE

Le laboratoire central de l'ADE, est localisé au niveau de l'unité de Tizi-Ouzou. Sa mission est l'autocontrôle, c'est-à-dire contrôler la qualité des eaux distribuées sur le plan physico-chimique et bactériologique en se référant aux méthodes normalisées et il couvre toute la wilaya de Tizi-Ouzou.

3. Echantillonnage

L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau.

3.1. Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques

3.1.1. Matériel de prélèvement

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière, On préfère l'emploi de flacon de verre borosilicaté de préférence bouchées à l'émeri ou le cas échéant avec des bouchons en polyéthylène ou en téflon maintenus pendant 1 heure dans l'eau distillée puis séchés.

3.1.2. Mode de prélèvement

L'eau du forage s'écoule par un robinet, il est indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps jamais inférieur à 10 mn avant le prélèvement.

Au moment du prélèvement pour l'analyse, les flacons seront de nouveau rincés trois fois avec l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord, le bouchon sera placé de telle façon qu'il y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

3.2. Echantillons destinées aux analyses bactériologiques

3.2.1. Matériel de prélèvement

Les flacons utilisés doivent assurés une fois bouchées, une protection totale contre toute contamination; il est conseillé d'utiliser des flacons en verre de 1l. Avant l'usage, ces flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel décapant ou antiseptique. Ils sont ensuite séchés puis bouchés et stérilisés soit à l'autoclave à $121\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durant 15 mn, soit à sec à $170\text{ }^{\circ}\text{C} \pm$ durant 40 mn.

3.2.2. Mode de prélèvement

Le prélèvement proprement dit s'effectue dans les meilleures conditions de stérilisations et avant de procéder au prélèvement proprement dit, il y'a lieu de suivre les étapes suivantes :

- Se laver très soigneusement les mains et les avant-bras, les rincer à l'alcool et les laisser sécher.

- Flamber le robinet pendant au moins une minute en utilisant par exemple une tige en fer enrobée de coton imbibé d'alcool.
- Ouvrir le robinet et laisser couler 10 minutes avant de faire le prélèvement, tout en gardant la flamme allumée à côté du robinet.

4. Le transport

Le transport des échantillons vers le laboratoire d'analyse se fait à la température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes (glacières) pour empêcher la prolifération des germes.

Tous les flacons portent une étiquette où sont mentionnées les indications suivantes :

La nature de l'eau ;

- Le lieu de prélèvement
- La date de prélèvement ;
- Nom du préleveur ;
- Conditions climatiques

5. Matériel utilisés :

Appareillage

- ❖ pH mètre HACH sension3 ;
- ❖ Conductimètre sension7 ;
- ❖ Oxyymètre ;
- ❖ Etuve réglable à 105-110°C et 185°C ;
- ❖ Turbidimètre HACH ;
- ❖ Etuve 22°C, 37°C et 44°C ;
- ❖ Autoclave ;
- ❖ Spectrophotomètre HACH ;
- ❖ Spectrophotomètre d'émission de flamme ;
- ❖ Pompe à eau ;
- ❖ Bain marie ;
- ❖ Rampe de filtration à trois postes ;
- ❖ Appareil à reflux ;
- ❖ Compateur ;
- ❖ Dispositif de filtre sous vide ou sous pression ;

- ❖ Agitateur magnétique ;
- ❖ Incubateur ;
- ❖ Etuves réfrigérées.

Verrerie et autres matériels

- ❖ Tubes à essais stériles ;
- ❖ Pipettes Pasteur ;
- ❖ Burettes ;
- ❖ Thermomètre ;
- ❖ Béchers ;
- ❖ Pissettes ;
- ❖ Agitateurs ;
- ❖ Bec-Bunsen ;
- ❖ Boîtes de pétri en plastique ;
- ❖ Pinces ;
- ❖ Coton ;
- ❖ Spatules ;
- ❖ Erlenmeyer ;
- ❖ Cloche de Durham ;
- ❖ Tubes de centrifugation ;
- ❖ Fioles (coniques, jaugées) ;
- ❖ Flacons de 250 ml, 500 ml ;
- ❖ Anse Pasteur à boucle ;
- ❖ Anse à boucle et anse à fil droit ;
- ❖ Pipettes graduées 1 ml, 2 ml, 5 ml et 10 ml stérile.

6. Méthodes d'analyses organoleptiques

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement.

6.1. Test de la couleur

La couleur a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplies d'eau prélevée à la source.

6.2. Test de l'odeur et de la saveur

L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive. La saveur est décelée par dégustation qui exige de rincer la bouche avec de l'eau distillée avant chaque dégustation.

6.3. Mesure de la turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser.

7. Méthodes d'analyses physicochimiques

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base, des ions majeurs et d'éventuels éléments traces, la conductivité, la température et le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.

Les techniques analytiques utilisées pour la détermination des paramètres physico-chimiques sont les suivantes :

- **Analyses électrochimiques** : réalisées par un appareil portatif de type HACH donnant la mesure directe pour les paramètres suivants : du potentiel d'oxydoréduction, de la conductivité, du PH, de l'oxygène dissous et de la températureetc.
- **Analyses volumétriques** : utilisées pour le dosage des chlorures, magnésium, calcium, bicarbonates, matières organiques et la dureté totale.
- **Analyses spectrophotométriques** : utilisées pour le dosage de fer, ammonium, nitrites, nitrates et des sulfates et des phosphates.
- **Analyses photométriques** : réalisées par un photomètre à flamme pour le dosage du sodium, du potassium.

7.1. Méthode d'analyse volumétrique

Les méthodes volumétriques consistent à faire réagir des quantités équivalentes de deux réactifs contenus dans des volumes bien déterminés. La réaction entre les deux réactifs doit être totale.

L'un des réactifs est ajouté au deuxième par petites quantités jusqu'à la transformation de ce dernier, la fin de la réaction (point d'équivalence) est indiquée par le virage de la couleur grâce à la présence d'un indicateur coloré.

Soient $N_1 V_1$ respectivement le titre et le volume du premier réactif et $N_2 V_2$ du deuxième réactif. Au point d'équivalence on a :

$N_1 V_1 = N_2 V_2$ et $N_1 V_1$ et $N_2 V_2$ représentent respectivement les quantités utilisées du 1er et 2ème réactifs.

Lors de l'analyse, on place la solution titrée du réactif dans une burette et on verse peu à peu dans la solution étudiée jusqu'à ce qu'on détermine que la quantité du réactif utilisé est équivalente à la quantité du corps à dosé.

Les modes opératoires de tous les paramètres mesurés par la méthode volumétrique sont portés à l'annexe 2.

7.2. Méthode d'analyse spectrophotométrique

Cette méthode utilise la loi de Beer Lambert qui dit que la proportion de l'intensité de la lumière absorbée dépend de la concentration de la solution en soluté absorbant.

Loi de Beer Lambert : $A = e c l$

A : absorbance

l : épaisseur.

C : concentration du soluté en mol/l.

e : Coefficient d'adsorption molaire dépendant de la nature du soluté et de la longueur d'onde du rayonnement utilisé.

Pour la détermination de la concentration de la substance à analyser, il suffit de tracer une courbe d'étalonnage $A=f(c)$ à l'aide d'une série de solutions étalons.

Nos échantillons sont analysés par un spectrophotomètre type "HACH". Cet appareil est doté d'un logiciel permettant de tracer la courbe $A= f(c)$ et la mémoriser et par report la détermination de la concentration à analyser, le mode opératoire suivi est détaillé dans l'annexe n°2.

7.3. Méthode d'analyse photométrique

Lorsqu'une solution saline est chauffée dans une flamme, les composés alcalins et alcalino-terreux sont dissociés et portés à un état excité. Le phénomène d'émission atomique n'intéresse que les atomes excités grâce à l'énergie apportée par la flamme. En revenant à l'état fondamental, ces atomes émettent une énergie lumineuse dont la longueur d'onde est caractéristique de l'élément à doser et dont l'intensité est proportionnelle à sa concentration (DEGREMONT ,1989).

- Le phénomène utilisé au laboratoire est du type “Sherwood”

Modes opératoires des analyses physico-chimiques.

1. Méthodes volumétriques

1.1. Dosage de la dureté totale (TH)

a. Réactifs

- Solution tampon ammoniacal de pH=10
- EDTA, solution titrée, (Na₂ EDTA)=10m mol/l
- Mordant noir 11, indicateur.

b. Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 250 ml. Ajouter 4 ml de la solution tampon et 3 gouttes de l'indicateur au mordant noir 11. La solution doit se colorer en violet et son pH doit être de 10.

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

Verser lentement, puis en goutte à goutte dès que la couleur de la solution commence à virer du violet au bleu.

Le virage est atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

c. Expression des résultats

La teneur globale en calcium et en magnésium, C_{ca + Mg}, exprimée en milli mole par litre est donnée par l'équation :

$$C_{ca + Mg} = C_1 \times V_3 / V_0$$

Où :

C₁ : est la concentration en EDTA exprimée en m mole/l.

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

V₃ : est le volume en ml de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage.

1.2. Dosage du calcium (Ca⁺²) : méthode titrimétrique à l'EDTA :

a. Réactifs

- Hydroxyde de sodium, solution 2 N
- EDTA, solution titrée 0,01 mol/l
- Murexide (indicateur)

b. Mode opératoire

- Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon,
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N et une pincée d'indicateur (Murexide).
- Bien mélanger le tout.
- Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement.
- Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.
- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

c. Expression des résultats

La teneur en calcium, exprimée en millimole par litre est donnée par l'équation :

$$C_{Ca} = C_1 \times V_3 / V_0$$

C_1 : est la concentration en EDTA exprimée en m mole/l.

V_0 : est le volume en ml de la prise d'essai.

V_3 : est le volume en ml de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage.

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

$$C_{Ca} = C_1 \times V_3 \times A / V_0$$

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

Si une dilution de l'échantillon a été utilisée, en tenir compte dans le calcul en utilisant le facteur de dilution F.

1.3. Détermination du magnésium (Mg+2)

La dureté magnésienne est la différence entre la dureté totale et la dureté calcique.

$$C_{Mg+2} = (TH - C_{Ca+2}) \times A$$

(Mg/l) (mmol/l)

Avec a/ Masse molaire de magnésium (24,31).

1.4. Chlorure

a. Réactifs

Solution de nitrate d'argent (AgNO₃) à 0,02 mol/l

Solution d'indicateur de chromate de potassium (K₂CrO₄) à 100 g/l

Solution étalon de chlorure de sodium (Na Cl) à 0.02 mol/l.

b. Mode opératoire

Introduire 100 ml de l'échantillon dans une capsule en porcelaine blanche ou dans une fiole ou dans un bêcher conique, placé sur un fond blanc.

Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre. Après addition d'une goutte de solution de Chlorure de Sodium cette coloration doit disparaître.

c. Expression des résultats

La concentration en chlorure P_{Cl} exprimée en milligrammes par litre, est donnée par formule

$$P_{Cl} = \frac{V_s - V_b}{V_a}$$

PCI: est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

V_a : est le volume, en millilitres de l'échantillon pour essai (maximum 100 ml ; les dilutions doivent être prises en compte).

V_b: est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du blanc.

V_s: est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du l'échantillon.

C: est la concentration réelle exprimée en moles d'AgNO₃ par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.

f : est le facteur de conversion $f=35453$ mg/mol (ISO, 1984).

I.5. Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium méthode a chaud en milieu acide

a. Réactifs

- Acide sulfurique, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$ mol/l.
- Oxalate de sodium Na₂C₂O₄. Solution étalon de concentration 5 millimoles/l.
- Permanganate de potassium KMnO₄. Solution titrante de concentration 2millimoles/l.

b. Mode opératoire

- Transférer à l'aide d'une pipette, 100 ml d'échantillon (ou d'échantillon dilué) dans un bêcher de 250 ml. Ajouter 20 ml d'acide sulfurique 2 mol/l et mélanger en agitant doucement.
- Placer le bêcher sur une plaque chauffante et porter à ébullition.

- Ajouter 20 ml de la solution étalon 2 millimoles/l de permanganate de potassium et démarrer le chronomètre et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes \pm 2 minutes.
- Après 10 min, ajouter à l'aide d'une pipette 20 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 millimoles/l et attendre que la solution se décolore.
- Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la coloration rose pâle à venir).
- Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrante de permanganate de potassium 2 millimoles/l jusqu'à une coloration rose pâle persistant environ 30 s.

Noter le volume **V1** 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 100 ml d'eau distillée (de préférence sortant du purificateur).
- Noter le volume **V0** de solution de permanganate consommé.
- Conserver le blanc titré pour la vérification du permanganate de potassium :
- Au blanc titré, ajouter 20,00 ml de la solution d'oxalate de sodium 5 millimoles/l(**e**). Réchauffer la solution une à deux minutes (à environ 90°C) et retitrer avec le permanganate 2 millimoles/l (**g**) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant 30 s.
- Noter le volume **V2** de solution de permanganate consommé, qui devrait être entre 19 et 21 ml. Dans le cas contraire, re préparer une solution titrante de permanganate de concentration 2 millimoles/l et refaire l'analyse. Si le problème persiste refaire la solution mère de permanganate 20 millimoles/l.

c. Mesures et calcul du résultat

L'indice de permanganate, **IMn**, exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$\mathbf{IMn = (V1 - V0) \times fV2}$$

Où

- **V0** est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.

- **V1** est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai.
- **V2** est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante.
- **f** est le facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre. f est égal à **16**.

Ce facteur est calculé comme suit :

$$\text{Où } f = \frac{V4 \times C(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) \times M_0 \times 1000}{1000 \times V_5}$$

- **V4** est le volume, en millilitres, de la solution étalon d'oxalate de sodium consommé pour la détermination lors de l'étalonnage : $V4 = 20$ ml.
- **C(Na₂C₂O₄)** est la concentration, en millimoles par litre, de la solution étalon d'oxalate de sodium : $C(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5$ millimoles/l.
- **1 000** (numérateur) est le coefficient correcteur pour exprimer C(Na₂C₂O₄) de millimoles/l à millimoles/ml.
- **MO** est la masse molaire de l'oxygène, en milligrammes d'oxygène par millimoles. $MO = 16$.
- **V5** est le volume d'échantillon utilisé, en millilitres. $V5 = 100$ ml.
- **1 000** (dénominateur) est le coefficient correcteur pour exprimer le volume d'échantillon de millilitres à litres.

Compte tenu des valeurs ci-dessus : **f = 16**(ISO, 1994)

2. Dosages photométriques

2.1. Dosage du potassium (K⁺) et du sodium (Na⁺)

a. Réactifs

Pour le sodium :

Solution étalon de sodium à 1g/l.

Chlorure de sodium2,54g.

Eau distillée.....1000 ml.

A partir de cette solution préparer des solutions standards de :5-10 mg/l.

Pour le potassium:

Solution étalon de potassium à 1g/l.

Chlorure de potassium.....1.907g.

Eau distillée1000ml.

A partir de cette solution préparer des solutions standards de:5-10 mg/l.

b. Mode opératoire :

Faire passer les solutions de 5 et 10mg/l trois fois chacune, et ça doit afficher 5 et 10. Faire passer ensuite les échantillons. Si la concentration en sodium dépasse 10 mg/l, Procéder à la dilution de l'échantillon.

Même procédé pour le dosage du potassium.

c. Expression des résultats

Le photomètre affiche directement la valeur en mg/l.Si on a procédé à une dilution, le résultat sera exprimé par la concentration affichée x le facteur de dilution.

3. Dosages spectrophotométriques

Dosage du fer

a. Réactifs

Tampon d'acétate :

- Acétates d'ammonium ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$).....40g.
- Acide acétique cristallisable (CH_3COOH).....50ml.
- Eau distillée100ml.
- **Chlorhydrate d'hydroxylamine** : solution à 100g/l
- Chlorhydrate d'hydroxylamine ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HO}$)10g.
- Eau distillée.....100ml.
- **Solution de phénanthroline-1,10 :**
- Phénanthroline-1,10 mono hydratée ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{H}_2\text{O}$).....0,42G.
- Acide chlorhydrique.....2 gouttes.
- Eau distillée.....100ml.

b. Mode opératoire

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

Un blanc est préparé de la même manière ainsi que les solutions standard.

Mesurer à une longueur de 510 nm.

c. Expression des résultats

Le spectrophotomètre donne directement la teneur en fer exprimée en mg/l (ISO ,1988).

2.2. Dosage de l'ammonium

Réactifs

Réactifs colorés :

Salicylate de sodium.....	13g
Citrate trisadique dihydraté.....	13g
Sodium nitrosopentacyanoferrate (III) dihydraté.....	0,097g
Eau distillée	100ml

Cette solution est stable pendant 2 semaines.

Dichloroisocyanurate de sodium

Hydroxyde de sodium.....	3,2 g
Eau distillée	50 ml
Dichloroisocyanurate dihydraté.....	0,2g
Eau distillée.....	100 ml.

b. Mode opératoire

Filtrer, selon la teneur en ammonium attendue, jusqu'à 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50 ml, ajouter 4 ml de la solution de salicylate et mélanger. Le pH de la solution doit être de 12,6, puis ajouter, comme pour les solutions étalons, 4 ml de la solution de réactif et, compléter la fiole jusqu'à trait de jauge.

Le blanc étant composé d'eau distillée traitée de la même manière que l'échantillon.

Garder la fiole dans un bain-marie à 25°C pendant 1 heure et mesurer ensuite à une longueur d'onde de 655 nm avec spectrophotomètre.

Le résultat est directement donné par l'appareil (ISO ,1984).

3.3. Dosage des ions nitrites

a. Réactifs :

Solution du réactif

- Sulfamide (C₆H₈N₂O₂S).....20g
- Acide phosphorique.....50ml
- N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté (C₁₂H₁₆CL₂N₂).....1g
- Eau distillée.....750ml.

b. Mode opératoire :

Dans le cas d'échantillon troubles, il faut filtrer sur un filtre à membrane de 0,45 μm . Introduire 40 ml de l'échantillon (filtré) dans une fiole jaugée de 50 ml. Ajouter 1ml de la solution du réactif, bien mélanger, compléter avec de l'eau distillée à 50 ml pour assurer que le pH adéquat est atteint après l'ajout du réactif ($\text{pH} < 1,9$) et bien mélanger. Après 20 à 30 mn de l'ajout 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 1cm. Le blanc étant composé d'eau distillée, traité de la même manière que les échantillons.

c. 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, 1984).

4.4. Dosage des nitrates :

a. Réactifs :

Mélange acide :

- Acide sulfurique (H₂SO₄).....500ml
- Acide orthophosphorique(H₃PO₄).....500ml
- Acide amidosulfonique.....0,040g
- Diméthyle-2,6phénol, solution à 1.2g/l.

b. Mode opératoire :

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

- Mélanger soigneusement le contenu de la fiole par agitation circulaire et laisser reposer pendant 10 à 60 mn.
- Effectuer un essai à blanc parallèlement au dosage en utilisant 5 ml d'eau distillée à la place de la prise d'essai.
- La concentration en azote nitrate est la valeur donner par le spectrophotomètre à une longueur d'onde de 324 nm, la concentration en nitrate est égale à N-NO₃ x 4,427 (ISO, 1986).

3.5. Dosage des sulfates (SO₄)

a. Réactifs

- Solution stabilisante :
- Acide chlorhydrique.....60ml

- Ethanol.....200ml
- Chlorure de sodium.....150ml
- Glycérol.....100ml
- Eau distillée.....qsp1000ml
- Solution de chlorure de baryum :
 - Chlorure de baryum.....150g
 - Acide chlorhydrique.....5ml
 - Eau distilléeqsp500ml

b. Mode opératoire :

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

Expression des résultats

SO₂-4 (mg/l)=La valeur lue sur le spectrophotomètre.

3.6. Dosage des phosphates

a. Réactifs

Réactif mélange :

- a) -13g d'heptamolybdat d'ammonium.....qsp 100ml H₂O distillée ;
- b) 0,35g de tartrate d'antimoine.....qsp 100 ml H₂O distillée ;
- c) 150ml d'acide sulfuriques concentré..... qsp 300 ml H₂O distillée.

Acide ascorbique :

10g acide ascorbique.....qsp 100 ml H₂O distillée.

b. Mode opératoire

Prendre 40 ml d'eau à analyser ;

- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mélange ; Incubation pendant 10min
- L'apparition d'une coloration bleue indique la présence de phosphates.
- Mesurer l'absorption à 880nm. Les résultats sont exprimés en mg/l (ISO, 1986).

4. Méthode électrochimiques

4.1. Mesure du pH mètre avec électrode en verre

a. Mode opératoire

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

b. Expression des résultats

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

4.2. Mesure de la conductivité

- On utilise une verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée.
- On ajuste l'appareil à zéro.
- On ajuste la température de l'eau sur l'appareil.
- On rince plusieurs fois l'électrode de platine d'abord avec l'eau distillée puis on le plonge dans le récipient contenant de l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.
- On rince abondamment l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure.

4.3. Mesure de la turbidité

a. Étalonnage

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

b. Mesure

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

8. Méthodes d'analyse bactériologiques

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de L'A.D.E de Tizi-Ouzou.

Pour l'étude de la qualité bactériologique d'une eau, il y a lieu de choisir le type d'analyse adéquat, dans notre cas, nous avons pratiqué une analyse complète, comportant les phases suivantes :

- Numération « totale » des germes à 37 °C et 22 °C ;
- Recherche et numération des coliformes totaux avec identification des *E. coli* ;
- Recherche et numération des streptocoques fécaux

8.1.1 Dénombrement sur membrane filtrante

Le dénombrement est basé sur une filtration d'un volume donné d'échantillon d'eau à travers une membrane filtrante de porosité (0,45 µm) suffisante pour retenir les bactéries, la membrane est placée ensuite sur un milieu gélosé et incubée à une température appropriée, puis on procède au comptage direct.

8.1.2. Méthode de dénombrement par inoculation sur milieu liquide

Le principe de la méthode NPP consiste à ensemercer de nombreuses prises d'essai d'un même échantillon dans des tubes de milieu de culture liquide.

On suppose que, pendant l'incubation, chaque tube ayant reçu un ou plusieurs organismes avec l'inoculum présentera une croissance qui va provoquer ou non des modifications caractéristiques dans le milieu. Compte tenu que certains tubes sont négatifs, le nombre le plus probable de microorganisme dans une quantité spécifiée d'échantillon peut être estimé à partir du nombre et de la répartition des tubes positifs.

Choix des systèmes

❖ Premier système

- 3 tubes D/C.....inoculum 10 ml.
- 3 tubes S/C.....inoculum 01 ml.
- 3 tubes S/C..... inoculum 0.1 ml.

❖ Deuxième système

- 5 tubes D/C.....inoculum 10 ml.
- 5 tubes S/C.....inoculum 01 ml.
- 5 tubes S/C.....inoculum 0.1 ml.

❖ Troisième système

- 5 tubes D/C.....inoculum 10 ml.
- 1 tube S/C.....inoculum 01 ml.

1 tube S/C.....inoculum 0.1 ml.

❖ **Quatrième système**

1 flacon D/C.....inoculum 50 ml.

5 tubes D/C.....inoculum 10 ml.

5 tubes S/C.....inoculum 01 ml.

Si l'eau est polluée ou brute de qualité médiocre, les systèmes N° 1 et 2 sont recommandés. Si l'eau est supposée de bonne qualité (eau souterraine) les systèmes N°3 et 4 sont recommandés.

8.1.3. Dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C et à 22°C

La recherche et le dénombrement des microorganismes revivifiables se fait à 22 °C et 37 °C sur de la gélose a l'extrait de levure.

A partir de l'eau à analyser (SM = 1) et/ou des dilutions décimales 10⁻¹ et 10⁻² porter aseptiquement 1 ml en double dans deux boites de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage. Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose (T.G.E.A) fondue puis refroidie à 45 ±2°C. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boite et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.

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 fraîche et horizontale.

Laisser solidifier les boites sur pailleasse, puis ajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche, a un rôle protecteur contre les contaminations externes diverses.

– Les boites seront partagées en deux séries distinctes :

- La première série sera incubée à 22 ± 2 °C pendant 68 ± 4 heures,
- La seconde série sera incubée à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 heures. (ISO, 1999).

Les colonies de microorganismes revivifiables apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes. Retenir les boites contenant moins de 300 colonies au niveau de deux dilutions successives. Il faut qu'une boite renferme au moins 15 colonies.

Calculer ensuite la valeur du nombre N de microorganismes revivifiables à 22 ± 2°C à part et celle du nombre N de microorganismes revivifiables à 36 ± 2°C à part, en tant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante

$$N = \frac{\sum_{i=0}^n c}{d}$$

Où :

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

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

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

Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à 22 °C et à 37 °C par ml d'eau est noté par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10^x où x est la puissance approprié de 10.

8.2. Dénombrement des coliformes et de *E.coli*

a. Méthode de dénombrement par filtration sur membrane :

La recherche et le dénombrement des coliformes et des *E coli* se fait soit par filtration sur membrane en utilisant de la gélose Endon comme milieu de culture (cette dernière favorise uniquement la croissance des colonies coliforme); soit par inoculation en milieu liquide.

La recherche des bactéries coliformes par filtration s sur membrane nécessite une préparation 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 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 250ml 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 dernière sera incubée couvercle en bas à 36 \pm 2°C pendant 21 \pm 3 heures voire 44 \pm 4 heures et servira à la recherche des bactéries coliformes, suivi de l'identification biochimique des *Escherichia Coli*.

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

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, on doit 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 deux à trois 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 les E.Coli la confirmation est basée sur la production d'indole et sa mise en évidence.

Pour cela on doit:

- transférer 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 dan le milieu.

Toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des bactéries coliformes.

Toute les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase mais positive à l'indole sont des E-Coli.

Expression des résultats :

Calcul de la valeur a du nombre de bactéries coliformes ou des E. 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).

C : nombre total de colonies caractéristiques trouvées dans la boîte (ISO, 2000).

Dénombrement par inoculation en milieu liquide :

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, (Système N° 04 de la table Mac Grady).

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 1ml 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 se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

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 .

Test confirmatif :

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'acétyl 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 quelques gouttes à l'aide d'une pipette dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

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

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

- Un dégagement de gaz, 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 Kovacs.

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 (ISO, 2000).

Les résultats sont exprimés sous la forme du nombre le plus probable de coliformes totaux et d'*E. coli*.

8.3. Dénombrement des streptocoques fécaux

a. Méthode par filtration sur membrane :

La recherche des streptocoques fécaux par filtration sur membrane se fait sur du Slantez comme milieu de culture, elle nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes déjà décrites dans la méthode de dénombrement sur membrane des coliformes.

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.

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 (ISO, 2000).

b. Méthode de dénombrement sur milieu liquide :

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 présomptif : (système N°4 de la table Mac Grady)

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.

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 confirmatif :

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques du groupe « D » 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 öse 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.

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

- Un trouble microbien et une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.
- La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.

Les résultats de dénombrement des streptocoques fécaux sont exprimés en nombre de germes par 100 ml selon le nombre le plus probable.

8.4. Dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur

a. Méthode par incorporation en gélose

A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 75 °C pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes. 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 ± 1 °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 minutes environ, puis incuber à :
 - 44 ± 4 °C, pendant 20 ± 4 heures, dans le cas de la gélose TSC ou TSN.
 - 36 ± 2 °C, pendant 44 ± 4 heures, dans le cas de la gélose Viande Foie.

Lecture et expression des résultats :

- 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 (ISO, 1985).

CHAPITRE IV

Résultats et discussions

1. Interprétation des résultats de l'analyse organoleptique :

1.1.L'odeur

L'eau étudiée a toujours été inodore, ce qui indique l'absence de produits chimiques et de matières organiques en décomposition et de protozoaires.

1.2. La Couleur

L'eau de forage est toujours limpide, ceci indique l'absence d'ions métallique fer ferreux (Fe^{2+}) et fer ferrique (Fe^{3+}) ; qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'eau, voire aussi les divers colloïdes.

1.3. La Turbidité

La mesure de la turbidité permet de donner des informations visuelles sur l'eau, elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.). Dans notre cas, l'eau traitée à une turbidité moyenne de 1.32 NTU (figure n°3) ce qui est conforme à la norme algérienne qui recommande comme valeur limite 5 NTU au maximum

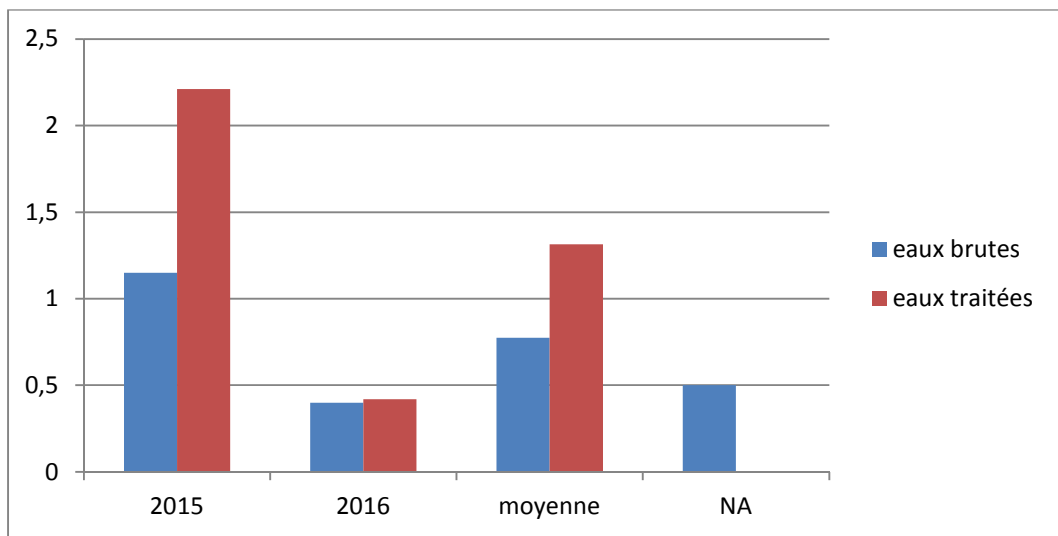


Figure n°3 : Variation de la turbidité des eaux analysées (NTU).

2. Interprétation des résultats physico- chimiques

2.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

C'est l'un des paramètres les plus importants pour la qualité de l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibres physicochimiques et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés (RODIER, 2009).

Le pH obtenu pour notre eau étudiée est de 7.55 (figure n°4), ceci est conforme aux normes algériennes qui fixent des valeurs de pH entre 6.5 et 9, on remarque légère augmentation du pH après le traitement cela est due à la chloration (désinfection), au contact de l'eau il génère l'acide hypochloreux ce qui fait augmenter le pH

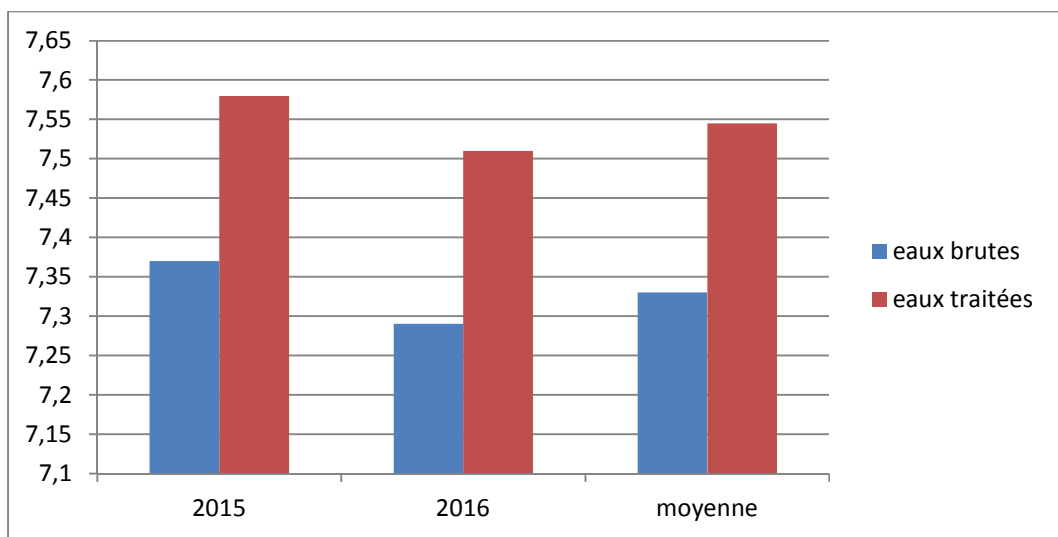


Figure n° 4 : Variation du pH des eaux analysées.

2.2. La température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers, elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment).

La température de notre eau étudiée est presque constante de 17°C malgré le changement de température de l'air selon le climat (figure n°5). Ceci montre que la zone de l'aquifère est assez profonde.

Pratiquement la température de l'eau n'a pas d'incidence sur la santé humaine.

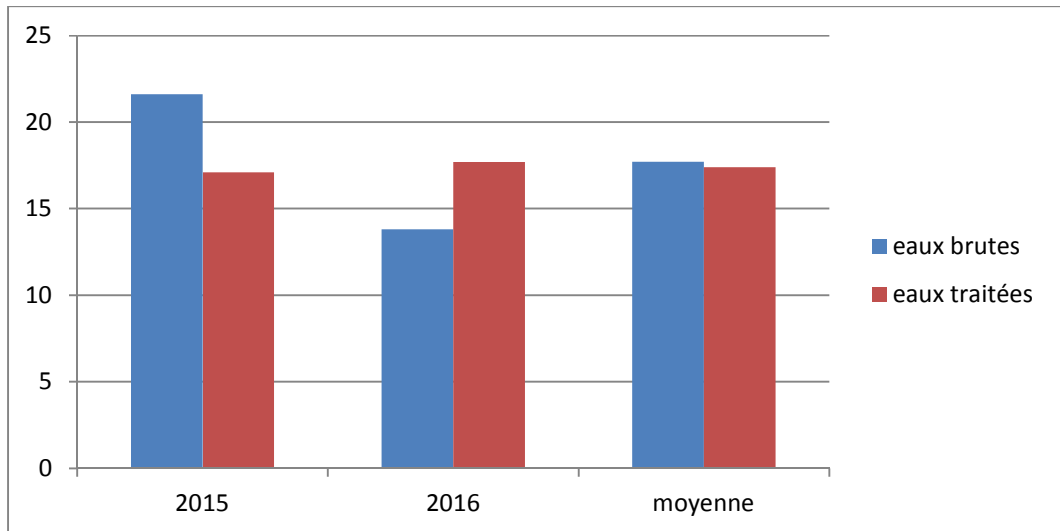


Figure n° 5 : Variation de la température des eaux analysées (C°).

2.3. La conductivité

L'eau étudiée présente une moyenne de 683 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour l'eau traitée et de 629 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour l'eau brute ce qui reste conforme à la norme algérienne indiquant une valeur limitée de 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 20°C (figure n° 6).

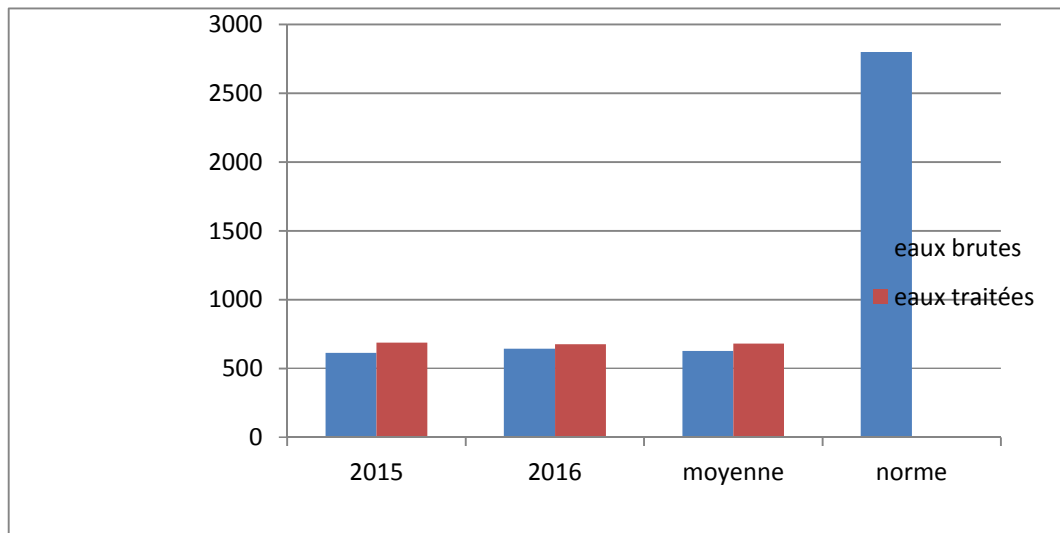


Figure n° 6 : La conductivité des eaux analysées ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

2.4. La dureté totale

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (RODIER, 2009).

La dureté totale de l'eau analysée (figure n° 7) est d'une moyenne de 319 mg/l CaCO_3 .

Elle répond aux normes indiquées par la réglementation Algérienne qui fixe une valeur limite de 500 (mg /l CaCO_3).

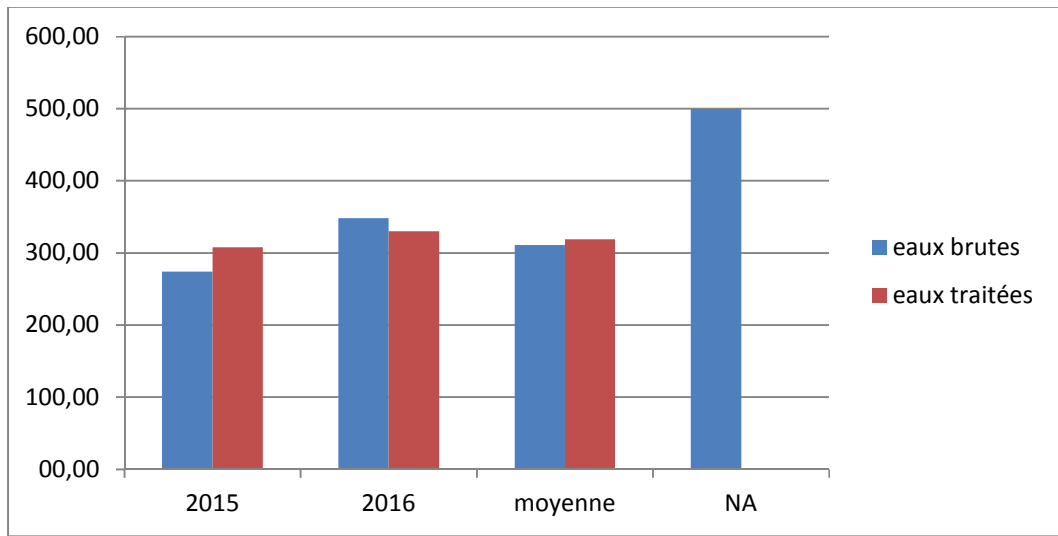


Figure n° 7 : Variation de la dureté totale des eaux analysées (mg / l).

2.5. L'ion magnésium

L'ion magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies du jurassique ou du trias moyen) (RODIER, 2005).

Notre eau présente des teneurs faibles de magnésium, la valeur déterminée pour l'eau étudiée 18.24 mg/l. Elle est bien inférieure à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays (figure n° 8) qui exige une concentration de 150 mg/L au maximum.

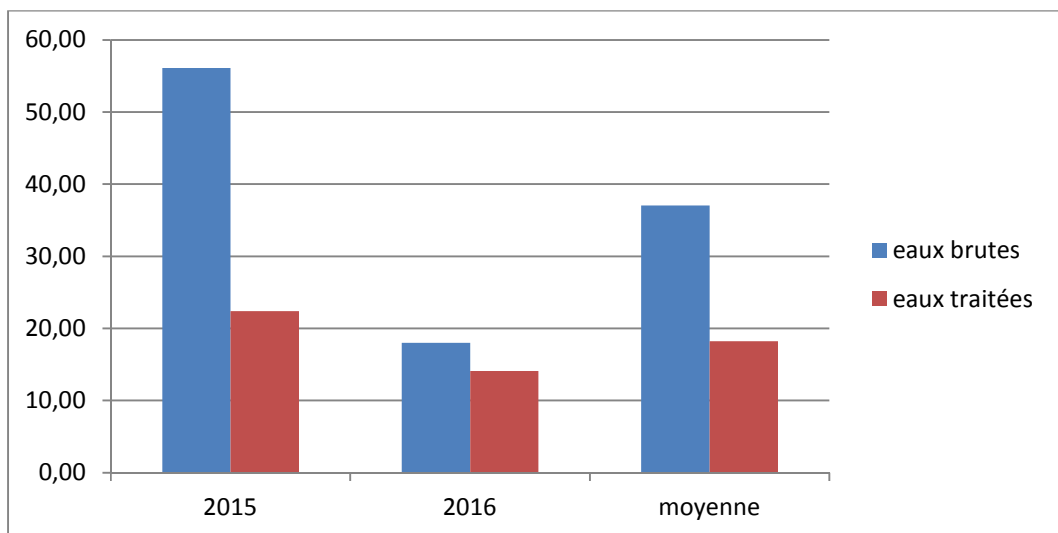


Figure n° 8 : Variation de la teneur en magnésium des eaux analysées (mg/l).

2.6. L'ion calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les normes algériennes préconisent une concentration de 200 mg/l comme concentration maximale. Pour l'eau étudiée les valeurs de calcium trouvées sont d'une moyenne de 88.80 mg/l pour les eaux traitées et de 83,00 mg/l pour les eaux brutes. Ce résultat est conforme aux normes Algériennes (figure n°9).

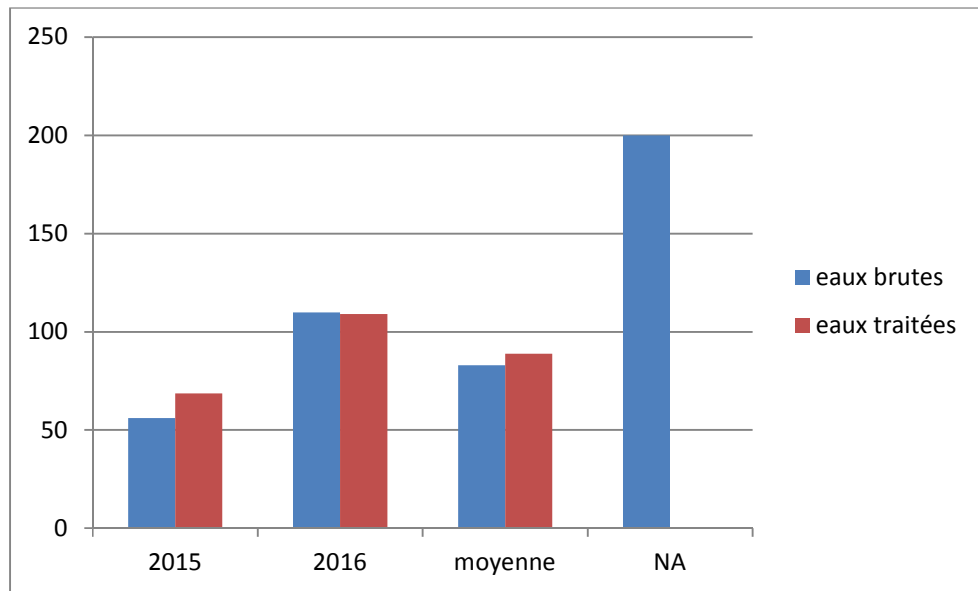


Figure n° 9 : Variation de la teneur en calcium des eaux analysées (mg/l).

2.6. L'ion chlorure

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés.

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l.

La teneur de notre échantillon est d'une moyenne de 57.22 mg/l. Elle reste conforme aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l (figure n°10).

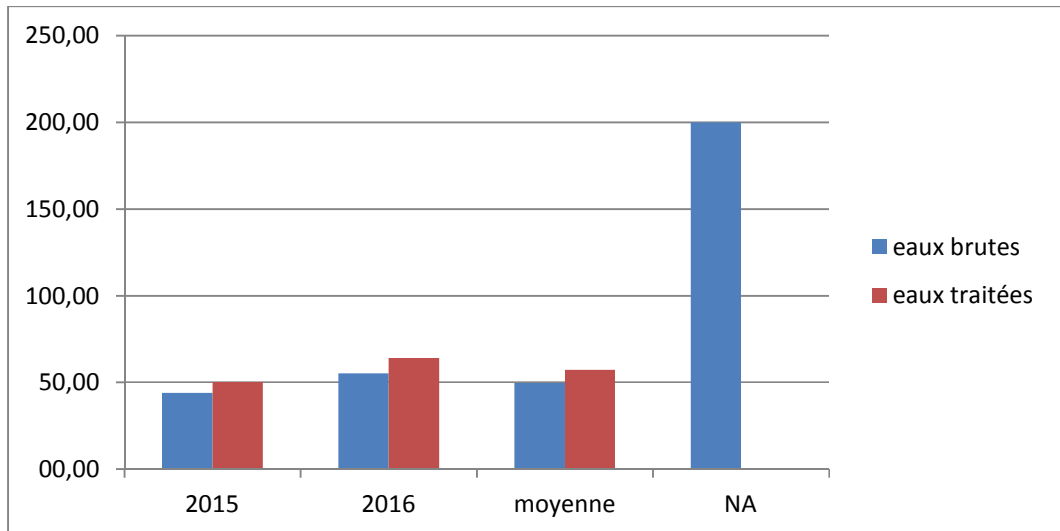


Figure n° 10 : Variation de la teneur en chlorure des eaux analysées (mg/l).

2.7. Les bicarbonates

La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés (RODIER, 2005). Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

L'eau étudiée à une teneur élevée en bicarbonates par rapport aux ions considérés, de l'ordre de 315,01 mg/l pour les eaux brutes et de 321,96 mg/l pour les eaux traitées (figure n° 11) ; cette teneur confirme son origine bicarbonatée.

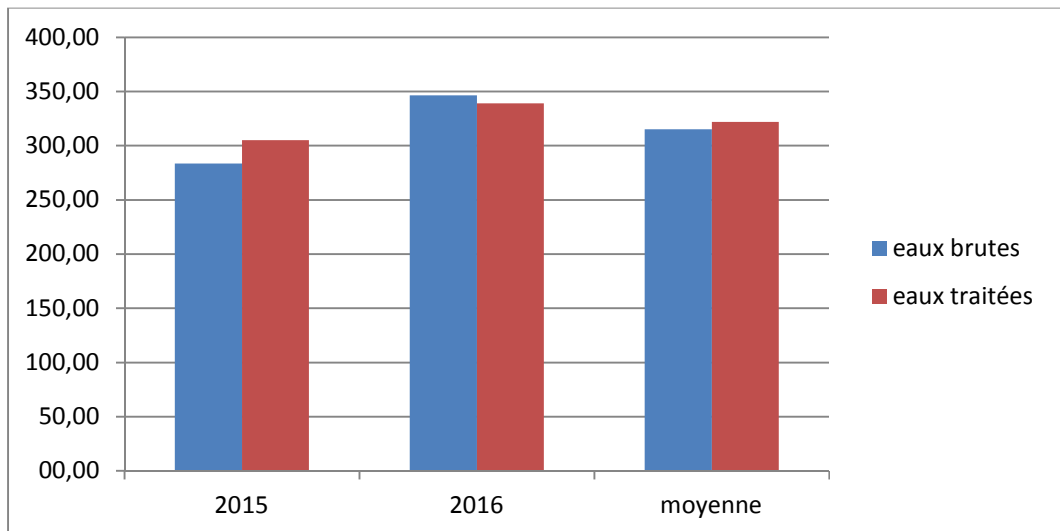


Figure n° 11 : Variation de la teneur en bicarbonates des eaux analysées (mg/l).

2.8. Potassium (K⁺)

La valeur moyenne du potassium est de 7 mg/l, elle reste inférieure aux normes algériennes qui fixe une limite de 12 mg/l (figure°12).

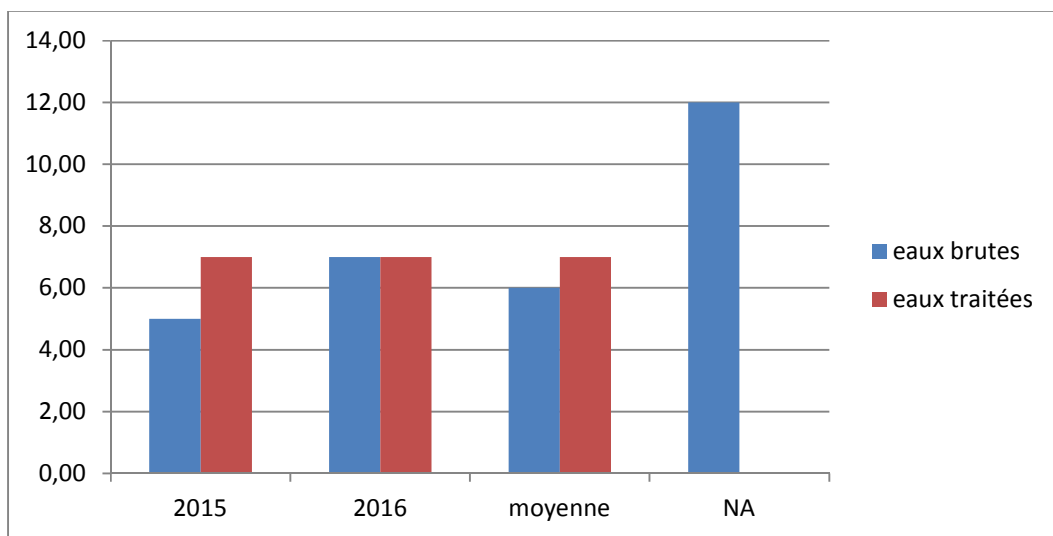


Figure n° 12 : Variation de la teneur en potassium des eaux analysées (mg/l).

2.9. L'ion sulfate

La valeur des sulfates trouvée au niveau de l'eau étudiée sont d'une moyenne 76.50 mg/l, elle reste inférieure à la concentration maximale admissible décrétée par les normes Algériennes 400 mg/L. et même inférieure au niveau guide évalué à 200 mg/l (figure n°13).

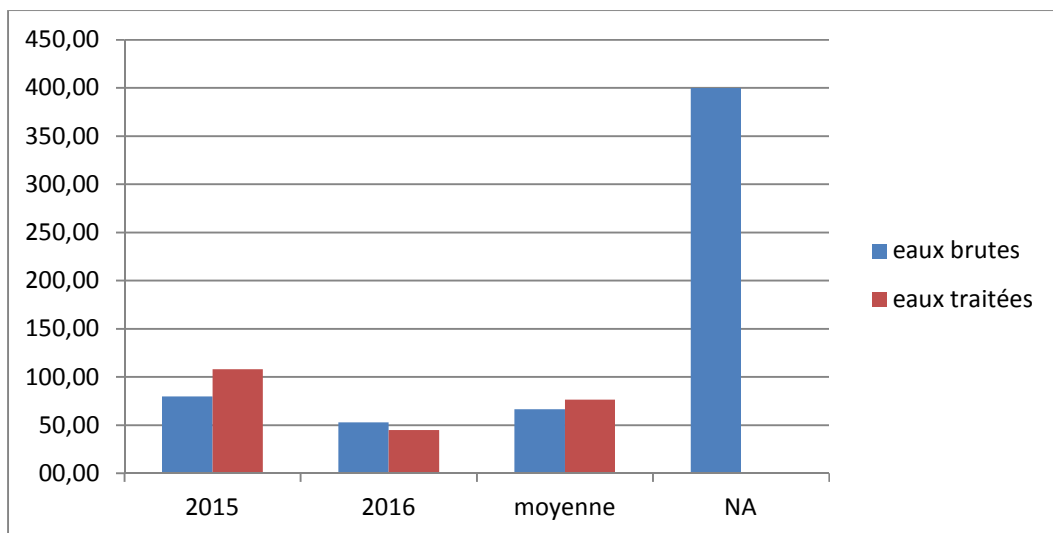


Figure n° 13 : Variation de la teneur en sulfate des eaux analysées (mg/l)

2.10. L'orthophosphate

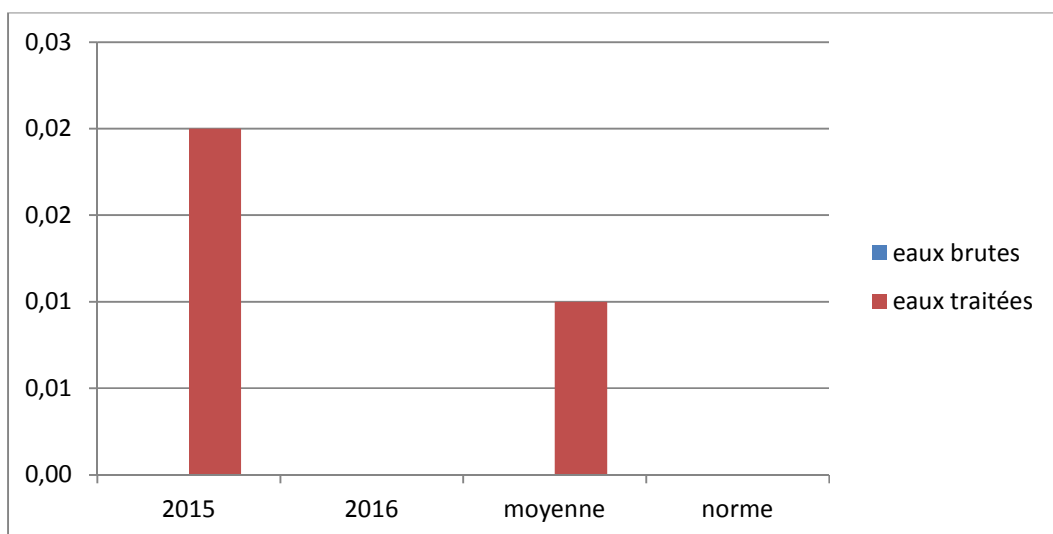


Figure n° 14 : Variation de la teneur en orthophosphate des eaux analysées (mg/l)

2.11. Matières organiques acide (MO)

La matière organique est constituée de composés organiques et est à l'origine de dégradation de la qualité de l'eau, ainsi elle influence directement les propriétés organoleptiques de l'eau; elle peut être la cause d'une certaine toxicité acquise au cours du traitement elle influence directement sur la stabilité biologique de l'eau dans le réseau de distribution (TARDAT-HENRY, 1992).

Les valeurs trouvées au niveau de l'eau étudiée sont d'une moyenne de 0.38 mg/l .Ce résultat est conforme aux normes Algériennes qui fixe une valeur limite de 5 mg/l (figure n°15).

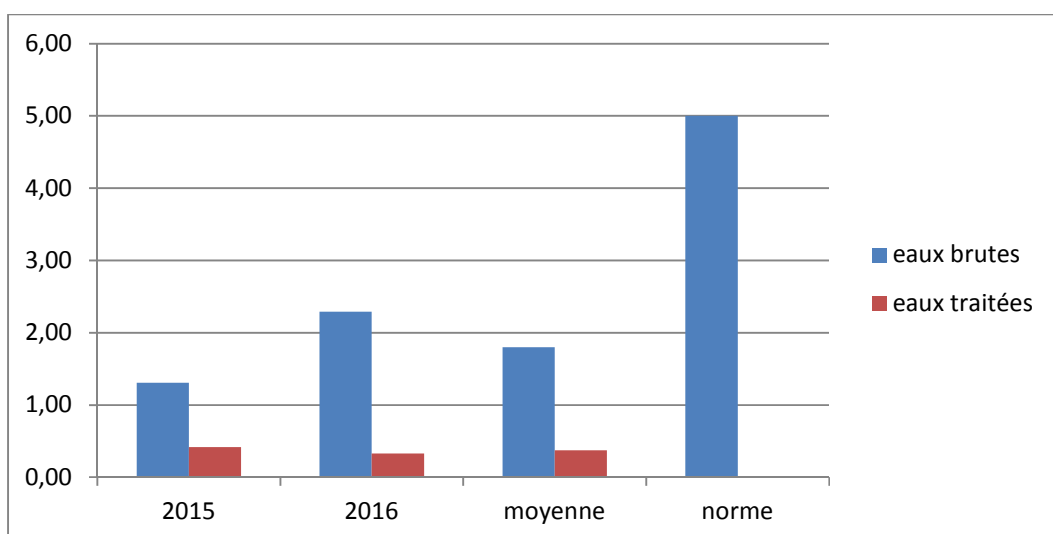


Figure n° 15 : Variation de la teneur en Mat-Org-Acide des eaux analysées (mg/l).

2.12. L'ion d'ammonium

Les eaux profondes peuvent se charger en ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries.

On constate l'absence total d'ammonium dans l'eau étudiée ce qui est conforme aux normes Algériennes qui fixe une valeur limite de 0.5 mg/l (figure n°16).

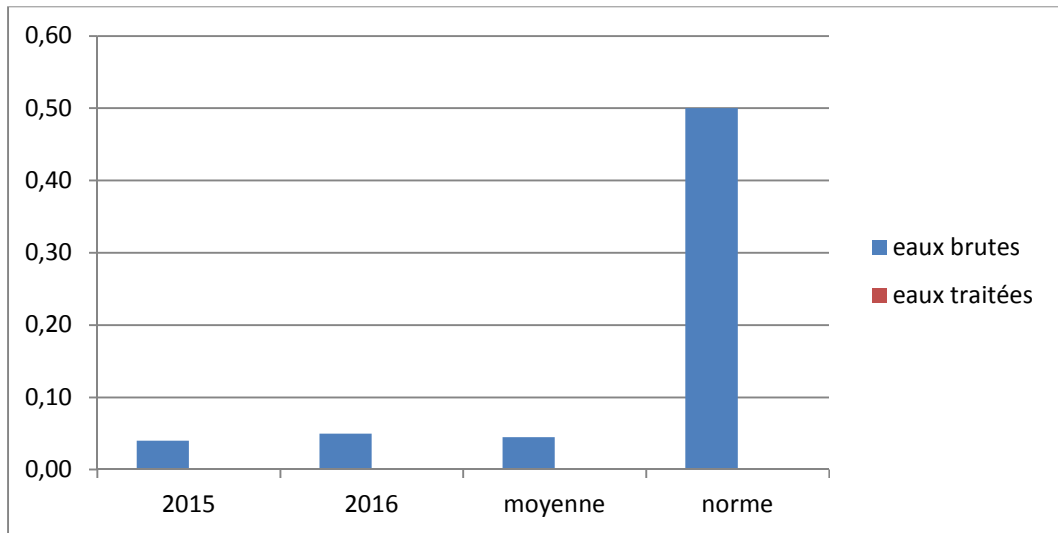


Figure n° 16 : Variation de la teneur en ammonium des eaux analysées (mg/l).

2.13. L'ion nitrate

La concentration en nitrate dans les eaux souterraines est normalement basse, mais peut atteindre des niveaux élevés en raison de l'écoulement agricole, l'écoulement de décharge d'ordures, ou de contamination avec les déchets d'animaux et d'humains. Les valeurs des nitrates obtenues dans notre étude sont d'une moyenne de 1.99 mg/l (figure n°17).

Ce résultat est conforme aux normes Algérienne qui fixent une valeur limite de 50 mg/l

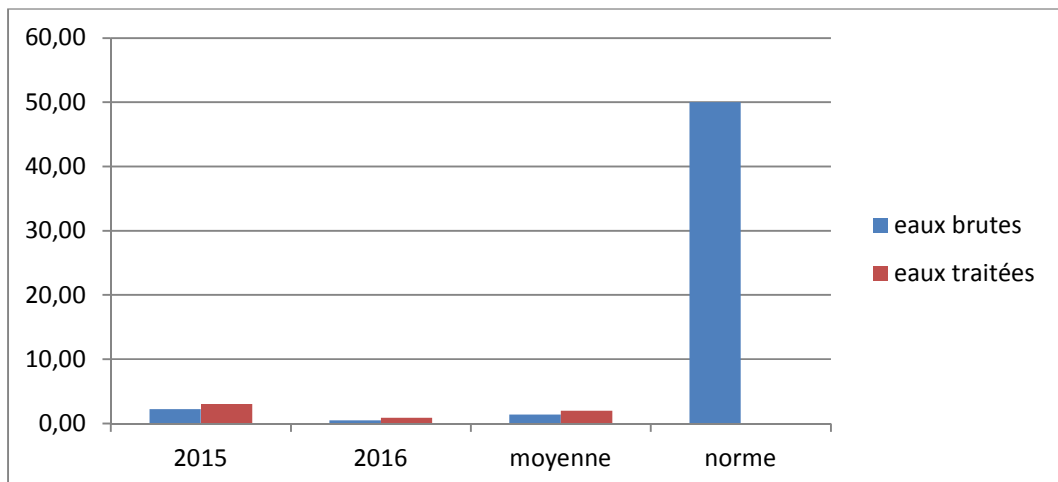


Figure n° 17 : Variation de la teneur en nitrate des eaux analysées (mg/l)

2.14. L'ion fer

La valeur limite donnée par la réglementation Algérienne est de 0.3 mg/l. les résultats obtenus pour notre eau étudiée sont conformes aux normes prescrites. Ces derniers ont une moyenne de 0.06 mg/l (figure n°18).

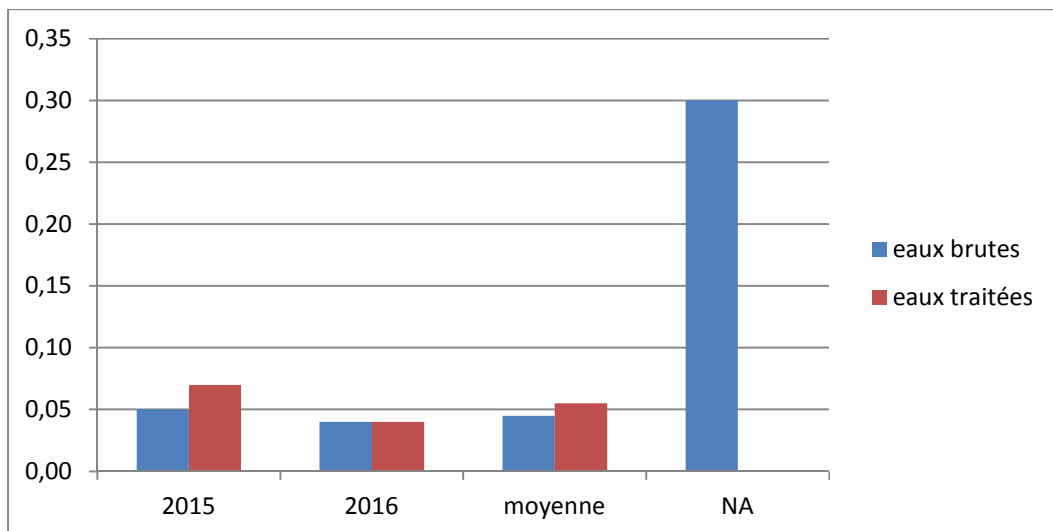


Figure n° 18 : Variation de la teneur en fer des eaux analysées (mg/l)

2.15. Contrôle de la désinfection (test du chlore)

Le dosage du chlore résiduel libre est un procédé utile dans le contrôle de la qualité de l'eau potable. Il est facile à exécuter, rapide et peu coûteux.

Toutes les teneurs des résultats analytiques obtenus (figure n°19) dépassent la valeur maximale admissible ; ceci est probablement dû au fait que le chlore introduit n'a pas eu suffisamment de temps pour réagir. Outre, à titre préventif contre tout risque de reviviscence bactérienne dans le réseau de distribution.

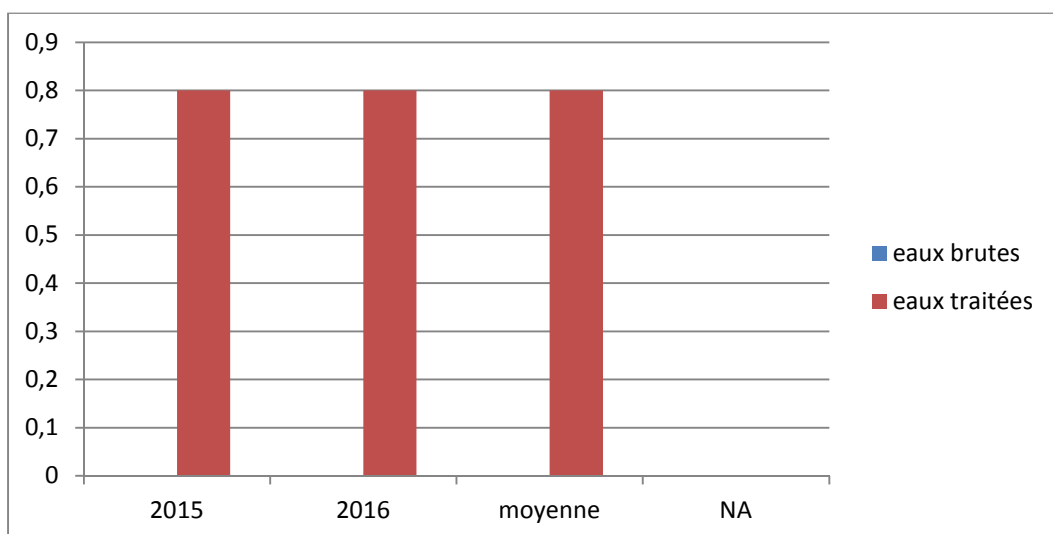


Figure n° 19 : Variation de la teneur en chlore des eaux analysées (mg/l).

3. Interprétation des résultats bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire ADE, et consiste à la recherche des *Coliformes totaux* et *fécaux*, des *Streptocoques fécaux*, des *Clostridium sulfito-réducteurs* et des *germes totaux*.

3.1. Les micro-organismes revivifiables:

Le dénombrement des micro-organismes revivifiables est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique ; celui-ci, détermine la totalité de la charge bactérienne.

3.1.1. Les Coliformes totaux et fécaux

Les Coliformes totaux parmi lesquels *E.coli*, représentent approximativement 10% des micro-organismes intestinaux humaines et animaux, sont considérées comme étant un organisme indicateur de pollution.

La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence des coliformes fécaux et des coliformes totaux dans 100 ml.

En ce qui concerne l'eau en objet, on constate l'absence des coliformes totaux témoignée par l'inexistence des tubes positifs confirmant l'absence des coliformes fécaux, en particulier *Escherichia-Coli*. Ceci montre que l'eau étudiée est conforme aux normes concernant les coliformes fécaux.

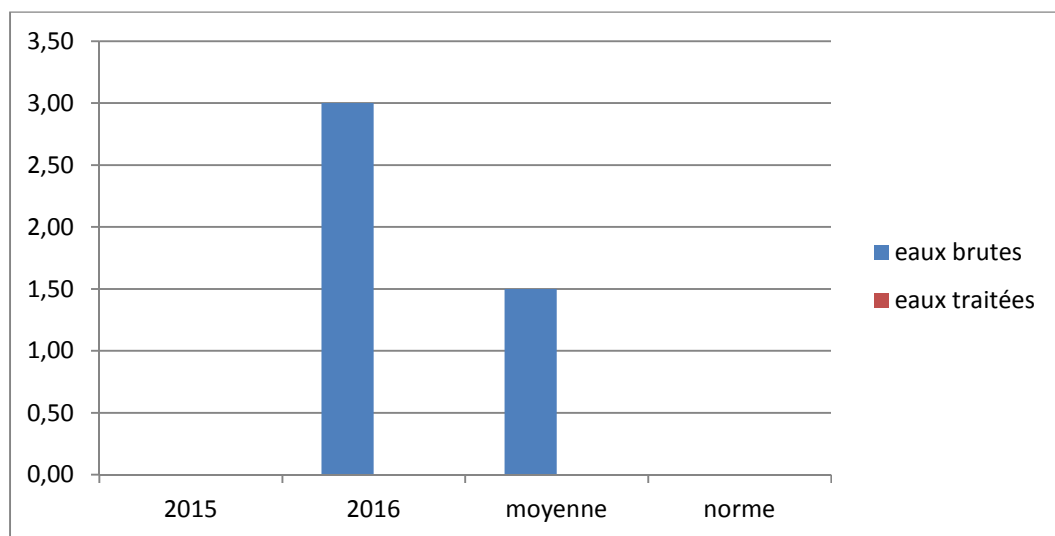


Figure n° 20 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux dans les eaux analysées.

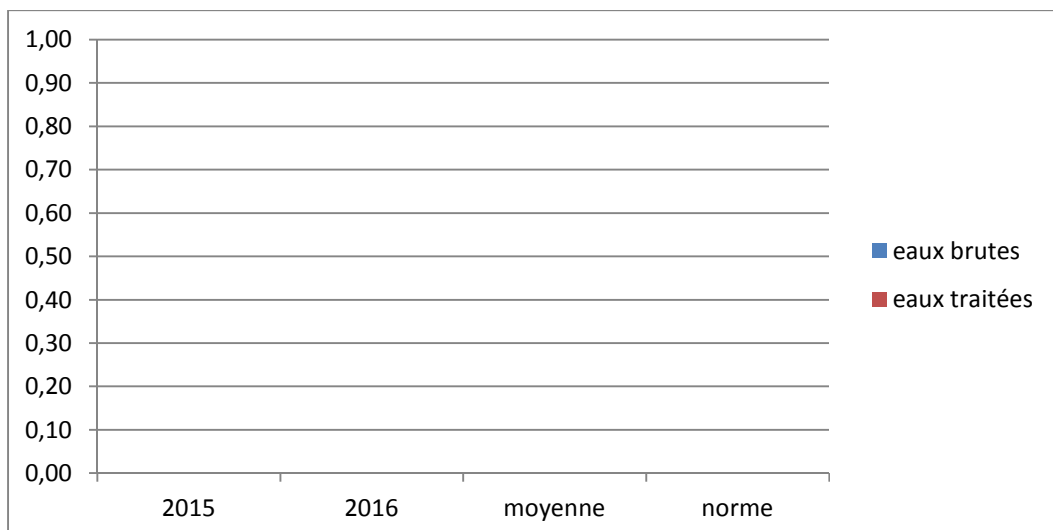


Figure n° 21 : Résultats du dénombrement des E-Coli dans les eaux analysées.

3.2. Les Streptocoques fécaux

La même exigence pour les coliformes fécaux est portée sur les Streptocoques fécaux, c'est aussi le cas de l'eau étudiée ; on constate l'absence totale des Streptocoques fécaux.

Confirmant ainsi les normes de potabilité en relation avec ce paramètre.

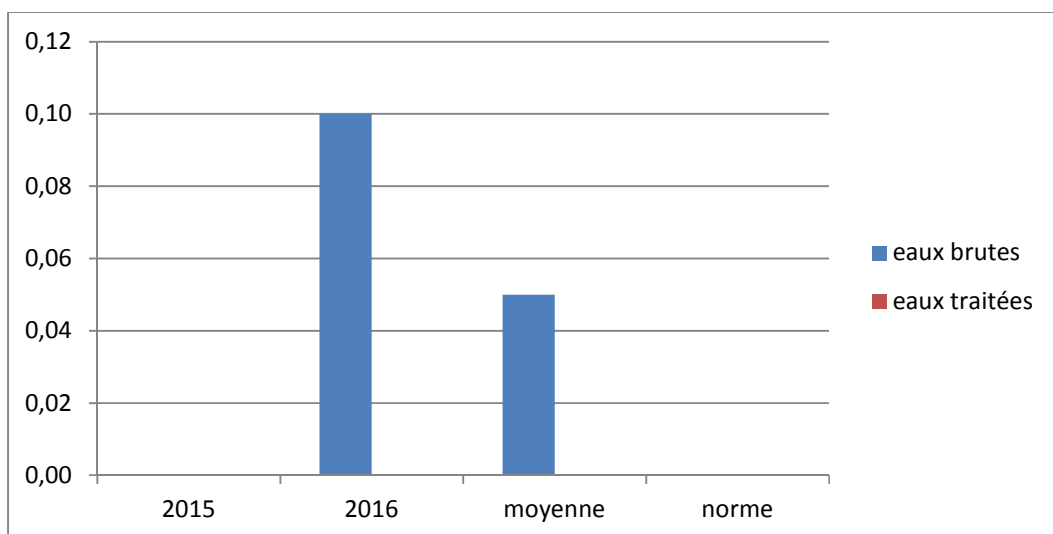


Figure n° 22 : Résultats du dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux analysées.

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain et sa consommation journalière par tous implique une surveillance étroite tant sur le plan organoleptique que physico-chimique et bactériologique.

L'étude menée au cours de ce modeste travail a pour but d'évaluer la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique de l'eau des forages de Boukhalfa situés à la périphérie de la ville de Tizi-Ouzou destinée à la consommation humaine.

Il ressort de cette étude que l'eau de Boukhalfa est classée comme une eau bicarbonatée avec une prédominance de calcium ; Donc elle provient des terrains qui se caractérisent par une formation rocheuse de type calcaire dolomitique.

Du point de vue organoleptique, les échantillons prélevés sont clairs et ne présentent ni odeur, ni saveur désagréable.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé une dureté importante de l'ordre de 33°F (330mg/l), mais obéissent aux normes de potabilité de l'eau, et une conductivité moyenne de 673 $\mu\text{s}/\text{cm}$; ce qui nous permet de dire que c'est une eau minéralisée.

Du point de vue bactériologique les résultats obtenus montrent l'absence de tout germe indicateur de pollutions telle que les *Coliformes totaux* et *fécaux*, les *Streptocoques fécaux* et les *Clostridium sulfito-réducteurs*.

Les résultats obtenus prouvent la bonne qualité bactériologique de l'eau des forages de Boukhalfa et qui ne présente aucun danger pour la consommation humaine.

Enfin, une surveillance accrue ponctuée par un contrôle rigoureux et régulier de cette matière sensible est vivement recommandé, ceci permettra à l'avenir de préserver la qualité de l'eau de ces forages et de se prémunir contre d'éventuelles pollutions.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

« A »

ANONYME, (2005). Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Tizi-Ouzou : Fiches Techniques De Forages, Essais De Pompages, 15p.

ALGÉRIENNE DES EAUX TIZI-OUZOU (A.D.E), (2010). Données de l'établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou

ALGÉRIENNE DES EAUX TIZI-OUZOU (A.D.E), (2012). Données de l'établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou.

ALGÉRIENNE DES EAUX TIZI-OUZOU(A.D.E), (2015-2016). Données physicochimiques et bactériologiques

ALPHA S M., (2005). Qualité organoleptique de l'eau de consommation produit et distribuer par l'EDMSA dans la ville de Bamako. Doctorat en pharmacie. Université de Bamako.

APHA et al., (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. American publique Health Association. American Water Works Association Water Environnement Fédération. 20eme édition. P6.

ANONYME., (2010). Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable. Ed. Office fédéral de la santé publique (OFSP), Suisse, 50p.

« B »

BONNIN J., (1982). Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles. P : 23-24-27.

BEAUCHAMP J., (2006). Qualité et pollution des eaux souterraines. Université de Picardie. Jules Verne.

BEAUCHAMP J., (2002). Pollution et dépollution des nappes d'eau souterraine. Université de Picardie Jules Verne.

BOUZIANI M., (2000). L'eau : de la pénurie aux maladies. Ed. Ibn Khaldou, Tlemcen, P 230.

BREMOND R. et VUICHARD R., (1973). Paramètres de la qualité des eaux, Ministère de la protection de la nature et de l'environnement. Ed. SPEPE, Paris, P179.

BEER M., (2010). Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable.

BERNE F. et CORDONNIER J., (1991). Traitement des eaux. Edition : Tec. P : 6-14.

BOUCHARD M., (2008). Évolution temporelle et modélisation des coliformes dans une source d'eau potable. Mémoire (M. Sc). Université de Laval. Québec. P 98.

BONTOUX J., (1993). Introduction à l'étude des eaux douces : qualité et santé, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons. 2eme édition : Cebedoc. P 81-82-120.

BOUCHESEICHE C., CREMILLE E., PELTE T. et POJER K., (2002).Guide technique N°7 pollution toxique et écotoxicologie : notions de base SDAGE. Ed. Agence de l'Eau Rhone-Méditerranée-Corse, Corse, P 82.

« C »

COLLIN J.J., (2004) .Les eaux souterraines. BRGM et Hermann.

CENTRE D'INFORMATION SUR L'EAU (C.I.E.), (2004). La qualité de l'eau du robinet. P11.

CARDOT C., (2002).Génie de l'environnement: Les Traitements De L'Eau. Edition Ellipses marketing S. Agroalimentaires, Paris, P 160.

CRUYPER K. et DENNEG K., (1993). La qualité de l'eau à la sortie du robinet: Revue de tribune de l'eau. Éditions Cebedoc.

« D »

DEGREMONT, (2005)., Mémento Technique De L'Eau. Tome 1. 10ème Ed. Lavoisier, Paris.

DEGREMONT, (1989)., Mémento Technique De L'Eau. Tome 1. Edition TEC et DOC.

DESJARDINS R., (1997).*Le traitement des eaux.* 2ème Ed. Ecolepolytechnique de Montréal, Canada.

DUPONT A, (1974). Hydraulique urbaine. « Hydrologie, captage et traitement des eaux ».Tome 1.3eme édition: Eyrolles. Paris.

DEFRANCESCHI M., (1996). L'eau dans tous ses états. Edition: Ellipses. P: 61.

DENHOVE., (1990). Les eaux minérales, volume 3.Edition: Lamy .P7.

DUGUET J.P., BERNAZEAU F., CLERET D., GAID A., LAPALNCHE A., MOLES J., MONTIEL A., RIOU G. et SIMON P., (2006). *Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine.* 1ère Ed. Association scientifique et technique pour l'environnement (ASTEE), Paris, 839p.

Direction de l'hydraulique de la wilaya de Tizi-Ouzou (D.H.W.T), (2012). Assise de l'eau de la wilaya de Tizi-Ouzou.

DIRECTION DE LA PLANIFICATION ET D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE (DPAT), (2012). Annuaire statistique de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Direction des Ressources en Eau (DRE), (2015). Présentation du secteur des ressources en eau de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Direction des Ressources en Eau (DRE), (2015). Présentation du secteur des ressources en eau de la wilaya de Tizi-Ouzou.

« G »

GILLI E. MANGAN C. MUDRY J., (2008). Hydrogéologie: objets, méthodes, applications. Dunod, Paris, P 20.

GENOUDET., (2001). L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.

GAUJOUR D., (1995). La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. 2eme édition Lavoisier.

GODART H., (2000). TECHNIQUE DE L'INGENIEUR. Eaux de distribution. Objet des traitements. Doc. C 5 205.

« H »

HASLEY C. et LECLERCH H., (1993). Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Lavoisier.

« J »

Journal officiel de la république Algérienne (N°34 -17 RAJAB 1432- 19 juin 2011).

« K »

KANKOU M., (2004). Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie- étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. Thèse de doctorat. Université de Limoges. P 23-24.

KETTAB A., (1992). Traitement des eaux : les eaux potables. Edition Office des publications universitaires. Alger. P 118.

« M »

MARSILY G., (1995). L'eau. Edition: Flammarion .P 128.

METAHRI MOHAMED SAID., (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes .Cas de la STEP Est de la ville de TIZI-OUZOU. Université MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU. Thèse doctorat.

MEHANNED S., ZAID A., CHAHLAOUI A., (2014). Caractérisation bactériologique du lac réservoir du barrage Sidi Chahed. Larhyss Journal .17 : 215.

« N »

NORME NF EN ISO 9308-2., (2000). Qualité de l'eau ; recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux : Partie 2 méthode par filtration sur membrane.

NORME NF EN ISO 9308-1., (2000). Recherche et dénombrement des Escherichia coli et des bactéries coliformes : Partie1 ; Méthode par filtration sur membrane.

NORME NF EN ISO6222., (1999). Dénombrement des microorganismes revivifiables : comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.

NORME NF EN ISO., (1994).Qualité de l'eau – Détermination de l'oxydabilité au KMnO₄ (Indice de permanganate) – Méthode à chaud en milieu acide.

NORME NF T90-413 ISO., (1988). Recherche et dénombrement des coliformes et des coliformes thermo tolérant. Méthode générale par ensemencement en milieu liquide (NPP).

NORME NF T 90-415ISO., (1985).Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de Clostridium sulfito-réducteurs. Méthode générale par incorporation en gélose en tubes profonds.

NORME ISO 6059., (1984).Qualité de l'eau – Dosage de la somme du calcium et magnésium par la méthode titrimétrique à l'EDTA.

« O »

OUAHDI A., (1995). Les maladies à transmission hydrique. Santé plus Alger N°45.

OLIVAUX Y., (2007). La nature de l'eau. Edition. Marco Pietteur. France. P 563.

OMS (W.H.O.) WORLD HEALTH ORGANISATION. (2003). Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. World Health Organisation.

O.M.S., (2000). Directive de qualité pour l'eau de boisson-Critère d'hygiène documentation à l'appui. Vol2, 2^e Ed. Additif, Genève.

« P »

PERRY J., (1984). Microbiologie: cours et question de révision. Edition Dunod. Paris.

POMEROL C. et RENARD M., (1997). Élément de géologie. 11eme édition: Masson. P 523.

« R »

RODIER J., (2005). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduares, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.

RODIER J., (2009). L'analyse de l'eau .9eme édition Dunod. Paris.

« S »

SAVARY P., (2010). Guide des analyses de la qualité de l'eau. Edition Territorial Voiron. P 261.

SATIN M. et SELMI B., (1999). Guide technique de l'assainissement. 2eme édition: Moniteur. P 75.

« T »

TARDAT HENRY. M., (1992). Chimie Des Eaux. 2^{ème} Ed. Griffon d'Argile, Québec.

TARDAT HENRY M. et BEAUDRY, J.P., (1984). Chimie des eaux. Ed. Le Griffon d'argile, Québec, 340p.

TUFFERY G. et VERNEAUX J., (1967). Méthodes De Détermination De La Qualité Des Eaux Courantes. Exploitation Codifiée Des Invertébrés De La Faune, fond. Sect. Tech. P ; et PiscC.E.R.A.F.E.R,

« U »

UHL V W.BARON J A., (2009).Exploitation des eaux souterraines .concepts de base pour l'élargissement des programmes d'hydraulique du CRS. Qualité du Programme eau et Assainissement. Catholic Relief Services .Conférence des Évêques des États-Unis. P 5.

« V »

VILAGINES R., (2003). Eau, environnement et santé publique : introduction à l'hydrogéologie. 2^{ème} Ed. Médicale international, Paris.

« W »

WATER ENVIRONMENT FEDERATION., (1996).Wastewater disinfection, Manual of practice FD-10, Alexandria, p8.

SITES WEB :

Site internet 1 :<http://www.lenntech.com/>.

Site internet 2 : ENVIRONNEMENT CANADA. « Les eaux souterraines ». [En ligne]. [<https://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=300688DC-1>].

(Forum mondial sur l'eau Kyoto,2003).<http://www.worldwatercouncil.org/fr/forum/kyoto-2003/>.

ANNEXES

ANNEXE 01

NORMES ALGERIENNES.

18 Rabie Etani 1432

23 mars 2011

Journal officiel de la république Algérienne

ANNEXE

PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE

Tableau 1 : PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA) totaux	µg/l	0,2
	Fluoranthène		
	Benzo (3 ,4) Fluoranthène		
	Benzo(11,12) Fluoranthène		
	Benzo 3,4 pyrène		
	Benzo 1,12 pérylène		
Indéno (1,2,3- cd) Pyrène			
Benzo 11,12			
Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extraits au CCL4	µg/l	10	
Phénols	µg/l	0,5	
Benzène	µg/l	10	
Toluène	µg/l	700	
Ethylbenzène	µg/l	300	
Xylène	µg/l	500	
Styrène	µg/l	100	
Agents de surface réagissant au bleu de méthylène	Mg/l	0,2	

Paramètres chimiques (suite)	Epychlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcystine LR	µg/l	0,1
	Pesticides Par substances individualisée	µg/l	0,1
	<u>Les insecticides</u>		
	- Organochlorés persistants		
	- Organophosphorés		
	- Carbamates		
	<u>Les herbicides</u>		
	<u>Les fongicides</u>		
	<u>Les PCB et PCT</u>		
	À l'exception d'aldrine et dieldrine		
	Pesticides (totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	05
	Chlorite	mg/l	0,07
Trihalométanes (THM) (Total) Chlooforme , Bromoforme , Dibromochlorométhane , Bromodichlorométhane	µg/l	100	
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5	
1,2- Dichloroéthane	µg/l	30	
1,2- Dichlorobenzène	µg/l	1000	
1,4- Dichlorobenzène	µg/l	300	
Trichloroéthylène	µg/l	20	
Tetrachloroéthylène	µg/l	40	
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie /l	15
	Particules Béta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	0,1
Paramètres microbiologiques	Escherichia –Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfito-réductrices Y compris les spores	n/20ml	0

Tableau 2 : Paramètres avec valeurs indicatives

Groupes de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres organoleptiques	Couleur	Mg/l de platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12 °C	Taux de dilution	4
	Saveur à 25° C	Taux de dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité PH	≥6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l	500
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Température		25	

ANNEXE N° 02

Tables de MAC GRADY.

Tableau 1 : Nombre le plus probable et intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement N°4

Nombre de tubes donnant sur une réaction positive			Indice N.P.P Dans 100 ml	Limite de confiance à 95%	
1 tube de 50 ml	5 tubes de 10 ml	5 tubes de 1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	69
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	101
1	4	5	43	15	117
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	101
1	5	2	54	18	138
1	5	3	92	27	217
1	5	4	161	39	> 450
1	5	5	244	/	/

Tableau II: Nombre le plus probable et intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement N°3

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			Indice N.P.P Dans 100 ml	Limite de confiance à 95%	
5 tubes de 10	1 tube de 1 ml	1 tube de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0	2	0	5,9
0	1	0	2	0,050	13
1	0	0	2,2	0,050	13
1	1	0	4,4	0,52	14
2	0	0	5	0,54	19
2	1	0	7,6	1,5	19
3	0	0	8,8	1,6	29
3	1	0	12	3,1	30
4	0	0	15	3,3	46
4	0	1	20	5,9	48
4	1	0	21	6,0	53
5	0	0	38	6,4	330
5	0	1	96	12	070
5	1	0	240	12	0700

ANNEXE 03 : Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques.**Nature et lieu du prélèvement: Eau brute, SR1Boukhalfa, Tizi-Ouzou.****Prélèvement: Date : 01/02/16****Analyse : Date: 01/02/16****Heure : 09h30mn Par : labo****Heure : 13h30mn Par : labo****Motif d'analyse : Contrôle qualité****Secteur: Tizi-Ouzou**

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation Globale	Résultats	Unités	Normes NA	
Couleur	00	Unité p/c		Calcium	109,82	mg/l	/	
Odeur	/	S/p à 25°C		Magnésium	17,99	mg/l	/	
Goût	/	S/p à 25°C		Sodium	41	mg/l	/	
Paramètres physicochimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	07	mg/l	/	
pH	7,29	/	/	Chlorures	55,31	mg/l	/	
P-rédox	/	mv	/	Sulfate	53	mg/l	/	
Conductivité	644	µs/cm	/	Bicarbonates	346,48	mg/l	/	
Température	13,8	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/	
Turbidité	0,40	NTU	/	Dureté totale	348	mg/lcaCO ₃	/	
Oxygène dissous	/	m g/l	/	Dureté permanente	/	mg/lcaCO ₃	/	
Salinité	/	%0	/	Titre alcalin	00	mg/lcaeO ₃	/	
CO ₂ libre	/	mg/l	/	Titre alcalin complet	248,0	mg/lcaCO ₃	/	
Résidu sec à 105°C	457,35	mg/l	/	Eléments Indésirables	Résultats	Unités	Normes NA	
MES à 105 °C	/	mg/l	/	Fer total	/	mg/l	/	
TDS	/	mg/l	/	Fer Fe ²⁺	0,04	mg/l	/	
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Aluminium	/	mg/l	/	
Ammonium	0,05	mg/l	/	Fluor	/	mg/l	/	
Nitrite	0,09	mg/l	/	Paramètres bactériologiques	Résultats	Unités	Normes NA	
Nitrate	0,5	mg/l	/	Micro-organismes revivifiables	à 22°C	>300	UFC/ml	/
Phosphore	00	mg/l	/		à 37 °C	41	UFC/ml	/
Ortho-Phosphates	00	mg/l	/	Conformes totaux :03/100ml			/	
Mat-Org- Acide	2,29	mg/l	/	CTT (E-Coli) :00/100ml			/	
DBO _s	/	mg/102	/	Streptocoques fécaux 01/100ml :			/	
DCO	/	mg/10 ₂	/	Anaérobies sulfito-réducteurs	00	S/100ml	/	
				Test de chlore	/	mg/l	/	

Fiche d'analyse**Nature et lieu du prélèvement : Eau traitée, station Boukhalfa, Tizi-Ouzou.****Prélèvement : Date : 25/01/15****Analyse : Date : 25/01/15****Heure : 10h30mn par : labo****Heure: 13h30mn Par : labo****Test de chlore : 0,8mg/l****Motif d'analyse : Contrôle qualité****Secteur : Tizi-Ouzou.**

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation Globale	Résultats	Unités	Normes NA	
Couleur	/	Unité p/c	15	Calcium	86,57	mg/l	200	
Odeur	/	S/p à 25°C	04	Magnésium	22,37	mg/l	/	
Goût	/	S/p à 25°C	04	Sodium	50	mg/l	200	
Paramètres physicochimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	07	mg/l	12	
Ph	7,58	/	6,5-9,0	Chlorures	50,34	mg/l	500	
P-rédox	/	mv	/	Sulfate	108	mg/l	400	
Conductivité	668	µs/cm	2800	Bicarbonates	305	mg/l	/	
Température	17,1	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/	
Turbidité	2,21	NTU	05	Dureté totale	308	mg/kaco ₃	500	
Oxygène dissous	/	mg/l	/	Dureté permanente	/	mg/lcaco ₃	/	
Salinité	/	%0	/	Titre alcalin	00	mg/lcaco ₃	/	
CO ₂ libre	/	mg/l	/	Titre alcalin complet		mg/lcaco ₃	500	
Résidu sec à 105 °C	/	mg/l	1500	Eléments Indésirables	Résultats	Unités	Normes NA	
MES à 105 °C	/	mg/l	00	Fer total	/	mg/l		
TDS	/	mg/l	/	Fer Fe ²⁺	0,07	mg/l	0,3	
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Aluminium	00	mg/l	0,2	
Ammonium	00	mg/l	0,5	Fluor	/	mg/l	1,5	
Nitrite	00	mg/l	0,2	Paramètres bactériologiques	Résultats	Unités	Normes NA	
Nitrate	3,09	mg/l	50	Micro-Organismes revivifiables	à 22°C	/	UFC/ml	100
Phosphore	0,02	mg/l	05		à 37 °C	/	UFC/ml	10
Ortho-phosphates	0,06	mg/l	/	Coliformes totaux	00/100 ml		10	
Mat-Org -Acide	0,42	mg/l	05	CTT(E-Coli)	00/100 ml		00	
DBO ₅	/	mg/10 ₂	/	Streptocoques fécaux	00/100 ml		00	
DCO	/	mg/10 ₂	/	Anaérobies sulfito-réducteurs	/	S/100ml	00	
				Test de chlore	0,8	mg/l	0,2 à 0,6	

Fiche d'analyse**Nature et lieu du prélèvement : Eau brute, SR1 Boukhalfa, Tizi-Ouzou.****Prélèvement : Date : 06/07/15****Analyse : Date: 06/07/15****Heure : 10h00mn****Par : labo****Heure : 13h30mn****Par : labo****Motif d'analyse : Contrôle qualité****Secteur : Tizi-Ouzou**

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation Globale	Résultats	Unités	Normes NA	
Couleur	01	Unité p/c		Calcium	56,11	mg/l	/	
Odeur	/	S/p à 25°C		Magnésium	32,58	mg/l	/	
Goût	/	S/p à 25°C		Sodium	29	mg/l	/	
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	05	mg/l	/	
PH	7,37	/	/	Chlorures	43,96	mg/l	/	
P-rédox	/	mv	/	Sulfate	80	mg/l	/	
Conductivité	614	fs/cm	/	Bicarbonates	283,53	mg/l	/	
Température	21,6	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/	
Turbidité	1,15	NTU	/	Dureté totale	274	mg/lcaco ₃	/	
Oxygène dissous	/	mg/l	/	Dureté permanente		mg/lcaco ₃	/	
Salinité	/		/	Titre alcalin	00	mg/lcaco ₃	/	
CO ₂ libre	/	mg/l	/	Titre alcalin complet	232,40	mg/lcaco ₃	/	
Résidu sec à 105 °C	390,62	mg/l	/	Eléments Indésirables	Résultats	Unités	Normes NA	
MES à 105 °C	/	mg/l	/	Fer total	/	mg/l		
TDS	/	mg/l	/	Fer Fe ²⁺	0,05	mg/l	/	
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Aluminium	00	mg/l	/	
Ammonium	0,04	mg/l	/	Fluor	/	mg/l	/	
Nitrite	0,02	mg/l	/	Paramètres bactériologiques	Résultats	Unités	Normes NA	
Nitrate	2,21	mg/l	/	Micro-Organismes revivifiables	à 22°C	/	UFC/ml	/
Phosphore	00	mg/l	/		à 37 °C	05	UFC/ml	/
Ortho-Phosphates	00	mg/l	/	Conformes totaux : 00 /100ml			/	
Mat-Org- Acide	1,31	mg/l	/	CTT(E-Coli): 00/100ml			/	
DB0 ₅	/	mg/10 ₂	/	Streptocoques fécaux : 00 /100ml			/	
DCO	/	mg/10 ₂	/	Anaérobies sulfito-réducteurs	00	S/100ml	/	
				Test de chlore	/	mg/l	/	

Fiche d'analyse**Nature et lieu du prélèvement : Eau traitée, SRI Boukhalfa, Tizi-Ouzou****Prélèvement : Date : 07/02/16****Analyse : Date : 07/02/16****Heure : 1 lh20mn Par : labo****Heure : 13h30mn Par : labo****Test de chlore : 0,8mg/l****Motif d'analyse : Contrôle qualité****Secteur: Tizi-Ouzou**

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation Globale	Résultats	Unités	Normes NA	
Couleur	00	Unité p/c	15	Calcium	109,02	mg/l	200	
Odeur	/	S/p à 25°C	04	Magnésium,	14,10	mg/l	/	
Goût	/	S/p à 25°C	04	Sodium	39	mg/l	200	
Paramètres physicochimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	07	mg/l	12	
Ph	7,51	/	6,5-9,0	Chlorures	64,10	mg/l	500	
P-rédox	/	mv	/	Sulfate.	45	mg/l	400	
Conductivité	678	µs/cm	2800	Bicarbonates	338,92	mg/l	/	
Température	17,7	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/	
Turbidité	0,42	NTU	05	Dureté totale	330	mg/lcaco ₃	500	
Oxygène dissous	/	mg/l	/	Dureté permanente	/	mg/lcaco ₃	/	
Salinité	/	%	/	Titre alcalin	00	mg/lcaco ₃	/	
CO ₂ libre	/	mg/l	/	Titre alcalin complet	277,80	mg/lcaco ₃	500	
Résidu sec à 105 °C	448,55	mg/l	1500	Eléments Indésirables	Résultats	Unités	Normes NA	
MES à 105 °C	/	mg/l	00	Fer total	/	mg/l		
TDS	/	mg/l	/		0,04	mg/l	0,3	
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Aluminium	/	mg/l	0,05	
Ammonium	00	mg/l	0,5	Fluor	/	mg/l	1,5	
Nitrite	00	mg/l	0,2	Paramètres bactériologiques	Résultats	Unités	Normes NA	
Nitrate No ³⁻	0,88	mg/l	50	Micro-Organismes revivifiables	à 22°C	<01	UFC/ml	100
Phosphore	00	mg/l	05		à 37°C	<01	UFC/ml	10
Ortho-phosphates	00	mg/l	/	Conformes totaux	00/100 ml		00	
Mat- Org -Acide	0,33	mg/l	05	CTT(E-Coli)	00/100 ml		00	
DBO ₅	/	mg/10 ₂	/	Streptocoques fécaux	00/100 ml		00	
DCO	/	mg/10 ₂	/	Anaérobies sulfito-réducteurs	00	S/100ml	00	
				Test de chlore	0,8	mg/l	0,2 à 0,6	

RESUMÉ

L'eau des forages de Boukhalfa représente une ressource importante d'alimentation en eau potable pour les habitants de la ville de Tizi-Ouzou. A cet effet le présent travail consiste à effectuer une étude qualitative et quantitative du point de vue physicochimique et bactériologique de l'eau des forages de Boukhalfa en se basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation et la réglementation en vigueur, ceci pour assurer la santé et le bien-être du consommateur. Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que cette eau est dure et minéralisée avec une teneur élevée en calcium et en bicarbonates par rapport aux autres ions considérés ceci est lié aux terrains traversés. Cependant, les résultats obtenus obéissent aux normes de potabilité de l'eau. Concernant l'analyse bactériologique, les résultats ont révélé l'absence totale des indicateurs de contamination fécale tels que les Coliformes totaux, fécaux et Streptocoques fécaux. On conclue que cette eau est de bonne qualité du point de vue organoleptique, physicochimique et bactériologique.

Mots clés : eau, eaux souterraines, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques, normes de potabilité.

ABSTRACT

Water from Boukhalfa drilling is an important resource of water supply for the inhabitants of the city of Tizi-Ouzou. In fact, the purpose of this work is to conduct a qualitative and a quantitative study of the physicochemical and bacteriological point of view of the water from boreholes in Boukhalfa, based on the Algerian's standards of water quality and effective regulation; all of this to ensure the health and well-being of the consumer. The results of physicochemical analyzes showed that this water is hard and mineralized with a high content of calcium and bicarbonate in comparison to other ions considered: this is because of the crossed lands. However, these results obey to the water quality standards. Concerning bacteriological analysis, the results showed the total absence of fecal contamination indicators such as total coliforms, fecal coliforms and fecal streptococcus. In conclusion, the studied water is considered of good quality in the organoleptic, physicochemical and bacteriological point of views.

Keywords: water, groundwater, physicochemical analysis, bacteriological analysis, water quality standards.