

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOULOD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ANIMALE ET VEGETALE**



Mémoire



En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Agronomie

Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

Thème

**Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique
des eaux mises en distribution de la ville de Tizi-Ouzou
(Barrage de Taksebt et forages de Boukhalfa).**

Présenté par : M^{elle} **ABDENNOUR Nadia**

M^{elle} **AIT NAMANE Theresa**

Soutenu publiquement le 13/07/2015

Devant le jury :

Président : M^r **SI TAYEB HACHIMI**

M.A.C.A à l'UMMTO

Promoteur : M^r **METAHRI M^{ed} SAID**

Maître de conférences à l'UMMTO.

Examineur : M^r **MERIDJA SAMIR**

M.A.C.A à l'UMMTO

Examineur : M^{me} **BERROUANE NAWEL**

Enseignante à l'UMMTO

• **ANNEE UNIVERSITAIRE 2014/2015**

Remerciement

Nous remercions dieu tout puissant de nous avoir donnée la force, la patience, la volonté et le courage pour réalisé ce modeste travail.

Nous tenons à remercier Mr METAHRIE M^{ed} Saïd. Maître de conférences à la faculté des sciences Agro-Bio de UMMTO., promoteur de ce mémoire, pour la confiance qu'il nous a témoigné en dirigeant ce travail, sa rigueur scientifique, sa qualité humaine, son optimisme, ainsi que ses connaissances, nous ont permis d'avancer sereinement durant cette année.

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

Nos remerciements vont aussi à Mr MERIDJA S. et à M^{ME} BERROUANE N., maîtres assistants et chargés de cours à la faculté des sciences Agro-Bio UMMTO., pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chères

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A mes très chers frères (Naçer, Karim et Mouhammed) et à ma sœur karima qui m'ont toujours soutenu et encourager

A mes supers amis pour m'avoir constamment soutenu moralement et encourager à aller de lavant faces aux difficultés et en particulier lily et lyndatus pour les inoubliables parties de rigolades, vous êtes les meilleurs.

Il est difficile de remercier toutes les personnes qui, d'une façon ou d'une autre, m'ont apporté leur aide, sans prendre le risque d'en oublier. J'espère néanmoins leur avoir fait preuve de toute ma reconnaissance à chaque fois qu'elles ont facilité mon travail, donné un coup de main, Merci.

*Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné
l'envie et la force pour mener à terme ce travail.*

Je dédie ce modeste travail

A Mes chers et respectueux parents

*Vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon attachement,
mon amour et mon affection, je vous offre ce modeste travail en
témoignage de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont vous
m'avez toujours su me combler.*

A celui qui m'a soutenue tout au long de ce projet :

mon mari Samir

A mes Frères et sœurs

A ma belle famille Mekhane

A tous mes amies en particulier Lynda et Yasmine.

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce
projet soit possible, je vous dis merci.*

Theresa.

Sommaire

Liste des tableaux

Liste fdes figures

Liste des abréviations

Chapitre 1 : Généralités sur les potentialités hydrauliques de la ville de Tizi Ouzou

Introduction générale.....	1
I. Situation géographique de la ville de Tizi-Ouzou.....	2
II. Population.....	2
III. Climat.....	2
IV. Les principales ressources en eau de la ville de Tizi-Ouzou.....	3
V. L'alimentation en eau potable de la ville de Tizi-Ouzou.....	3
VI. Description du système d'AEP de la ville de Tizi-Ouzou.....	4
VII. Pollution des eaux de la wilaya de Tizi-Ouzou.....	5
VII.1 Les différents types de pollution.....	6
VII.1.1 Pollution physique.....	6
VII.1.2 La pollution chimique	6
VII.1.3 Pollution biologique	6
VII.1.4 Pollution organique.....	6
VII.2 Les origines de la pollution des eaux de la wilaya de Tizi-Ouzou.....	7
VII.2.1 les rejets domestiques.....	7
VII.2.2 Les unités industrielles.....	7
VII.2.3 Les huileries.....	8
VII.2.4 Les stations services lavage-graissage.....	8
VII.2.5 Les décharges publiques.....	8
VII.2.6 Les abattoirs et tueries.....	8
VII.2.7 Les déchets hospitaliers.....	9
VII.2.8 Les sablières.....	9
VIII. Les maladies à transmission hydriques.....	9

Chapitre 2 : Qualité et traitement des eaux.....	11
I. paramètres globaux de la qualité des eaux.....	11
II.1 Les paramètres organoleptiques.....	11
II.1.1 Couleur.....	11
II.1.2 Odeur et goût.....	11
II.1.3 Turbidité.....	11
II.2 Les paramètres physico-chimiques.....	12
II.2.1 La température.....	12
II.2.2 Les matières en suspension.....	12
II.2.3 La conductivité.....	12
II.2.4 Le potentiel d'hydrogène.....	12
II.2.5 L'alcalinité.....	13
II.2.6 Equilibre calco-carbonique.....	14
II.2.7 La dureté.....	15
II.2.8 Minéralisation globale.....	15
II.2.9 Chlorure.....	15
II.2.10 Sodium.....	16
II.2.11 Potassium.....	16
II.2.12 Sulfate.....	16
II.3 Les paramètres bactériologiques.....	16
II.3.1 Les germes aérobies revivifiables.....	16
II.3.2 Les coliformes.....	17
II.3.3 Streptocoques fécaux.....	17
II.3.4 Clostridium sulfito-réducteur.....	17
II.3.5 Salmonelles.....	18
II.4 Les paramètres indésirables.....	18
II.5 Les paramètres de toxicité.....	19
II.5.1 Arsenic.....	19
II.5.2 Cadmium.....	19
II.5.3 Mercure.....	19
II.5.4 Plomb.....	19
II.5.5 Chrome.....	20
II.6 Les paramètres de pollution organiques.....	20

II.6.1	La demande biochimique en oxygène DBO5.....	20
II.6.2	La demande chimique en oxygène DCO.....	20
II.6.3	Azote ammoniacal.....	21
II.6.4	Les nitrites.....	21
II.6.5	Les nitrates.....	21
II.6.6	Matières organiques.....	22
II.6.7	Phosphates.....	22
II.7	Les principales différences entre une eau de surface et une eau souterraine.....	22
II.7.1	Les eaux de surface.....	22
II.7.2	Les eaux souterraines.....	23
III.	Le traitement des eaux.....	25
III.1	Prétraitement.....	25
III.1.1	Dégrossissage.....	25
III.1.1.1	Dégrillage.....	25
III.1.1.2	Macrotamisage.....	25
III.1.1.3	Dessablage.....	25
III.1.1.4	Débouillage.....	26
III.1.1.5	Microtamisage.....	26
III.1.1.6	Dégraissage et déshuilage.....	26
III.1.2	Aération.....	26
III.1.3	Préchloration	26
III.2	Traitement physico-chimique.....	27
III.2.1	Clarification	27
III.2.1.1	La coagulation/floculation.....	27
III.2.1.2	La décantation.....	28
III.2.1.3	Flottation.....	28
III.2.1.4	La filtration.....	28
III.3	La désinfection	28
III.3.1	Différents modes de désinfection.....	29
III.3.1.1	Désinfection par le chlore et dérivés.....	29
III.3.1.1.1	Action du chlore sur les constituants de l'eau.....	29
III.3.1.1.1.1	Réactivité du chlore vis-à-vis de la matière minérale	29
a.	Azote ammoniacal.....	30

b. Fer et manganèse.....	30
III.3.1.1.1.2 Action du chlore sur les matières organiques.....	30
III.3.1.1.1.3 Action du chlore sur les micro-organismes.....	30
III.3.1.1.2 Désinfection par le dioxyde de chlore.....	31
III.3.1.1.3 Ozone(O ₃).....	31
III.3.1.1.4 Les rayonnements ultra-violets (UV).....	31
Chapitre 1 : matériel et méthodes.....	32
Introduction	32
I. Présentation du laboratoire de l'ADE.....	32
II. Echantillonnage.....	32
II.1 Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques.....	32
II.2 Echantillons destinés aux analyses bactériologiques.....	32
III. Méthodes d'analyse.....	33
III.1 Méthodes d'analyse physico-chimiques.....	33
III.1.1 Méthode d'analyse volumétrique.....	34
III.1.2 Méthode d'analyse spectrophotométrique	34
III.1.3 Méthode d'analyse photométrique.....	35
III.2 Méthode d'analyse bactériologique	35
III.2.1 Dénombrement sur membrane filtrante	35
III.2.2 Méthode de dénombrement par inoculation sur milieu liquide.....	36
III.2.3 Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C et à 22°C.....	36
a. Méthode de dénombrement par filtration sur membrane.....	38
b. Méthode de dénombrement par inoculation en milieu liquide.....	40
III.2.5 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	41
a. Méthode par filtration sur membrane.....	41
b. Méthode de dénombrement sur milieu liquide.....	42
III.2.6 Recherche et dénombrement des spores de <i>Clostridium</i> sulfito- réducteur	44
c. Méthode par incorporation en gélose.....	44

Chapitre II : résultats et discussions.....	45
I. Interprétation des résultats physico-chimiques.....	45
I.1 La température	45
I.2 Le Ph.....	45
I.3 La conductivité	46
I.4 Turbidité.....	47
I.5 Calcium (Ca^{2+}).....	47
I.6 Le magnésium (Mg^{2+}).....	48
I.7 La dureté (TH)	48
I.8 Les chlorures (Cl^-).....	49
I.9 Sodium (Na^+)	49
I.10 Potassium (K^+).....	50
I.11 Sulfates (SO_4^{2-})	50
I.12 Bicarbonates (HCO_3^-).....	51
I.13 Fer ferreux (Fe^{2+})	51
I.14 Ortho-Phosphates.....	52
I.15 Matières organiques acide (MO).....	52
I.16 Ammonium (NH_4^+)	53
I.17 Nitrites (NO_2^-)	53
I.18 Nitrates (NO_3^-).....	54
I.19 Contrôle de la désinfection (test du chlore).....	55
II. Interprétation des résultats bactériologiques.....	55
II.1 Les micro-organismes revivifiables.....	57
II.2 Les Coliformes totaux et <i>Escherichia-Coli</i>	57
II.3 Les Streptocoques fécaux.....	57

II.4 Les Clostridium sulfito- réducteurs.....	57
Conclusion.....	58
Conclusion générale.....	59
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 1 - Evolution de la population de la ville de Tizi-Ouzou	2
Tableau 2 - Situation général de l'AEP de la ville de Tizi-Ouzou.	4
Tableau 3 - Les conduites d'adduction de la chaine de BOUKHALFA.	5
Tableau 4 - Unités industrielles polluantes de la wilaya de Tizi-Ouzou	7
Tableau 5 - Nombre d'huileries au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou.	8
Tableau 6 - Sites et charges polluantes au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou.	8
Tableau 7 - Etablissements de santé de la wilaya de Tizi-Ouzou charge polluante.	9
Tableau 8 - les principales maladies d'origine hydrique et leurs agents pathogènes.	10
Tableau 9 - Classe de turbidité usuelle.	12
Tableau 10 - Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique.	13
Tableau 11 - Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique.	13
Tableau 12 - Classification des eaux selon de leur pH.	13
Tableau 13 - Qualité de l'eau en fonction de la dureté.	15
Tableau 14 -Principaux éléments indésirables et leurs effets.	18
Tableau 15 - Qualité de l'eau en fonction de la DBO.	20
Tableau 16 - Biodégradabilité des eaux résiduaires.	21
Tableau 17 - données sur les éléments caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines.	24
Tableau 18 - Valeurs des températures (°C)	45
Tableau 19 - valeurs du pH.	46
Tableau 20 - Teneurs en conductivité (µs/cm)	46
Tableau 21 - Turbidité (NTU)	47
Tableau 22 - Teneurs en calcium (mg/l)	47

Tableau 23- Teneurs en magnésium (mg/l)	48
Tableau 24- Les teneurs de la dureté (mg/l de CaCO ₃).	48
Tableau 25 - Les teneurs en chlorures (mg/l).	59
Tableau 26 - Teneur en sodium (mg/l).	50
Tableau 27 - Teneurs en potassium (mg/l).	50
Tableau 28 - Teneur en sulfates (mg/l).	51
Tableau 29 - Les teneurs en bicarbonates (mg/l).	51
Tableau 30 - Teneurs en fer ferreux (mg/l).	52
Tableau 31 - Teneurs en ortho-phosphates (mg/l).	52
Tableau 32 - Teneurs en matières organiques (mg/l).	53
Tableau 33 - Teneurs en ammonium (mg/l).	53
Tableau 34 - Teneurs en nitrite (mg/l).	54
Tableau 35 - Teneurs en nitrates (mg/l).	54
Tableau 36 - Dosage du chlore (mg/l).	55
Tableau 37 - récapitulatif des résultats d'analyses effectuées sur l'eau du barrage de Taksebt.	56
Tableau 38 -: récapitulatif des résultats d'analyses effectuées sur l'eau des forages de Boukhalfa.	56

Liste des figures

Figure 01: Courbe du break point ($\text{NH}_4^+ = 1 \text{ mg/l}$)

30

Liste des abréviations

µg :	microgramme.
µS :	micro-siémens.
AEI :	Alimentation En eau d'Industrie.
AEP :	Alimentation En eau Potable.
AGRO :	Agroalimentaire.
an :	année.
B.C.P.L :	Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol.
BEA :	Bile Esculine Azoture.
B.L.V.B :	Bouillon Lactosé Bilié au Vert.
BPC :	Biphényles Polychlorés.
C :	Degré Celsius.
C.E :	Conductivité Electrique.
CGP	Cocci à Gram Positif.
CHIMI :	Chimie
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 Violet et l'Azide de sodium.
g :	gramme.
g/j/hab :	Gramme par jour par habitant.

g/l	gramme par litre.
h :	hectare.
hm ³ :	hectomètre cube.
ISO :	International Standards Organization.
kg/lit/jour :	Kilogramme par litre par jour.
km :	Kilomètre.
km ² :	Kilomètre carré.
KML :	Kilomètre Linéaire
L/J/Hab :	Litre par jour par Habitant.
l/s :	Litre par seconde.
l:	Litre.
LM :	Limite Maximale.
m :	mètre.
m ³ :	mètre cube.
m ³ /j :	mètre cube par jour.
MECA :	Mécanique.
MES :	Matiere En Suspension.
mg :	milligramme.
mg/l	milligramme par litre
mm :	millimètre.
ml :	millilitre.
MTH :	Maladies à Transmission Hydrique.
NA :	Normes Algériennes.
NF :	Norme Française.
NPP :	Nombre le Plus Probable.
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé.
NTU :	Unité de Turbidité Néphélogométrique.

PACA :

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.

INTRODUCTION GENERALE

Une eau saine est nécessaire à la vie à l'hygiène et à la prévention de maladie à transmission hydrique. Elle constitue aussi un patrimoine d'une nation. L'eau est une préoccupation constante de toutes les époques et de tous les lieux. Jadis on s'interrogeait sur la pureté microbiologique des eaux, de nos jours on s'inquiète non seulement de sa qualité microbiologique mais aussi de ses caractéristiques physico-chimiques. Au cours des dernières décennies, les problèmes relatifs à la protection et à l'utilisation des ressources en eau se sont accentués dans le monde. Les problèmes d'eau affectent aussi bien les pays en voie de développement, aux ressources économiques limités, que les pays développés (GARTET *et al*, 2001).

Les ressources naturelles en eau sont constituées d'eaux souterraines et superficielles. Elles sont prélevées pour être destinées à la consommation humaine, l'agriculture ou l'industrie.

Ces eaux sont susceptibles de contenir des substances diverses, de nature physico-chimique (sels minéraux, matières en suspension, micropolluants organiques et minéraux) et de nature biologique (bactéries, virus, parasites, ...). Certains de ces éléments peuvent non seulement dégrader la qualité organoleptique de ces eaux mais aussi créer des problèmes de santé publique (BEAUDRY, 1984). Il est donc indispensable de caractériser précisément la composition de ces eaux pour cerner les paramètres à corriger et prévoir le traitement adéquat.

L'objectif de ce travail consiste à faire une comparaison entre l'eau des forages de Boukhalfa et l'eau du barrage de Taksebt, et cela en se basant sur les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques pour déterminer la différence de qualité existante entre ces deux ressources.

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 potentialités hydrauliques de la ville de Tizi-Ouzou
- Deuxième chapitre est consacré à l'étude de la qualité des eaux et leur traitement.

La deuxième partie est réservée à l'étude expérimentale portant deux chapitres :

- Premier chapitre : matériel et méthodes.
- Deuxième chapitre : résultats et discussions

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 400h/km². Le réseau hydrographique renferme deux grands bassins versants à savoir le bassin de l'Oued Sébaou et le bassin côtier.

La principale ressource en eau potable de la Wilaya provient de :

- La nappe alluviale de l'Oued Sébaou : 28% ;
- Les ressources superficielles (barrages) : 67% ;
- Les ressources superficielles prise d'eau : 4,6% ;
- Le dessalement : 0,4 %.

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).

I. Situation géographique

Couvrant une superficie de 10236 ha, soit 3,46% de la superficie totale de la wilaya, Tizi-Ouzou occupe une position géographique exceptionnelle pour plusieurs raisons. Elle est localisée au cœur de la grande Kabylie et au centre de la wilaya. Elle est bordée au Nord par les communes de Sidi Naâmane et Ait Aissa Mimoun, à l'Est par les communes Oueguenoun et Tizi Rached, au Sud par les communes d'Irdjen, Beni Aissi, Beni Zmenzer et Souk el Tenine et à l'Ouest par les communes de Draa Ben Khedda et Tirmatine.

II. Population

Le tableau suivant présente l'évolution de la population de la ville de Tizi-Ouzou durant 5 période :

Tableau 1 : évolution de la population de la ville de Tizi-Ouzou (DPAT ,2012).

Année	Prévision de la DPAT					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Population urbaine	475 117		490 161	501 486	510 751	520 200

III. Climat

Le climat de la région relève du type méditerranéen aux étés chauds et secs contrastant avec des hivers humides et froids car elle se situe sur la zone de contact entre la masse d'air polaire et tropicale.

Le climat n'est pas homogène à travers toute la wilaya du fait de l'hétérogénéité des régions et des micros climat qui sont propres à chacune d'elle

La moyenne pluviométrique est de 800 mm par an et de type orageux.

Le ruissellement est très intense (1 milliard de m³ par an).

La neige représente un potentiel hydrique important notamment sur le DJURDJURA et l'extrémité orientale du massif central de la wilaya (ANRH 2012).

IV. Les principales ressources

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

La wilaya recèle d'un potentiel important en eaux de surface ; dont une infime partie qui est seulement mobilisée. 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 5.59hm³(DHWT, 2012).
- **Les ressources en eau souterraines :** 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 1000mm/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 27hm³ ; 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 ; située en majeure partie sur le flanc Nord de Djurdjura, généralement utilisés 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).

V. 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 de l'Oued Sébaou ainsi que par le barrage de Taksebt doté de deux stations de traitement.

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 2 : 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 m ³	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 m ³	36800
Dotation journalières (L/J/Habitant)	290
Taux de satisfaction	100
Taux de raccordement	100

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

Le réseau d'adduction de la ville de Tizi-Ouzou est très complexe à partir de plusieurs champs de captages, en plus du barrage de Taksebt, par une série d'adductions qui alimentent une multitude de réservoirs par le biais d'une ou plusieurs stations de pompage.

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.

A ces trois principales chaînes d'alimentation en eau potable s'ajoute l'alimentation de la ville par le barrage de Taksebt.

Dans notre étude nous nous intéressons aux deux chaînes d'alimentation de la ville de Tizi-Ouzou à savoir le barrage de TAKSEBT et le champ de captage de BOUKHALFA décrits comme suit :

VI.1 Barrage de TAKSEBT

Dans le cadre du renforcement du système d'AEP de la ville de Tizi-Ouzou, une conduite de refoulement a été réalisée par le DHW pour renforcer la ZHUM, allant vers la station bastos, à partir de cette dernière, deux conduites de refoulement alimentent le réservoir CASERNE (500m³) et les deux réservoirs (2×1500m³) de Azib Ahmed (ADE, 2010).

VI.2 Champs de captage de BOUKHALFA

Il est situé à l'ouest de la ville de Tizi-Ouzou en contrebas de la ville de Boukhalfa. (dix-neuf forages).

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

Le tableau 3 présente les conduites d'adduction de la chaîne de BOUKHALFA :

Tableau 3 : 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

VII. Pollution des eaux de la wilaya de Tizi Ouzou

La pollution des eaux souterraines ou de surface peut être appréciée relativement à des normes établies régissant leur qualité physico-chimique et bactériologique. Elle peut être le résultat d'une détérioration des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques du milieu naturel ou écosystème, généralement, suite à une surcharge due à un apport excessif incontrôlé de certains éléments dans de fortes concentrations ; ou suite à un apport d'éléments toxiques même à des teneurs très infimes (DJEMAI et MESBAH, 2008).

Présentement les cours d'eau en Algérie, sont les réceptacles de déchets urbains, et industriels comprenant de nombreuses substances toxiques de synthèse que les processus naturels ne réussissent pas à décomposer. Même en quantité minime, quelques-unes de ces substances peuvent être très dommageables (DJEMAI, 1985).

Tel est le cas de l'oued Sébaou et ses affluents qui reçoivent non seulement toutes sortes de rejets domestiques, industriels et agricoles mais aussi de déchets de toutes natures souvent par le biais de décharges publiques incontrôlées (DJEMAI et MESBAH, 2008).

VII.1 Les différents types de pollution

VII.1.1 Pollution physique

Les deux principaux agents physiques de pollution sont :

- **La chaleur** : par élévation de température de l'eau, surtout de surface qui provoque le développement des micro-organismes comme les algues.
- **La radioactivité** : est potentiellement le plus dangereux des polluants physiques.

La radioactivité des eaux naturelles peut être d'origine naturelle qui sont issue des roches (uranium, radium) ou artificielle (industries: énergie nucléaire).

Les conséquences d'une contamination radioactive sont graves et multiples, surtout lorsqu'il s'agit de produit a très longues durées de vie (la période du plutonium est de 24000 ans). Les dommages causés par l'accumulation de radioélément dans l'organisme se présentent sous forme de lésions biologiques (irradiation, brulures, cancers, etc.) et par des répercussions d'ordre génétiques graves (BOUZIANI, 2000).

VII.1.2 La pollution chimique

L'eau par son pouvoir dissolvant élevé, dissout les substances rejetées par l'activité humaine. Les polluants chimiques sont nombreux et d'origine diverse (sels minéraux dissous, métaux lourds, pesticides, détergents et hydrocarbures).

Le nombre de polluants chimiques ne cesse de se multiplier, notamment les détergents et les pesticides. Ils font l'objet d'une surveillance particulière à travers le monde et les normes internationales récentes fixent pour les insecticides et les métaux lourds, des limites tolérables dans l'eau de plus en plus basses (CASTANY, 1982).

VII.1.3 Pollution biologique

L'eau sert d'habitat naturel ou comme moyen de transport de nombreux micro-organismes. Leur multiplication dans l'eau de boisson constitue généralement une menace pour la santé humaine surtout lorsque cette pollution est constituée de germes ou de parasites virulents.

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont les bactéries, les virus, les parasites, les champignons et les algues. On parle ainsi de pollution, bactérienne, virales ou parasitaire (BOUZIANI, 2000).

VII.1.4 Pollution organique

La pollution organique réfère aux substances polluantes contenant du carbone tel les BPC, organochlorés comme les DDT, etc... Ces substances se dégradent très lentement, très toxiques à long terme.

On emploie aussi ce terme pour identifier les pollutions contenant de la matière organique (fécales, boues, résidus de bois, etc...), celles-ci s'appellent les matières organiques biodégradables.

- Inclut des composés naturels comme les hydrates de carbone et les protéines.
- Inclut certains déchets industriels.

Elle engendre une diminution de la teneur en oxygène dissous, due à la décomposition de la matière organique par les bactéries, les organismes aquatiques vont donc en souffrir. L'oxygène dissous étant consommé, il ne reste place que pour la dégradation anaérobie, qui libère des gaz toxiques et nauséabonds (Olivier, 1997).

VII.2 Les origines de la pollution des eaux de la wilaya de Tizi-Ouzou

VII.2.1 les rejets domestiques

Parmi les diverses sources de pollution qui participent à la détérioration de la qualité des eaux de surface et souterraines, les rejets d'eaux usées représentent la source la plus importante.

D'après l'agence des bassins côtiers Algérois, le nombre de points de rejet dans la wilaya est de 1465 pour une population de (1044571 habitants) et un volume d'eaux rejetées de 162543 m³/j. (DJEMAI et MESBAH, 2008)

La charge polluante d'un effluent industriel ou mixte est calculée en admettant que chaque habitant produit 54 grammes par jour (54g/j) de charge polluante entraînée à l'égout en suspension ou en solution. La charge polluante engendrée par les rejets domestiques dans le bassin du Sébaou est de 62 344 754 g/j/hab. (ANONYME, 2005).

VII.2.2 Les unités industrielles

La wilaya de Tizi-Ouzou comptabilise 105 unités industrielles polluantes dont les rejets épurés ou non aboutissent dans l'oued Sébaou (Tableau 4). La composition des rejets diffère d'une unité à une autre selon que l'eau est utilisée comme matière première (facteur de production) ou comme outil de production (eau de refroidissement). Le tableau ci-dessous indique que seulement 36 rejets sont épurés soit 34% du total, ce qui nous renseigne sur les risques que peuvent occasionner les rejets non traités. (DJEMAI et MESBAH, 2008).

Tableau 4 : Unités industrielles polluantes de la wilaya de Tizi-Ouzou (agence des bassins versants). (DJEMAI MESBAH, 2008)

	Branche d'activité	Nombre d'unité industrielle	Lieu de rejet	Nombre et nature du rejet	
				Brute	Epuré
Wilaya Tizi-Ouzou	AGRO	39	Oued Sebaou	27	12
	MATC	28	Oued Sebaou	16	12
	CHIMI	8	Oued Sebaou	7	1
	PACA	3	Oued Sebaou	3	0
	ELEC	5	Oued Sebaou	2	3
	MECA	2	Oued Sebaou	2	0
	BOIS	4	Oued Sebaou	2	2
	META	4	Oued Sebaou	4	0

VII.2.3 Les huileries

Le nombre d'huileries au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou est de 704 et dont les rejets aboutissent dans l'oued Sébaou et ses affluents. (Tableau 5). (DJEMAI et MESBAH, 2008).

Tableau 5 : nombre d’huileries au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou (source, agence des bassins versants). (DJEMAI et MESBAH, 2008)

Wilaya Tizi-Ouzou	Nombre d’huilerie	Quantité d’olives triturées en quintaux	Charge polluante (eq/hab)	Lieu de rejet (Exutoire)
	704	886 120	44 306 000	Oued Sébaou

VII.2.4 Les stations-services lavage-graissage

La wilaya de Tizi-Ouzou compte 81 stations-service-lavage et graissage . Les rejets émanant de ces stations sont très polluants et peuvent endommager la qualité des eaux de surface et souterraines. (DJEMAI et MESBAH, 2008).

VII.2.5 Les décharges publiques

La wilaya de Tizi-Ouzou totalise un nombre de 55 décharges publiques dont 23 sont brutes contrôlées et 32 sauvages non contrôlées qui reçoivent 779 tonnes/jour de déchets domestiques traités par la méthode d’incinération. La plupart de ces décharges exploitées, en particulier les décharges brutes autorisées par les APC, ne répondent pas aux critères de préservation de l’environnement du fait de leur emplacement, ou de la gestion des déchets. (DJEMAI et MESBAH, 2008)

VII.2.6 Les abattoirs et tueries

Le bassin versant de l’oued Sébaou compte 19 abattoirs et tueries avec une quantité abattue de 29 344 T/an (Tableau 6). (DJEMAI et MESBAH, 2008)

Tableau 6: Sites et charges polluantes des abattoirs et tueries au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou. (DJEMAI MESBAH, 2008)

Wilaya Tizi-Ouzou	Types	Nombre de site	Quantité abattue(T/an)	Charge polluante (Eq/hab)	Lieu de rejet (Exutoire)
	Abattoirs	2	8917	3 566 800	Oued Sébaou
	Tuerie avicole	4	838	335 200	
	Tuerie	13	19589	7 835 600	
Total		19	29344	11 737 600	

VII.2.7 Les déchets hospitaliers

Les déchets hospitaliers ne sont pas en reste dans la wilaya de Tizi-Ouzou. En effet, avec une dizaine (10) d’établissements fonctionnels (Tableau 7), la quantité de déchets produite quotidiennement est de 1223 kg/1223lit/jour. Ces déchets sont en principe incinérés au niveau des établissements respectifs. (DJEMAI et MESBAH, 2008).

Tableau 7: charges polluantes des établissements de santé de la wilaya de Tizi-Ouzou. (DJEMAI et MESBAH, 2008).

Wilaya Tizi-Ouzou	Type et nombres des établissements hospitaliers			Nombre d'incinérateurs	
	Service sanitaire	CHU	EHS	Fonctionnel	Non fonctionnel
	8	1	1	10	0
	Nombre de lits organisés			Quantité de déchets (kg/jour)	
	1223			1223	

VII.2.8 Les sablières

Le sable étant le matériau de construction de base, en 1970, la wilaya et la direction de l'hydraulique de la wilaya de Tizi-Ouzou ont autorisé conjointement un certain nombre d'entreprises à extraire des volumes donnés pour répondre aux besoins des programmes de construction à travers la wilaya de Tizi-Ouzou.

Présentement, la sécheresse aidant, la situation n'est plus propice pour cette activité, du fait du non renouvellement conséquent des volumes extraits; entraînant ainsi une destruction et une réduction du volume de l'aquifère. De plus, les huiles des engins ou tout autre rejet nocif peuvent contribuer à la pollution de la nappe alluviale à travers l'infiltration des eaux stagnantes dans des excavations qui ne sont généralement jamais refermées. (DJEMAI et MESBAH, 2008).

VIII. Les maladies à transmission hydriques

Les maladies à transmission hydrique (MTH) recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination : l'eau (BOUKHRIS et SOUKEHAL, 2001).

Le tableau 8, résume les principales maladies à transmission hydriques ainsi que leurs agents pathogènes :

Tableau 8 : les principales maladies d'origine hydrique et leurs agents pathogènes (HASLAY et LECLERC, 1993).

Maladies	Agents
<p>Origine bactérienne</p> <p>Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes</p> <p>Dysenteries bacillaires</p> <p>Choléra</p> <p>Gastro-entérites aiguës et diarrhées</p> <p>Pneumonies</p>	<p><i>Salmonella typhi</i></p> <p><i>Salmonella paratyphi A et B</i></p> <p><i>Shigella</i></p> <p><i>Vibrio cholerae</i></p> <p><i>Escherichia coli entérotoxigène</i></p> <p><i>Campylobacter jejuni/coli</i></p> <p><i>Yersinia enterocolitica</i></p> <p><i>Salmonella sp.</i></p> <p><i>Shigella sp.</i></p> <p><i>Legionella pneumophila</i></p>
<p>Origine virale</p> <p>Hépatite A et E</p> <p>Poliomyélite</p> <p>Gastro-entérites aiguës et diarrhées</p>	<p><i>Virus hépatites A et E</i></p> <p><i>Virus poliomyélitique</i></p> <p><i>Virus de Norwalk</i></p> <p><i>Rotavirus</i></p> <p><i>Astrovirus</i></p> <p><i>Calicivirus</i></p> <p><i>Coronavirus</i></p> <p><i>Entérovirus</i></p> <p><i>Adénovirus</i></p> <p><i>Réovirus</i></p>
<p>Origine parasitaire</p> <p>Dysenteries amibiennes</p> <p>Gastro-entérites</p>	<p><i>Entamoeba histolytica</i></p> <p><i>Giardia lamblia</i></p> <p><i>Cryptosporidium</i></p>

Le traitement d'une eau brute dépend 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 car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et, si nécessaire, de le moduler dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants.

I. Les paramètres globaux de la qualité des eaux

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

II.1 Les paramètres organoleptiques

II.1.1 Couleur

La couleur d'une eau résulte de la présence de matières colorantes d'origine naturelle telle que la dégradation des matières végétales (bois, lignine), des matières organiques colorantes, exemple : acide humique, acide fulvique et des ions minéraux (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{2+} , ...).

L'intensité de la couleur dépend non seulement de la concentration des matières colorantes, mais aussi du pH et de la turbidité.

II.1.2 Odeur et goût

Les principaux corps pouvant donner à l'eau une saveur désagréable sont : le fer et le manganèse, le chlore actif, le phénol et les chlorophénols.

La saveur se développe avec l'augmentation de la température.

Les odeurs sont dues notamment : au plancton, les algues mortes pour les eaux de rivières, à H_2S pour les eaux souterraines, odeur disparaissant généralement après aération, aux matières organiques. (DUPONT, 1981)

Les problèmes de goûts et d'odeurs générés par les algues bleues et les *Actinomycètes* sont les plus difficiles à traiter par les méthodes conventionnelles. (MDEP, 2015)

II.1.3 Turbidité

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

Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU comme le montre le tableau 9 (JEAN-CLAUDE, 1991)

Tableau 9: Classe de turbidité usuelle. (RODIER *et al*, 2009).

Valeurs (NTU)	Qualité des eaux
NTU <5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

II.2 Les paramètres physico-chimiques

II.2.1 La température

Connaitre la température des eaux superficielles destinées à la production d'eau potable est essentielle pour appréhender leurs réactions physico-chimiques et biologiques (BOURRIER et SELMI, 2011).

En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH et pour la connaissance de l'origine de l'eau. De plus la vitesse des réactions chimiques et biochimiques varie en fonction de la température de l'eau. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond. (RODIER *et al*, 2005).

II.2.2 Les matières en suspension

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques insolubles dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. (DE VILLERS *et al.*, 2005).

Les MES, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de charge polluante. (BOURRIER et SELMI, 2011).

Les matières en suspensions influent sur la chloration. Elles diminuent l'action du chlore en protégeant les bactéries contre l'action de cet oxydant. (BOUSQUET et SOUCHET, 1982).

II.2.3 La conductivité

Toute eau est plus ou moins conductrice du courant électrique. Cette conductivité est liée à la présence des ions et augmente avec la température et la concentration en sel dissous. (PERMO, 1981). La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Le tableau 10 présente la qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

Tableau 10: Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (NALCO, 1983)

Conductivité électrique (exprimé en $\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité de l'eau
50 à 400	Excellente
400 à 750	De bonne qualité
750 à 1500	Médiocre mais eau utilisable
> à 1500	Minéralisation excessive

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. (RODIER, 1984). Comme le montre le tableau suivant

Tableau 11: Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique.

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
$CE < 100 \mu/\text{cm}$	Minéralisation très faible
$100 < C.E < 200 \mu/\text{cm}$	Minéralisation faible
$200 < C.E < 333 \mu/\text{cm}$	Minéralisation moyenne
$333 < C.E < 666 \mu/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
$666 < C.E < 1000 \mu/\text{cm}$	Minéralisation importante
$C.E < 1000 \mu/\text{cm}$	Minéralisation élevée

II.2.4 Le potentiel d'hydrogène

Le pH est le paramètre essentiel pour qualifier l'acidité et la basicité d'une solution aqueuse. Il est fonction de la quantité d'acide ou de base présente dans la solution, et du degré de dissociation de l'acide ou de la base, facteur se traduisant tous deux par l'activité des ions grammes H^+ ou OH^- (BOURRIER et SELMI, 2011).

La classification des eaux d'après leur pH est la suivante :

Tableau 12 : classification des eaux selon de leur pH (DEGREMONT, 2005).

pH	Classe	Remarque
<5	Acidité forte	Présence d'acides minéraux ou organique
$7 < \text{pH} < 8$	Neutralité approchée	Majorité des eaux de surface
$5.5 < \text{pH} < 8$	-	Majorité des eaux souterraines
$\text{pH} \geq 8$	Alcalinité forte	Evaporation intense

II.2.5 L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogencarbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^{2-}), d'ions hydroxydes (OH^-) et d'une façon plus limitée, aux ions silicates (HSiO_3^{2-}), phosphates (PO_3^{4-}) ou encore aux espèces moléculaires des acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité, exprimée en HCO_3^- , varie de 10 à 350 mg/l (RODIER *et al*, 2005). La norme ISO 9963 définit différents types d'alcalinité:

- **Le titre alcalimétrique complet (TAC):** qui correspond à l'alcalinité totale au pH de 4,5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- ;

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

- **Le titre alcalimétrique (TA):** qui correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} ;

$$\text{TA} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

(REJSEK, 2002 ; DUGUET *et al*, 2006).

II.2.6 Equilibre calco-carbonique

La répartition du CO_2 dans l'eau provenant essentiellement de la dissolution du CO_2 atmosphérique, de la respiration des êtres vivants aquatique et de la dissolution des roches calcaires, peut être représentée comme suit :

$$[\text{CO}_2]_{\text{total}} = [\text{CO}_2]_{\text{libre}} + [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

Ces trois formes de CO_2 sont en équilibres constant



Si la concentration en CO_2 libre augmente, l'équilibre évolue dans le sens de la dissolution des calcaires. La tuyauterie des réservoirs de distribution est ainsi dépourvue de sa couche protectrice (dépôt de CaCO_3), ce qui favorise la corrosion et éventuellement la turbidité. On est en présence d'une eau dite agressive.

Si la concentration en CO_2 libre diminue, l'équilibre évolue dans le sens de la précipitation des calcaires. Dans ce cas la tuyauterie des réseaux de distribution se recouvre d'une couche protectrice de CaCO_3 . On est en présence d'une eau dite incrustante. (DIVET et SCHULHOF, 1980)

II.2.7 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)

Le tableau 13 montre la qualification de l'eau en fonction des valeurs de la dureté.

Tableau 13: qualité de l'eau en fonction de la dureté

Dureté (mg/l CaCO ₃)	Qualification de l'eau
0-30	Très douce
31-60	Douce
61-120	Moyennement douce
121-180	Dure
>180	Très dure

II.2.8 Minéralisation globale

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

Une minéralisation excessive donne un goût salé et peut avoir des effets laxatifs. La minéralisation des nappes d'eau souterraine dépend tout d'abord des roches traversées. Il y a bien sûr des variations saisonnières et d'une année sur l'autre (BONNIN, 1982).

Les eaux souterraines profondes ont une minéralisation plus stable dans le temps et plus importante que les eaux moins profondes.

II.2.9 Chlorure

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

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

Les normes Algériennes préconisent pour les chlorures une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

Une présence excessive des chlorures dans l'eau d'alimentation, la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution. (BERNE, 1972).

II.2.10 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.

Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau. Il ne faut pas qu'il dépasse 200 mg/l ; cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtre et prennent un goût désagréable. (TARDAT-HENRY, 1992).

II.2.11 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 soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau (TARDAT-HENRY et BEAUDRY, 1984).

II.2.12 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. (BREMONT et VUICHARD, 1973). Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable. (TARDAT- HENRY, 1992).

Les normes Algériennes préconisent pour les sulfates une concentration maximale acceptable de 200 mg/l (SO_4^{-2}) et une concentration maximale admissible de 400 mg/l (SO_4^{-2}) (PAUL. 1998).

II.3 Les paramètres bactériologiques

II.3.1 Les germes aérobies revivifiables

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

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

Ces microorganismes ne présentent pas d'effets directs sur la santé, mais une concentration trop importante peut entraîner des problèmes d'ordre organoleptique et le

dénombrement de la flore totale permet d'évaluer la densité bactérienne globale. Une faible valeur est le témoin de l'efficacité du traitement et de l'intégrité du système de distribution (DUGUET *et al.*, 2006). Leur nombre est exprimé en nombre d'unités formant colonies par ml d'eau (UFC/ml) (DELARRAS, 2007).

II.3.2 Les coliformes

Les coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le terme «coliforme» correspond à organismes en bâtonnets, non sporogène, Gram-négatifs, oxydase négatif, aéro-anaérobies facultatif, capable de fermenter le lactose (et mannitol) avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37 °C. (RODIER, 2005).

Coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, forment un sous-groupe de coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermotolérants détectés (CHEVALIER, 2003). Il se rencontre dans les matières fécales humaines ou animales, les eaux usées, les eaux de surface polluées (FIGARELLA et LEYRAL, 2002). La présence de coliformes thermotolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau. *E. coli* est l'espèce la plus représentée dans la flore intestinale de l'homme et des animaux (RICHARD, 1996; FIGARELLA et LEYRAL, 2002; RODIER *et al.*, 2005; EL HAISSOUFI *et al.*, 2011).

II.3.3 Les streptocoques fécaux

Il s'agit de cocci à Gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes plus ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène. (BERNE, 1972).

Ils se répartissent en 2 genres *Streptococcus* et *Enterococcus*. La plupart des espèces appartiennent au genre *Enterococcus*. Leur recherche dans le milieu hydrique présente un intérêt certain, car leur comportement diffère nettement de celui des coliformes. Leur caractère de bacilles Gram+ leur confère une bonne résistance dans les milieux hydriques (eaux douces et marines). Ce qui permettrait la mise en évidence de pollutions plus anciennes.

Cette résistance serait d'ailleurs comparable à celle des virus entériques. Ils sont également plus résistants à la désinfection, ce qui présente un intérêt en tant qu'indicateur d'efficacité de traitement, et ne présentent pas (contrairement aux coliformes) de phénomènes de croissance dans les réseaux de distribution. Par contre une partie des espèces est peu spécifique des contaminations fécales (JESTIN, 2006).

II.3.4 Les clostridiens sulfite-réducteurs

Clostridium sulfite-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (ARMAND, 1996).

Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure.

La forme sporulée des Clostridium sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (BOURGEOIS et MESCLE, 1996).

II.3.5 Salmonelles

Les Salmonelles appartiennent à la famille des *Entérobacteriaceae*, bacille à Gram négatif, anaérobie facultatif, habituellement mobiles grâce à une ciliature péritriche, mais des mutants immobiles peuvent exister (BOURGEOIS et MESCLE, 1996).

Les sérotypes adaptés à l'homme sont: Salmonella. Typhi et sérotypes S. paratyphi A et S. Sendai, responsables de la fièvre typhoïde humaine.

Les Salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varient énormément (RODIER, 2009).

II.4 Les paramètres indésirables

En général, les éléments indésirables des eaux potables sont présents dans le tableau 14.

Tableau 14 : Principaux éléments indésirables et leurs effets.

Éléments indésirable	Origines	Effets	LM (µg/l)	Références
Aluminium (Al)	<ul style="list-style-type: none"> - Roche, sol ; - Industrielle : métallurgie, alumine et pétrochimique. 	Encéphalopathies myoclonique chez les patients insuffisants rénaux.	200 µg/l	VILAGINE, 2003 ; CHERY, 2004
Cuivre (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> - Industrielles : métallurgie, traitement de surface et galvanoplastie ; - Corrosion des tuyaux. 	Goût désagréable ; Noircissement de certaines denrées après cuisson ; - Cirrhose.	2 mg/l	VILAGINE, 2003 ; CHERY, 2004 RODIER et al, 2005.
Fer (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> Naturelle : eaux souterraines et roches sédimentaires ; - Industrielle (minière et métallurgie) - Lessivage des dépôts d'ordures 	<ul style="list-style-type: none"> - Coloration rouge et goût métallique ; - Odeur de poisson pourri ; Obstruction des canalisations Tache de rouille (industrie textile...) 	200 µg/l	VILAGINE, 2003 ; CHERY, 2004

Manganèse (Mn)	- Naturelle (sols bruns, pyrite) ; - Industrielle (verrerie, teinturerie)	Goût désagréable ; formation d'une couche noire dans les canalisations.	50µg/l	VILAGINES,2003 ; CHERY,2004 RODIER <i>et al</i> , 2005
-----------------------	--	--	--------	--

LM : limite maximale préconisée par le décret français n°2001-1220 du 20/12/2001

II.5 Les paramètres de toxicité

II.5.1 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).

II.5.2 Cadmium

D'une façon générale, les eaux ne contiennent que quelques microgrammes de cadmium par litre. Lorsque des teneurs plus élevées sont rencontrées dans les eaux superficielles ou les eaux de nappes phréatiques, l'origine du cadmium doit être recherchée dans les effluents industriels (galvanoplastie, en particulier). Le cadmium peut aussi être entraîné par les pluies à partir des fumées industrielles. Il peut aussi provenir de sa dissolution à partir de certaines canalisations galvanisées ou en matière plastique. (RODIER *et al*, 2005). Le cadmium s'accumule principalement dans le foie et dans les reins entraînant à long terme des atteintes rénales, un ralentissement de l'élimination urinaire et d'éventuels effets hypertensifs (VILAGINES, 2003).

II.5.3 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).

II.5.4 Plomb

Le plomb (Pb) peut être présent naturellement même si des eaux naturelles avec présence de plomb sont assez rares. Les principales sources d'émission du plomb sont les industries du plomb et surtout le trafic routier. Par ailleurs, la présence de plomb dans l'eau distribuée pour la consommation humaine peut provenir de tuyauteries anciennes contenant du plomb (BOUCHESEICHE *et al.*, 2002).

II.5.5 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 III) et le chrome hexavalent (Cr VI) (BOUCHESEICHE *et al.*, 2002).

II.6 Les paramètres de pollution organiques

II.6.1 La 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 *et al.*, 2009).

Tableau 15 : Qualité de l'eau en fonction de la DBO₅. (RODIER *et al.*, 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

II.6.2 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 micro-organismes. (RODIER *et al.*, 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 (tableau XV) et par conséquent opter pour le traitement adéquat ; biologique, traitement physico-chimique, ou bien le traitement mixte. (TUFFERY et VERNEAU, 1997)

✓ 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, 1997)

✓ Si DCO/DBO₅ est inférieur à 0,5, la pollution biodégradable est minoritaire, donc, il ya possibilité de traitement physico-chimique (TUFFERY et VERNEAU, 1997).

Le tableau suivant présente la biodégradabilité des eaux résiduaires :

Tableau 16 : Biodégradabilité des eaux résiduaires (RODIER *et al* ,2009).

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

II.6.3 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 en 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).

II.6.4 Les nitrites

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique (quelques micromoles par litre d'azote nitreux). (RODIER ,1984).

Un excès de nitrites dans les eaux de boisson peut provoquer de l'hypotension chez les humains et de méthémoglobinémie chez le nourrisson (DUGUET *et al*, 2006).

II.6.5 Les nitrates

Les nitrates sont le composé final de l'oxydation des dérivés azotés :

Azote organique → azote ammoniacal → nitrites → nitrates (TARDAT, 1992)

Présents à l'état naturel et soluble dans le sol, les nitrates pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Mais ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais. Ils sont l'une des causes de la dégradation de l'eau. Transformés en nitrites par l'organisme, ils peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine en "méthémoglobine" et provoquer un mauvais transfert de l'oxygène vers les cellules. Cette pathologie peut affecter les nourrissons de moins de 6 mois. Le risque est très difficile à établir. Partant d'un principe de précaution, la norme de potabilité pour l'eau a été fixée à 50 mg/l. Au-delà de 100mg/l, l'eau ne doit pas être consommée. (CHAPMAN *et al*, 1996).

II.6.6 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 CORDIER, 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.

II.6.7 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).

II.7 Les principales différences entre une eau de surface et une eau souterraine

L'eau d'alimentation provient de l'eau de pluie et se divise en deux :

II.7.1 Les eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulant ou stockées à la surface des continents. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues de barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable. (DEGREMONT, 2005).

Selon l'article R. 1321-38, du décret 2003-461 du 21 mai 2003 de la réglementation française relatif à certaines dispositions réglementaires du code de la santé publique , les eaux douces superficielles sont classées selon leur qualité dans les groupes **A1**, **A2** et **A3** en fonction des critères définis à l'annexe 13-1-III qui reprend la directive européenne 75-440. Leur utilisation pour la consommation humaine est subordonnée pour les eaux classées en:

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

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

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

II.7.2 Les eaux souterraines

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps, les usines de purifications n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute (DESJARDINS, 1997).

Elles sont théoriquement bien protégé du coté microbiologique, par contre elles sont beaucoup plus accessibles aux souillures chimiques tel que nitrates, hydrocarbures, détergents, métaux lourds et pesticides (LECLERC, 1979)

La nature de ces eaux dépend de la porosité et de la structure du terrain traversé, ces derniers déterminent le type de nappe :

- La nappe est dite libre lorsqu'elle est alimentée par une infiltration des eaux de ruissellement ;
- La nappe est dite captive lorsqu'elle est séparée de la surface du sol par une couche imperméable, elle est généralement plus profonde ;
- La nappe est dite alluviale lorsqu'elle est située dans les terrains alluvionnaires sur les quels circule un cours d'eau (DEGREMONT, 1989).

Le tableau 17 résume les principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraine :

Le tableau 17 : comparaison entre les caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines (DEGREMONT, 2005).

Chapitre 2 : qualité et traitement des eaux

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraine
Température	variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	variable, parfois élevée	faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques par exemple)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn divalente (a l'état dissous)	Généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grandes quantité
O ₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
H ₂ S	Généralement absent	Souvent présent
NH ₄	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur en général modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Eléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal)	ferrobactéries fréquentes
Solvants chlorés	Rarement présents	Souvent présents
Caractère eutrophe	Fréquent accentué par les températures élevées	Non

II. Le traitement des eaux

Qu'elles soient d'origine souterraines ou superficielles, les eaux ées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié (VALENTIN, 2000).

Le traitement classique et complet d'une eau s'effectue en plusieurs étapes dont certaines ne sont pas nécessaires aux eaux les plus propres :

III.1 Prétraitement

Un prétraitement est nécessaire de manière à protéger le relèvement des eaux brutes, les conduites contre les obstructions et les autres appareils de traitement contre l'abrasion, et plus généralement pour éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs (DEGREMONT, 2005)

III.1.1 Dégrossissage

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

III.1.1.1 Dégrillage

Le dégrillage consiste à éliminer, par passage à travers une ou plusieurs grilles placées en série, les matières flottantes ou en suspension de grandes dimensions qui pourraient gêner le fonctionnement des pompes ou des appareils de traitement (GERMAIN et COLAS, 1976).

III.1.1.2 Macrotamissage

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).

III.1.1.3 Dessablage

L'élimination des sables présents dans les eaux brutes est une opération indispensable pour :

- éviter les dépôts dans les amenées et installations ;
- protéger les pompes et autres organes mécaniques contre l'abrasion ;
- éviter de perturber les autres stades de traitement (BOURRIER et SELMI, 2011)

III.1.1.4 Débourage

C'est une prédécantation dont le but est d'éliminer les sables les plus fins. Elle est nécessaire lorsque la quantité de la matière en suspension dans l'eau brute est supérieure à 2g/l (C.L.Eau, 2004).

III.1.1.5 Microtamissage

Ce procédé consiste en un filtrage plus fin de l'eau à travers une toile de fils ou de fibres ou à travers une membrane poreuse. Les particules organiques, minérales et le

plancton sont interceptés si leur taille est supérieure à celle des ouvertures du microtamis. Celui-ci n'améliore, ni la turbidité causée par de fines particules, ni la couleur de l'eau ; les argiles, les substances dissoutes, les éléments colloïdaux minéraux et organiques ne se trouvant pas arrêté. (BESSEDIK, 2014).

III.1.1.6 Dégraissage et déshuilage

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent à séparer des produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation, naturelle ou assistée, dans une enceinte liquide de volume suffisant (DEGREMONT, 2005).

III.1.2 Aération

L'aération permet de mélanger l'air à l'eau pour favoriser les réactions d'oxydation, enlever les gaz dissous ou éliminer les goûts et odeurs. Elle permet aussi l'augmentation de la teneur en oxygène afin de rendre l'eau agréable à boire et d'éviter les corrosions dans les conduites métalliques (MDDEP, 2015).

III.1.3 Préchloration

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.

La préchloration est une étape préalable et nécessaire, si les eaux à traiter contiennent beaucoup d'ammoniaque, du fer ou du manganèse, et peu de matière organique. La préchloration peut avoir différents objectifs (DEGREMONT, 2005; RODIER, 2009).

- Élimine le goût, les odeurs et la couleur.
- Élimine l'ammoniaque.
- Élimine le fer et le manganèse : l'oxydation les transforme en hydroxydes insolubles facilement séparables du liquide par décantation et filtration.
- Améliorer la clarification.
- Oxyder les matières organiques dissoutes, qui se transforment en composés plus facilement biodégradables.
- Maintenir la propreté des installations, en luttant contre la prolifération d'organismes non pathogènes (algues) mais qui nuisent au bon fonctionnement de certains ouvrages : décanteurs et filtres.

III.2 Traitement physico-chimique

III.2.1 Clarification

La clarification désigne un ensemble de procédés de traitement constitué par les étapes de coagulation, floculation, décantation ou flottation et filtration, et qui couplées ou non, permettent l'élimination des matières en suspension et des matières colloïdales présentes dans les eaux de surface (DUGUET et al, 2006).

III.2.1.1 La coagulation/floculation

La coagulation est l'ensemble des phénomènes physico-chimiques amenant une suspension stable de particules de très petite taille en solution - les colloïdes - à se séparer en deux phases distinctes.

Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et pour produire un floc sont : le sulfate d'alumine, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$, l'aluminate de sodium, NaAlO_2 , le chlorure d'aluminium, AlCl_3 , le chlorure ferrique, FeCl_3 , le sulfate ferrique, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, 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).

La floculation est l'ensemble des phénomènes physico-chimiques menant à l'agrégation de particules stabilisées pour former des flocons ou « flocs ». Ce phénomène est réversible, c'est à dire que l'on peut casser ces agrégats, par exemple en agitant fortement le liquide, pour retrouver la solution de colloïdes initiale.

Les réactifs généralement utilisés sont la silice activée, les alginates de sodium, les polyélectrolytes, etc (JESTIN, 2006).

La coagulation-floculation facilite l'élimination des MES (Matières En Suspension) et des colloïdes en les rassemblant sous forme de flocons dont la séparation s'effectue par décantation, flottation et/ou filtration. C'est donc un traitement physique qui permet d'éliminer tous ou une partie des polluants des effluents notamment les fractions particulaires inertes ou vivantes, les fractions floculables des matières organiques et de certains métaux lourds, les micropolluants associés aux MES et les macromolécules colloïdales.

La Coagulation et la floculation sont des processus souvent indissociables. En effet, la coagulation, en diminuant les forces de répulsion entre les particules, favorise les collisions et la formation d'agrégats ; et la floculation, en permettant la croissance des agrégats accélère la séparation des phases.

III.2.1.2 La 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 (DESJADAINS, 1990 ; CARDOT, 1999).

III.2.1.3 Flottation

Par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des agrégats dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient. (DEGREMONT, 2005) les particules sont séparées vers la surface de l'eau par leur densité inférieure ; on accélère le mécanisme par de fines bulles d'air injectées dans la partie basse du milieu dispersant. Ce procédé est surtout appliqué pour l'élimination des huiles et graisses et des matières légères.

III.2.1.4 La 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).

III.3 La désinfection

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 - et parfois aussi la seule. 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. 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).

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 couts d'investissement et d'exploitation. (WEF, 1996).

III.3.1 Différents modes de désinfection

III.3.1.1 Désinfection par le chlore et dérivés

La chloration de l'eau potable est largement répandue dans le monde pour prévenir et limiter le risque infectieux véhiculé par l'eau du robinet. Elle consiste à éliminer et/ou inactiver les microorganismes tels les virus, les bactéries et les protozoaires, susceptibles de transmettre de graves maladies (DESJARDINS, 1997). En Algérie, la chloration constitue l'unique procédé d'oxydation et de désinfection sous forme d'hypochlorite de sodium (eau de javel) ou plus rarement de chlore gazeux (ACHOUR, 2001).

Avant de présenter la théorie de la désinfection par le chlore, il est utile de définir les expressions ci-dessous.

- **Chlore résiduel libre:** Chlore demeurant dans l'eau à la fin d'une période de contact déterminée, et qui peut réagir chimiquement et biologiquement comme acide hypochloreux ou ion hypochlorite.
- **Chlore résiduel combiné:** Partie du chlore résiduel total dans l'eau à la fin d'une période de contact donnée, qui réagit chimiquement et biologiquement en tant que chloramine.
- **Chlore résiduel total :** Quantité totale de chlore, libre ou combiné, subsistant après le temps de réaction normal de l'eau à la chloration.
- **Chloramine :** Produit résultant de la combinaison du chlore et de l'ammoniac d'origine organique ou inorganique. C'est un antiseptique que l'on préfère employer dans certains cas à la place du chlore pour la désinfection des eaux, notamment dans le cas où celles-ci contiennent des traces de phénols : il ne se produit pas de goûts de chlorophénols (ANAONYME, 2005).

III.3.1.1.1 Action du chlore sur les constituants de l'eau

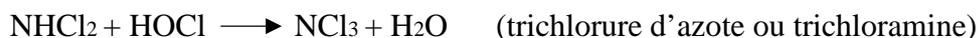
Les traiteurs d'eau ont montré que l'efficacité bactéricide de l'acide hypochloreux est de 80 à 100 fois supérieure à celle de l'ion hypochlorite (ClO^-). Cette efficacité n'est pas seulement due à son fort pouvoir oxydant, mais à sa faible taille moléculaire qui facilite sa pénétration dans la cellule (DESJARDINS, 1997). Quelques fois, l'eau à stériliser contient des réducteurs oxydables par le chlore et dans ce cas une partie du chlore introduit est réduit à l'état de chlorure, devient indisponible pour l'effet désinfectant recherché. Il est donc nécessaire d'introduire la notion d'excès de chlore résiduel (MERLET, 1986). C'est ce résiduel qui présente un pouvoir rémanent important et favorise l'action désinfectante du chlore, à condition que cela ne produise pas un goût ou une odeur de chlore dans l'eau traitée.

III.3.1.1.1.1 Réactivité du chlore vis-à-vis de la matière minérale

Les sels minéraux représentent la partie la plus importante des composés en solution dans les eaux naturelles. Ils proviennent pour l'essentiel du lessivage des sols par les eaux de pluie. Parmi ces ions, on trouve le Fer (Fe^{+2}), le manganèse (Mn^{+2}), les nitrites (NO^{-2}) et l'ammoniac (NH^{+4}) qui présentent des réactivités très importantes vis-à-vis du chlore et pouvant également contribuer à l'augmentation des consommations en chlore. D'autres éléments minéraux tels que les sulfates et les chlorures ont un rôle inhibiteur dans les réactions de chloration des matières organiques. Ceci est confirmé par les recherches qui ont été effectuées par Guergazi, (1998), Achour et Guergazi, (2002).

a. Azote ammoniacal

L'ammoniac, ou son ion NH^{+4} est l'un des produits de décomposition des protéines et à ce titre, il se trouve régulièrement dans les eaux usées et les eaux de surface. Les réactions du chlore libre avec l'ammoniac sont rapides et complexes, et elles sont en fonction du pH, du rapport des concentrations du chlore libre appliqué et de l'ammoniac, de la température et du temps de contact. L'ion ammonium avec le chlore, produit des réactions de substitution suivant le rapport chlore/azote (Ellis, 1991) :



Pour des taux de chloration suffisamment élevés, la réaction globale qui conduit à la dégradation totale de l'azote ammoniacal peut s'écrire :



Cette réaction montre que l'oxydation complète de l'azote ammoniacal en azote gazeux nécessite un taux de chloration correspondant à un rapport molaire chlore/azote de 1,5 ou à un rapport massique de 7,6. Le point singulier correspondant à cette oxydation totale de l'azote ammoniacale est appelé point de rupture ou break-point (Doré, 1989).

b. Fer et manganèse

Les travaux réalisés par Knocke et al (1990), ont permis de constater que seulement 10% de manganèse a été oxydé par le chlore après 2 heures à pH = 8, tandis que le fer est oxydé rapidement en quelques secondes à pH = 6. Le fer et le manganèse exigent une dose de chlore égale à quatre fois la dose stoechiométrique pour qu'ils s'oxydent. De même, les travaux réalisés par Guergazi et Achour (2006) ont montré que l'oxydation du fer et du manganèse nécessitent une dose de chlore assez importante avec une élimination plus nette pour le fer que le manganèse.

III.3.1.1.1.2 Action du chlore sur les matières organiques

La réaction du chlore sur les polluants organiques est relativement sélective. Sa réactivité porte sur des sites d'attaques privilégiées (réducteurs, insaturés et nucléophiles) et entraîne des modifications de structure avec formation de composés plus oxydés et/ou substitués (organochlorés). Il en résulte que la chloration des eaux en vue de la production d'eau de consommation peut produire des composés gênants du point de vue goût et odeur (Aldéhydes, chlorophénols), toxiques (trihalométhanes) et/ou potentiellement cancérigènes (organohalogènes). Ces sous produits indésirables se forment surtout en présence de chlore libre, donc pour un taux de traitement supérieur au point critique (DEGREMONT, 2005).

III.3.1.1.1.3 Action du chlore sur les micro-organismes

Le chlore particulièrement sous sa forme acide hypochloreux est un biocide puissant. L'efficacité du chlore en tant que bactéricides est reconnue de même que son action virulicide notable pour l'inactivation des entérovirus pathogènes. En revanche, son effet sur les microorganismes parasitaires notamment enkystés est négligeable (DEGREMEONT, 2005).

Pour le chlore, le maintien d'un taux de 0,5mg/l de chlore libre, pendant un temps de contact de 30mn, permet d'éliminer les bactéries pathogènes et les virus de la poliomyélite (DUGUET *et al*, 2006).

III.3.1.1.2 Désinfection par le dioxyde de chlore

Pour le traitement de l'eau potable, le dioxyde de chlore peut être utilisé à la fois comme désinfectant et comme agent d'oxydation. Il peut être utilisé pour les étapes de pré-oxxydation et de post-oxxydation. En ajoutant du dioxyde de chlore dans l'étape de pré-oxxydation du traitement des eaux de surface, le développement des algues et des bactéries peut être évité. Le dioxyde de chlore oxyde les particules flottantes et a un effet bénéfique sur le procédé de coagulation et l'élimination de la turbidité de l'eau. (ANONYME, 2005)

Son utilisation est limitée car il représente une toxicité plus élevée par rapport à celle du chlore (CHEVAL, 1983).

III.3.1.1.3 Ozone (O₃)

L'ozone est un gaz instable composé de molécules d'oxygène triatomique. Puisque l'ozone se décompose rapidement en oxygène, on doit le produire immédiatement avant son utilisation, grâce à l'émission d'un effluve électrique sous haute tension dans une atmosphère contenant de l'air sec. Dans la production de l'ozone, les coûts imputables à l'énergie électrique utilisée et à l'entretien sont très importants.

Le pouvoir désinfectant de l'ozone est de 10 à 100 fois supérieur à celui du chlore, et ce pour tous les types de microorganismes. Il est même efficace contre les spores et les kystes, qui sont pourtant les microorganismes les plus résistants. (ANONYME, 2005)

Il a l'inconvénient de ne pas être rémanent. Il ne peut donc pas assurer le résiduel bactériostatique. Son pouvoir désinfectant important permet néanmoins de limiter la chloration de l'eau avant sa mise en distribution ; ce qui a pour conséquence d'améliorer sa qualité gustative. (JESTIN, 2006).

III.3.1.1.4 Les rayonnements ultra-violetts (UV)

Ils ont un effet bactéricide maximum à 250 nm et sont obtenus au moyen de lampes à basse pression de vapeur de mercure. Ils ne produisent pas de sous-produit indésirable, mais exigent une très bonne qualité d'eau vis-à-vis des MES et de la turbidité. Leur absence d'effet rémanent limite généralement leur utilisation aux réseaux de distribution courts. Sinon, il faut les faire suivre d'une chloration, ce qui fait perdre de son intérêt à cette technique. (JESTIN, 2006).

Il est recommandé de filtrer l'eau en amont du stérilisateur afin d'éliminer les MES qui peuvent absorber les rayons UV ou les réfléchir mais aussi protéger les micro-organismes. (GIRGENTI, 2011)

Afin d'apprécier les eaux de la ville de Tizi-Ouzou, en se basant sur la caractérisation des différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques pour apprécier leurs qualités et procéder ainsi à leur comparaison. Pour plus de représentativité de notre étude, nous avons effectué une série d'analyses complète au laboratoire de l'Algérienne des eaux de Tizi-Ouzou des eaux en question, nous avons aussi utilisé les données de l'ADE relatives aux années précédentes, existantes au niveau de la station Mono-bloc Taksebt, et la station de refoulement SR1 de Boukhalfa.

I. 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.

II. Echantillonnage

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

II.1 Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques

Les échantillons sont recueillis dans des flacons en verre, rincés préalablement avec de l'eau distillée. Ces flacons sont de nouveau rincés trois fois avec de l'eau à analyser au moment du prélèvement. Puis ils sont remplis jusqu'aux bords pour éviter toute pénétration d'air. Un litre d'eau a été échantillonné de chaque point de prélèvement.

II.2 Echantillons destinés aux analyses bactériologiques

Le prélèvement est effectué après avoir flambé l'orifice du robinet à l'aide d'une tige métallique enrobée de coton imbibé d'alcool enflammé, pendant une minute, puis laisser couler l'eau pendant 5 minutes.

Les flacons sont remplis au 5/6 de leur volume, afin de maintenir en vie les bactéries aérobies et de pouvoir agiter et de mélanger l'échantillon avant l'analyse.

Les échantillons sont transportés dans une glacière à une température d'environ 4°C 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 de préleveur ;
- Conditions climatiques.

Matériels

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 ;
- ❖ Dessiccateur
- ❖ Pompe à eau ;
- ❖ Bain marie ;
- ❖ Rampe de filtration à trois postes ;
- ❖ Appareil à reflux ;
- ❖ Comparateur ;
- ❖ 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 ;
- ❖ Bêchers ;
- ❖ Pissettes ;
- ❖ Agitateurs ;
- ❖ Bec-Bunsen ;
- ❖ Boites 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

III.Méthodes d'analyse

III.1 Méthodes d'analyse physico-chimiques

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 : le potentiel d'oxydoréduction, la conductivité, le PH, l'oxygène dissous et 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.

III.1.1 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 d'un indicateur coloré.

Soient N_1 V_1 respectivement le titre et le volume du premier réactif et N_2V_2 du deuxième réactif. Au point d'équivalence on a :

$N_1V_1=N_2V_2$ et N_1V_1 et N_2V_2 représentent respectivement les quantités utilisées du 1^{er} et 2^{ème} 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 1.

III.1.2 Méthode d'analyse spectrophotométrique

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

Loi de Beer Lambert : $\text{Log}(I_0/I) = \epsilon c l$

l : épaisseur.

C : concentration du soluté en mol/l.

ϵ : 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.

Mode opératoires : Voir annexe 1

III.1.3 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".
- Les modes opératoires des paramètres mesurés sont portés à l'annexe 1

III.2 Méthode d'analyse bactériologique

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence de bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, elle consiste en la recherche et la numération de la flore totale de l'eau (ROUX, 1987).

Cette flore est composée de micro-organismes banaux et de germes pathogènes.

Ces derniers sont d'origine fécale dont le dénombrement est facilité par l'utilisation de germes indicateurs de pollution. Ceux-ci régis par quatre facteurs : la spécificité, la sensibilité et l'importance quantitative ainsi que la résistance (FCF, 2003).

Pour l'étude de la qualité 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 ;
- Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur .

Une analyse spécifique, comporte l'analyse complète plus la recherche des salmonelles et du vibron cholérique.

III.2.1 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 (0,45µm) 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.

III.2.2 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.

III.2.3 Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C et à 22°C

Milieu de culture

Gélose à l'extrait de levure.

Mode opératoire

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 boîtes 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 $45 \pm 2^\circ\text{C}$. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, sur une surface fraîche et horizontale.

Laisser solidifier les boîtes sur pailleuse, 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 boîtes seront partagées en deux séries distinctes :

- La première série sera incubée à $22 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 68 ± 4 heures,
- La seconde série sera incubée à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures. (ISO, 1999).

Comptage et expression des résultats :

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

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

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

Où :

$\sum c$: 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.

Recherche et dénombrement des coliformes et de *E.coli* présumés

a. Méthode de dénombrement par filtration sur membrane

Milieu de culture

Gélose Endon, qui ne laisse guère croître que les colonies coliformes.

Mode opératoire :

La recherche des bactéries coliformes par filtration 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 $0,45\mu$ 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 $36\pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures voire 44 ± 4 heures et servira à la recherche des bactéries coliformes, suivi de l'identification biochimique des *Escherichia Coli*.

Expression des résultats

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, 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 transférer chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10) dans un tube contenant 3ml 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.

Interprétation du test de confirmation :

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).

b. Méthode de dénombrement par inoculation en milieu liquide :

Milieus de cultures et réactifs :

Milieu d'inoculation : Bouillon au poupre de bromocrésol (B.C.P.L).

Milieu de confirmation : bouillon lactosé bilié au vert brillant(B.L.V.B).

Milieu de Schubert ;

Reactifs : Kovacs.

Mode opératoire :

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

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

Test présomptif : (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.

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

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

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

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

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 quelque goutte 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.

Lecture :

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

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

Expression des résultats :

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

III.2.5 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

a. Méthode par filtration sur membrane :

Milieu de culture : Slanetz

Mode opératoire :

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

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane d'une porosité nominale de $0,45\mu$ 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 SLANETZ et BARTELEY préalablement préparée. Cette dernière sera incubée couvercle en bas à $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures.

Dénombrement :

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 $44\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 2 heures.

Les colonies caractéristiques prennent alors une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu. Compter le nombre de colonies et le rapporter à 100 ou 250 ml d'eau à analyser (ISO, 2000).

b. Méthode de dénombrement sur milieu liquide :

Milieus de culture

- Milieu d'incubation : Bouillon glucosé à l'azide de sodium (Rothe).
- Milieu de confirmation : Litsky (E.VA).

Mode opératoire :

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

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

Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux.

Test 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.

Lecture :

Seront considérés comme présomptifs les tubes présentant un trouble microbien ; seulement ces derniers :

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

Test 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.

Lecture :

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.

Expression des résultats :

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

III.2.6 Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium sulfito-réducteur*

a. Méthode par incorporation en gélose

Milieu de culture et réactifs :

- Gélose viande-foie.
- Solution de sulfite de sodium.
- Solution d'alun de fer.

Mode opératoire :

A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 75°C pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes. Un autre flacon rempli d'une autre eau servira de témoin de température.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau du robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Tryptose Sulfite Cyclosérine ou Tryptose Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à $47 \pm 1^\circ\text{C}$ 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 :
 - ❖ $44 \pm 4^\circ\text{C}$, pendant 20 ± 4 heures, dans le cas de la gélose TSC ou TSN.
 - ❖ $36 \pm 2^\circ\text{C}$, 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 II : résultats et discussions

I. Interprétation des résultats physico-chimiques

I.1 La température

D'après RODIER(1996), la température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air.

Les résultats du tableau 18 montrent une variation de la température de l'eau, elles sont dues aux changements climatiques ; car le régime thermique est étroitement lié à la température de l'air. Malgré cette variation, les résultats sont conformes à la norme Algérienne (NA=25).

Tableau 18 : Valeurs des températures (°C)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	22,3	23,4	25
	Mars2015	12,9	12,1	
	Moyenne	17.6	17.75	
Forages	Mai 2014	23,1	20,7	
	Janvier 2015	14	17,1	
	Moyenne	18,55	18,9	

Les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres (PHILIPPO *et al*, 1981). La moyenne de la température des eaux des forages (Brute, traitée) est légèrement supérieure a celle des eaux de barrage (brute, traitée) et ceci est probablement dû par le fait que les prélèvements sont relevés sur place au niveau du laboratoire de la station de traitement du barrage contrairement aux eaux des forages. Outre, la température est un paramètre instable, qui doit être déterminé immédiatement après prélèvement.

I.2. Le pH

Ce paramètre mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau, et donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux. Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (CHAPMAN *et al*, 1996). Il diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est importante (MEYBECK *et al*, 1996).

On constate d'après les résultats obtenus (tableau 19), une valeur moyenne de 7,76 pour le pH des eaux de barrage, et de 7,53 pour celles des forages, ce qui indique une absence de variation notable du pH. Ces eaux sont relativement neutres à légèrement alcalines avec un minimum de 7,53 et un maximum de 7,82.

Tableau 19 : valeurs du pH

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	7.85	7.88	-
	Mars2015	7.79	7.65	
	Moyenne	7.82	7.76	
Forages	Mai 2014	7,49	7,49	
	Janvier 2015	7,41	7,58	
	Moyenne	7,47	7,53	

La baisse du pH des eaux des forages par rapport à celle du barrage peut être expliquée par la présence d'une quantité importante du CO₂ ce qui régularise son équilibre calco-carbonique.

I.3. La conductivité

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment (FRANK et KEMMER, 1992). Le tableau 20 résume la conductivité des eaux analysées :

Tableau 20: Teneurs en conductivité (µs/cm)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	394	408	2800
	Mars2015	331	333	
	Moyenne	362,5	370,5	
Forages	Mai 2014	655	673	
	Janvier 2015	615	668	
	Moyenne	635	670,5	

On remarque d'après le tableau 20 que la conductivité dans la saison sèche est plus élevée que celle de la saison des pluies cela peut s'expliquer principalement par l'augmentation de la température.

La conductivité de l'eau traitée augmente par rapport à l'eau brute qui peut se traduire par l'utilisation d'adjuvants lors de traitement physico-chimique. On constate aussi que ces valeurs sont conformes à la norme Algérienne

L'eau de pluie au contact des terrains qu'elle rencontre, se charge en divers éléments qui vont influencer sur sa qualité. Certains de ces éléments sont présents naturellement dans le sol, et vont définir la qualité naturelle de l'eau brute. Et au cours de son infiltration dans le sol et le sous-sol, elle se charge en ions et acquiert une minéralisation plus élevée que celle des

eaux de surface. Ce qui explique principalement que la conductivité des eaux des forages quelles soient brute ou traitée est beaucoup plus importante que celle des eaux de barrage.

I.4. Turbidité :

La turbidité est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux (GREGORIO et PIERRE-MARIE, 2007). La turbidité des analyses effectuées sur les deux ressources (tableau 21) montre une variation des valeurs obtenues.

Tableau 21: Turbidité (NTU)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	2,05	1,94	05
	Mars2015	6,54	6,27	
	Moyenne	4,29	4,10	
Forages	Mai 2014	04	2,50	
	Janvier 2015	1,82	2,21	
	Moyenne	2,91	2,35	

L'eau traitée du barrage durant la période de mars 2015 présente une turbidité qui dépasse la norme établie (NA = 05 NTU) ce qui montre l'inefficacité du traitement, tels que la filtration précédé d'une coagulation et d'une décantation.

La faible turbidité des eaux des forages par rapport à celles des eaux de barrage est principalement due au phénomène d'infiltration et percolation, ce qui montre que la couche protectrice de la nappe joue encore son rôle de filtre.

I.5 Calcium (Ca²⁺)

Le calcium est un élément de la dureté, il provient du lessivage des roches calcaires et des marnes. Sa présence en grande quantité peut aussi être due à la dissolution du gypse (RODIER, 1996). Le tableau 22 présente les teneurs en calcium obtenus :

Tableau 22 : Teneurs en calcium (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	42,48	41,68	200
	Mars2015	83,37	72,14	
	Moyenne	62,92	56,91	
Forages	Mai 2014	72,14	67,74	
	Janvier 2015	94,59	86,57	
	Moyenne	83,36	77,15	

Les normes Algériennes préconisent une concentration de 200 mg/l comme concentration maximale. Pour les eaux traitées étudiées les valeurs de calcium trouvées sont comprises entre 41.68 et 86,57 mg/l. Ces résultats sont conformes aux normes Algériennes.

La teneur élevée en calcium des eaux des forages par rapport aux eaux de barrage est généralement due aux roches carbonatées du terrain traversé et leur temps de séjour dans les nappes. Les résultats montrent aussi des fluctuations saisonnières dans ces deux ressources.

I.6 Le magnésium (Mg^{2+})

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 en magnésium qui varient entre 17,02 à 28,20 mg/L (tableau 23). Elle est bien inférieure à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays qui exige une concentration de 150 mg/L au maximum.

Tableau 23 : Teneurs en magnésium (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	22,85	21,88	150
	Mars2015	7,78	17,02	
	Moyenne	15.31	19.45	
Forages	Mai 2014	27,23	28,20	
	Janvier 2015	35	22,37	
	Moyenne	31,11	25,28	

Les résultats obtenus montrent que la teneur en magnésium est plus élevée dans l'eau des forages par rapport à celle du barrage. Ceci peut être expliqué à l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes).

I.7. La dureté (TH)

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

Les valeurs de la dureté des eaux étudiées sont présentées dans le tableau 24 :

Tableau 24 : Les teneurs de la dureté (mg/l de $CaCO_3$)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	200	194	500
	Mars2015	240	250	
	Moyenne	220	222	
Forages	Mai 2014	292	290	
	Janvier 2015	380	308	
	Moyenne	336	299	

Les résultats montrent une baisse de la dureté totale de l'eau traitée par rapport à l'eau brute des forages car la décantation contribue à l'élimination des ions magnésium et

calcium après précipitation en réagissant avec les ions carbonates existante dans l'eau brute des forages. Contrairement aux eaux de barrage durant la période de mars 2015 où une légère augmentation est enregistrée. (Sachant que la teneur en magnésium de l'eau traitée du barrage durant la même période a également augmenté par rapport à l'eau brute).

Aussi, nous constatons une différence des valeurs de la dureté totale entre les deux ressources (eau traitée des forages=299 mg/l et 222 mg/l pour l'eau traitée du barrage), cette différence de dureté est due à la nature des terrains traversés et aux réactions chimiques qui ont lieu dans l'eau pendant le traitement.

Les résultats obtenus répondent aux normes indiquées par la réglementation Algérienne.

I.8. Les chlorures (Cl⁻)

D'après le tableau 25, Les eaux brutes du barrage et des forages présentent des teneurs variables et assez faible en chlorures comparées à la valeur du niveau guide NA=500 mg/l

Tableau 25 : Les teneurs en chlorures (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Jun2014	21,98	50,77	500
	Mars2015	24,82	26,52	
	Moyenne	23,4	38,64	
Forages	Mai 2014	54,81	78,71	
	Janvier 2015	43,25	50,34	
	Moyenne	49,03	64,52	

Cependant la teneur élevée en chlorures enregistrée pour les eaux traitées pourrait s'expliquer par l'adjonction de l'hypochlorite de sodium pour la désinfection de l'eau, et ces teneurs dépendent du temps de contact de l'eau avec le désinfectant au moment de prélèvement.

La composition physico-chimique de l'eau souterraine reflète le milieu géologique dans lequel elle circule. C'est ainsi que certains éléments sont parfois présents dans les eaux souterraines à des concentrations particulièrement élevées sans qu'il y ait un risque pour la santé des consommateurs, ceci explique en partie la teneur élevée en chlorures de l'eau des forages par rapport à l'eau de barrage.

I.9. Sodium (Na⁺)

Les valeurs de concentration en sodium enregistrées pour l'eau brute du tableau 26 varient entre 12mg/l et 35mg/l et après traitement elles varient entre 15mg/l et 50mg/l. Elles sont conformes aux normes de potabilité appliquées en Algérie (200mg/l).

Tableau 26 : Teneur en sodium (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	13	15	200
	Mars2015	12	16	
	Moyenne	12,5	15,5	
Forages	Mai 2014	28	32	
	Janvier 2015	35	50	
	Moyenne	31,5	41	

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

Aussi la teneur élevée en sodium de l'eau des forages en comparaison à celle du barrage se traduit principalement par les terrains traversés.

I.10 Potassium (K⁺)

Les résultats d'analyses illustrés dans le tableau 27, montrent une certaine stabilité des teneurs en potassium dans les deux ressources.

Tableau 27 : Teneurs en potassium (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	03	03	12
	Mars2015	03	02	
	Moyenne	03	2,5	
Forages	Mai 2014	06	06	
	Janvier 2015	06	07	
	Moyenne	06	6,5	

La concentration de potassium reste constante dans l'eau brute et l'eau traitée ce qui veut dire que les étapes de traitement appliquées au niveau de la station ne joue aucun rôle sur l'élimination de ce cation, et tout en répondant à la norme algérienne (NA=12).

Les eaux de barrage ont une teneur en potassium inférieur à celles des forages qui est généralement due aux origines de ces ressources.

I.11 Sulfates (SO₄²⁻) :

La teneur en sulfate dans l'eau est très variable. Elle dépend des terrains traversés par les eaux et les matières organiques des rejets urbains (RODIER, 1996).

Selon le tableau suivant :

Tableau 28: Teneur en sulfates (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	31.2	17,2	400
	Mars2015	64,6	59,6	
	Moyenne	47,9	38,4	
Forages	Mai 2014	52,7	/	
	Janvier 2015	63	108	
	Moyenne	57,85	108	

Les eaux des forages présentent des teneurs plus importantes que celles des eaux de barrage avec une moyenne de 57,85 pour l'eau brute et 108 pour l'eau traitée qui répond toujours aux normes Algériennes.

I.12 Bicarbonates (HCO_3^-)

Les fluctuations des valeurs des bicarbonates (tableau 29) montrent le caractère instable de ce dernier qui dépend de plusieurs autres facteurs comme le pH, la température et le CO_2 .

Tableau 29 : Les teneurs en bicarbonates (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	201,3	213 ,50	-
	Mars2015	183	244	
	Moyenne	192,15	228.75	
Forages	Mai 2014	292,8	303,63	
	Janvier 2015	305	305	
	Moyenne	298,9	304,31	

Les eaux brutes du barrage et des forages sont riches en bicarbonates .Ceci serait dû aux terrains traversés ainsi qu'au pH qui est toujours au voisinage de 7, ce qui favorise la formation de bicarbonates.

Les bicarbonates dans l'eau n'ont aucun effet sur la santé (TAMPO, 1992). Ce qui pourrait être à l'origine de l'absence des normes indiquant les teneurs limites en bicarbonates.

I.13 Fer ferreux (Fe^{2+})

D'après le tableau 30, on constate, que toutes les valeurs enregistrées répondent aux normes Algériennes.

Tableau 30 : Teneurs en fer ferreux (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	/	/	0,3
	Mars2015	0,06	0,03	
	Moyenne	0,06	0,03	
Forages	Mai 2014	/	/	
	Janvier 2015	0,01	0,07	
	Moyenne	0,01	0,07	

Pour l'eau des forages, on remarque que durant le mois de janvier la teneur en Fe_2^+ de l'eau traitée est supérieure à celle de l'eau brute cela peut se traduire par l'utilisation des sels ferriques comme coagulants.

Dans les eaux bien aérées, le fer ferreux est oxydé en fer ferrique qui précipite sous forme d'hydroxyde, $Fe(OH)_3$. Dans les eaux souterraines, au contraire, l'absence d'oxygène fait que le fer reste en solution.

I.14 Ortho-Phosphates

La teneur en ortho-phosphate des eaux étudiées sont représentés dans le tableau 31 :

Tableau 31 : Teneurs en ortho-phosphates (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	00	00	0,3
	Mars2015	00	00	
	Moyenne	00	00	
Forages	Mai 2014	00	00	
	Janvier 2015	00	0,06	
	Moyenne	00	0,03	

Tous les résultats de nos analyses montrent une absence totale de phosphates, sauf pour le prélèvement d'eau traitée des forages au mois de janvier, où on a enregistré une teneur très négligeable de 0,06mg/l, assez loin de la norme (NA).

I.15 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).

Le tableau 32 ci après, résume les résultats des teneurs en matière organique obtenus :

Tableau 32 : Teneurs en matières organiques (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	/	/	05
	Mars2015	3,33	2,0	
	Moyenne	3,33	2,0	
Forages	Mai 2014	1,85	0,71	
	Janvier 2015	2,67	0,42	
	Moyenne	2,26	0,56	

L'eau du barrage ainsi que celle des forages à l'état brute se caractérise par des teneurs en matières organiques qui répondent déjà à la norme Algérienne de potabilité.

La diminution de la teneur pour les eaux traitées, nous renseigne sur l'efficacité du traitement.

La teneur en matière organique de l'eau du barrage est supérieure par rapport à celle des forages, cela peut être expliqué par les rejets urbains qui entourent le barrage.

I.16 Ammonium (NH_4^+) :

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux de surface est un indicateur de pollution. Dans les eaux profondes, il peut également être dû aux conditions réductrices régnant dans le milieu (DEGREMONT, 2005).

Les résultats des analyses sont représentés dans le tableau 33 :

Tableau 33 : Teneurs en ammonium (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	00	00	0,5
	Mars2015	00	00	
	Moyenne	00	00	
Forages	Mai 2014	00	00	
	Janvier 2015	00	00	
	Moyenne	00	00	

Toutes les analyses ont relevé l'absence totale de NH_4^+ .

I.17 Nitrites (NO_2^-)

Elles peuvent se rencontrer dans les eaux mais généralement à doses faibles car l'azote de l'ion nitrite (NO_2^-) est dans un état d'oxydation relativement instable (OMS, 2000).

Les analyses obtenues sont représentés par le tableau 34

Tableau 34: Teneurs en nitrite (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	00	00	0,2
	Mars2015	0,06	00	
	Moyenne	0,03	00	
Forages	Mai 2014	00	00	
	Janvier 2015	0,01	00	
	Moyenne	0,005	00	

Toutes les eaux analysées sont exemptes de nitrites, sauf pour les eaux brutes des deux ressources durant la période de hautes eaux où on remarque des traces très négligeables.

Les normes Algériennes indiquent une valeur maximale de 0,2mg/l, les valeurs enregistrées de nitrites répondent aux normes.

I.18 Nitrates (NO₃⁻)

Les valeurs analytiques trouvées (tableau 35), montrent que la concentration en nitrates des eaux des forages est supérieure à celles des eaux de barrage.

Tableau 35: Teneurs en nitrates (mg/l)

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin2014	/	/	50
	Mars2015	5,75	6,19	
	Moyenne	5,75	6,19	
Forages	Mai 2014	/	/	
	Janvier 2015	10,6	3,09	
	Moyenne	10,6	3,09	

La valeur élevée de la teneur en nitrates des eaux souterraines par rapport aux eaux de surfaces peut être expliquée par le fait que les analyses ont été effectuées durant la période de hautes eaux, donc débit important, en plus de la faible profondeur de la nappe, ceux-ci favorisent l'augmentation de la vitesse d'infiltration des eaux et évidemment l'apport des nitrates de la surface vers la profondeur.

La réglementation Algérienne recommande une concentration maximale de 50mg/l, ainsi tous les résultats des analyses répondent aux normes.

I. 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. Le tableau 36 montre les résultats des analyses obtenus :

Tableau 36 : Dosage de chlore (mg/l).

	Période	Eau brute	Eau traitée	NA
Barrage	Juin 2014	/	0,8	0,2 à 0,6
	Mars 2015	/	01	
	Moyenne	/	0,9	
Forages	Mai 2014	/	0,8	
	Janvier 2015	/	0,8	
	Moyenne	/	0,8	

Toutes les teneurs des résultats analytiques 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.

II. 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*. Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux suivant :

- **Tableau 37:** récapitulatif des résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur l'eau du barrage de Taksebt.

Germes		Barrage TAKSEBT						Normes NA
		Brute			Traitée			
		Juin 2014	Mars 2015	Moyenne	Juin 2014	Mars 2015	Moyenne	
Micro-organismes revivifiables (UFC/ml)	22° C	>300	>300	300	<01	100	50,5	100
	37° C	>300	>300	300	<01	<01	01	10
Coliformes totaux (C/100ml)		96	58	77	00	00	00	10
<i>Escherichia coli</i> (C/100ml)		00	07	3,5	00	00	00	00
Streptocoques fécaux (germes/100ml)		05	18	11,5	00	00	00	00
Anaérobies sulfite réducteurs (spores/ 20ml)		00	00	00	00	00	00	00

- **Tableau 38 :** récapitulatif des résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur l'eau des forages de Boukhalfa.

Germes		Forage BOUKHALFA						Normes NA
		Brute			Traitée			
		Mai 2014	Janvier 2015	Moyenne	Mai 2014	Janvier 2015	Moyenne	
Micro-organismes revivifiables (UFC/ml)	22°C	10	>01		/	/	/	100
	37°C	<01	>01		/	/	/	10
Coliformes totaux (c/100ml)		00	00	00	00	/	00	10
<i>Escherichia coli</i> (c/100ml)		00	00	00	00	/	00	00
Streptocoques fécaux (germes/100ml)		00	00	00	00	/	00	00
Anaérobies sulfite-réducteurs (spores/ 100ml)		00	00	00	/	/	/	00

II.1. Les micro-organismes revivifiabiles:

Le dénombrement des micro-organismes revivifiabiles 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. La stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe de protection.

L'eau brute du barrage présente un nombre important de micro-organisme revivifiable en comparaison avec l'eau des forages car ils sont plus fréquents dans les eaux superficielles.

Les eaux traitées restent toutes fois conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne (< 10 germes par ml à 37°C et < 100 germes par ml à 22° C).

II.2. Les Coliformes totaux et *Escherichia-Coli* :

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 *Escherichia-Coli* dans 100ml et un seuil de 10 UFC/100ml pour les coliformes totaux. En ce qui concerne l'eau en objet, on constate l'absence des coliformes totaux et ainsi l'absence *Escherichia-Coli* dans les eaux (brute et traitée) des forages. Contrairement à l'eau brute du barrage où on remarque la présence des coliformes totaux avec une moyenne de 77/100ml et les *Escherichia-Coli* avec une moyenne de 3,5/100ml mais, après traitement ils sont totalement éliminés. Ces eaux répondent à la norme Algérienne de potabilisation.

II.3. Les Streptocoques fécaux :

La même exigence pour les coliformes fécaux est portée sur les Streptocoques fécaux. (NA=00 /100ml).

D'après les résultats obtenus on constate l'absence totale des Streptocoques fécaux pour les eaux des forages et une moyenne de 11,5/10ml pour l'eau brute du barrage qui sont aussi éliminés après traitement, donc on peut dire que ces eaux sont conformes aux normes Algériennes de potabilité.

II.4. Les Clostridium sulfito- réducteurs

Les Clostridium sulfito- réducteurs sont aussi d'origine fécale, si elles se trouvent normalement dans les matières fécales elles peuvent également vivre et se multiplier dans les milieux naturels. Elles sont souvent recherchées pour vérifier l'autoépuration des sols vis-à-vis de l'eau.

Les Clostridium Sulfito- Réducteurs sont absents dans toutes les eaux étudiées, ce qui traduit l'absence d'une contamination fécale ancienne. Ceci montre que l'eau de ces deux ressources est conforme aux normes Algériennes qui excluent leur présence.

Conclusion :

A l'issue de l'analyse physico-chimique, nous avons constatés que les conditions climatiques à savoir les précipitations peuvent jouer un double rôle sur les teneurs de certains éléments dans certains cas elles joueraient le rôle de diluant, en diminuant la teneur de certains paramètres (exemple des) mais dans la plupart des cas elles auraient plutôt un effet de concentration car le ruissellement et l'infiltration des eaux des pluies provoquent le lessivage des terrains qu'elles traversent et s'enrichissent ainsi en différents sels minéraux.

Les traitements appliqués peuvent augmentés les teneurs de certains éléments tel que le sodium et ceci après traitement par l'hypochlorure de sodium comme coagulant.

Les faibles teneurs des paramètres de pollution (matière organiques, nitrate) et l'absence de certains éléments (ammonium, nitrites, phosphates) dans toutes les eaux analysées nous permettent de conclure l'absence de pollution organique.

Du point de vue bactériologique, les résultats des analyses effectuées sur les eaux traitées du barrage et des forages répondent aux normes ce qui signifie que la qualité bactériologique de ces eaux est saine.

CONCLUSION GENERALE

A l'issue de notre étude, nous pouvons conclure de par les résultats des paramètres analysés, que la qualité de l'eau desservie au niveau de la ville de Tizi-Ouzou, quelle soit d'origine superficielle (barrage Taksebt) ou souterraine (forages de Boukhalfa) est de bonne qualité physico-chimique et bactériologique. En comparant les résultats obtenus durant les différentes périodes, on a constaté une légère influence des saisons sur certains paramètres, sans pour autant engendrer une quelconque pollution significative.

Les eaux des forages, issues généralement des eaux de surface précitées par le biais des infiltrations, présentent les mêmes caractéristiques qualitatives et évolutives. Néanmoins du point de vue quantitatif, leur minéralisation est plus importante du fait de leur circulation et leur séjour dans les alluvions.

Les eaux du barrage de Taksebt présentent une quantité en matière organique supérieure par rapport à celles des forages, ceci peut être dû au fait que les eaux de surface sont très exposées au phénomène de pollution aux origines diverses, allant des rejets domestiques à ceux des unités industrielles en passant par les engrais fertilisants utilisés dans l'agriculture.

Du point de vue bactériologique, les eaux des forages de Boukhalfa présentent une meilleure qualité par rapport à celles des eaux du barrage de Taksebt.

Enfin nous pouvons conclure que la qualité des eaux de la ville de Tizi-Ouzou sont conformes et en accord aux normes Algérienne de potabilisation, il reste un élément qui ne s'affiche pas dans la norme (la turbidité = 6 NTU pour l'eau de barrage).

Parmi les suggestions qu'on peut proposer on cite :

- De réaliser de nouvelles stations d'épuration appropriées aux agglomérations au voisinage du barrage de Taksebt.
- D'améliorer le procédé de coagulation floculation et filtration de la station de traitement du barrage de Taksebt
- d'assurer une gestion rationnelle d'extraction des alluvions
- Le contrôle de l'eau mise en distribution doit être très rigoureux, car cette source de vie qui est l'eau joue un rôle très important et primordiale dans l'économie nationale.

Références bibliographiques

<< A >>

ACHOUR S., (2001).*Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de composés organiques et minéraux des eaux naturelles.*Thèse de doctorat, U.M.M.T.O., Tizi Ouzou.182p.

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

ACHOUR, S. et GUERGAZI, S., (2002), Incidence de la minéralisation des eaux algériennes sur la réactivité de composés organiques vis-à-vis du chlore, *Rev. Sci. Eau*, (3) : 649-668.

AIT MOHAND H., (2012). *Gestion durable du service public de l'eau et de l'assainissement dans la ville de Tizi Ouzou.* Mémoire de master en science économique. Université de mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 141p.

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), (2014-2015). Données physico-chimiques.

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

ANONYME, (2015).*Guide de conception des installations de production d'eau potable* volume 1. Ed. Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP),Québec, 297p.

ANONYME, (2015). *Guide de conception des installations de production d'eau potable.* Volume 2. Ed. Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs, Québec, 261p.

ANONYME., (2015). Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs, Guide de conception des installations de production d'eau potable - Volume 2, Genève, 261p.

ARMAND L., (1996). *Mémento technique de l'eau.* Ed. Tec et Doc, Montréal, 256p.

<< B >>

BEAUDRY J.P., (1984). *Traitement des eaux.* Ed. Le Griffon d'Argile, Québec, 231p.

BECK C. et CASSARD D., (2002). *Traitement des eaux de consommation-rappel de chimie relatifs aux eaux de consommation.* Ed. Ecole national du génie de l'eau et de l'environnement, Strasbourg, 93p.

BERNE F. et CORDONIER J., (1991). *Traitement des eaux.* Ed. École Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs, Paris, 306 p.

BERNE F., (1972). *Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière.* Ed. Technip, Paris, 207 p.

BESSEDIK M., (2014). *Traitement de l'eau- le prétraitement des eaux de consommation.* Université d'Abou Bekrbelkaid, Tlemcen, 263p.

BOEGLIN J.C., (1983). *Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine.* Ed. Techniques de l'ingénieur, Bruxelles, 756p.

BONNIN J., (1982). *Aide-Mémoire Hydraulique Urbaine.* Ed. Eyrolles, Paris, 126p.

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, 82p.

BOUKHRIS H. et SOUKEHAL A., (2001). Bulletin international de l'eau et de l'environnement. Ed. Engineering Environnement-Consult (E.E.C), Jordanie, 14 p.

BOURGEOIS C.M. et MESCLE J.F., (1996). *Microbiologie alimentaire- aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments*, vol. 1. Ed. Lavoisier, Paris, 672p.

BOURRIER R .et SELMI B., (2011).*Techniques de la gestion et de la distribution de l'eau.* Ed. Le Moniteur, Paris, 830p.

BOUSQUET G et SOUCHET G. (1982). 3^{ème} Colloque d'hydrologie en pays calcaire. Annales scientifiques de l'université de Besançon géologie, Franche-Comté, 17p.

BOUZIANI M., (2000).*L'eau : de la pénurie aux maladies.* Ed. Ibn Khaldou, Tlemcen, 247p.

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, 179p.

<< C >>

CHAPMAN D. & KIMSTACH V.,(1996).*Selection of water quality variables. Water Quality Assesments:a guide to the use of biota, sediments and water in environement monitoring* , Chapman,2ndEd E and FN Spon, London, 126p.

CHEVAL., (1983).*La désinfection des eaux d'alimentation*,Ed. Lavoisier technique et documentation, Limoge, 118p.

CHEVALIER P., (2003).Coliformes fécaux. Fiche synthèse sur l'eau potable et la santéhumaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec,Québec, 3p.

CARDOT C., (1999).*Génie de l'environnement: Les Traitements De L'Eau.* Ed. Ellipses marketing S. Agroalimentaires, Paris, 256p.

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

CASTANY G., (1982).*Principes et méthodes de l'hydrogéologie.* Ed. Dunod technique, Paris, 238p.

CHERY L., DICTOR M.C., BARANGER P., MICHEL K., BARBIER J., CLOZEL B., TOUZE S. et BROSELIN P.,(2004).*Qualité naturelle des eaux souterraines : méthode de caractérisation des états de référence des aquifères Français.* Ed. BRGM, Orléans, 86p.

CENTRE D'INFORMATION SUR L'EAU (C.I.E.), (2004). La qualité de l'eau du robinet. p11.

<< D >>

DE VILLERS J., SQUILBIN M. et YOURASSOWSKY C., (2005). *Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface.* Ed. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement, Bruxelles, 16p.

DEGREMONT, (2005). *Mémento Technique De L'Eau.* Tome 1. 10^{ème} Ed. Lavoisier, Paris, 785p.

DEGREMONT, (1996). *Mémento technique de l'eau.* Ed. Lavoisier-Tec et Doc, Paris, 654p.

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

DESJARDINS R., (1997).*Le traitement des eaux.* 2^{ème} Ed. Ecolepolytechnique de Montréal, Canada, 304p.

DELARRAS C., (2007). *Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire : Aliments. Produits cosmétiques. Eaux. Produits pharmaceutiques.* Ed. Lavoisier, Paris, 476p.

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

DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU (D.R.E.), (2013).In *Revue Regard Sur la Kabylie*, (3) : 10-12.

DIVET L. et SCHULHOF P., (1980).*Le traitement des eaux*. Ed. Presses universitaires de France, Paris, 127 p.

DJEMAI M., (1985).*Hydrologie du bassin versant du haut Sébaou-Hydrogéologie des formations alluviales (Algérie)*. Thésedoct. Ing. géol. Appl. (Hydrogéol.), U.S.M., Grenoble, 261p.

DJEMAI M. et MESBAH M., (2008).*Ressource En Eau De La Plaine Alluviale Du Haut Sébaou: Impact De L'Urbanisation, Industrie Sur Les Caractéristiques Physico-chimiques Et Bactériologiques Des Eaux De Surface Et Souterraine (Grande Kabylie, Algérie)*. U.S.T.H.B., Alger, 145p.

DORE., (1989).*Chimie des oxydants. Traitement des eaux*, Ed. Lavoisier, Paris, 354p.

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*. 1^{ère} Ed. Association scientifique et technique pour l'environnement (ASTEE), Paris, 839p.

DUPONT A., (1981). *Hydraulique urbaine hydrologie captage et traitement des eaux*. 5^{ème} Ed. EYROLLES, Paris, 262p.

«E»

EL HAISSOUFI H., BERRADA S., MERZOUKI M., AABOUCH M., BENNANI L., BENLEMLIH M., IDIR M., ZANIBOU A., BENNIS Y. et EL OUALI LALAMI A., (2011). Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc. *Revue de Microbiologie Industrielle Sanitaire et Environnementale*.1(5) : 37-68.

ELLIS K.V.,(1991).Water disinfection :Areviewwith some consideration of the requirements of the third world. *Rev .Environ. Control*, 20-24p.

<< F >>

FIGARELLA J. et LEYRAL G., (2002). *Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques.* Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.

FRANK J. et KEMMER N., (1992). *Manuel de l'eau.* Ed. Lavoisier, Paris, 623p.

<< G >>

GARET A., GARET J., CONESA G.C., (2001). Hydrochimie des eaux, dissolution spécifique et salinité des cours d'eau dans le bassin de l'oued L'ébène (Périmètre central, Maroc). *Papeles de Geografia, Revue de l'Université de Murcia*, vol 34 : 143.

GERMAIN L., COLAS L. et ROUQUET J., (1976). *Le traitement des eaux destinées à l'alimentation des chaudières à vapeur, aux circuits de réfrigération et aux réseaux de distributions d'eaux industrielles et potables.* 5^{ème} Ed. Dunod technique, Paris, 147p.

GIRGENTI P., (2011). Désinfection de l'eau par ultra-violet. S.A.R.L. EAU PRO., Ales, 24p.

GREGORIO C. et PIERRE-MARIE. B., (2007). *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés.* Ed. Presses Universitaires, Franche-Comté, 356 p.

GUERGAZI S., (1998). *Chloration de la matière organique et incidence de la composante minérale des eaux de surface.* Thèse de Magister en Hydraulique, Université de Biskra, 89p.

<< H >>

HASLAY C. et LECELER H., (1993). *Microbiologie des eaux d'alimentation.* Ed. Tec et Doc .Lavoisier, Paris, 132p.

<< I >>

Institut Nationale des Ressources Hydriques (INRH), (2012). Donnée pluviométrique de la wilaya de Tizi-Ouzou.

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 : Partie 1 ; Méthode par filtration sur membrane.

NORME NF EN ISO 6222 ., (1999).Dénombrement des microorganismes revivifiants : 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 90-415 ISO.,(1985).Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices et de Clostridium sulfite-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.

<< J >>

JUSTIN E., (2006).*La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires.* Ed. Agence de l'eau saine Normandie (AESN), Basse Normandie, 34p.

<< L >>

LAKHDARI B., (2011).*Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP d'Ain El Houtz.* Mémoire de Magister. Université Abou Bekrbelkaid, Tlemcen, 83p.

LECLERC H., (1979).*microbiologie appliquée.* Ed. Doin, Paris, 154p.

<< M >>

MASSCHELLEIN W.J., (1996). *Processus unitaire du traitement de l'eau potable.* Ed. CEBEDOC, Liège, 554p.

MERLET., (1986).*Contribution à l'étude du mécanisme de formation du trihalométhanes et des composés organohalogénés non volatils lors de la chloration de molécules modèles,* Doctorat Es-Science Physique, Université de Poitiers, Poitiers, 218p.

MEYBECK M., FRIEDRICH G., THOMAS R. &CHAPMAN D., (1996).*Rivers. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and waterin environment monitoring.*Ed. Chapman, 2nd, E & FN Spon, London, 78p.

<< N >>

NALCO, (1983). *Manuel de l'eau.* Ed. Tec- Doc – Lavoisier. Paris, 401p.

<< O >>

Olivier M.J., (1997).*La pollution par les métaux lourds de sources anthropiques. Chimie environnementale.* Les Productions Jacques Bernier, Longueuil, Québec, 64p.

O.M.S/W.H.O., (1994).*Directives de qualités pour l'eau de boisson-Recommandation.* Vol 1. Ed. Organisation mondiale de la santé, Genève, 141p.

O.M.S., (1998). *Directive de qualité pour l'eau de boisson.* 2^eEd. Additif au vol 1 : Recommandations, Genève, 9p.

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 1050p.

<< P >>

PAUL R., (1998). *Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles: Épuration, utilisation,* Société, Paris, 9p.

PERMO, (1981).*La pratique de l'eau.* Ed. du Moniteur, Paris 85p.

PHILIPPO P., POMMERY J. et THOMAS P., (1981).*Evolution d'une eau de surface au cours des traitements de potabilisation ; comportement des espèces métalliques au contact des matières humiques,* *J.fr.Hydrobiol,* (2) : 15-18.

<< R >>

REJSEK F., (2002). *Analyse Des Eaux : Aspects réglementaires et techniques.* Ed. Centre Régional de Documentation Pédagogique, Aquitaine, 360p.

ROUX M.,(1987).*Analyse biologique de l'eau.* Ed. Lavoisier- Tec & Doc. Paris, 77p.

RICHARD S., (1996).*La mise en eau du barrage de Petit-Saut Hydrochimie1- du fleuve Sinnamary avant la mise en eau 2 –de la retenue pendant la mise en eau, 3- du fleuve en aval.* Th. doct. Univ. Marseille 1, Marseille, 278p.

RODIER J., (1984). L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 7^{ème} Ed. Dunod, Paris, 1365p.

RODIER J., (1996).*L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer,* 8^{ème} Ed. Dunod, Paris, 1260p.

RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., et RODI L., (2005).*L'analyse de l'Eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de Mer.* 8^{ème} Ed. Dunod, Paris, 1579p.

RODIER J., LEGUBE B. et MERLET N., (2009). *L'analyse de l'eau* .9^{ème} Ed. Dunod, Paris ,1579p.

<< T >>

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

TARDAT HENRY. M., (1992). *Chimie Des Eaux.* 2^{ème} Ed. Griffon d'Argile, Québec, 537 p.

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.*, 23p.

<< V >>

VALENTIN N., (2000). *Gestion des eaux : Alimentation en eau assainissement.* Ed. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, 92p.

VILAGINES R., (2003). *Eau, environnement et santé publique : introduction à l'hydrogéologie.* 2^{ème}Ed.Médicaleinternational, Paris, 198p.

<< W >>

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

ANNEXE N° I : Modes opératoires des analyses physico-chimique .

I. Méthodes volumétriques

I.1 Dosage de la dureté totale (TH)

a. Réactifs

- Solution tampon ammoniacal de pH=10
- EDTA, solution titrée, $C(\text{Na}_2\text{EDTA})=10\text{m mol/l}$
- 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, $C_{\text{Ca} + \text{Mg}}$, exprimée en millimole par litre est donnée par l'équation :

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

Où :

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.

I.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.

I.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) (m mol/l)

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

I.4. Chlorure

a. Réactifs

Solution de nitrate d'argent (AgNO_3) à 0,02 mol/l

Solution d'indicateur de chromate de potassium (K_2CrO_4) 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

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

Où

P_{Cl} : 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 l'échantillon.

C : est la concentration réelle exprimée en moles d' AgNO_3 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, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ mol/l}$.
- Oxalate de sodium $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Solution étalon de concentration 5 millimoles/l.
- Permanganate de potassium KMnO_4 . Solution titrante de concentration 2 millimoles/l.

b. Mode opératoire

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

$$\mathbf{IMn} = (\mathbf{V1} - \mathbf{V0}) \times \mathbf{f} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

V2

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 :

$$\mathbf{f} = \frac{\mathbf{V4} \times \mathbf{C}_{(\mathbf{Na2C2O4})} \times \mathbf{M0} \times \mathbf{1000}}{\mathbf{1000} \times \mathbf{V5}}$$

Où

- **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(Na2C2O4) = 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)

II. Dosages photométriques

II.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.

III. Dosages spectrophotométriques

III.1. 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).

III.2. Dosage de l'ammonium

a. Réactifs

Réactif coloré :

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 distillée50 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).

III.3. Dosage des ions nitrites

a. Réactifs :

Solution du réactif

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

b. Mode opératoire :

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

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 ($pH < 1,9$) 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- NO_2 donc pour avoir la concentration en NO_2 on doit multiplier la valeur par 3,29 (ISO, 1984).

III.4. Dosage des nitrates :

a. Réactifs :

• Mélange acide :

- Acide sulfurique (H_2SO_4).....500ml
- Acide orthophosphorique (H_3PO_4).....500ml
- Acide amidosulfonique.....0,040g
- Diméthyle-2,6phénol, solution à 1.2g/l.

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 donnée par le spectrophotomètre à une longueur d'onde de 324 nm, la concentration en nitrate est égale à $N-NO_3 \times 4,427$ (ISO, 1986).

III.5.Dosage des sulfates (SO_4^{2-})

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

SO_4^{2-} (mg/l)=La valeur lue sur le spectrophotomètre.

III.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).

IV. Méthode électrochimiques

IV.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).

IV.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.

IV.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.

ANNEXE II : Tables de MAC GRADY.

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

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			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 ml	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 III : Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

Fiche d'analyses

Nature et lieu de prélèvement : Eau brute, SR1 Boukhalfa, Tizi-Ouzou

Date de prélèvement : 09/06/2014

Date d'analyse : 09/06/2014

Secteur : Tizi-Ouzou.

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation globale	Résultats	Unités	Normes NA
Couleur	/	Unité p/c		Calcium	72,14	mg/l	/
Odeur	/	S/p à 25°C		Magnésium	27,23	mg/l	/
Goût	/	S/p à 25°C		Sodium	28	mg/l	/
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	06	mg/l	/
pH	7,49	/	/	Chlorures	54,81	mg/l	/
P-redox	/	mv	/	Sulfate	52,7	mg/l	/
Conductivité	655	µs/cm	/	Bicarbonates	292,8	mg/l	/
Température	23,1	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/
Turbidité	04	NTU	/	Dureté totale	292	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	240	mg/lcaco ₃	/
Résidu sec à 105°C	516	mg/l	/	Eléments indésirables	Résultats	Unités	Normes NA
MES à 105°C	/	mg/l	/	Fer total	/	mg/l	/
TDS	/	mg/l	/	Fer Fe ²⁺	/	mg/l	/
Paramètres de pollution ammonium	Résultats	Unités	Normes NA	Manganèse	/	mg/l	/
Nitrite	00	mg/l	/	Fluor	/	mg/l	/
Nitrate	/	mg/l	/	Paramètre bactériologique	Résultats	Unités	Normes NA
Phosphore	00	mg/l	/	Micro-organismes revivifiables	à 22°C 10	UFC/ml	/
Ortho-Phosphore	00	mg/l	/		à 37°C <01	UFC/ml	/
Mat-Org-Acide	1,85	mg/l	/	Coliformes totaux : 00/100ml			/
DBO₅	/	mg/10₂	/	CTT (E-Coli) : 00/100ml			/
DCO	/	mg/10₂	/	Streptocoques fécaux : 00/100ml			/
				Anaérobie sulfito-réducteur	00	S/100ml	/
				Test de chlore	/	mg/l	/

Fiche d'analyses

Nature et lieu de prélèvement : Eau brute, SR1 Boukhalfa, Tizi-Ouzou.

Date de prélèvement : 01/03/2015

Date d'analyse : 01/03/2015

Secteur : Tizi-Ouzou.

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation globale	Résultats	Unités	Normes NA	
Couleur	/	Unité p/c		Calcium	94,59	mg/l	/	
Odeur	/	S/p à 25°C		Magnésium	35	mg/l	/	
Goût	/	S/p à 25°C		Sodium	35	mg/l	/	
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	06	mg/l	/	
pH	7,41	/	/	Chlorures	43,25	mg/l	/	
P-redox	/	mv	/	Sulfate	63	mg/l	/	
Conductivité	615	µs/cm	/	Bicarbonates	305	mg/l	/	
Température	14	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/	
Turbidité	1,82	NTU	/	Dureté totale	380	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	250	mg/lcaco ₃	/	
Résidu sec à 105°C	505	mg/l	/	Eléments indésirables	Résultats	Unités	Normes NA	
MES à 105°C	/	mg/l	/	Fer total	/	mg/l	/	
TDS	/	mg/l	/	Fer Fe ²⁺	0,01	mg/l	/	
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Aluminium	00	mg/l	/	
ammonium	00	mg/l	/	Fluor	/	mg/l	/	
Nitrite	0,01	mg/l	/	Paramètre bactériologique	Résultats	Unités	Normes NA	
Nitrate	10,6	mg/l	/	Micro-organismes revivifiables	à 22°C	>01	UFC/ml	/
Phosphore	00	mg/l	/		à 37°C	>01	UFC/ml	/
Ortho-Phosphore	00	mg/l	/	Coliformes totaux : 00/100ml			/	
Mat-Org-Acide	2,67	mg/l	/	CTT (E-Coli) : 00/100ml			/	
DBO₅	/	mg/10 ₂	/	Streptocoques fécaux : 00/100ml			/	
DCO	/	mg/10 ₂	/	Anaérobie sulfito-réducteur	00	S/100ml	/	
				Test de chlore	/	mg/l	/	

Fiche d'analyses

Nature et lieu de prélèvement : Eau traitée, SR1 Boukhalfa, Tizi-Ouzou

Date de prélèvement : 12/05/2014

Date d'analyse : 12/05/2014

Secteur : Tizi-Ouzou.

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation globale	Résultats	Unités	Normes NA
Couleur	/	Unité p/c	15	Calcium	67,74	mg/l	200
Odeur	/	S/p à 25°C	04	Magnésium	28,20	mg/l	/
Goût	/	S/p à 25°C	04	Sodium	32	mg/l	200
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	06	mg/l	12
pH	7,49	/	6,5-9,0	Chlorures	78,71	mg/l	500
P-redox	/	mv	/	Sulfate	/	mg/l	400
Conductivité	673	µs/cm	2800	Bicarbonates	303,63	mg/l	/
Température	20,7	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/
Turbidité	2,50	NTU	05	Dureté totale	290	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	248,8	mg/lcaco ₃	500
Résidu sec à 105°C	5362	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⁺	/	mg/l	0,3
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Manganèse	/	mg/l	0,05
ammonium	00	mg/l	0,5	Fluor	/	mg/l	1,5
Nitrite	00	mg/l	0,2	Paramètre bactériologique	Résultats	Unités	Normes NA
Nitrate	/	mg/l	50	Micro-organismes revivifiables	/	UFC/ml	100
Phosphore	00	mg/l	05		/	UFC/ml	10
Ortho-Phosphore	00	mg/l	/	Coliformes totaux : 00/100ml			10
Mat-Org-Acide	0,71	mg/l	05	CTT (E-Coli) : 00/100ml			00
DBO ₅	/	mg/10 ₂	/	Streptocoques fécaux : 00/100ml			00
DCO	/	mg/10 ₂	/	Anaérobie sulfito-réducteur	/	S/100ml	00
				Test de chlore	0,8	mg/l	0,2 à 0,6

Fiche d'analyses

Nature et lieu de prélèvement : Eau traitée, SR1 Boukhalfa, Tizi-Ouzou

Date de prélèvement : 25/01/2015

Date d'analyse : 25/01/2015

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 physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	07	mg/l	12
pH	7,58	/	6,5-9,0	Chlorures	50,34	mg/l	500
P-redox	/	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/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		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 ammonium	Résultats	Unités	Normes NA	Aluminium	00	mg/l	0,05
Nitrite	00	mg/l	0,2	Fluor	/	mg/l	1,5
Nitrate	3,09	mg/l	50	Paramètre bactériologique	Résultats	Unités	Normes NA
Phosphore	0,02	mg/l	05	Micro-organismes revivifiables	/	UFC/ml	100
Ortho-Phosphore	0,06	mg/l	/		/	UFC/ml	10
Mat-Org-Acide	0,42	mg/l	05	Coliformes totaux :	/100ml		10
DBO ₅	/	mg/10 ₂	/	CTT (E-Coli) :	/100ml		00
DCO	/	mg/10 ₂	/	Streptocoques fécaux :	/100ml		00
				Anaérobie sulfito-réducteur	/	S/100ml	00
				Test de chlore	0,8	mg/l	0,2 à 0,6

Fiche d'analyses

Nature et lieu de prélèvement : Eau brute, station monobloc Taksebt, Tizi-Ouzou

Date de prélèvement : 09/06/2014

Date d'analyse : 09/06/2014

Secteur : Tizi-Ouzou.

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation globale	Résultats	Unités	Normes NA	
Couleur	/	Unité p/c		Calcium	42,48	mg/l	/	
Odeur	/	S/p à 25°C		Magnésium	22,85	mg/l	/	
Goût	/	S/p à 25°C		Sodium	13	mg/l	/	
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	03	mg/l	/	
pH	7,85	/	/	Chlorures	21,98	mg/l	/	
P-redox	/	mv	/	Sulfate	31,2	mg/l	/	
Conductivité	394	µs/cm	/	Bicarbonates	201,3	mg/l	/	
Température	22,3	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/	
Turbidité	2,05	NTU	/	Dureté totale	200	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	165	mg/lcaco ₃	/	
Résidu sec à 105°C	328	mg/l	/	Eléments indésirables	Résultats	Unités	Normes NA	
MES à 105°C	/	mg/l	/	Fer total	/	mg/l	/	
TDS	/	mg/l	/	Fer Fe ²⁺	/	mg/l	/	
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Manganèse	/	mg/l	/	
ammonium	00	mg/l	/	Fluor	/	mg/l	/	
Nitrite	00	mg/l	/	Paramètre bactériologique	Résultats	Unités	Normes NA	
Nitrate	/	mg/l	/	Micro-organismes revivifiables	à 22°C	>300	UFC/ml	/
Phosphore	00	mg/l	/		à 37°C	>300	UFC/ml	/
Ortho-Phosphore	00	mg/l	/	Coliformes totaux : 96/100ml			/	
Mat-Org-Acide	/	mg/l	/	CTT (E-Coli) : 00/100ml			/	
DBO ₅	/	mg/10 ₂	/	Streptocoques fécaux : 05/100ml			/	
DCO	/	mg/10 ₂	/	Anaérobie sulfito-réducteur	00	S/100ml	/	
				Test de chlore	/	mg/l	/	

Fiche d'analyses

Nature et lieu de prélèvement : Eau brute, station monobloc Taksebt, Tizi-Ouzou

Date de prélèvement : 01/03/2015

Date d'analyse : 01/03/2015

Secteur : Tizi-Ouzou.

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation globale	Résultats	Unités	Normes NA	
Couleur	20	Unité p/c		Calcium	83,37	mg/l	/	
Odeur	/	S/p à 25°C		Magnésium	7,78	mg/l	/	
Goût	/	S/p à 25°C		Sodium	12	mg/l	/	
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	03	mg/l	/	
pH	7,79	/	/	Chlorures	24,82	mg/l	/	
P-redox	/	mv	/	Sulfate	64,6	mg/l	/	
Conductivité	331	µs/cm	/	Bicarbonates	183,3	mg/l	/	
Température	12,9	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/	
Turbidité	6,54	NTU	/	Dureté totale	240	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	150	mg/lcaco ₃	/	
Résidu sec à 105°C	202	mg/l	/	Eléments indésirables	Résultats	Unités	Normes NA	
MES à 105°C	/	mg/l	/	Fer total	/	mg/l	/	
TDS	/	mg/l	/	Fer Fe ²⁺	0,06	mg/l	/	
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Aluminium	00	mg/l	/	
ammonium	00	mg/l	/	Fluor	/	mg/l	/	
Nitrite	0,06	mg/l	/	Paramètre bactériologique	Résultats	Unités	Normes NA	
Nitrate	5,75	mg/l	/	Micro-organismes revivifiables	à 22°C	>300	UFC/ml	/
Phosphore	00	mg/l	/		à 37°C	>300	UFC/ml	/
Ortho-Phosphore	00	mg/l	/	Coliformes totaux : 58/100ml			/	
Mat-Org-Acide	3,33	mg/l	/	CTT (E-Coli) : 07/100ml			/	
DBO ₅	/	mg/10 ₂	/	Streptocoques fécaux : 18/100ml			/	
DCO	/	mg/10 ₂	/	Anaérobie sulfito-réducteur	00	S/100ml	/	
				Test de chlore	/	mg/l	/	

Fiche d'analyses

Nature et lieu de prélèvement : Eau traitée, station monobloc Taksebt, Tizi-Ouzou

Date de prélèvement : 09/06/2014

Date d'analyse : 09/06/2014

Secteur : Tizi-Ouzou.

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation globale	Résultats	Unités	Normes NA	
Couleur	/	Unité p/c	15	Calcium	41,68	mg/l	200	
Odeur	/	S/p à 25°C	04	Magnésium	21,88	mg/l	/	
Goût	/	S/p à 25°C	04	Sodium	15	mg/l	200	
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	03	mg/l	12	
pH	7,85	/	6,5-9,0	Chlorures	50,77	mg/l	500	
P-redox	/	mv	/	Sulfate	17,2	mg/l	400	
Conductivité	394	µs/cm	2800	Bicarbonates	213,50	mg/l	/	
Température	22,3	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/	
Turbidité	2,05	NTU	05	Dureté totale	194	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	213,50	mg/lcaco ₃	500	
Résidu sec à 105°C	328	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⁺	/	mg/l	0,3	
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Manganèse	/	mg/l	0,05	
ammonium	00	mg/l	0,5	Fluor	/	mg/l	1,5	
Nitrite	00	mg/l	0,2	Paramètre bactériologique	Résultats	Unités	Normes NA	
Nitrate	/	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-Phosphore	00	mg/l	/	Coliformes totaux : 00/100ml			10	
Mat-Org-Acide	/	mg/l	05	CTT (E-Coli) : 00/100ml			00	
DBO ₅	/	mg/10 ₂	/	Streptocoques fécaux : 00/100ml			00	
DCO	/	mg/10 ₂	/	Anaérobie sulfito-réducteur	00	S/100ml	00	
				Test de chlore	0,8	mg/l	0,2 à 0,6	

Fiche d'analyses

Nature et lieu de prélèvement : Eau traitée, station monobloc Taksebt, Tizi-Ouzou

Date de prélèvement : 01/03/2015

Date d'analyse : 01/03/2015

Secteur : Tizi-Ouzou.

Paramètres organoleptiques	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation globale	Résultats	Unités	Normes NA	
Couleur	07	Unité p/c	15	Calcium	72,14	mg/l	200	
Odeur	/	S/p à 25°C	04	Magnésium	17,02	mg/l	/	
Goût	/	S/p à 25°C	04	Sodium	62	mg/l	200	
Paramètres physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes NA	Potassium	02	mg/l	12	
pH	7,65	/	6,5-9,0	Chlorures	26,52	mg/l	500	
P-redox	/	mv	/	Sulfate	59,6	mg/l	400	
Conductivité	333	µs/cm	2800	Bicarbonates	244	mg/l	/	
Température	12,1	°C	/	Carbonate	/	mg/l	/	
Turbidité	6,27	NTU	05	Dureté totale	250	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	200	mg/lcaco ₃	500	
Résidu sec à 105°C	204	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⁺	0,03	mg/l	0,3	
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Aluminium	0,01	mg/l	0,2	
ammonium	00	mg/l	0,5	Fluor	/	mg/l	1,5	
Nitrite	00	mg/l	0,2	Paramètre bactériologique	Résultats	Unités	Normes NA	
Nitrate	6,19	mg/l	50	Micro-organismes revivifiables	à 22°C	100	UFC/ml	100
Phosphore	00	mg/l	05		à 37°C	<01	UFC/ml	10
Ortho-Phosphore	00	mg/l	/	Coliformes totaux : 00/100ml			10	
Mat-Org-Acide	2,0	mg/l	05	CTT (E-Coli) : 00/100ml			00	
DBO ₅	/	mg/10 ₂	/	Streptocoques fécaux : 00/100ml			00	
DCO	/	mg/10 ₂	/	Anaérobie sulfito-réducteur	00	S/100ml	00	
				Test de chlore	01	mg/l	0,2 à 0,6	

Résumé

Afin d'apprécier la qualité des eaux de la ville de Tizi-Ouzou, nous avons effectué une étude comparative entre l'eau du barrage de TAKSEBT qui alimente la partie Sud de la ville (nouvelle ville) et l'eau des forages de BOUKHALFA qui alimente la partie Ouest de la ville (Talla Allam, la Haute ville...), et cela en se basant sur la variation des différents paramètres physico-chimiques qui sont principalement définis par la température, le pH, la conductivité électrique, la turbidité. En ce qui concerne les paramètres bactériologiques, ils sont basés sur la recherche et dénombrement des germes totaux, coliformes totaux et thermo-tolérants, streptocoques fécaux et Clostridium sulfite-réducteurs.

L'étude de ces deux paramètres a été faite pour l'eau brute et l'eau traitée avant distribution.

Dans cette optique, l'exploitation chronologique et comparative des résultats actualisés, nous ont permis de déterminer les caractéristiques ci-après :

- La minéralisation globale est plus importante pour l'eau souterraine (forages) par rapport à l'eau de surface (barrage). Il en est de même pour leur dureté (T.H) qui est moyenne à forte.
- La conductivité met en évidence une minéralisation globale moyenne, plus importante en période de hautes eaux qu'en basses eaux, sachant que la conductivité de l'eau des forages est beaucoup plus élevée que celle du barrage.
- La qualité bactériologique de l'eau des forages est meilleure que celle de l'eau du barrage.
- Les concentrations des éléments chimiques et bactériologiques des deux ressources sont conformes aux normes Algériennes relatives à la potabilité.

Mots clés Eau de barrage ; eau des forages ; paramètres physico-chimiques ; paramètres bactériologiques ; brute ; traitée.

Abstract

In order to assess the quality of the water in the city of Tizi-Ouzou, we have conducted a comparative study of water of the TAKSEBT dam which supplies the southern part of the city (new city) and the water drilling of the city of BOUKHALFA which feeds the western part of the city (Talla Allam, Upper town ...). This study is based on the variation of different physicochemical parameters which are mainly defined by temperature, pH, electrical conductivity, turbidity. As far as the bacteriological parameters are concerned they are based on research and enumeration of total bacteria, total coliform and thermo-tolerant, faecal streptococci and Clostridium sulphite-reducing.

The study of these two parameters was made for raw water and treated water before its distribution.

In this context, the chronological and comparative operating updated results, allowed us to determine the following characteristics:

- The overall mineralization is more important for groundwater (wells) from surface water (dam). It is the same for their hardness (TH) which is between medium to high.
- The conductivity shows an average overall mineralization which is greater during high waters and low waters, knowing that the conductivity of the drilling water is much higher than the dam.
- The bacteriological quality of the drilling water is better than the water of the dam.
- Concentrations of chemical and bacteriological elements of both resources comply with the Algerian standards relating to the potability.

Keywords Water dam; water drilling; physico-chemical parameters; bacteriological parameters; raw; treated.