

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

UNIVERSITE DE TLEMCEM
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de
l'Univers

Département D'AGRONOMIE

Laboratoire de recherche N°25

MEMOIRE

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

Option : Technologies des Industries Agroalimentaires - TIAA-

Thème

**Étude qualitative physico-chimiques de l'eau de la ville
de TLEMCEM destinée à la consommation humaine et
aux nourrissons**

Présenté par : M^{elle} BENAOUA WAFAA

Soutenu le 12 Juin 016 devant le jury composé de :

Président	M. BARKA M.S.	MCA	Université de TLEMCEM
Encadreur	M.TABET HELAL M.A.	MCA	Université de TLEMCEM
Examinatrice	M ^{elle} . GHANEMI F.Z.	MAA	Université de TLEMCEM

Année universitaire 2015-2016

دراسة النوعية الفيزيوكيميائية لمياه تلمسان المعدة للاستهلاك البشري والرضع

ملخص

الماء، جزيء بسيط، وضروري لاستمرارية الحياة والتطور السكاني. توفير مياه الشرب ذات جودة صحية جيدة هو مصدر قلق دائم للسلطات. جودة مياه الشرب تستحق اهتماما خاصا من حيث التوازن المعدني.

بما أن فئة من سكان مدينة تلمسان تستهلك ماء الحنفية، تم اختيارنا لحي الكرز المزود بالمياه المعالجة والمحلاة من محطة تحلية مياه البحر هنين.

يهدف عملنا إلى إجراء تحاليل فيزيوكيميائية وتخليط الضوء على العوامل التي تحدد نوعية المياه هي: الموصلية. الحرارة؛ درجة الحموضة. الكاتيونات (الكالسيوم، المغنيسيوم، البوتاسيوم، الصوديوم والباريوم)؛ الأيونات (الكوريد والنترات)؛ بالإضافة إلى المعادن الثقيلة التي هي المعايير الأساسية لسلامة المياه الصالحة للشرب (الحديد، النيكل، الكروم، الرصاص، النحاس والكاديوم).

تستند مختلف التحاليل التي أجريت للمياه بموجب القوانين الجزائرية للصلاحيية والأنظمة سارية المفعول (نوعية المياه الموجهة للاستهلاك البشري) مقارنة بالمعايير الدولية (منظمة الصحة العالمية (O.M.S)، منظمة الاقتصادية الأوروبية (CEE) وتوصيات (ANSES) الوكالة الوطنية الفرنسية للسلامة الصحية للأغذية، وهذا لضمان صحة المستهلكين ولا سيما الرضع.

أظهرت النتائج أن غالبية المؤشرات الفيزيوكيميائية تلبى المعايير المذكورة أعلاه وتبين عدم وجود المعادن الثقيلة.

ومن هنا نخلص أن مياه الحنفية المدروسة آمنة للرضع.

كلمات البحث: تحلية المياه -المياه-اختبار-الجودة-المعادن الثقيلة -الصلاحيية للشرب -الرضع.

Étude qualitative physico chimique de l'eau de la ville de TLEMCEN destinée à la consommation humaine et aux nourrissons

RESUME

L'eau, molécule simple, est indispensable pour la continuité de toute sorte de vie ainsi qu'au développement des populations. La mise à disposition d'une eau potable de bonne qualité sanitaire constitue une préoccupation permanente des autorités. L'aspect consommation et qualité de l'eau potable mérite une attention particulière en terme d'équilibre minéral.

Etant donné qu'une partie de la population de la wilaya de Tlemcen consomme l'eau du robinet, nous avons choisi le quartier des Cerisiers qui est approvisionné en eau traitée et dessalée issu de la station de dessalement de l'eau de mer de Honaïne.

Le présent travail consiste à effectuer des analyses physicochimiques et mettre en évidence les paramètres qui déterminent la qualité de l'eau à savoir :

La conductivité ; la température ; le pH ; les cations (calcium, magnésium, potassium et sodium, baryum) ; les anions (chlorure et nitrate) ; les métaux lourds qui constituent les critères déterminants de la salubrité, potabilité et sécurité des eaux (Fer, Nickel, Chrome, Plomb, cuivre, cadmium).

Les différentes analyses des eaux ont été effectuées en se basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation et la réglementation en vigueur comparée aux normes internationales (OMS, CEE) et aux recommandations de l'ANSES, ceci pour assurer la santé et le bien-être du consommateur en particulier des nourrissons.

Les résultats ont montré que la majorité des paramètres physico-chimiques répondent aux normes en vigueur (normes Algériennes, OMS, CEE, et des recommandations de l'ANSES pour nourrissons) et montrent l'absence des métaux lourds.

On conclue que les eaux étudiées sont sans danger pour le nourrisson.

Mots clés : *dessalement – eau – analyses – qualité – métaux lourds – potabilité - nourrissons.*

Qualitative study of the physical-chemical parameters of water intended for human consumption particularly for Tlemcenian's newborn babies

Summary

Water, a simple molecule, is essential for the survival of all kinds of life as well as for the populations' development. Placing drinking water at peoples' disposal is the authorities' permanent concern. The consumption and quality of drinking water needs special attention concerning the mineral balance.

Given that the population of Tlemcen drinks tap water, we chose "Les cerisiers" district, which is supplied with desalinated and treated water from the desalination station of Honaine.

The background work is to determine the physical-chemical analysis of the water and thus identify the parameters that determine its quality, namely: conductivity, temperature, pH, cations (calcium, magnesium, potassium, sodium, and barium), anions (chloride and nitrate), heavy metals which constitute a determining factor of the water's safety and potability.s

The various analysis of water samples were made in accordance with Algerian norms and present standards of water potability and compared with international norms (WHO, EEC) and ANSES's (French Agency for Food, Environment and Occupational Health & Safety) recommendations in order to ensure the health and well-being of consumers especially of infants and newborn babies.

Results showed that the majority of physical-chemical parameters comply with the standards (Algerian norms, WHO, EEC and ANSES's recommendations for infants and newborn babies) and that the studied water samples are free of heavy metals.

We concluded that the studied water samples are safe for infants and newborn babies.

Keywords: desalination, water, analysis, quality, heavy metals, potability, newborn babies, infants

Remerciements

Un grand merci, un petit merci, peu importe sa taille il n'a pas de dimension... c'est un petit mot tout simple mais qui pèse lourd quand il vient du fond du cœur.

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire n°25 de l'Université Abou-bekr Belkaïd de Tlemcen.

Tout d'abord nous rendons grâce à Dieu qui nous a donné la force et le courage de mener à terme ce travail.

Je remercie mes enseignants et toute l'équipe de formation de Master Technologies des Industries Agroalimentaires ainsi que les étudiants de ma promotion.

*J'exprime ma profonde gratitude à mon encadreur, **Monsieur Hadj TABET HELAL M. A.**, d'avoir accepté de diriger ce travail, pour tous les efforts, ses encouragements, ses précieuses orientations qu'il n'a cessé de prodiguer, c'est grâce à son infatigable dévouement que ce travail a pu être réalisé.*

*Je tiens à remercier très sincèrement **Monsieur BARKA M.S.**, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant la présidence de ce jury.*

*J'adresse mes plus vifs remerciements à **Mademoiselle GHANEMI F.Z.**, d'avoir accepté d'examiner ce travail et participer à ce jury.*

*Je remercie, tous les membres du laboratoire «LTSP» (Professeurs et étudiants) en particulier son directeur **Monsieur DIDI M.A.** de m'avoir laissé la chance de poursuivre mes études.*

*Une mention spéciale pour **Mme BELDJILLALI Samira** qui m'a été d'une aide incommensurable dans l'accomplissement de ce mémoire ; Merci à toi et que Dieu te le rende au centuple.*

Un grand merci à tous ceux que j'ai côtoyé de près ou de loin et que j'ai involontairement oublié.

TABLE DES MATIERES

RESUME	
REMERCIEMENTS	
Liste des tableaux	
Liste des tableaux dans les annexes	
Liste des figures	
INTRODUCTION.....	01

CHAPITRE I

GENERALITES SUR L'EAU

I.L'EAU.....	04
I.1. Définition	04
I.2. IMPORTANCE DE L'EAU.....	04
I.2.1. L'eau dans l'organisme humain.....	04
I.2.2. Eau et alimentation.....	04
I.2.3. L'eau déminéralisée et risques (muqueuses intestinales).....	05
I.2.4. Eau d'hydratation du nourrisson.....	05
I.2.5. Les critères que doit remplir une eau pour l'alimentation du nourrisson.....	05
II. CARACTERISTIQUES DES EAUX MARINES ET SAUMATRES	06
II.1. Les eaux marines	06
II.2. Les eaux saumâtres.....	06
II.3. La répartition de l'eau sur la terre.....	07
II.4. Propriétés de l'eau.....	07
• État solide.....	07
• État gazeux.....	07
• État liquide.....	07
II.5. Catégories d'eaux douces.....	07
II.5.1. L'Eau potable.....	07
II.5.2. L'Eau de source.....	08
II.5.3. L'Eau minérale naturelle.....	08

III. LES PARAMETRES DE POTABILITE DE L'EAU.....	08
III.1. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES.....	08
III.1.1. La couleur.....	08
III.1.2. Odeurs.....	08
III.1.3. Goûts et saveurs.....	09
III.1.4. La turbidité.....	09
III.2. PARAMETRES PHYSIQUES.....	09
III.2.1. La température.....	09
III.2.2. La conductivité électrique et minéralisation globale.....	10
III.2.3. La Résistivité électrique.....	11
III.2.4. Résidu secs.....	11
III.3. PARAMETRES CHIMIQUES.....	12
III.3.1. Potentiel d'hydrogène (pH).....	12
III.3.1. Oxygène dissous.....	12
III.3.2. La dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH).....	12
III.3.3. Titre Alcalimétrique (TA et TAC).....	13
III.3.4. Sels minéraux dissous.....	13
III.3.4.1. CATIONS.....	
➤ Ion Calcium Ca^{2+}	13
➤ Ion Magnésium Mg^{2+}	14
➤ Ion Sodium Na^{+}	14
➤ Ion Potassium K^{+}	14
➤ Ammonium NH_4^{+}	15
➤ Ion Fer Fe^{2+}	15
III.3.4.2. ANIONS.....	15
➤ Chlorures Cl^{-}	15
➤ Carbonates CO_3^{-} et Hydrogénocarbonates (Bicarbonates) HCO_3^{-}	15
➤ Sulfates SO_4^{2-}	15
➤ Phosphates PO_4^{3-}	16
➤ Nitrates (NO_3^{-}) et nitrites (NO_2^{-})	16
➤ Ion Fluor (F^{-})	16
IV. Pollution des eaux par les métaux lourds.....	17
V. SANTE ET MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUES	17

V.1. Les éléments contenus dans l'eau et risques éventuels pour la santé des nourrissons.....	18
V.1.1. Calcium.....	18
V.1.2. Magnésium.....	18
V.1.3. Sodium.....	19
V.1.4. Potassium.....	19
V.1.5. Bicarbonates (hydrogénocarbonates).....	19
V.1.6. Sulfates.....	19
V.1.7. Chlorures.....	20
V.1.8. Nitrates.....	20
V.1.9. Fluor.....	20
V.1.10. Résidus secs.....	20
V.1.11. Plomb.....	21
VI. Norme de potabilité des eaux de consommation.....	21
➤ La réglementation Algérienne.....	21

CHAPITRE II

DESSALEMENT DE L'EAU DE MER

I. GENERALITES.....	24
I.1. Importance du dessalement de l'eau de mer.....	24
I.2. Définition de dessalement de l'eau.....	24
I.3. Dessalement en Algérie.....	24
II. Présentation de la station de dessalement de « Honaïne ».....	25
II.1. Situation géographique.....	25
II.2. Caractéristiques de l'eau de mer.....	25
III. Processus du dessalement appliqué dans la station de dessalement de Honaïne.....	26
III.1. Captation d'eau de mer et filtration primitive.....	27
III.2. LE PRETRAITEMENT.....	27
III.2. 1. LE PRETRAITEMENT CHIMIQUE.....	28
<i>III.2.1.1. Traitement par l'hypochlorite de sodium</i>	28
<i>III.2.1.2. Traitement par le chlorure ferrique</i>	28
<i>III.2.1.3. Injection du métabisulfite de sodium (Na₂O₅S₂)</i>	28
III.2. 2. PRETRAITEMENT PHYSIQUE.....	29

<i>III.2.2.1. Filtration à sable et anthracite</i>	29
<i>III.2.2.2. Filtration à cartouche</i>	
<i>III.2.2.3. Réservoir d'eau filtrée</i>	30
<i>III.3. L'étape d'osmose inverse</i>	31
<i>III.3.1. Un châssis à membrane</i>	32
<i>III.3.2. Une pompe à haute pression</i>	33
<i>III.3.3. Pompe de recirculation</i>	33
<i>III.3.4. Système d'échange de pression</i>	33
<i>III.3.5. Réservoir de l'eau dessalée</i>	33
III.4. LE POST-TRAITEMENT OU MINERALISATION	34
<i>I.II.4.1. L'ajustement de pH</i>	34
<i>III.4.2. La chloration</i>	34

MATERIELS ET METHODES

I. METHODES D'ACQUISITION DES DONNEES	37
<i>I.1. Echantillonnages</i>	37
<i>I.2. Modes de prélèvements</i>	38
<i>I.3. Mesure in situ</i>	38
II. LES ANALYSES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION	39
II.1. METHODES D'ANALYSES ORGANOLEPTIQUES	39
<i>II.1.2. Test de la couleur</i>	39
<i>II.1.3. Test de l'odeur</i>	39
<i>II.1.4. Test de goût et de saveur</i>	39
<i>II.1.5. Mesure de la turbidité</i>	40
III. METHODES D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUES	40
III.1. ANALYSES PHYSIQUES	40
<i>III.1.1. Mesure du pH</i>	40
<i>III.1.2. Mesure de la température</i>	41
<i>III.1.3. Mesure de la conductivité</i>	41
<i>III.1.4. Mesure de la minéralisation</i>	41
<i>III.1.5. La turbidité</i>	42
<i>III.2. Mesure des résidus secs</i>	42

IV. ANALYSES SPECTROPHOTOMETRIQUE	43
IV.1 Dosage de Nitrate (NO_3^-).....	43
V. ANALYSES TITRIMETRIQUE.....	43
V.1. Dosage des ions de chlorures« Méthode de MOHR».....	43
V.2. Dosage des ions du calcium.....	44
V.3. Dosage de la dureté totale $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	44
V.4. Dosage des ions magnésium.....	45
VI. Analyses par Spectrométrie d'émission de flamme (ou photométrie de flamme).....	45
VI.1. Dosage de Sodium, Potassium et Baryum.....	45
VII. Analyses par spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme SAA.....	46
VII.1. Définition.....	46
VII.2. Principe.....	46
VII.3. Réactifs utilisés et mode opératoire.....	47

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

I. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES.....	52
I.1. La Couleur.....	52
I.2. L'Odeur.....	53
I.3. La saveur.....	53
I.4. Turbidité.....	53
II. Les paramètres physico-chimiques.....	54
II.1. La température.....	55
II.2. Le potentiel d'hydrogène pH.....	56
II.3. La Conductivité électriques.....	56
✓ La minéralisation globale.....	57
✓ La résistivité.....	57
II.4. Les résidus secs.....	57
II.5. Les nitrates.....	57
II.6. Les chlorures.....	59
II.7. La dureté totale.....	60
II.8. Le calcium.....	61
II.9. Le magnésium.....	61

II.10. Le Sodium et Potassium.....	62
II.11. Le Baryum.....	62
III. LES METAUX LOURDS.....	63
▪ FER.....	63
▪ NICKEL.....	63
▪ CHROME.....	64
▪ PLOMB.....	65
▪ CUIVRE.....	65
▪ CADMIUM.....	66
CONCLUSION	68
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	71
ANNEXES	83

LISTE DES ABREVIATIONS

ABS	: Absorbance
ADE	: Algérienne des eaux
AFFSA	: Agence Française de sécurité sanitaire des aliments
ANSES	: Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation
CEE	: Communauté économique européenne
CMA	: Concentration minimale admise
EDTA	: Ethylène Diamine Tétra-Acétique
JORA	: Journal officiel de la république algérienne
mmole/mg	: Millimole par milligramme
mmole/L	: Millimole par litre
NA	: Normes algérienne
NG	: Niveau guide
NTU	: Unité de turbidité Nephloétrie
OMS	: Organisation Mondial de Santé
pH	: Potentiel Hydrogène
TA	: Titre alcalimétrique simple
TAC	: Titre alcalimétrique complet
TDS	: Sels dissout totaux
TH	: Titre hydrométrique
meq/L	: Milliéquivalent par litre
mg/L	: Milligramme/Litre
Ωcm	: Ohmcentimètre
°F	: Degrés français
μS/cm	: Micro siemens par centimètre

LISTE DES TABLEAUX

	P.
Tableau n°01 : Apports quotidiens conseillés en eau du nouveau-né, du nourrisson et de l'enfant.	05
Tableau n°02 : Valeurs maximales autorisées pour les teneurs en minéraux présents sur l'étiquetage des eaux ayant la mention « convient pour les nourrissons ».	06
Tableau n°03 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.	10
Tableau n°04 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique.	10
Tableau n°05 : Classification des eaux selon la conductivité.	11
Tableau n°06 : La potabilité en fonction des résidus secs.	11
Tableau n°07 : Classification de l'eau selon la dureté totale.	13
Tableau n°08 : Principaux effets associés aux métaux lourds.	17
Tableau n°09 : Normes et recommandations pour les paramètres physico-chimiques de l'eau potable.	22
Tableau n°10 : Normes et recommandations pour la minéralisation globale des eaux potables.	22
Tableau n°11 : Caractéristiques de l'eau de mer-Honâine	26
Tableau n°12 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de robinet destinée à la consommation humaine et aux nourrissons. (Cerisiers ; TLEMSEN)	52
Tableau n°13 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau étudiée comparés aux normes algériennes, OMS, CEE et ANSES	54

LISTE DES TABLEAUX DANS LES ANNEXES

Tableau A1 : Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation humaine.	83
Tableau A2 : Normes algériennes de la qualité des eaux de source.	86
Tableau A3 : Normes algériennes de qualité des eaux minérales naturelles.	88
Tableau A4 : Normes d'O.M.S. Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.	89
Tableau A5 : Normes d'UE. Directive du conseil 98/83/EC sur la qualité de l'eau attendue pour la consommation humaine. Cette directive fut adoptée le 3 novembre 1998.	90

LISTE DES FIGURES

	P.
Figure n°01 : Schéma général d'une installation de dessalement.	26
Figure n°02 : Diagramme de processus de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse au niveau de la station de dessalement de l'eau de mer de- Honaïne	27
Figure n°03 : Filtres à sables et anthracite (Station de dessalement- Honaïne)	30
Figure n°04 : Filtres à cartouches au niveau de la station (Station de dessalement- Honaïne)	30
Figure n°05 : Mise en évidence de l'osmose inverse	31
Figure n°06 : L'étape de l'osmose inverse (Station de dessalement- Honaïne)	32
Figure n°07 : La membrane spirale de l'osmose inverse	32
Figure n°08 : Réservoir de l'eau dessalée (Station de dessalement- Honaïne)	33
Figure n°09 : Les réservoirs de CO ₂ (Station de dessalement- Honaïne)	35
Figure n°10 : Citée les Cerisiers TLEMCEN (Google Mapp)	37
Figure n°11 : pH mètre et conductimètre portatif (ADWA)	38
Figure n°12 : Appareil multi-paramètre de laboratoire pH, T° et conductivité (Consort C832)	40
Figure n°13 : Turbidimètre (EUTECH instruments TH-100)	42
Figure n°14 : Spectrométrie d'émission de flamme (ou photométrie de flamme)	46
Figure n°15 : Spectromètre d'absorption atomique SAA de type PinAAcle 900H (PerkinElmer)	47
Figure n°16 : Courbe d'étalonnage de Fer	48
Figure n°17 : Courbe d'étalonnage de Nickel	48
Figure n°18 : Courbe d'étalonnage de Chrome	49
Figure n°19 : Courbe d'étalonnage de Plomb	49
Figure n°20 : Courbe d'étalonnage de Cuivre	50
Figure n°21 : Courbe d'étalonnage de Cadmium	50
Figure n°22 : Courbe d'étalonnage de la concentration de nitrate en fonction de l'absorbance	58
Figure n°23 : Concentration en Fer dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES	63

Figure n°24	: Concentration en Nickel dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES	64
Figure n°25	: Concentration en Chrome dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES	64
Figure n°26	: Concentration en Plomb dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES	65
Figure n°27	: Concentration en Cuivre dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES	65
Figure n°28	: Concentration en Cadmium dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES	66

LISTE DES FIGURES DANS LES ANNEXES

Figure A1	: Schéma expliquant le principe d'un spectrophotomètre	92
Figure A2	: Un spectrophotomètre UV visible SPECORD® PLUS	93
Figure A3	: Courbe d'étalonnage de concentration de Sodium en fonction d'absorbance.	98
Figure A4	: Courbe d'étalonnage de concentration de Potassium en fonction d'absorbance.	99
Figure A5	: Courbe d'étalonnage de concentration de Baryum en fonction d'absorbance.	99

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'usage de l'eau à des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique. L'eau distribuée par réseau constitue un des produits alimentaires les plus contrôlés. Ses analyses sont réalisées depuis son origine jusqu'au robinet. L'eau de distribution doit répondre aux exigences de qualité. Ainsi, elle ne doit contenir aucun micro-organisme, aucun parasite ni aucune substance constituant un danger potentiel pour la santé des personnes.

D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson, de ce fait l'eau doit être conforme vis-à-vis d'un ensemble de normes de potabilité.

La consommation mondiale d'eau a triplé, tandis que la population de la planète augmentait de 2,3 milliards d'habitants. La pénurie d'eau touche déjà tous les continents et plus de 40 % de la population de la planète. (BELGHETRI *et al.*2013)

Longtemps considérée comme une ressource inépuisable, pure et gratuite, l'eau potable aujourd'hui est de plus en plus rare, polluée et chère. Comment peut-on gérer au mieux les ressources disponibles sans gaspillage ? Celle que l'on nomme " l'or bleu " est en passe de devenir un enjeu stratégique dans certaines parties du monde. (HACHEMAOUI, 2014)

La nécessité de dessaler l'eau de mer se fait de plus en plus pressante. Face à ces défis vitaux, l'Algérie est lancée depuis peu, mais de façon intense, dans le dessalement de l'eau de mer. Cette solution s'est imposée afin de faire face à ces besoins grandissants, mais aussi pour atténuer la pression sur les ressources locales. Par conséquent, l'Algérie s'est fixée un objectif de réaliser 13 stations de dessalement de l'eau de mer, d'une capacité de 2.260.000 m³/jour, selon l'ADE. (BESSENASSE ,2006).

Pour pouvoir l'utiliser, l'eau doit répondre à certaines caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques qui dépendent de type d'utilisation. L'eau potable produite n'est jamais pure, elle contient des minéraux et des microorganismes, les activités humaines peuvent aussi affecter et changer la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine.

En générale, les parents préparent les biberons des nourrissons avec de l'eau en bouteille, ils pensent qu'elle est plus « saine » que les autres eaux. Certains parents (moins aisés) utilisent l'eau du robinet, à cet effet, notre travail consiste à montrer la qualité de cette eau en effectuer des analyses physico-chimiques de l'eau potable du robinet de la ville de TLEMCEN, eau traitée et dessalée provenant de la station de dessalement de l'eau de mer de Honaïne destinée à la consommations de la population.

Cette étude est répartie comme suit :

- ❖ Chapitre I : Consacrée aux généralités et caractéristiques des eaux de consommation et aux normes applicables aux eaux destinées à l'alimentation humaine et aux nourrissons.
- ❖ Chapitre II : Généralité sur le dessalement d'eau de mer.
- ❖ Une étude quantitative et qualitative des analyses physico-chimiques de l'eau de robinet.
- ❖ Une partie réservée à l'interprétation et la discussion des résultats.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR L'EAU

I. L'EAU**I.1. Définition**

L'eau est incolore, inodore et sans saveur, de valeur nutritive à peu près nulle, elle est cependant le constituant principal de tout être vivant. Lorsqu'elle gèle, Elle augmente de volume, se gonfle au lieu de diminuer comme la plupart des autres substances, elle se solidifie et flotte en milieu liquide. (MERCIER, 2000)

I.2. IMPORTANCE DE L'EAU**I.2.1. L'eau dans l'organisme humain**

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes. L'organisme élimine en permanence de l'eau. (BALDERACCHI, 2009)

I.2.2. Eau et alimentation

Puisqu'elle ne contient ni protéines, ni glucides et ni lipides, l'eau n'est pas un aliment.

Elle ne fournit pas d'énergie brute. Par contre, l'eau est essentielle à la vie.

C'est grâce à l'eau que le corps peut utiliser l'énergie présente dans les aliments. (DUMOULIN et MANTHA, 2009)

Au moment de la digestion, outre l'eau apportée par les boissons et les aliments ingérés, l'organisme fournit lui-même plusieurs litres d'eau à l'estomac et à l'intestin grêle pour faciliter la circulation et la digestion des aliments. (HUOT, 2010)

Sur le plan quantitatif, les activités humaines consommatrices d'eau traitée sont réparties selon les domaines :

- L'agriculture : 68 % (pour l'irrigation)
- La consommation humaine : 24 %
- L'industrie : 5 %
- Production d'énergie : 3 %. (JEAN-MARIE, 2009).

1.2.3. L'eau déminéralisée et risques (muqueuses intestinales)

Il a été démontré que la consommation d'eau à faible teneur en minéraux a un effet négatif sur les mécanismes d'homéostasies. L'homéostasie est la tendance de l'organisme à maintenir ses différentes constantes à des valeurs ne s'écartant pas de la normale. (OMS, 2004)

1.2.4. Eau d'hydratation du nourrisson

Les apports journaliers en eau sont plus élevés en période néonatale et dans les premières années de vie. Les besoins d'hydratation sont à adapter en fonction de l'environnement, de la température, de l'humidité, de l'altitude et de l'activité physique. Les pathologies à l'origine d'élévation thermique ou de troubles digestifs majorent également les besoins en eau et doivent conduire à une surveillance particulière face au risque de déséquilibre de l'état d'hydratation.

Tableau n°01 : Apports quotidiens conseillés en eau du nouveau-né, du nourrisson et de l'enfant. (BEAUFRERE *et al*, 2001)

Prématurés	150 à 200 ml/kg
Nourrisson de 0 à 3 mois	150 ml/kg
Nourrisson de 3 à 6 mois	125 ml/kg
Nourrisson de 6 à 12 mois	100 ml/kg
Nourrisson de 12 à 24 mois	80 ml/kg
Enfant de 5 ans	60 ml/kg
Enfant de 10 ans	50 ml/kg
Enfant de 15 ans	50 ml/kg

1.2.5. Les critères que doit remplir une eau pour l'alimentation du nourrisson

L'objectif des laits infantiles est de se rapprocher le plus possible de la composition du lait maternel. Cependant leur concentration en minéraux est plus importante, car ils proviennent pour la majorité d'entre eux du lait de vache, plus riche en minéraux que le lait de femme.

Pour cette raison, l'eau utilisée pour la reconstitution du lait infantile doit être peu minéralisée. Une trop grande concentration en minéraux entraînerait une charge osmotique rénale trop importante pour les reins immatures du nourrisson.

L'ANSES (ex-AFSSA) a publié un rapport concernant les critères de qualité des eaux minérales naturelles et des eaux de source embouteillées permettant une consommation sans risque sanitaire pour les nourrissons et les enfants en bas âge. (ANSES, 2003)

Tableau n°02 : Valeurs maximales autorisées pour les teneurs en minéraux présents sur l'étiquetage des eaux ayant la mention « convient pour les nourrissons ».

(ANSES, 2003) (Arrêté du 28 décembre 2010, France).

Calcium	< 100 mg/L
Magnésium	< 50 mg/L
Sodium	< 200 mg/L
Chlorures	< 250 mg/L
Nitrates	< 10 mg/L
Sulfates	< 140 mg/L
Fluor	< 0.3 mg/L en cas de supplémentation médicale en fluor < 0.5 mg/L en l'absence de supplémentation médicale en fluor
Potassium	Pas de recommandations
Bicarbonates	Pas de recommandations
Résidus secs à 180°C	1000 mg/L

II. CARACTERISTIQUES DES EAUX MARINES ET SAUMATRES

II.1. Les eaux marines

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0.5 et 2mg) et, naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère. L'eau de mer est faiblement alcaline. Son pH étant compris entre 7.5 et 8.4. (RAPINAT, 1982)

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates).

La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g/L. Cette salinité peut être différente dans le cas de mers fermées. (HUOT, 2010)

II.2. Les eaux saumâtres

On appelle eau saumâtre, une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre.

Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels, en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés.

Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols.

Les principaux sels dissous sont le CaCO_3 , le CaSO_4 , le MgCO_3 et le NaCl . (HUOT, 2010)

II.3. La répartition de l'eau sur la terre

Près de 70 % de la surface de la Terre est recouverte d'eau (97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce dans différents réservoirs). Selon (DITTMAN, 2009), le volume approximatif de l'eau de la Terre (tous les réserves d'eau du monde) est de 1 360 000 000 km³. Dans ce volume, la répartition est la suivante :

- 1 320 000 000 km³ (97,2 %) se trouve dans les océans ;
- 25 000 000 km³ (1,8 %) se trouve dans les glaciers et les calottes glaciaires ;
- 13 000 000 km³ (0,9 %) sont des eaux souterraines ;
- 250 000 km³ (0,02 %) sous forme d'eau douce dans les lacs, les mers intérieures, et les fleuves ;
- 13 000 km³ (0,001 %) sous forme de vapeur d'eau atmosphérique à un moment donné.

II.4. Propriétés de l'eau

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

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

II.5. Catégories d'eaux douces

Les différents types d'eaux douces sont définis par (D.F.I., 2005). On distingue :

- L'Eau potable ;
- L'Eau de source ;
- L'Eau minérale naturelle.

II.5.1. L'Eau potable

On entend par eau potable, l'eau naturelle ou traitée qui convient à la consommation, à la cuisson d'aliments, à la préparation de mets et au nettoyage d'objets entrant en contact avec les denrées alimentaires. (HUBERT et MARIN, 2001) (Tableau A1 ; ANNEXE I)

II.5.2. L'Eau de source

On entend Par eau de source, de l'eau potable conditionnée directement à la source, non traitée ou uniquement traitée au moyen des procédés admis pour l'eau minérale naturelle. (GOMELLA *et al*, 1980) (Tableau A2 ; ANNEXE I)

II.5.3. L'Eau minérale naturelle

C'est une eau souterraine microbiologiquement irréprochable, provenant d'une ou de plusieurs sources naturelles ou de captages Souterrains artificiels. (MAILLARD et MORILLON, 2013) (Tableau A3 ; ANNEXE I)

III. LES PARAMETRES DE POTABILITE DE L'EAU

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques. (DEVILLERS *et al*, 2005)

En ce sens, les normes fixent les concentrations maximales admissibles (CMA), c'est-à-dire la quantité de telle ou telle substance qu'un individu peut absorber sans danger quotidiennement tout au long de sa vie. (Tableau A1 ; ANNEXE I)

III.1. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES

Les facteurs organoleptiques constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé (GENOUDET, 2001)

III.1.1. La couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. (RODIER *et al*, 2009)

III.1.2. Odeurs

L'eau destinée à la consommation humaine doit être inodore. Une eau qui comporte une odeur est synonyme de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, ce qui est trop dangereux pour la santé des consommateurs. (GENOUDET, 2001)

L'odeur a été évaluée par une simple sensation dans le lieu du prélèvement. (RODIER *et al*, 2009)

III.1.3. Goûts et saveurs

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur agréable. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. (MONIQUE, 1991)

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. (RODIER *et al*, 2009)

III.1.4. La turbidité

La turbidité est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, etc. Cependant, une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension : la qualité bactériologique d'une eau turbide est donc suspecte) (GHAZALI *et al*, 2013).

Il est recommandé d'effectuer la mesure de la turbidité aussi rapidement que possible après prélèvement ; sinon l'échantillon doit être conservé à l'obscurité pour une durée maximale de 24 h, toute conservation prolongée peut provoquer des modifications irréversibles de la turbidité. La turbidité se mesure en unité néphelométrique (NTU). (GHAZALI *et al*, 2013)

III.2. PARAMETRES PHYSIQUES

III.2.1. La température

La température de l'eau, est un facteur qui agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques. (W.H.O., 1987)

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux qu'elles soient souterraine ou superficielle.

L'eau de boisson a une bonne fraîcheur si sa température varie entre 9 et 12°C. Une température élevée des eaux dans le réseau de distribution peut être à la base d'un développement planctonique important dans les conditions ou d'une sursaturation susceptible de rendre les eaux blanchâtres. (ALI ABOU et BENMLOUKA, 2014)

III.2.2. La conductivité électrique et minéralisation globale

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm.

La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (GHAZALI *et al*, 2013).

La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (RODIER, 2009). Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation. (MENS et DEROUANE, 2000)

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous. (DEGREMONT, 1990)

La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout du nourrissons ; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (SARI, 2014).

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. (RODIER, 2009)

Tableau n°03 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.

(RODIER, 2009)

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
Conductivité < 50	1,365079 * Conductivité à 20°C
50 < Conductivité < 166	0,947658 * Conductivité à 20°C
166 < Conductivité < 333	0,769574 * Conductivité à 20°C
333 < Conductivité < 833	0,715920 * Conductivité à 20°C
833 < Conductivité < 1000	0,458544 * Conductivité à 20°C
Conductivité > 1000	0,850432 * Conductivité à 20°C

Tableau n°04 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique. (TOUHARI, 2015)

Conductivité électrique (exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité de l'eau
50 à 400	excellente
400 à 750	bonne qualité
750 à 1500	médiocre mais eau utilisable
> à 1500	minéralisation excessive

III.2.3. La Résistivité électrique

En raison des sels qu'elle renferme, l'eau constitue un électrolyte très étendu. La résistivité électrique d'une eau peut donc mesurer sa minéralisation globale. (DUPONTA, 1974)

L'unité de la résistivité est l'ohmcentimètre (Ωcm). La conductivité est l'inverse de la résistivité. On obtient la résistivité à partir de la conductivité par la formule suivante :

$$\text{Résistivité } (\Omega\text{cm}) = \frac{1000\ 000}{\text{Conductivité}}$$

Tableau n°05 : Classification des eaux selon la conductivité. (RODIER, 2005)

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

III.2.4. Résidu sec

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau (RODIER, 2005). Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide (WHO., 1994).

La potabilité des eaux en fonction des résidus secs recommandée par OMS est de 1000 mg/L, quand celui-ci est extrait à 180°C.

Tableau n°06 : La potabilité en fonction des résidus secs. (RODIER, 2005)

Résidu sec (mg/L)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

III.3. PARAMETRES CHIMIQUES

III.3.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) correspond à la concentration d'ions hydrogène. Il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau. Le pH interfère avec d'autres paramètres de la qualité dans les complexes réactions chimiques : dureté, alcalinité, turbidité, conductivité. (SAVARY, 2010). Les valeurs du potentiel Hydrogène se situent entre 6,5 et 8,5 dans les eaux naturelles (GHAZALI *et al*, 2013).

III.3.1. Oxygène dissous

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau, il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique. (GHAZALI *et al*, 2013)

III.3.2. La dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .

La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de CaCO_3 par litre. (DEVILLERS *et al*. 2005) Dans l'eau, sont déterminés :

- La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne ;
- La dureté calcique qui correspond à la teneur globale en sels de calcium ;
- La dureté magnésienne qui correspond à la teneur globale en sels de magnésium ;
- La dureté carbonatée correspond à la teneur en hydrogénocarbonate et carbonate de calcium et de magnésium.

Une eau trop douce est une eau corrosive. Elle attaque les parois des canalisations d'eau et contribue à la dégradation de la qualité de l'eau à la suite de la dissolution de métaux lourds tels que le plomb. (TOUHARI, 2015)

En fonction de leur dureté totale, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau suivant :

Tableau n°07 : Classification de l'eau selon la dureté totale.
(BERNE et CORDONNIER, 1991)

TH en degrés français (°F)	Spécificité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très dure

III.3.3. Titre Alcalimétrique (TA et TAC)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes. D'autres sels d'acides faibles peuvent aussi être dosés et interfèrent dans la mesure : acides humiques, phosphates, citrates, tartrate. Deux titres qui sont le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC). (BERNE et CORDONNIER, 1991)

L'unité utilisée est le degré français ($1^{\circ}f = 10 \text{ mg. L}^{-1} \text{ de CaCO}_3 = 0,2 \text{ milliéquivalent}^{-1}$), (RODIER, 2009).

III.3.4. Sels minéraux dissous

III.3.4.1. CATIONS

➤ Ion Calcium (Ca^{2+})

Le corps humain comprend une moyenne 1,2 kilogramme de calcium essentiellement dans le squelette (MERCIER, 2000).

Le calcium est libéré généralement par l'altération des roches, il provient des aluminosilicates, des silicates, des carbonates (calcite et calcite magnésienne) et les sulfates (gypse) (SARI, 2014).

L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium (SARI, 2014).

Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations. (MAMADOU ET DANZI, 2015)

➤ **Ion Magnésium (Mg^{2+})**

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). (KEMMER, 1984).

Le Magnésium contribue au bon fonctionnement du système nerveux et la contraction musculaire. Il est indispensable pour la croissance et pour la production de certaines hormones.

Une carence en cet élément peut provoquer des crampes, la spasmophilie, l'anxiété, des troubles digestifs. A forte dose, il a des effets laxatifs. (HAMMEL, 2013)

La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau, sa valeur est de 10 à 50 mg/L (environ 40-200 mg /L en $CaCO_3$) (SARI, 2014).

➤ **Ion Sodium (Na^+)**

C'est un métal alcalin. Son origine peut être :

- ✓ Naturelle (mer, terrain salé...);
- ✓ Humaine (10 à 15 g NaCl dans les urines /jour);
- ✓ Industrielle (potasse, industrie pétrolière).

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées.

C'est un élément constituant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de mg/L à 500 mg/L. (RODIER, 2009)

➤ **Ion Potassium (K^+)**

Le potassium est le cation le plus abondant du liquide intracellulaire et joue un rôle important dans un grand nombre de fonctions cellulaires pour lesquelles les besoins de l'organisme par jour sont importants. (HOUILLIER *et al*, 2004)

Il est étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau.

Sa présence est à peu près constante dans les eaux naturelles elle ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/L. (RODIER, 2009)

➤ **Ammonium (NH₄⁺)**

Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes ; l'ion ammonium (NH₄⁺) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniacque (NH₃). (GAUJOUR, 1995)

En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniacque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ammoniacque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du PH et de la température. (RODIER, 1996)

➤ **Ion Fer (Fe²⁺)**

Le fer se classe en 4^{ème} rang des éléments de la croûte terrestre. Les eaux minérales et principalement les eaux thermo minérales peuvent en contenir plus de 10 mg/L.

Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. (RODIER, 2009)

III.3.4.2. ANIONS

➤ **Chlorures (Cl⁻)**

Puisque tous les sels du chlore sont très solubles dans l'eau, le chlore est fréquent dans les réserves d'eau douce à un taux de 10 à 100 mg /L. (ATALLAH, 2014)

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/L surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. (RODIER, 2005)

➤ **Carbonates (CO₃²⁻) et Bicarbonates (HCO₃⁻) : (Hydrogénocarbonates)**

L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO₂ à partir des minéraux contenant des carbonates. (HIMMI *et al*, 2003)

On le trouve souvent à une concentration de 5-500 mg/L exprimée en CaCO₃. (KEMMER, 1984).

➤ **Sulfates (SO₄²⁻)**

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/l. (GHAZALI *et al*, 2013).

Ils sont laxatifs pour l'adulte lorsque leur concentration est comprise entre 500 et 600 mg/L. (W.H.O., 2004)

➤ **Phosphates (PO_4^{3-})**

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration. (RODIER, 2005)

➤ **Nitrates (NO_3^-) et nitrites (NO_2^-)**

Les nitrites et nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+). (GAUJOUR, 1995)

Les nitrates sont très solubles dans l'eau, ils pénètrent le sol et les eaux souterraines où se déversent dans les cours d'eau par ruissellement. Ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme.

Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable. (LEPELTIE, 2005)

Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L. (COULAIS, 2002)

➤ **Ion Fluor (F^-)**

Le Fluor est un élément naturellement présent dans les eaux souterraines, sous forme d'ion fluorure par dissolution au contact des roches.

Le fluor ingéré est fixé par les tissus calcifiés (dents et os). Lorsqu'il est disponible en quantité suffisante il renforce la dureté de l'émail des dents et la solidité du squelette.

Des apports modérés en fluor ont des effets bénéfiques sur la santé, cependant, lorsque les doses sont soit trop faibles, soit trop fortes, des effets indésirables peuvent apparaître.

Le fluor est en effet un élément ambivalent : Une carence en fluor, sans être dangereuse pour la santé, augmente le risque d'apparition de caries dentaires, surtout pour les jeunes enfants dont les dents sont en formation.

A l'inverse des apports quotidiens excessifs sont susceptibles de provoquer des fluoroses, dont les effets peuvent aller du simple désagrément esthétique (colorations brunâtres des dents) à des maladies incapacitantes graves (fluoroses squelettiques déformantes, voire paralysantes). (Ministère des affaires sociales et de la santé française, 2006)

IV. Pollution des eaux par les métaux lourds

La pollution des eaux se fait par des métaux lourds souvent sous forme de traces, qui peuvent provoquer des intoxications chez l'homme par la consommation de l'eau contaminée en dépassant les limites fixées par la réglementation et l'OMS. (Tableau 04 ; ANNEXE IV)

Ces métaux lourds sont en particulier : Le cadmium, le fer, le plomb, l'arsenic, le nickel, et le bore. Les principaux effets associés aux éléments ci-dessus sont présentés dans le tableau 08 :

Tableau n°08 : Principaux effets associés aux métaux lourds. (SPARKS, 1998; EWERS et SCHILPKOTER, 1991; in FELLAH, 2010).

ELEMENT	EFFETS
Arsenic (As)	Toxique, possible cancérigène
Cadmium (Cd)	Hypertension, dommages sur le foie, Affections respiratoires, troubles rénaux
Chrome (Cr)	Cancérigène sous forme de Cr (VI), troubles dermatologiques, anémie
Cuivre (Cu)	Peu toxique envers les animaux, toxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés
Mercure (Hg)	Toxicité chronique et aiguë, Troubles du système nerveux (mémoire, fonctions sensorielles de coordination)
Nickel (Ni)	Maladies respiratoires, asthme, malformations congénitales, cancérigène
Plomb (Pb)	Toxique, troubles du système nerveux et cardiovasculaire, fatigue, cancérigène, affection du foie et des reins
Sélénium (Se)	Essentiel à faibles doses, toxique à doses élevées
Zinc (Zn)	Toxique pour les végétaux à de fortes teneurs

V. SANTE ET MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUES

Pour l'OMS, « *La bonne qualité de l'eau de boisson fait d'avantage pour la santé publique que n'importe quel vaccin ou médicament !* ».

Toutes les huit secondes, un enfant meurt d'une maladie liée à l'eau ! Chaque année, plus d'un milliard d'enfants de moins de cinq ans présentent une diarrhée aiguë, et on dénombre près de cinq millions de décès dus à ces diarrhées principalement dans les régions défavorisées. (KOLTZ, 2010)

L'eau insalubre constitue la première cause de mortalité sur la planète devant la malnutrition à cause des agents pathogènes (virus, bactéries, parasites) et polluants divers qu'elle véhicule (pesticides, arsenic, fluor,...).

80 % des maladies dans les pays pauvres du Sud se propagent par la consommation de l'eau contaminée, le manque d'hygiène et la pauvreté. (BOUZIANI, 2006)

V.1. Les éléments contenus dans l'eau et risques éventuels pour la santé des nourrissons

V.1.1. Calcium

Les eaux adoucies sont agressives. Circulant dans des tuyauteries vétustes en plomb, elles exposent ainsi à un risque de saturnisme. (QUENEAU et HUBERT, 2006)

Le calcium est un élément essentiel. Cependant, il est déjà présent dans le lait infantile et cela en quantité supérieure à celle contenue dans le lait maternel, et cela expose le nourrisson, à court terme, à une charge osmotique rénale plus importante.

Les pédiatres estiment que l'eau servant à la préparation des biberons ne doit pas être une source importante de calcium. Il est donc recommandé que l'eau ne contienne pas plus de 100 mg/l de calcium. (ANSES, 2003)

Un cas de calcul coralliforme du nourrisson lié à la prise exclusive d'eau minérale riche en calcium a également été décrit. (SAULNIER *et al*, 2000)

V.1.2. Magnésium

L'homéostasie est essentiellement régulée par le processus de réabsorption tubulaire rénale. Les pédiatres considèrent que les troubles de transit intestinal chez les nourrissons sont directement liés à l'exposition totale au magnésium. (ANSES, 2003)

L'excès de magnésium dans l'alimentation du nourrisson l'expose à une surcharge rénale. Des manifestations neuromusculaires et cardio-respiratoires sont observées lors d'une hypermagnésémie sévère. (ESSIG et AMIEL, 1997 ; Ministère des affaires sociales et de la santé Française, 2006)

Il est recommandé qu'une eau pour nourrisson ne contienne pas plus de 50 mg/l de magnésium. (ANSES, 2003 ; Société Française d'Anesthésie et de Réanimation, 1998)

V.1.3. Sodium

C'est un facteur essentiel de l'équilibre hydro-électrolytique car il représente 95 % de la totalité des cations des liquides extracellulaires. Il joue un rôle primordial dans la conduction de l'influx nerveux. L'excès de sel a un retentissement sur la pression artérielle. L'apport de sodium est lié à celui des chlorures et il est certain qu'il serait approprié de réduire sa consommation. (ANSES, 2003) (MARTIN, POTIER DE COURCY, 2012)

Il est recommandé qu'une eau pour nourrisson ne contienne pas plus de 200 mg/L de sodium. (ANSES, 2003)

V.1.4. Potassium

Une carence en potassium va affecter le système neuromusculaire et peut entraîner une paralysie voire une arythmie cardiaque.

Une hyperkaliémie peut provoquer des arythmies, à l'origine de fibrillation et d'arrêt cardiaque.

L'ANSES et la réglementation n'ont pas fixé de recommandations pour le taux de potassium dans l'eau pour nourrisson. (ANSES, 2003)

V.1.5. Hydrogénocarbonates (Bicarbonates)

L'usage d'eau gazeuse ou gazéifiée n'est pas approprié pour la préparation des biberons. Ceci pour des raisons pratiques (préparation du biberon), pour éviter les ballonnements et régurgitations liés aux éructations, et pour éviter une potentielle charge en bicarbonates. Les bicarbonates sont d'origines diverses. Ils ont un rôle par les cations auxquels ils sont liés (sodium, calcium). (W.H.O., 2004)

L'ANSES et la réglementation ne fixent pas de recommandations concernant le taux de bicarbonates dans l'eau pour nourrisson. (ANSES, 2003)

V.1.6. Sulfates

Un apport excessif de sulfate est nuisible pour les nourrissons car il peut provoquer des diarrhées osmotiques et il réduit l'absorption du calcium. Leur présence entraîne une saveur particulière de l'eau.

Il est recommandé qu'une eau pour nourrisson ne contienne pas plus de 140 mg/L de sulfates. (ANSES, 2003)

V.1.7. Chlorures

L'anion chlore joue un rôle important dans la régulation de la pression osmotique entre les compartiments. On ne connaît pas d'effets délétères d'une surcharge en chlore, par contre une restriction sévère provoque une altération des fonctions du système nerveux, voire, chez l'enfant un retard de croissance.

Il est recommandé qu'une eau pour nourrisson ne contienne pas plus de 250 mg/L de chlorures. (ANSES, 2003)

V.1.8. Nitrates

Eléments du cycle naturel de l'azote, les nitrates proviennent essentiellement des engrais et des déchets organiques.

Le nourrisson de moins de 3 mois est particulièrement sensible aux nitrites en raison d'une faible acidité de son suc gastrique favorisant le développement de bactéries réductrices, enzyme favorisant la conversion méthémoglobine en hémoglobine. (Dossier thématique Eau et santé ,2008)

La législation limite à 10 mg/L la teneur maximale en nitrate pour l'eau destinée à l'alimentation des nourrissons. (ANSES, 2003) (Arrêté du 28 décembre 2010)

V.1.9. Fluor

Il faut tenir compte de l'apport en fluor par l'eau de boisson pour le nourrisson car une supplémentation peut être nécessaire selon ce taux. En effet si la teneur en fluor de l'eau est inférieure à 0.3 mg/L, une supplémentation médicale en fluor peut être nécessaire. Si la teneur en fluor de l'eau est comprise entre 0.3 et 0.5 mg/L, une supplémentation n'est pas nécessaire.

Une eau pour nourrisson ne doit pas contenir plus de 0,5 mg/L de fluor. (ANSES, 2003) (Arrêté du 28 décembre 2010)

V.1.10. Résidus secs

Le taux de résidus secs exprime la quantité de minéraux recueillis après évaporation d'un litre d'eau soumis à 180°C. Pour respecter le principe selon lequel le lait reconstitué doit se rapprocher le plus possible du lait maternel et que certains éléments minéraux doivent être limités, le résidu sec des eaux pour nourrisson doit être inférieur à 1000 mg/L. (ANSES, 2003)

V.1.11. Plomb

Il n'apparaît pas sur l'étiquetage des eaux conditionnées, mais c'est un paramètre très souvent recherché lors de l'analyse de l'eau de distribution publique. La présence de plomb dans l'eau au robinet du consommateur résulte essentiellement de la dissolution du plomb présent dans les éléments constitutifs du réseau de distribution d'eau, en particulier les canalisations en plomb. Depuis 1995, la mise en place de canalisations en plomb est interdite dans les installations de distribution des eaux potables publiques et privées.

Les enfants, particulièrement ceux âgés de moins de 6 ans, constituent la population la plus exposée au risque d'intoxication par le plomb (saturnisme). (Ministère de la Santé et des Solidarités, 2006)

L'absorption de plomb peut entraîner, chez l'enfant, des troubles à l'acquisition de certaines fonctions cérébrales supérieures et, au-delà, un ralentissement de la croissance.

Sur le plan somatique, il peut entraîner des anémies et des troubles neurologiques sévères en cas de fortes intoxications. (Ministère des affaires sociales et de la santé, 2006)

Une eau pour nourrisson ne doit pas contenir plus de 10 µg/L de plomb. (ANSES, 2003) (Arrêté du 28 décembre 2010)

VI. Norme de potabilité des eaux de consommation**➤ La réglementation Algérienne**

Ces textes sont tirés du journal officiel de la république Algérienne (N°18-Rabie Ethani 1432/23 Mars 2011) (Tableau A1 ; ANNEXE I).

La présente norme Algérienne NA 6360-1992 est inspirée des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives aux eaux et des normes prescrites dans les directives de la communauté Économique Européenne (CEE). (Tableaux A4, A5 ; ANNEXE I)

Tableau n°09 : Normes et Recommandations pour les paramètres physicochimiques de l'eau potable. (BERNE, 1972)

Paramètres physicochimique	Normes Unité	O.M.S	C.E.E		Canadienne		Algérienne		U.S.A	
			NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA
pH	-	7-8.5	6.5 7.5	9.5	6.5 8.5	-	6.5 8.5	-	-	6 8.5
Température	°C	-	-	-	<15	-	<25	-	-	-
Dureté Total CaCO ₃	mg/L	100	-	-	-	-	100	500	-	-
Oxygène dissous	mg/L	5	-	-	-	-	-	-	-	4
Conductivité	µs/cm à 20°C	-	-	-	-	-	-	2800	-	-
Résidu sec à 105 °C	mg /L	-	-	-	-	-	500	2000	-	-
Turbidité	NTU	-	-	-	<1	5	-	-	*	-
Couleur	PtCo	-	-	-	<15	15	-	25	-	75
Matières dissoutes	mg/L	500	-	-	-	500	-	-	200	500
N- NH ₄ ⁺	mg/L	0	0.05	0.5	-	-	0.05	0.5	<0.01	0.5
N-NO ₃ ⁻	mg/L	50-100	25	50	10	10	-	50	*	10
N-NO ₂ ⁻	mg/L	-	-	0.3	-	-	-	0.1	*	10
PO ₄ ³⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-
H ₂ S	mg/L	0.05	0	0	0.05	0.05	-	0.02	*	-

*NG : Niveau guide *CMA : Concentration minimale admise

Tableau n°10 : Normes et recommandations pour la minéralisation globale des eaux potables. (BERNE, 1972)

Minéralisation	Normes Unité	O.M.S	C.E.E		Canadienne		Algérienne		U.S.A	
			NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA
Ca	mg/L	75	100	-	-	-	75	200	-	-
Mg	mg/L	30-125	30	50	-	-	50	150	-	-
SO ₄	mg/L	250	25	250	150	500	200	400	50	250
Cl	mg/L	200-600	25	200-600	250	250	200	500	< 25	250
K	mg/L	10	-	-	-	-	-	20	-	-
Na	mg/L	-	-	-	-	-	-	200	-	-

CHAPITRE II

DESSALEMENT D'EAU DE MER

I. GENERALITES**I.1. Importance du dessalement de l'eau de mer**

D'après les données statistiques, la population algérienne doublera dans les 25 ans à venir alors que les ressources conventionnelles en eau n'auront pas beaucoup changé, dépendantes des aléas climatiques jusque-là défavorables. D'où la solution du dessalement de l'eau de mer, une ressource abondante et inépuisable. L'option pour le dessalement a longtemps été bloquée par des hésitations découlant de la référence à l'expérience des pays du Golf où le coût de production était élevé. Les spécialistes, études comparatives à l'appui, ont réussi à plaider la cause du dessalement et de la méthode d'osmose inverse particulièrement intéressante, avec son dimensionnement adaptable en fonction de la demande. (BESSENASSE, 2006)

Devant une crise d'eau certaine qui commence à se faire sentir à travers le monde, en plus des contraintes économiques pour un développement durable, des solutions appropriées nécessitent d'être élaborées afin de se préparer à faire face à ce défi qui menace l'existence même de l'homme.

Cette solution constitue un moyen assez fiable pour produire de l'eau potable. (SADI, 2000)

I.2. Définition de dessalement de l'eau

Le dessalement (désalinisation ou dessalage) consiste à produire de l'eau douce à partir d'une eau salée ou saumâtre, généralement par extraction de l'eau douce et plus rarement par extraction du sel. (BOUGIS, 2013)

I.3. Dessalement en Algérie

L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie et tout particulièrement de l'industrie pétrolière et sidérurgique. En 1964, trois petits blocs de 8 m³/h chacun ont été installés au complexe gaz liquéfié d'Arzew (ville côtière à l'Ouest du pays), et en 1969, une autre station a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m³/J. (BESSENASSE, 2006)

Dès lors, de nombreuses installations de dessalement et de déminéralisation ont été mises en place en parallèle avec les nouveaux complexes. D'autres installations ont été mises en exploitation pour les besoins en eau de haute pureté nécessaires au processus des complexes de production d'électricité et l'industrie de liquéfaction. Il y a également quelques

installations même dans le Sud dans les bases pétrolières qui sont destinées principalement à fournir de l'eau de qualité pour la consommation humaine. (KEHAL, 2000)

L'une des stations à grande capacité est celle d'El-Hamma (fonctionnelle en 2007) à Alger produit 200 000 m³ par jour (plus grande usine de dessalement d'Afrique). Elle permettra de couvrir le tiers des besoins en eau de la capitale Alger.

L'autre grand projet de dessalement en réalisation celui d'Oran (Ouest du pays), le projet de Mactaa près de Mers El Hadjadj, d'une capacité estimée à 500 000 m³ par jour est considéré comme l'un des plus grands projets dans le monde.

A Tlemcen, deux projets d'une capacité respective de 200.000 m³ par jour qui sont prévus à la commune de Souk Tlata et à Honaïne, alors que Beni Saf abritera une station de 200.000 m³ et Mostaganem deux projets de dessalement de l'eau de mer de 200 000 m³ chacun (ZOUINI, 2009).

II. Présentation de la station de dessalement de « Honaïne »

Au Nord-Ouest Algérien, la Wilaya de Tlemcen a fait l'objet de l'installation d'une station de dessalement d'eau de mer, dans la région de 'Honaïne'. Sa capacité de production est de 200.000 m³/j, assurant l'approvisionnement en eau potable de 23 communes ainsi que les agglomérations urbaines du Grand-Tlemcen (Tlemcen, Mansourah et Chetouane), soit une population d'environ 555.000 habitants.

La station de dessalement de l'eau de mer de 'Honaïne', est la deuxième station de dessalement dont dispose la wilaya après celle de 'Souk Tleta', entamée en 2006 par le groupement espagnol GEIDA (composé des sociétés COBRA, SADYT, BEFESA et CODESA), a été opérationnelle en juillet 2012, avec un montant d'investissement de 250 millions de dollars. (ALLAM, 2012)

II.1. Situation géographique

Située à 60km du chef-lieu de la Wilaya, la commune de Honaïne s'étend sur une superficie totale de 6385 hectares, elle est limitée au :

- Nord-Est des Trara orientaux, limitrophe à la daïra de Béni Saf dans la wilaya d'Ain- Temouchent, limitée au Nord par la mer,
- à l'Ouest par les daïras de Nedroma et de Ghazaouet,
- et au Sud par la daïra de Remchi. (OTMANI, 2009)

II.2. Caractéristiques de l'eau de mer

Les caractéristiques de l'eau de mer faisant l'objet du dessalement sont présentées dans le (tableau n°11). Il s'agit des conditions de base pour entamer l'opération de dessalement

Tableau n°11 : Caractéristiques de l'eau de mer-Honaïne
(Conditions de base du site). (ATALLAH, 2014)

Paramètres	unité	Condition de base du site de la station de dessalement de Honaïne
Température	°C	24
Les solides dissous total	g/L	40.074
Les matières en suspension	g/L	0.004
Chlorure	g/L	22.289
Calcium	g/L	1.047
Sulfate	g/L	2.978
Magnésium	g/L	1.545
Sodium	g/L	11.472
Potassium	g/L	0.583
Bicarbonate	g/L	0.130
pH		8.2

III. Processus du dessalement appliqué dans la station de dessalement de Honaïne

Le processus de dessalement d'eau de mer comporte quatre étapes principales :

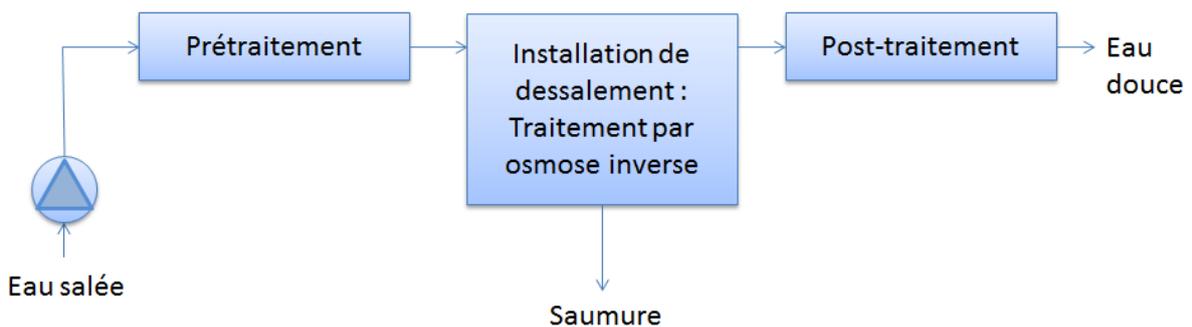


Figure n°01 : Schéma général d'une installation de dessalement (MAUREL, 2006).

III.1. Captation d'eau de mer et filtration primitive

La première opération s'effectue au niveau de « la tour de captage de l'eau de mer » qui consiste à pomper l'eau de mer par le biais de 11 pompes dont une de réserve (veille), par aspiration à vide au débit de 18934 m³/h. Cette tour est dotée d'un système de pré-filtration comprenant trois tubes de grilles à gros grains et des tamis auto-nettoyants.

Cette filtration d'eau permet d'assurer une entrée en eau moins chargée en débris marins et homogène, adéquate pour l'étape suivante. (ATALLAH, 2014)

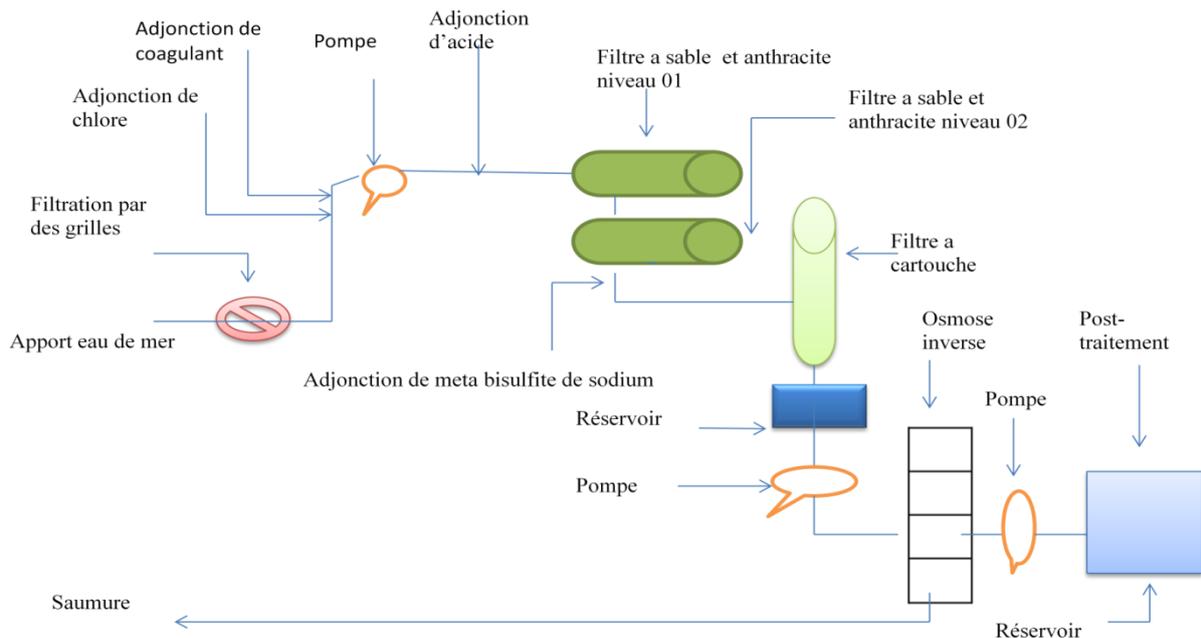


Figure n°02 : Diagramme de processus de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse au niveau de la station de dessalement de l'eau de mer de-Honâine.

III.2. LE PRETRAITEMENT

C'est la deuxième étape du processus de dessalement dont le but est d'éliminer :

- ↪ Les solides en suspension ;
- ↪ Les matières organiques ;
- ↪ Les micro-organismes. (VOUTCHKOV, 2010)

Elle est aussi nécessaire pour éviter la détérioration des pompes, l'incrustation, l'encrassement et la dégradation des membranes d'osmose inverse par les microorganismes. Cette étape comporte deux types de prétraitements :

- ☞ **Le prétraitement chimique** consiste en l'addition d'inhibiteurs d'entartrage, de coagulants, de désinfectants et de polyélectrolytes ;
- ☞ **Les prétraitements physiques** incluent les préfiltres mécaniques, les filtres à cartouche, la filtration à sable et la filtration membranaire. (TANSAKUL, 2009)

III.2. 1. LE PRETRAITEMENT CHIMIQUE

Cette opération s'effectue au niveau de la tour de captage de l'eau de mer ou dans l'aspiration des pompes à eau de mer ou dans l'impulsion de ces dernières. Elle consiste à l'injection d'hypochlorite de sodium NaOCl, de chlorure ferrique (FeCl_3) et du métabisulfite de sodium ($\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}_2$). (CHENAOUÏ, 2010)

III.2.1.1. Traitement par l'hypochlorite de sodium

Cette étape se fait grâce à deux citernes NaOCl d'une capacité de 140 m^3 , munies de « 4 +1 » pompes destinées à injecter l'hypochlorite de sodium au niveau du système de pompage de l'eau de mer. (ATALLAH, 2014)

III.2.1.2. Traitement par le chlorure ferrique

Deux autres citernes de FeCl_3 munies de « 4 +1 » pompes sont utilisées pour injecter le FeCl_3 au niveau du système de pompage de l'eau de mer.

Une injection éventuelle d'acide sulfurique pour ajuster le pH est possible lors du traitement. Cette injection a pour but d'éliminer les matières en suspension et les matières colloïdales présentes dans l'eau de mer. (ATALLAH, 2014)

III.2.1.3. Injection du métabisulfite de sodium ($\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}_2$)

L'utilisation du métabisulfite de sodium permet d'éliminer le chlore résiduel contenu dans l'eau de mer avant son arrivée aux membranes d'osmose inverse, évitant leur détérioration par oxydation. L'injection de la solution de $\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}_2$ se fait par l'ensemble des pompes (4+1) avant la filtration à sable ou à cartouche pour donner un maximum de temps de contact possible. (ATALLAH, 2014)

III.2. 2. PRETRAITEMENT PHYSIQUE

C'est un traitement destiné à éliminer fondamentalement les éléments solides, les algues et la matière organique, par le passage de l'eau de mer à travers des filtres à sable et anthracite et à travers des filtres à cartouches.

Le mouvement de l'eau dans ces filtres est vertical, pénétrant par la partie supérieure du filtre et descendant à travers les couches filtrantes qui retiennent les matières solides dans sa partie inférieure. Des collecteurs munis de buses recueillent l'eau filtrée. (CASTAING, 2011)

III.2.2.1. Filtration à sable et anthracite

Ce système élimine la plupart des particules en suspension, huile et graisses qui restent dans l'eau de mer et, produit une eau filtrée à basse turbidité prête pour l'étape d'osmose inverse (Figure 03).

Ce système de filtration comporte 80 filtres répartis en deux phases :

➤ **La première phase est constituée de 48 filtres contenant chacun**

- une couche supérieure de 600 mm de hauteur d'anthracite de 0.4 à 1.6 de diamètre.
- une couche intermédiaire de 400 mm de hauteur de lit de sable de 0.4 à 0.8 de diamètre.
- une couche inférieure comporte à la fois 100 mm d'anthracite de 1.4 à 2.5 mm et 100 mm de sable de 4 à 8 mm. (ATALLAH, 2014)

➤ **La deuxième phase est constituée de 32 filtres contenant**

- une couche supérieure de 700 mm de hauteur d'anthracite de 0.4 à 0.8 mm de diamètre.
- une couche intermédiaire de 200 mm de hauteur de lit de sable de 0.55 mm de diamètre et de 1.4 de coefficient d'uniformité.
- une couche inférieure comprenant 100mm de sable de 2 mm et de 1.4 de coefficient d'uniformité. (ATALLAH, 2014)

Les deux types de filtres sont soumis à un système de lavage.



Figure n°03 : filtres à sables et anthracite (Station de dessalement-Honaïne)

III.2.2.2. Filtration à cartouche

C'est une microfiltration assurée par des cartouches en polypropylène de 25 micron et d'un diamètre de 61mm, dans des réservoirs métalliques en position verticale (Figure n° 04).

Son rôle est la protection des pompes à haute pression, contrairement aux filtres à sable et anthracite. Ces filtres sont renouvelés périodiquement après 171 jours d'utilisation. (CHENAOUÏ, 2010)



Figure n°04 : filtres à cartouches au niveau de la station (Station de dessalement-Honaïne)

III.2.2.3. Réservoir d'eau filtrée

L'eau filtrée produite est stockée dans un réservoir fermé. Cette eau, à partir de ce réservoir, est utilisée pour alimenter les unités d'osmose inverse ; une autre partie est utilisée pour le rinçage et le nettoyage des filtres à sable.

Ces derniers subissent l'accumulation des matières solides qui provoquent une augmentation de la résistance à l'écoulement ainsi que la diminution de la production d'eau filtrée. Un

barbotage avec l'air est introduit afin d'améliorer l'efficacité du lavage par inversion du flux de bas en haut. (HACHEMAOUI, 2014).

III.3. L'étape d'osmose inverse

Le dessalement de l'eau de mer est réalisé par son passage à travers le système *d'osmose inverse* ;

On appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration. Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes (Figure n°5).

Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. (SELLAMI, 2014).

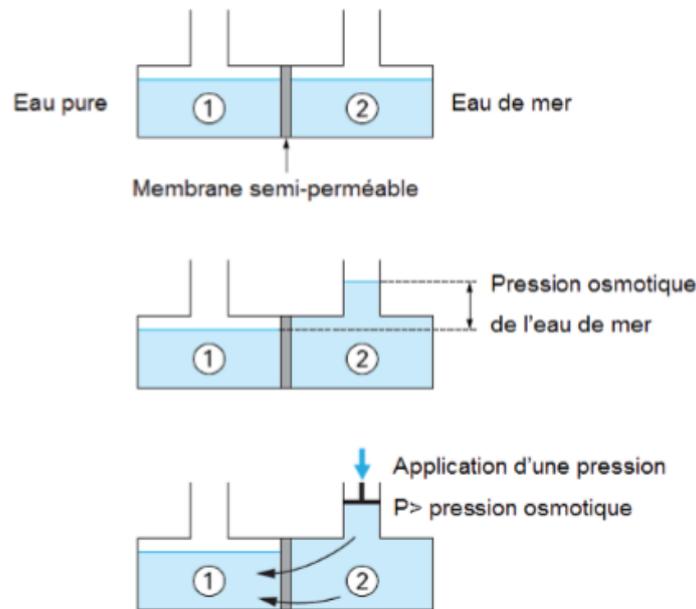


Figure n°05 : Mise en évidence de l'osmose inverse

Etape clé du processus suscitée. Cette étape est constituée de 10 unités appelées « Rack » (Figure 06). Chaque unité est composée de :



Figure n°06 : L'étape de l'osmose inverse (Station de dessalement-Honaine)

III.3.1. Un châssis à membrane

Composé de 222 modules à 7 membranes de type « SWC5 max, Hydranautics ».

Ces membranes type spirale (figure n°07) sont composées de :

- ▲ une couche de polyamide à 0.15 μ
- ▲ une couche de poly-sulfone à 4 μ pour supporter la couche polyamide
- ▲ une couche de polyester qui donne une certaine résistance mécanique de la membrane à 100 μ .

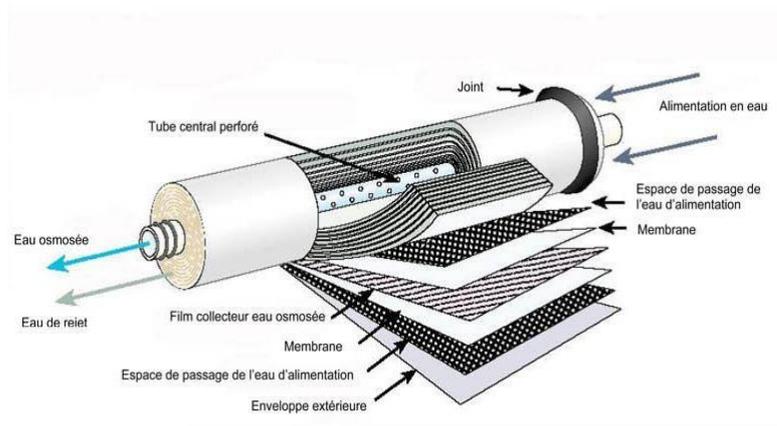


Figure n°07 : La membrane spirale de l'osmose inverse (DANIS, 2003)

III.3.2. Une pompe à haute pression

Les pompes haute-pression des membranes d'osmose doivent permettre d'assurer un débit d'eau à une pression donnée, tout en absorbant le minimum d'énergie. Elle permet de fournir une pression jusqu'à 70 bar en vue d'alimenter l'osmose inverse. Cette dernière peut être de types « segmenté », « chambre partie », et autres, etc. (CORSIN et CEDRIC, 2003).

III.3.3. Pompe de recirculation

Dans le but de compenser les pertes de charge produites dans les membranes et la tuyauterie, la station doit être dotée d'une pompe de recirculation pour augmenter la pression de l'eau de mer provenant du système de récupération d'énergie avant l'arrivée du flux d'eau de mer provenant de la pompe centrifuge à haute pression. (ARZATE, 2008)

III.3.4. Système d'échange de pression

Grâce à un rotor, un système d'échange de pression s'effectue entre la saumure provenant des membranes à haute pression et l'eau de mer à basse pression, une récupération importante d'énergie permet la réduction de coût de dessalement de l'eau de mer. (BECHKI, 2011).

III.3.5. Réservoir de l'eau dessalée

Ce dernier est destiné à accueillir l'eau déminéralisée issue de l'osmose inverse. Cette eau dessalée est utilisée aussi pour rincer les membranes d'osmose inverse en cas de colmatage (Figure n°08). (ATALLAH, 2014)



Figure n°08 : Réservoir de l'eau dessalée (Station de dessalement-Honaïne)

III.4. LE POST-TRAITEMENT OU MINERALISATION

En général, l'étape de post traitement comporte deux phases principales : l'ajustement de pH et la chloration.

III.4.1. L'ajustement de pH

L'eau produite par un des procédés de dessalement est agressive. Son pH est inférieur au pH de saturation. La correction du pH se fait par une solution alcaline, automatiquement par une fonction du pH. (CHENAOUI, 2010)

L'eau issue du traitement de l'osmose inverse est indemne de tous les minéraux, c'est-à-dire non consommable, une reminéralisation est nécessaire pour rendre cette eau potable.

L'injection automatique de CO₂ (Figure n°09) pour réduire le pH proche de 5 permet de rendre plus efficace le processus de reminéralisation. Ce dernier est réalisé dans des tours ou chambres en nombre de dix, à l'intérieur desquelles est situé le lit de calcite (carbonate de calcium) de 2.86 m de hauteur, équipées par des tuyaux de distribution (Figure n°08). (ATALLAH, 2014)

III.4.2. La chloration

Il est nécessaire d'assurer une étape de désinfection pour éviter toute contamination et développement biologique. Dans ce contexte, il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau, mais la plus utilisée est la chloration de l'eau par l'utilisation d'une solution d'hypochlorite de sodium (eau de Javel). La chloration permet de détruire les organismes pathogènes présents dans l'eau et protéger l'eau contre de nouvelles contaminations ultérieures au cours de son transport ou de son stockage. (TAHRAOUI, 2010).

A travers ce lit de calcite l'eau traitée passe et atteindra le fond (réservoir) par un canal à l'intérieur de la tour. Après et à l'aide d'un doseur automatique, il y aura un ajout d'hypochlorite de sodium à partir des deux citernes suscitées.



Figure n°09 : Les réservoirs de CO₂ (Station de dessalement-Honâine)

A l'aide d'une dizaine de pompes l'eau traitée est pompée vers le réservoir de stockage afin de la distribuer par l'ADE, tandis que le rejet de saumure sera évacué par un émissaire marin pénétrant jusqu'à 1000m dans la mer dans le but d'assurer une meilleur dilution et d'éviter des conséquences indésirables pour l'environnement. (ATALLAH, 2014)

MATERIELS
ET
METHODES

I. METHODES D'ACQUISITION DES DONNEES

I.1. Echantillonnages

L'étude expérimentale consiste en l'analyse physico-chimique de l'eau de robinet destinée à la consommation de la population de TLEMCEM ; notre point d'échantillonnage est situé à la cité Les cerisiers. (Figure n°10)



Figure n°10 : Cité les Cerisiers TLEMCEM (Google Mapp)

Les études de qualité des eaux naturelles comportent trois étapes :

- L'échantillonnage.
- L'analyse
- L'interprétation des résultats

Les techniques utilisées sont celles décrites par RODIER et répondent aux normes algériennes.

I.2. Modes de prélèvements

Dans tous les prélèvements les démarches suivantes ont été respectées : Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en P.E.T (Poly Éthylène) de 1.5 litre pour l'analyse physico-chimique.

Il est indispensable d'attendre que l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée. En pratique, il convient d'ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes puis de le ramener à un débit moyen pendant 2 minutes.

Les bouteilles sont rincées 3 fois avec l'eau à analyser (eau de robinet), puis remplies jusqu'au bord et fermées hermétiquement sans laisser de bulles d'air.

I.3. Mesure in situ

Une fois les prélèvements terminés, les bouteilles sont étiquetées sur lesquelles on note :

- L'origine de l'eau ;
- la température de l'eau et l'air ;
- l'heure et date de prélèvement ;
- Le pH et la conductivité électrique sont relevés à l'aide d'un appareil multi-paramètre portatif. (Figure n°11)



Figure n°11 : pH mètre et conductimètre portatif (ADWA)

L'analyse doit être effectuée le plus vite possible en transportant les échantillons dans une glacière, dont la température est comprise entre 4 et 6°C pour éviter le dégazage de l'eau et la précipitation de certains éléments chimiques. On note que trois échantillons ont été prélevés.

II. LES ANALYSES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION

Les analyses physico-chimiques des eaux ont été réalisées au sein du laboratoire de recherche N°25 de l'université de Tlemcen, qui nous a permis d'effectuer les mesures physiques et les dosages chimiques nécessaires à l'étude.

II.1. METHODES D'ANALYSES ORGANOLEPTIQUES

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

II.1.2. Test de la couleur

La couleur a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplies d'eau prélevée du robinet.

II.1.3. Test de l'odeur

L'eau destinée à la consommation humaine doit être inodore. Une eau qui comporte une odeur est synonyme de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, ce qui est trop dangereux pour la santé des consommateurs. L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.

II.1.4. Test de goût et de saveur

Le goût peut être défini comme étant l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche, tandis que la saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs.

La saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation.

II.1.5. Mesure de la turbidité

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

III. METHODES D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

III.1. ANALYSES PHYSIQUES

La température, le pH et la conductivité électrique ont été mesurés au laboratoire à l'aide d'un appareil multi-paramètres, pour pouvoir comparer les résultats obtenus avec ceux mesurés in situ.

III.1.1. Mesure du pH

Le pH est mesuré au niveau du laboratoire à l'aide d'un appareil multi-paramètres qui mesure le pH et la T°. (Figure n°12)



Figure n°12 : Appareil multi-paramètre de laboratoire pH, T° et conductivité (Consort C832)

➤ **Matériels et réactifs**

- Un Bécher ;
- Un pH mètre ;
- Tampon pH=10, Tampon pH=7, Tampon pH=4

➤ **Mode opératoire**

Après avoir étalonné le pH-mètre avec les trois tampons ; Mettre ensuite environ 100mL d'eau à analyser dans un Bécher, dans lequel on plonge l'électrode du pH-mètre pour mesurer la valeur du pH.

Enregistrer la valeur du pH qui est affiché sur l'appareil après la stabilisation de la lecture.

- Rincer la sonde ;
- Arrêter l'appareil.

III.1.2. Mesure de la température

➤ Mode opératoire

- L'appareil mesurant le pH-mètre donne également la température de l'échantillon en degré Celsius (°C)
- On introduit une électrode dans l'eau étudiée, et la lecture se fait directement sur l'écran de l'appareil.

III.1.3. Mesure de la conductivité

A l'aide d'un conductimètre ou conductivimètre multi-paramètres à électrode constitué de deux lames carrées de platine de 1cm² de côté. (Figure n°12)

➤ Matériels et réactifs

- Un Becher.
- conductimètre
- solution d'étalonnage

➤ Mode opératoire

Après avoir étalonné le conductimètre avec trois solutions (147 µS/cm, 1413 µS/cm, 12.88 mS/cm) ; mettre ensuite environ 100ml d'eau à analyser dans un Bécher, dans lequel on plonge l'électrode du conductimètre pour mesurer la conductivité exprimée en µs/cm.

Enregistrer la valeur de la conductivité électrique et la température qui sont affichées sur l'appareil après la stabilisation de la lecture.

- Rincer la sonde.
- Arrêter l'appareil

III.1.4. Mesure de la minéralisation

À partir de la conductivité. (Tableau n° 06)

III.1.5. La turbidité

La turbidité est mesurée par un appareil appelé turbidimètre qui est étalonné d'avance à quatre points « 0.02, 10, 100 et 1000 NTU ». (Figure n°13)

C'est l'indice apparent qui montre que l'eau contient des matières en suspension (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...)

Les normes de l'eau potable ne doit pas dépasser 3 NTU (Nephelometric Turbidity Units).

➤ Mode opératoire

On met l'échantillon dans un puits de l'appareil, et on le rentre ensuite dans une chambre cubique de l'appareil, après refermer la chambre très vite ;

- La lecture se fait sur l'appareil
- La turbidité est exprimée en NTU



Figure n°13: Turbidimètre (EUTECH instruments TH-100)

III.2. Mesure des résidus secs

Le résidu sec représente le taux des éléments minéraux recueillis après l'évaporation d'un litre d'eau à une température de 120°C. Selon les quantités recueillies

Cette évaporation s'effectue dans une étuve de laboratoire, c'est un appareil de chauffage fonctionnant le plus souvent à la pression atmosphérique (parfois sous vide ou sous gaz neutre) et permettant d'effectuer divers traitements thermiques à température régulée. Les laboratoires d'analyse ou de recherche en sont souvent pourvus.

IV. ANALYSES SPECTROPHOTOMETRIQUE

IV.1. Dosage de Nitrate (NO_3^-)

Les nitrates (autrefois nommés nitre, souvent synonyme de salpêtre) sont les sels de l'acide nitrique. La formule chimique de l'ion nitrate est (NO_3^-)

La présence de nitrates dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), urbaine (dysfonctionnement des réseaux d'assainissement) ou industrielle.

➤ **Matériels et réactifs** Voir [ANNEXE II ; Figure A1, A2]

➤ **Mode opératoire**

Afin de déterminer les nitrates dans les eaux, on utilise la méthode de l'acide sulfosalicylique. L'acide sulfosalicylique réagit sur les nitrates en donnant un dérivé : acide nitrosulfosalicylique de couleur jaune.

On effectue un dosage spectrophotométrique des ions contenus dans l'eau par la mesure de son absorbance à une longueur d'onde 415 nm. Il faut préalablement réaliser une courbe d'étalonnage. [ANNEXE II A]

➤ **Expression des résultats**

Déterminer graphiquement la concentration en nitrates dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage. [ANNEXE II A]

V. ANALYSES TITRIMETRIQUE

V.1. Dosage des ions de chlorures « Méthode de MOHR »

➤ **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

➤ **Réactifs utilisés et mode opératoire** (voir [ANNEXE II B]).

➤ **Expression des résultats**

$$[Cl^-] = (N_{AgNO_3} \times V_{AgNO_3}) \times 1000/V_0 \times 35.45 \text{ (en mg/L)}.$$

N_{AgNO_3} : Normalité d'AgNO₃;

V_{AgNO_3} : Volume d'AgNO₃ ;

V_0 : Volume de l'échantillon.

V.2. Dosage des ions calcium

➤ **Principe**

Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant on précipite le magnésium sous forme de Mg (OH) 2 vers un pH = 12, par addition de la soude, indicateur utilisé est sensible aux seuls ions de calcium, c'est le murexide qui répond à cette condition.

➤ **Réactifs utilisés et mode opératoire** Voir [ANNEXE II C]

➤ **Expression des résultats**

$$[Ca^{2+}] = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) \times 1000/V_0 \times 20 \text{ (en mg/L)}.$$

$$[Ca^{2+}] = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) \times 1000/V_0 \times 5(^{\circ}F)$$

N_{EDTA} : Normalité de la solution EDTA

V_{EDTA} : Volume de la solution EDTA

V_0 : Volume d'eau à analyser

V.3. Dosage de la dureté totale Ca²⁺+ Mg²⁺

➤ **Principe**

La dureté de l'eau ou titre hydrométrique est une mesure globale de la Concentration en sels dissous de l'eau elle permet de doser la somme des ions de calcium et de magnésium avec l'EDTA il se forme un complexe du type chélate.

Une eau à titre hydrométriques élevé est dite (dure) dans le cas contraire, il s'agit d'une eau pour l'usage domestique, on peut utiliser des eaux tirant jusqu'à 500 mg de CaCO₃/L (50°F), mais la dureté agréable se situe entre 80 et 150 mg de CaCO₃ /L (8 et 15°F).

➤ **Réactifs utilisés, mode opératoire** Voir [ANNEXE II D]

➤ **Expression des résultats**

$$\text{La dureté totale} = Ca^{2+} + Mg^{2+} = V_{EDTA} \text{ (en } ^{\circ}F)$$

V.4. Dosage des ions magnésium

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne.

$$\text{TH} = \text{TCa}^{2+} + \text{TMg}^{2+} \longrightarrow \text{TMg}^{2+} = \text{TH} - \text{TCa}^{2+}$$

TH : Dureté totale ;

TCa²⁺ : Dureté calcique ;

TMg²⁺ : Dureté magnésienne.

VI. Analyses par Spectrométrie d'émission de flamme (ou photométrie de flamme)

VI.1. Dosage de Sodium, Potassium et Baryum

➤ Principe

Le dosage se fait par le passage des échantillons au photomètre à flamme (Jenway). (Figure n°14)

Cet appareil pulvérise l'échantillon sous forme de très fines gouttelettes dans la flamme d'un chalumeau (air-propane).

Une part des ions soumis à la chaleur de la flamme passent dans un état excité. Le retour à l'état fondamental des électrons de la couche externe s'effectue avec émission caractéristique de l'ion en présence.

La photométrie de flamme repose sur le fait que l'intensité de l'émission est proportionnelle au nombre d'atomes retournés à l'état initial. La lumière émise est donc proportionnelle à la concentration de l'échantillon.

L'élément à doser est choisi sur le photomètre à flamme en fonction d'un interrupteur (K⁺, Na⁺ ou Ba²⁺).

Remarque :

Pour chaque élément on doit tracer une courbe d'étalonnage. (ANNEXE III ; Figures A3, A4, A5)

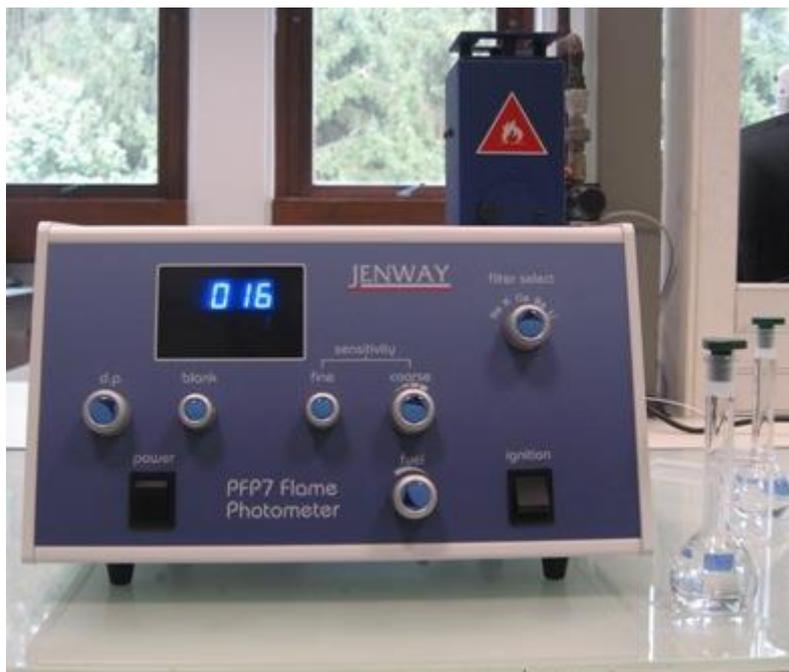


Figure n°14 : Spectrométrie d'émission de flamme (ou photométrie de flamme)

➤ **Réactifs utilisés et mode opératoire (voir [ANNEXE III])**

VII. Analyses par spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme SAA

Les métaux lourds ont été dosés à l'aide d'une spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAA) de type Spectromètre d'absorption atomique PinAAcle 900H. (Figure n°14)

VII.1. Définition

La spectroscopie d'absorption atomique est essentiellement une méthode d'analyse quantitative qui convient beaucoup mieux à la détermination des traces qu'à celle des composants majeurs. Elle présente de nombreux avantages : haute sensibilité, grande spécificité, influence négligeable de la composition du milieu analysé, rapidité, faible quantité de substance nécessaire (1 ml de la solution peut suffire) et facilité de préparation des solutions étalons.

VII.2. Principe

La SAA est basée sur le principe qu'une population d'atomes peut absorber des photons d'énergie et qu'une estimation du nombre de photons absorbés peut être reliée à la concentration de l'élément dans la solution à analyser.

En SAA, le phénomène d'absorption se visualise lorsque la radiation caractéristique d'un élément traverse un nuage de vapeur atomique du même élément.

Le spectromètre se compose d'une source lumineuse qui émet un rayonnement à une longueur d'onde spécifique de l'élément à analyser.

La solution à analyser est aspirée par effet venturi via un nébuliseur qui projette en fines gouttelettes la solution dans le brûleur, dont la flamme très chaude sert d'atomiseur. Les atomes excités par la source absorbent son énergie. La disparition du signal est répercutée via des systèmes optiques puis détectée et amplifiée. On en mesure une absorbance.



Figure n°15 : Spectromètre d'absorption atomique SAA de type PinAAcle 900H

VII.3. Réactifs utilisés et mode opératoire

La méthode d'analyse pour la détermination du : Fer, Plomb, Nickel, Cuivre, Chrome et Cadmium est la même, mais chaque élément a sa propre courbe d'étalonnage, et sa propre longueur d'onde. [ANNEXE IV]

Les figures (16, 17, 18, 19, 20, 21) représentent les courbes d'étalonnage pour les différents métaux lourds utilisés dans ce travail.

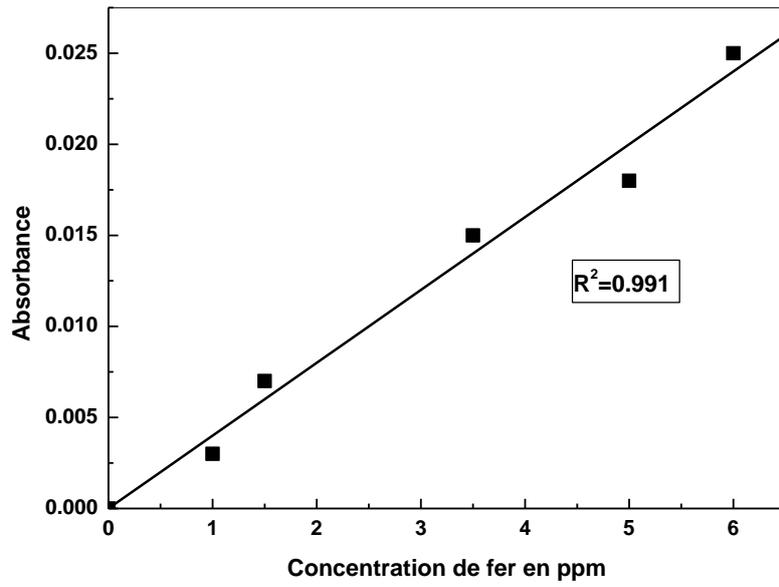


Figure n°16 : Courbe d'étalonnage de Fer

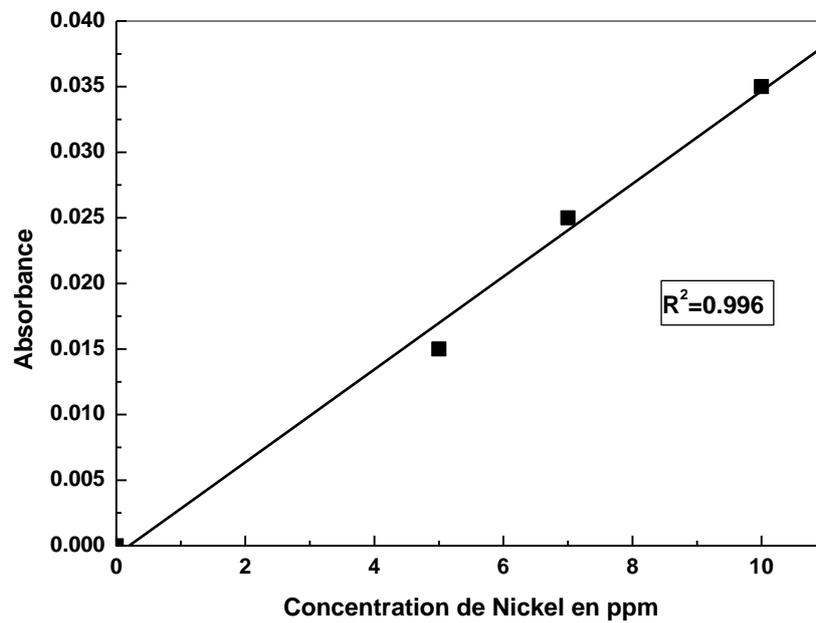


Figure n°17 : Courbe d'étalonnage de Nickel

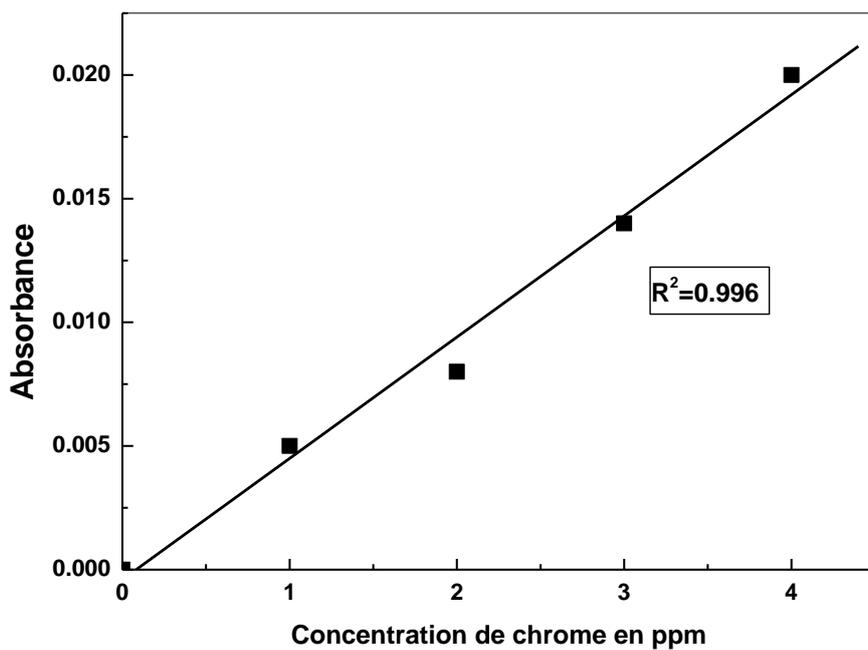


Figure n°18 : Courbe d'étalonnage de Chrome

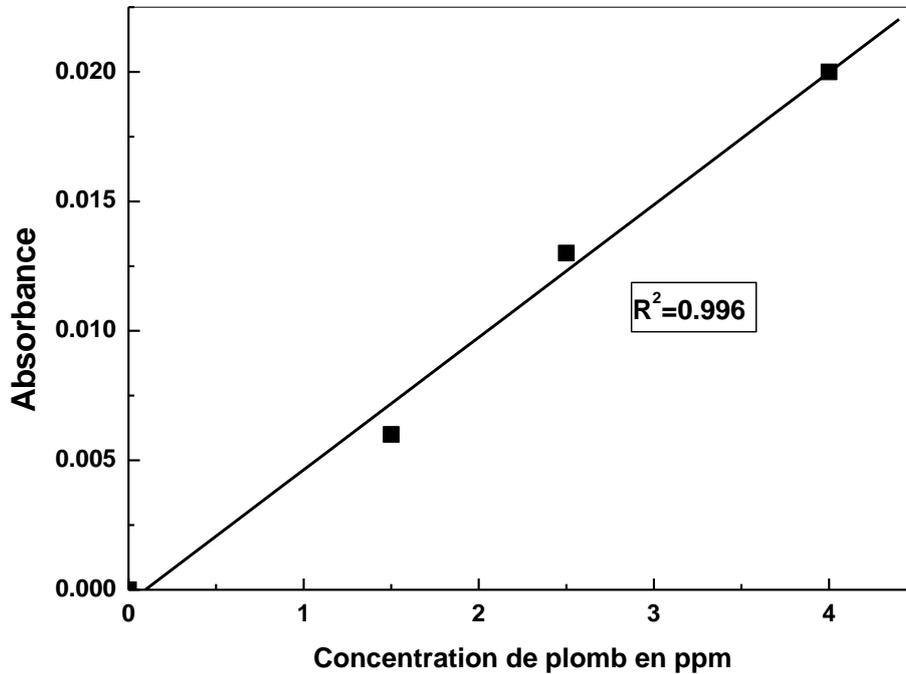


Figure n°19 : Courbe d'étalonnage de Plomb

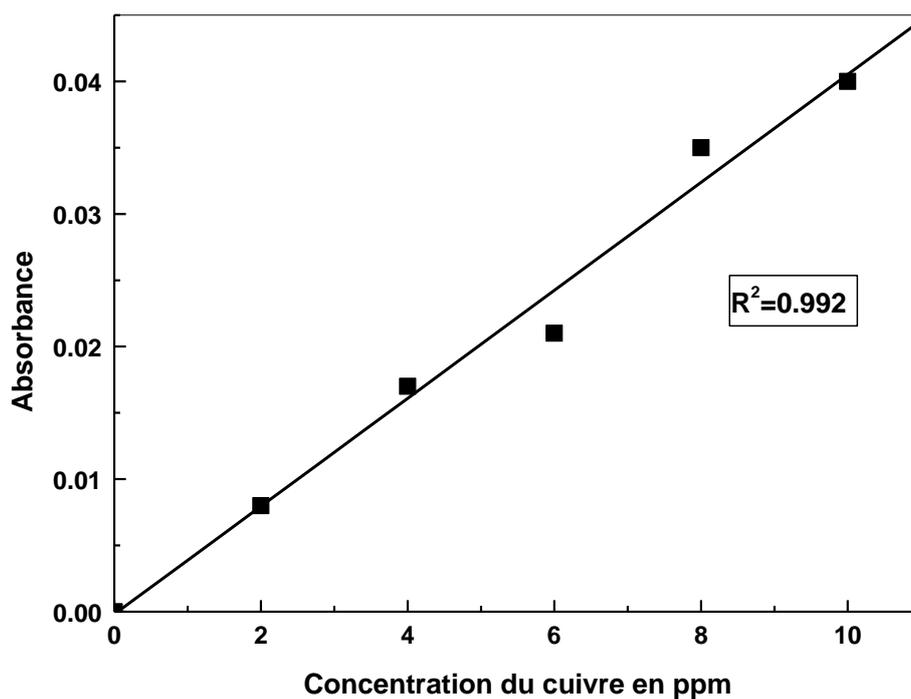


Figure n°20 : Courbe d'étalonnage de Cuivre

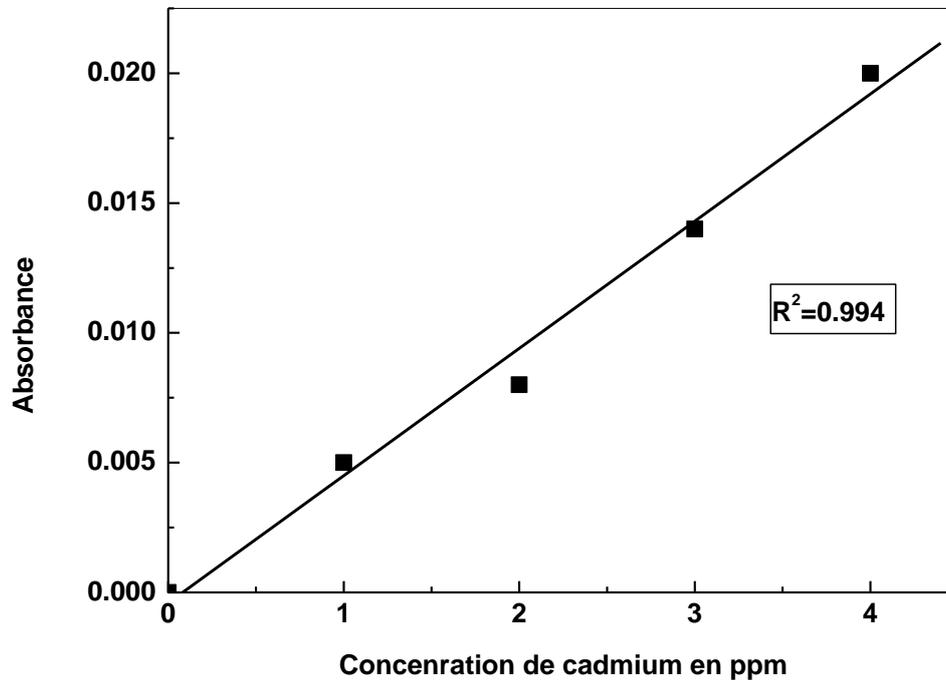


Figure n°21 : Courbe d'étalonnage de Cadmium

Les résultats obtenus des différents dosages sont présentés et discutés dans le chapitre suivant.

RESULTATS
ET
INTERPRETATIONS

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Cette étude est menée afin d'évaluer la qualité chimique et physico-chimique de l'eau destinée à la consommation humaines et aux nourrissons de la wilaya de TLEMCCEN (Cerisiers) eau issue de la station de dessalement de Honaine.

La présentation et la discussion des résultats sont structurées selon trois volets, en référence du décret exécutif n° 09-414 correspondant au 15 Décembre 2009 fixant la nature, la périodicité et les méthodes d'analyse de l'eau de consommation de l'eau humaine (J.O. n°75). A savoir : la description des paramètres organoleptiques des eaux de consommation humaines, les paramètres physicochimiques en relation avec la structure naturelle de l'eau, l'exploration des paramètres chimiques dont le profil en certains polluants.

Ces paramètres sont évalués selon les normes de la station de dessalement ou autres normes nationales et internationales (NA, CEE, OMS, ...). [ANNEXE I ; Tableaux A1, A4, A5]

Une réglementation algérienne concernant les eaux destinées aux nourrissons n'existe pas à ce jour, on prend en considération la réglementation française pour les eaux destinées aux nourrissons.

Les normes recommandées pour les nourrissons sont celles fixées par l'ANSES dans le rapport du comité d'expert spécialisé « eaux » concernant les critères de qualité des eaux minérales naturelles et des eaux de source embouteillées permettant une consommation sans risques pour les nourrissons et les enfants en bas âges. Datant de Septembre 2003 (ANSES, 2003) et qui figurent également dans le code (Français) de la santé publique. (Tableau n°02)

I. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES

I.1. La Couleur

Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité.

Les analyses des échantillons de l'eau de consommation ont indiqués que cette eau est incolore et limpide ceci indique l'absence des ions métalliques (Fer ferrique Fe^{2+} , fer ferreux Fe^{3+}). (RODIER, 2009)

I.2. L'Odeur

La perception des substances responsables des odeurs est un critère indispensable aussi.

Les eaux étudiées ont toujours été sans odeurs, ce qui indique probablement l'absence des produits chimiques de matière organique en décomposition et de protozoaire. (RODIER, 2009)

I.3 La saveur

Les eaux étudiées ont une saveur agréable, dépourvue de tout arrière-goût.

I.4. Turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules en suspension organiques et/ou inorganiques qui la troublent. (RODIER, 2009)

Les échantillons étudiés ont présentés des turbidités avec une moyenne de 0.32 NTU qui sont conformes aux normes algériennes qui fixent une valeur limite de 5 NTU pour l'eau potable. (JORA n°18, 2011) ; [ANNEXE I ; Tableau A1]

La concentration maximale admissible, fixée par l'OMS est de 5 NTU. (OMS, 2006) ; [ANNEXE I ; Tableau A4)

II. LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les résultats d'analyses physico chimiques de l'eau de robinet destinée à la consommation humaines et aux nourrissons sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau n°12 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de robinet destinée à la consommation humaines et aux nourrissons. (Cerisiers ; TLEMCEN)

Paramètres	unité	Eau de robinet	
		In situ	Au labo
Température	°C	18.5	20.7
pH		7.08	7.25
Conductivité	µS/cm	793	813
Résidus secs à 105°C	mg/L	582.8	
Turbidité	NTU	0.32	
Minéralisation globale (à partir de la conductivité)	mg/L	569.872	
Résidus secs à 120°C	mg/L	582.786	
Dureté totale	mg/L	70	
	meq/L	1.4	
	°F	7	
Ca ²⁺	mg/L	14.62	
	meq/L	0.73	
Mg ²⁺	mg/L	8.04	
	meq/L	0.67	
Na ⁺	mg/L	129.75	
	meq/L	5.64	
K ⁺	mg/L	3.79	
	meq/L	0.01	
Ba ²⁺	mg/L	Absence	
	meq/L	Absence	
Cl ⁻	mg/L	230.75	
	meq/L	6.5	
NO ₃ ⁻	mg/L	0.6	
	meq/L	0.001	
TDS	mg/L	349	

Les résultats obtenus sont représentés et comparés aux normes algériennes, internationales et aux normes françaises destinées aux nourrissons dans le tableau suivant :

Tableau n°13 : Résultats des analyses physico chimiques de l'eau étudiée comparés aux Normes Algériennes, OMS, CEE et ANSES.

Paramètres	Unités	Normes algériennes	OMS	CEE	ANSES	Eau de consommation	
						Robinet	
						In situ	labo
Température	°C	25	-	-	-	18.5	20.7
pH		6.5-8.5	7.0-8.5	6.5-7.5	-	7.08	7.25
Conductivité	µS/cm	2280	-	-	-	793	813
Turbidité	NTU	5	5		-	0.32	
Résidus secs à 105°C	mg/L	1500	1000	1000	1000	582.786	
Dureté totale	mg/L CaCO ₃	500	100	-	-	70	
Ca ²⁺	mg/L	200	75	-	< 100	14.62	
Mg ²⁺	mg/L	150	30-125	50	< 50	8.04	
Na ⁺	mg/L	200	-	-	< 200	129.75	
K ⁺	mg/L	12	10	-	-	3.79	
Cl ⁻	mg/L	500	200-600	200-600	< 250	230.75	
SO ₄ ²⁻	mg/L	400	250	250	< 140	-	
HCO ₃ ⁻	mg/L	-				-	
NO ₃ ⁻	mg/L	50	-	-	< 10	0.6	
TDS	mg/L				-	349	

II.1. La température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers, elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité et potentiel d'hydrogène pH notamment). (RODIER, 2009)

Pour la température de l'eau analysée, les valeurs de température sont presque constantes 18.1 et 18.5°C malgré le changement de la température de l'air 21 et 25°C.

L'OMS ne mentionne aucune référence quant à la température de l'eau potable. La norme Algérienne ainsi que la norme de la Communauté Européenne (CEE) montrent que les valeurs enregistrées sont inférieures à 25°C et de ce fait, sont conformes aux normes suscitées. (OMS, 2006) ; [ANNEXE I ; Tableau A4)

Pratiquement la température de l'eau n'a pas d'incidence sur la santé humaine. Cependant, une température élevée (supérieure à 20 °C) favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs. Par contre, une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux. (RODIER, 2009)

II.2. Le potentiel d'hydrogène pH

Étant donné le pouvoir tampon de l'eau et sauf dans le cas de rejets industriels particuliers, il est rare que le pH soit une contre-indication à la potabilité. C'est cependant l'un des paramètres parmi les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement. (RODIER, 2009)

Le pH obtenu de l'eau étudiée est de 7,08 à 7,25, ceci est conforme aux normes :

Algériennes qui fixent des valeurs de pH entre 6.5 et 8.5 ;

CEE qui fixent des valeurs de pH entre 6.5-7.5.

L'OMS précise qu'un faible pH peut poser des problèmes de corrosion et un pH élevé peut entraîner des problèmes de goût et de consommation accrue de savon ; elle recommande un pH inférieur à 8 pour une bonne désinfection par le chlore. (RODIER, 2009)

II.3. La Conductivité électriques

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

L'eau étudiée présente des valeurs comprises entre 796 et 813 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en fonction de la température et qui restent conformes à la norme algérienne (JORA n°18, 2011) ; [ANNEXE I ; Tableau A1] et celle du comité européen (CE), dont la concentration minimale admissible (CMA) est de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (CE, 1998) ; [ANNEXE I ; Tableau A5]

Selon RODIER, à partir de la conductivité on peut déterminer :

✓ **La minéralisation globale**

La minéralisation globale de l'eau étudiée varie entre 569.872 et 582.042 mg/L (calculée à partir de la conductivité). (Tableau n°03)

Une eau dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/L est généralement considérée comme bonne pour les nourrissons. (SETTI, 2013).

L'OMS recommande pour des considérations gustatives une teneur limite de 1 000 mg/L dans l'eau destinée à la consommation humaine. (RODIER, 2009)

✓ **La résistivité**

La mesure de résistivité permet d'évaluer rapidement mais approximativement la minéralisation globale d'une eau potable. (RODIER, 2009)

La résistivité de nos échantillons analysés d'eau révèle que cette eau est d'une minéralisation moyenne. (Tableau n°05)

II.4. les résidus secs

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension non volatiles ; la mesure après filtration correspond aux matières dissoutes

RODIER indique que lorsque :

Les résidus secs sont : $500 < RS < 1000$ la potabilité de l'eau est Passable.

Le dosage de nos échantillons révèle une moyenne de $RS = 582.786$ mg/L.

Cette valeur est dans les normes par rapport aux normes algériennes et à la norme pour nourrissons. (ANSES, 2013)

II.5. Les nitrates

Différentes concentrations de NO_3^- variantes de 10 mg/L à 50 mg/L ont été préparées pour tracer la courbe d'étalonnage. La mesure de l'absorbance de ces solutions est faite comme le montre le mode opératoire. [Annexe II A]

La courbe d'étalonnage pour le nitrate est représentée dans la figure suivante :

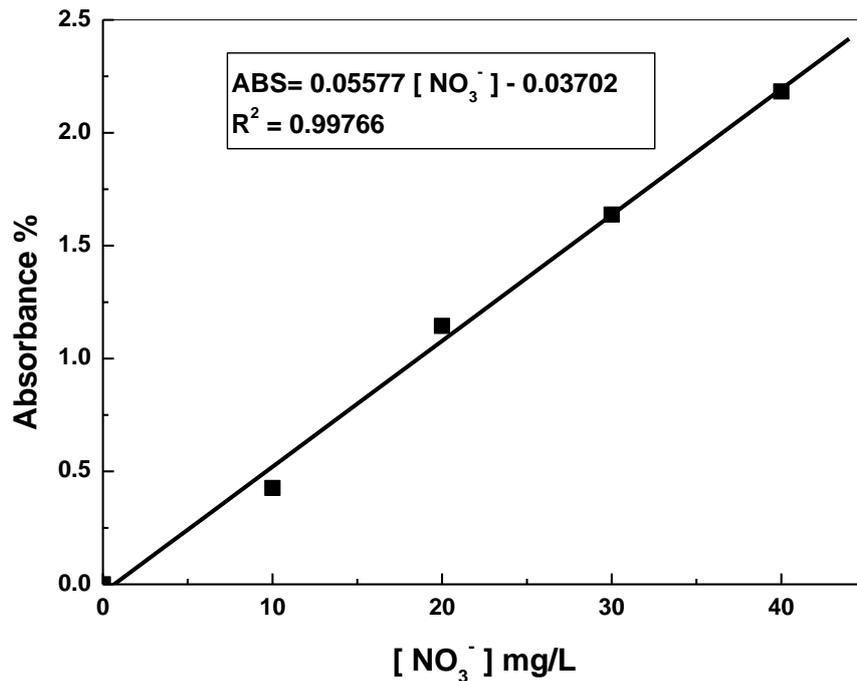


Figure n°22 : Courbe d'étalonnage de la concentration de nitrate en fonction de l'absorbance.

L'équation de la courbe est :

$$\text{Absorbance (\%)} = 0.05577 [\text{NO}_3^-] - 0,03702$$

$$R^2 = 0,99766$$

D'où on peut tirer l'expression qui donne la concentration en NO_3^- de l'eau à analyser pour des concentrations situées dans l'intervalle [10-50] mg/L.

La toxicité des nitrates est liée à leur réduction en nitrites qui vont entraîner la formation de méthémoglobine (hémoglobine oxydée) incapable de transporter l'oxygène vers les tissus.

L'OMS recommande depuis 1958 la valeur limite de 50 mg de nitrates par litre dans l'eau de boisson, valeur dans laquelle aucun cas de méthémoglobinémie n'a été rapporté.

Cette valeur est adoptée par l'ensemble des pays développés. (RODIER, 2009)

Dans le cas des nourrissons allaités avec du lait maternisé, l'eau utilisée pour la préparation du lait est la seule source de nitrates. Elle peut ainsi devenir une source importante d'exposition lorsque l'eau est contaminée par les nitrates (Santé Canada, 1992).

Les nourrissons de moins de trois mois nourris aux biberons de même que les femmes enceintes sont considérés comme étant des sous-groupes de la population particulièrement vulnérables à la présence de nitrates et de nitrites dans l'eau potable. (O.M.S., 2000 ; FAN et STEINBERG, 1996 ; LEVALLOIS et PHANEUF, 1994).

Les nourrissons sont sensibles aux nitrates du fait que leur hémoglobine est facilement oxydable et que l'activité de la méthémoglobine-réductase est faible. Chez les nourrissons, la réduction du nitrate en nitrite peut provoquer une méthémoglobinémie (inaptitude du sang à transporter l'oxygène). (BELGHITI *et al.* 2013)

Parallèlement, le fait que la production d'acide gastrique ne soit pas optimale chez le nourrisson et que ce dernier soit plus sujet aux gastro-entérites favorise la transformation des nitrates en nitrites par les bactéries réductrices du nitrate. (LEVALLOIS et PHANEUF, 1994 ; Santé Canada, 1992)

L'ANSES limite à 10 mg/L la teneur maximale en nitrate pour l'eau destinée à l'alimentation des nourrissons (ANSES, 2003), la réglementation algérienne à moins de 50 mg/l.

Les résultats obtenus sont conformes aux normes algériennes et aux normes fixées pour les eaux pour nourrisson, les teneurs varient entre 0.1 et 0.6 mg/L.

II.6. Les chlorures

Les concentrations de chlorure dans l'eau peuvent augmenter pendant le traitement si on utilise du chlore pour la désinfection et des sels de chlore. (ARRAS, 2014)

La 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)

On ne connaît pas d'effets délétères d'une surcharge en chlorure, par contre une restriction sévère provoque une altération des fonctions du système nerveux, voire, chez l'enfant un retard de croissance.

Le chlorure est également un constituant de l'acide chlorhydrique du suc gastrique, des vomissements prolongés peuvent conduire à une alcalose métabolique avec crampes musculaires.

En l'absence de pathologie rénale, l'incidence des chlorures n'est pas importante chez le nourrisson. (SETTI, 2014)

La teneur moyenne en chlorure d'eau étudiée est de 230.75 mg/L qui est un peu élevée mais reste conforme aux normes algériennes, et celle aux normes fixées pour les eaux pour nourrissons. (JORA n°18, 2011 ; ANSES, 2003)

L'OMS recommande pour la teneur en chlorure dans l'eau destinée à la consommation humaine une valeur guide de 250 g/L

La direction du conseil des communautés européennes CE indique que 200 mg/L est la concentration approximative au-delà de laquelle des effets risquent de se produire. (RODIER, 2009)

II.7. La dureté totale

La dureté de l'eau est un indicateur de la minéralisation de l'eau qui correspond à la teneur en calcium et en magnésium. Elle peut être source de désagréments (dépôt de calcaire, etc.). Une eau trop douce peut favoriser la dissolution des métaux des canalisations d'eau. Les eaux provenant des terrains calcaires et surtout de terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1g de CaCO₃ par contre, les eaux en provenance de terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux auront des degrés très faibles.

Les eaux dures sont déconseillées pour les nourrissons, pour leurs fortes teneurs en calcium et en magnésium. (SETTI, 2014)

Le dosage de notre échantillon révèle une valeur de 70 mg/L de CaCO₃, une valeur conforme aux normes algériennes et celle de l'OMS. L'ANSES ne recommande aucune valeur pour les nourrissons.

Cependant, on peut considérer qu'une eau ayant une teneur inférieure à 75 mg/L de CaCO₃ (c'est-à-dire 7,5 ° de TH calcique) ou à 30 mg/L de Ca est une eau douce. (RODIER, 2009)

II.8. Le calcium

Le calcium est trouvé dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires. Il est présent sous forme de carbonate et avec le magnésium, est responsable de la dureté de l'eau.

Le calcium a un rôle essentiel dans la croissance osseuse, la contraction musculaire et la minéralisation des dents. Une carence en cet élément conduit à l'ostéoporose. (ALI ABBOU et BENMLOUKA, 2014)

Sur une plus longue période, la prise exclusive d'eau minérale riche en calcium chez le nourrisson peut entraîner une hypercalcémie et une hypercalciurie, donc à une lithiase urinaire et à une néphrocalcinose, risque pouvant être accru en cas d'hypervitaminose D. (FAVRE *et al*, 1994)

Les pédiatres estiment que l'eau servant à la préparation des biberons ne doit pas être une source importante de calcium. (SETTI, 2013)

Le taux de calcium de nos échantillons répond aux normes algériennes (200 mg/L) et aux normes fixées pour les eaux pour nourrisson (<100 mg/L). (ANSES, 2003)

II.9. Le magnésium

Le magnésium est également responsable de la dureté de l'eau. Il a aussi une importance dans la formation des os et de dents, ainsi que dans la fixation de calcium sur les os. (PATEL *et al*, 2013)

Un excès de magnésium peut entraîner des effets indésirables sur le transit digestif, en effet l'ingestion de sels de magnésium (sulfate de magnésium, chlorure de magnésium) provoque de la diarrhée.

Le magnésium non absorbé reste dans l'intestin et provoque un appel d'eau.

Le magnésium absorbé est éliminé par les reins, donc un excès de magnésium dans l'alimentation du nourrisson l'expose à une surcharge rénale.

La consommation d'eaux fortement minéralisées n'est pas adaptée au nourrisson. En revanche, lors d'épisodes de constipation, et sur avis médical seulement, ces eaux peuvent être consommées par les nourrissons. (MARTIN, 2014)

Notre échantillon répond aux normes pour les eaux destinées aux nourrissons qui contiennent pas plus de 50 mg/L de magnésium.

II.10. Le sodium et le potassium

Le sodium est un ion essentiel des liquides corporels. En général, l'eau potable est une source peu importante de sodium.

Le potassium est le cation le plus abondant du liquide intracellulaire et joue un rôle important dans un grand nombre de fonctions cellulaires pour lesquelles les besoins de l'organisme par jour sont importants. (HOUILLIER *et al*, 2004)

Il est étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau.

Selon les résultats obtenus, la concentration du Sodium est de **129.75 mg/L**, valeur qui respecte les valeurs limites déterminées par les normes.

En ce qui concerne les concentrations du potassium ($K^+ = 3.79\text{mg/L}$), elles sont conformes aux normes prescrites.

L'ANSES, la réglementation OMS et CE n'ont pas fixé de recommandations pour le taux de potassium dans l'eau. (ANSES, 2003)

II.11. Le Baryum

Le métabolisme du Baryum est similaire à celui du Calcium. Il constitue un poison de la cellule musculaire avec une action particulière sur le muscle cardiaque et les parois vasculaires. Lors des intoxications aiguës, les premiers troubles sont d'origine digestive (diarrhée, vomissements, etc.).

L'OMS, la réglementation algérienne et ANSES indiquent, pour l'eau destinée à la consommation humaine, une valeur guide de 0,7 mg/L alors que les directives du Conseil des communautés européennes ne considèrent pas ce paramètre. Toutefois, la réglementation française l'inclut dans les limites de qualité avec une valeur de 0,7 mg/L.

Les résultats de nos échantillons ne révèlent aucune trace de Baryum.

III. LES METAUX LOURDS

Après avoir tracé les courbes d'étalonnages pour chaque métal à doser, Les valeurs obtenues sont présentées et comparées aux normes algériennes et d'autres normes internationales.

▪ FER

Dans les eaux de distribution, le fer provient le plus souvent de la corrosion des conduites d'amenées ou de l'emploi de sels de fer pour les traitements de coagulation-floculation, en particulier dans le cas d'une mauvaise maîtrise des opérations. (RODIER, 2009)

Les résultats de nos échantillons révèlent l'absence de Fer. (Figure n°23)

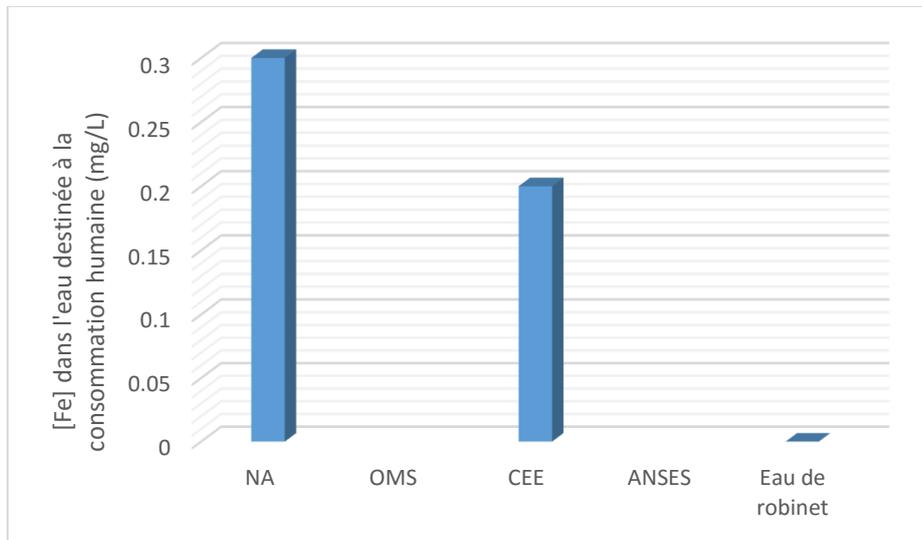


Figure n° 23 : Concentration en Fer dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES

▪ NICKEL

Les valeurs mesurées du Nickel sont nulles. (Figure n°24).

Le fait que le Nickel ne soit généralement pas retrouvé dans les eaux souterraines ou en quantités très faibles indique que la présence de ce métal est principalement liée aux activités humaines. (RODIER, 2009)

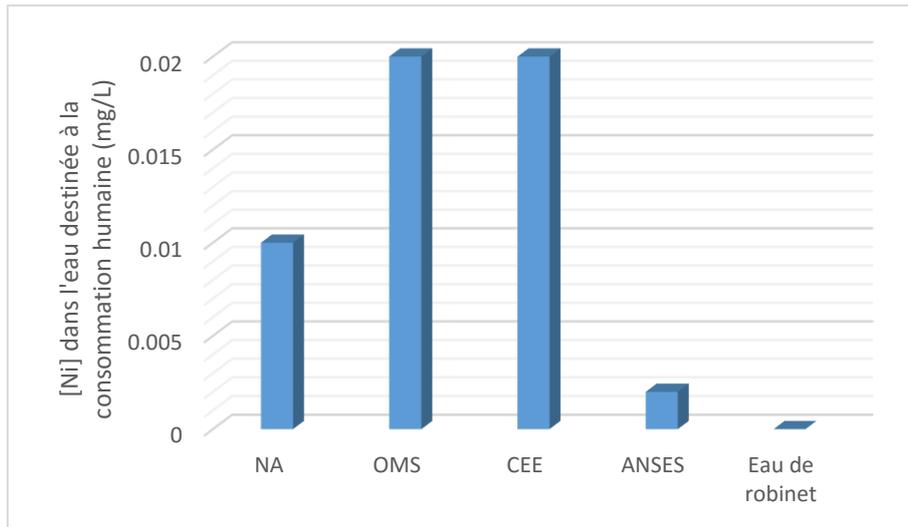


Figure n°24 : Concentration en Nickel dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES

▪ **CHROME**

Pratiquement, le Chrome est un élément anormal de l'eau ; sa présence est le plus souvent liée aux rejets des ateliers de galvanoplastie.

La teneur de Chrome de nos échantillons est nulle. (Figure n°25)

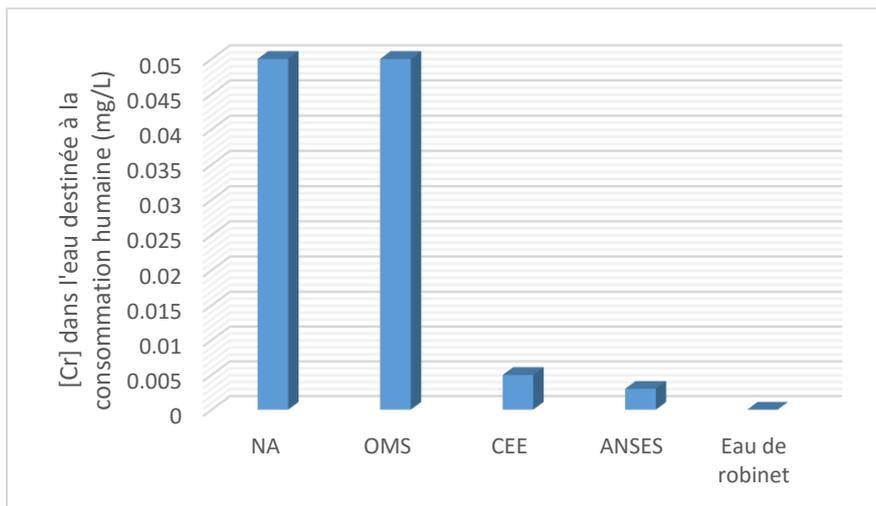


Figure n°25 : Concentration en Chrome dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES

▪ **PLOMB**

Les causes de présence de Plomb peuvent être liées à la présence des tuyaux de Plomb, très utilisé autrefois ou de brasures au Plomb et à l'Etain employé pour la liaison des tuyaux en Cuivre. (RODIER, 2009)

Les analyses effectuées n'ont révélés aucune trace de Plomb. (Figure n°26)

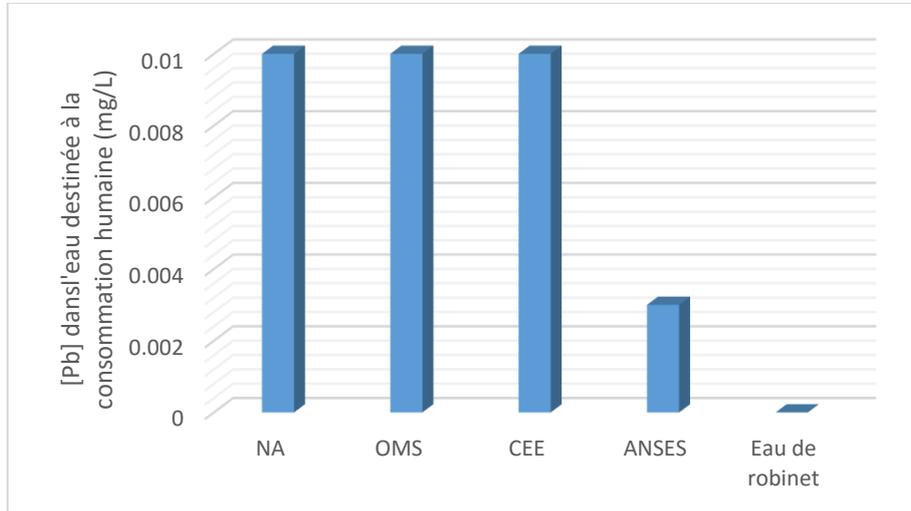


Figure n°26 : Concentration en Plomb dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES

▪ **CUIVRE**

En dehors de pollutions industrielles ou de traitements agricoles, ce métal provient habituellement de la corrosion des tuyauteries de distribution (0,5 à 1 mg/L), plus rarement il constitue le résidu d'un traitement des algues par les sels de Cuivre. (RODIER ,2009)

Les résultats obtenus ont montré que le Cuivre (Cu) est absent au niveau de l'eau de robinet. (Figure n°27)

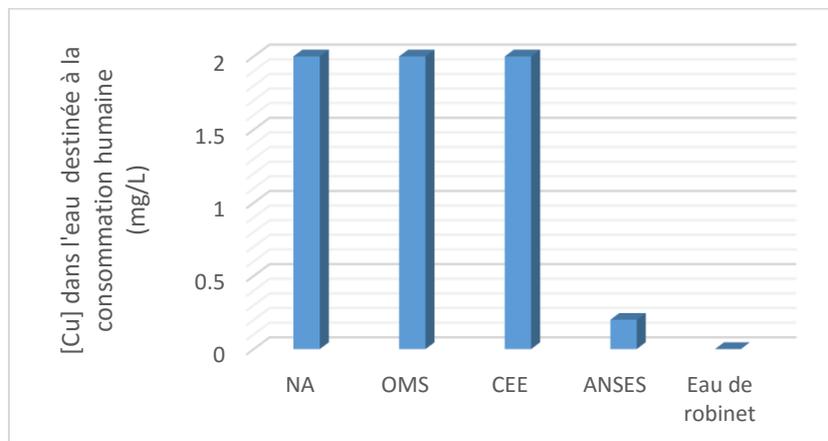


Figure n°27 : Concentration en Cuivre dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES

▪ **CADMIUM**

L'origine du Cadmium doit être recherchée dans les affluents industriels (galvanoplastie). Généralement associé au Zinc, il peut être entraîné par les pluies à partir des fumées industrielles, aussi provenir de sa dissolution à partir de certaines canalisations galvanisées ou en matière plastique. (RODIER, 2009)

Nos dosages ont montré que la concentration de Cadmium est nulle. (Figure n°28)

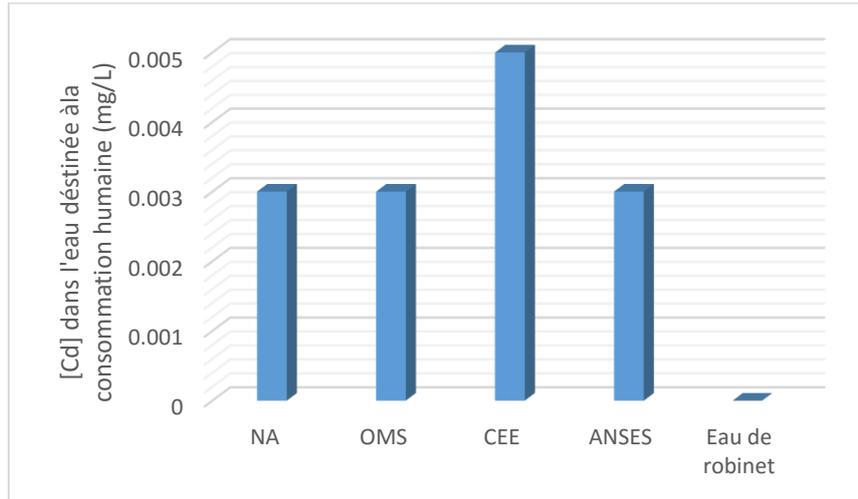


Figure n°28 : Concentration en Cadmium dans l'eau de robinet Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, CEE et ANSES

CONCLUSION
ET
RECOMMANDATIONS

CONCLUSION

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité physico chimique de l'eau de robinet, dessalée et traitée par la station de dessalement de Honaïne, destinée à la consommation humaine notamment aux nourrissons de la ville de TLEMCCEN (Cerisiers), il ressort que la quasi-totalité des paramètres analysés sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'à la réglementation internationale ainsi qu'aux normes destinées aux nourrissons en matière de potabilité de l'eau.

En effet, l'eau étudiée a une saveur agréable, dépourvue de tout arrière-goût. Elle est incolore et limpide, Les échantillons étudiés présentent des faibles turbidités d'une moyenne de **0.32 NTU**, conformes aux normes algériennes et OMS (5 NTU).

Les résultats des analyses obtenus sur le plan physique ont montré que :

Le pH de l'eau varie entre **7.08 et 7.25**

La conductivité varie entre **793 et 813 $\mu\text{S/cm}$** ,

Leur degré de minéralisation est moyen : **569.872 et 582.042 mg/L** et leur température est acceptable.

L'eau pour le nourrisson doit être le plus faiblement minéralisée, la norme algérienne donne une valeur maximale de 1500 mg/L (NA).

Selon l'ANSES une eau dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/L est considérée comme bonne pour les nourrissons.

Sur le plan chimique, cette eau est dans les normes, dont la mesure où la dureté est **1.4 meq/L**. On peut la considérer comme douce et sans risque sur la santé du consommateur.

Les eaux dures sont déconseillées pour les nourrissons, vu que le Calcium et le Magnésium exprime la dureté des eaux. Nos résultats montrent que l'eau de robinet à une faible dureté.

Le taux de Calcium et de Magnésium de nos échantillons sont respectivement **14.62 et 8.04 mg/L** ; Ils sont conformes aux normes nationales, internationales et aux recommandations de l'ANSES qui doivent être inférieurs de 200 mg/L de Calcium 50 mg/L de Magnésium pour les nourrissons. La teneur en nitrates est égale à **0.6 mg/L** qui sont connus par leurs effets néfastes sur la santé, celle-ci est très faible par rapport aux normes algériennes et celles destinées aux nourrissons.

La valeur de sodium doit être inférieure à 200 mg/L pour les eaux destinées aux nourrissons. L'ensemble de nos échantillons étudiés ont une moyenne de **129.75 mg /L**, elle respecte les normes algériennes, OMS, CEE.

Pour le potassium des valeurs limites ne sont pas données par l'ANSES, la norme algérienne fixe un taux de 12 mg/L. L'eau de robinet révèle une moyenne de **3.79 mg/L** qui reste conforme à la réglementation.

En ce qui concerne le taux des chlorures de l'eau étudiée, la valeur estimée à **230.75 mg/L**, elle est un peu élevée mais reste conforme aux normes algériennes et aux recommandations de l'ANSES qui donne une valeur maximum de moins de 250 mg/L.

L'eau de robinet analysée ne révèle aucune trace de métaux lourds.

En conclusion, l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de Honaïne destinées à la consommation humaine et aux nourrissons de la ville TLEMCEM peut être considérée comme bonne à consommer, bien sûr si les opérations de désinfection (chloration avec hypochlorite de sodium) sont bien effectuées. Il serait souhaitable de mener régulièrement ce type d'études basées sur l'évaluation physico- chimique mais tout en les consolidant avec des analyses bactériologiques.

L'eau du robinet est donc traitée, notamment à l'aide de chlore qui évite le développement de micro-organismes dans les réseaux de distribution. Ce produit peut donner à l'eau un goût et une odeur désagréable, Il s'agit cependant d'un inconvénient très passager.

A cet effet, des recommandations avant la consommation directe de l'eau de robinet :

- Laisser l'eau couler au moins deux minutes avant de remplir les bouteilles d'eau ;
- Mettre les bouteilles d'eau fermées directement dans le réfrigérateur afin de les conserver au minimum 48h ;
- Utiliser l'eau froide au lieu d'eau chaude pour la préparation des boissons ou des biberons ;
- Le caractère volatil du chlore est en effet plutôt un avantage car le produit va s'évaporer en quelques heures, ne laissant aucun goût ni aucune odeur résiduelle de ce faite, laisser l'eau se reposer au moins une heure avant la consommation ;
- Pour la préparation des biberons, il ne faut pas trop bouillir l'eau pour ne pas augmenter la concentration des minéraux.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. BEAUFRERE B., BRIEND A., GHISOLFI J., GOULET O., PUTET G., RIEU D. et al, (2001). Nourrissons, enfants et adolescents. In : AFSSA, CNERNA-CNRS eds. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. 3ème éd, 2001: 255-91.
2. BERNE F. et CORDONNIER J., (1991). Traitement des eaux. Edition : Tec. P : 6-14.
3. BERNE F., (1972). Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNIP, 1972, 207 p.
4. BOUZIANI M., (2006). L'eau dans tous ses états, Editions Dar El Gharb, PP : 31,113.
5. COULAIS J. M., (2002). Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves. Édition. Des ateliers.
6. DANIS P., (2003). Dessalement de l'eau de mer. Technique de l'ingénieur, référence : d 2700.
7. DEGREMONT G., (1990). Mémento technique de l'eau. Tome 1, 2ème édition : Copyright dégrement. 129P
8. DUPONT A., (1974). Hydraulique urbaine. « Hydrologie, captage et traitement des eaux ». Tome 1. 3ème édition : Eyrolles. Paris .P: 26-28-34-64.
9. FRANK J. et KEMMER N., 1992. Manuel de l'eau. Édition : Lavoisier. P 3 .102.105.
10. GAUJOUR D., (1995). La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. 2ème édition Lavoisier. P : 49.
11. GOMELLA C. et GUERREE H., (1980). La distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurales. 3ème édition Eyrolles. P22-29.

12. HOUILLIER P., BLANCHARD A., et PAILARD M. (2004). Métabolisme du potassium. Elsevier SAS. 1 : 138–157.
13. HUBERT P. et MARIN M., (2001). Quelle eau boirons-nous demain ? Edition : Fabienne Travers. P : 64-124.
14. KEHAL S., (2000). Rétrospective et perspectives du dessalement en Algérie. Elsevier. Désaliénation. 136 : 35-42.
15. KEMMER F.N., (1984) : « Nalco-Manuel de l'eau ». Édition : Paris : Technique et Documentation Lavoisier, (4e tirage revu, 1983). Livre, ISBN/ISSN/EAN : 978-2-85206-2207.
16. KOLTZ F., (2010). L'eau, la vie et la mort. Ed. Springer Verlag. 4:77.
17. MARSILY G., (1995). L'eau. Edition : Flammarion 128.
18. MARTIN A., (2014). Apports nutritionnels conseillés pour la population Française, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, 3e édition, Ed. Tec & Doc. 610p.
19. MARTINA, POTIER DE COURCY G., (2012). Besoins nutritionnels et apports conseillés pour la satisfaction de ces besoins, EMC Endocrinologie-Nutrition.
20. MAUREL A., (2006). Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. 2ème Ed. Lavoisier. France. 285P.
21. MERCIER J. (2000). Le grande livre de l'eau. Edition : renaissance du livre (la).ISBN :28046-0341-5.183P
22. RAPINAT M. (1982). L'eau. Presse universitaire de France.1re édition : 1982 ISBN 2130375626.127 P.
23. RODIER J., (2005). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ème} édition : Dunod, Paris.

24. RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., BRUNET R., MIALOCQ J C., LEROY P., HOUSSIN M., LAVISON G., BECHEMIN C., VINCENT M., REBOUILLON P., MOULIN L., CHOMODÉ P.,DUJARDIN P.,GOSSELIN S., SEUX R., ALMARDINI F. (2009). L'analyse de l'eau. 9ème Ed. Dunod. France. 1511 P.
25. SAVARY P., (2010). Guide des analyses de la qualité de l'eau .territorial éditions .p75-115.
26. ARZATE A., (2008). Procédé de séparation membranaire et leurs applications dans l'industrie alimentaire. Revue de littérature. Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole Inc.
27. BALDERACCHI R., (2009). L'eau dans l'organisme. Centre national de la recherche scientifique (CNRS).
28. BALDERACCHI R., (2009). L'eau dans l'organisme. Centre national de la recherche scientifique (CNRS).
29. BELGHITI M.L., CHAHLAOUI A., BENGOUMI D., EL MOUSTAINE R. (2013). Etude de La qualité physico -chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Mknès .Maroc. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14, Juin 2013, pp. 21-36 © 2013.
30. BESSENASSE M., (2006).Dessalement d'eau de mer de trois stations du littoral Algérois.14th International Soil Conservation Organization Conference. Water Management and Soil conservation in Semi-Arid Environment .Merrakech, Marocco, May 14-19, 2006 (ISCO), 80P.
31. BOUGIS J., (2013). Revue des aspects maritimes du dessalement d'eau de mer. Revue Paralia. P.p. 1.1–1.13.
32. CORSIN P., CEDRIC M., (2003). Les pompes hautes pression adaptées aux usines de dessalement d'eau de mer par osmose inverse, le thème du mois : les pompes, La revue : l'eau, l'industrie, les nuisances, n°265

33. DEVILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C. (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, observation des données de l'environnement L'IBGE : "l'eau à Bruxelles. Fiche 2.
34. DITMAN M., (2009). L'eau introduction.
35. Dossier thématique Eau et santé, (2008). Histoire, état des lieux, surveillance épidémiologique, Risque versus danger : l'exemple des nitrates, InVS, 2008.
36. DUMOULIN L., MANTHA M., (2009). Boire de l'eau pourquoi et combien ? Révision
37. ESSIG M. et AMIEL C., (1997). Désordres de la magnésémie. In : Offen stadt G, Brunette MG, eds. Désordres acido-basiques et hydro-électrolytiques. Paris : Arnette Blackwell ; 1997. p 379-406
38. EWERS U., SCHILPKOTER H.W., (1991). Chronic toxicity of metals and metals compounds.
39. FAN A. M. et STEINBERG V. E., 1996. Health implications of nitrate and nitrite in drinking water: an update on methemoglobinemia occurrence and reproductive and developmental toxicity, *Regul Toxicol Pharmacol*, 23(1 Pt 1), 35-43.
40. FAVRE A., CHANTEPIE A., GUENAULT I., DESPERT F., LAUGIER J., (1994). Hypercalcémie chez un nourrisson par apport exclusif d'eau minérale riche en calcium. *Presse Med* ; 23 :135860
41. GENOUDET., (2001). L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.
42. GHAZALI D., ZAID A., (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknes –Maroc), *Larhyss Journal*, 12, PP : 2536.

43. HIMMI N., FEKHAOUI M., FOUTLANE A., BOURCHIC H., EL MMAROUFY M., BENAZZOUT T., HASNAOUI M. (2003). Relazione plankton parametric fisici chimici in un bacino di maturazione (lagunamista Beni Slimane – Morocco. Rivista Di Idrobiologia. Università di Perugia, Dipartimento di Biologia Animale ed ecologia laboratorio Di Idrobiologia “G.B. Grassi”, 110–111p.
44. HUOT A. (2010). Eau et santé. La revue Biocontact, n°200.
45. JEAN-MARIE T., PATEL S., ROMAIN L., (2013). Sampling and analysis of natural water. Université de Genève, Suisse.
46. LEPELTIER S., (2005). Un bon état écologique des eaux.
47. LEVALLOIS P. et PHANEUF D., (1994). La contamination de l'eau potable par les nitrates : analyse des risques à la santé, *Revue canadienne de santé publique*, 85(3), 192-196.
48. MAILLARD H. et MORILLON S., (2013). L'eau source de vie. Association française.
49. MENS et DEROUANE, (2000). État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.
50. MONIQUE H. (1991). Les eaux naturelles et les eaux de consommation saint Laurent. Institut national de la recherche scientifique, UNIVERSITÉ DU QUÉBEC.
51. Organisation mondiale de la Santé, (2000). *Nitrates et nitrites*, In *Directives de qualité pour l'eau de boisson ; Volume 2 - Critères d'hygiène et documentation à l'appui* Organisation mondiale de la Santé, Genève, pp 324-336.
52. OMS (W.H.O.): WORLD HEALTH ORGANISATION. (2006). Guidelines for Drinking water Quality, first addendum to third edition, Volume 1 Recommendations. Geneva. World Health Organisation.

53. OMS. (2004). Nutrient minerals in drinking-water and the potential health consequences of long-term consumption of demineralized and remineralized and altered mineral content drinking-waters.
54. PATEL S., ROMAIN L., JEAN-MARRIE T. et al, (2013). Sampling and analysis of natural water. Université de Genève, Suisse.
55. QUENEU P., HUBERT J., (2006). Place des eaux minérales dans l'alimentation, Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine. 190(9) : 2013-2022.
56. SADI A. (2000). Le Dessalement Solaire - Considérations Techniques. Rev. EnergRen. Chemss. 91-97.
57. SAULNIER J.P., PODEVIN G., BERTHIER M., LEVARD G., ORIOT D., (2000). Calcul coralliforme du nourrisson lié à la prise exclusive d'eau minérale riche en calcium, Arch Pédiatr ; 7:1300-3.
58. SETTI A., (2013). Quelle eau choisir pour la préparation des biberons destinée aux nourrissons ? , Sciences pharmaceutiques. 2013. 15p.
59. SPARKS D.L., (1998). Environmental soil chemistry. Academic Press, 267 P.
60. TAHRAOUI D.N., (2010). Qualité des eaux de mer après dessalement au niveau de la station de dessalement de la ville de Ténès (Chlef) et l'impact de dessalement sur l'environnement (milieu aquatique). WATMED5, Lille-France
61. VOUTCHKOV N., (2010). Considerations for selection of seawater filtration pretreatment system. Elsevier. Desalination. 261 : 354–364.
62. W.H.O. (1987). Global pollution and health results of related environmental monitoring. Global Environment Monitoring system, WHO, UNEP.
63. W.H.O. (World Health Organization), (1994). Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2^{ème} édition. Vol 2.Genève.

64. W.H.O., (2004). Sulfate in Drinking-water, Guidelines for Drinking-water Quality.
65. ZOUINI D. (2009). Le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse : une solution pour l'alimentation en eau des villes côtières. Revue HTE. N°142 :78-86.
66. BECHKI D., (2011). Etude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides sahariennes. Doctorat en sciences en génie mécanique. Université Hadj Lakhdar Batna.
67. CASTAING J. B., (2011). Procédés de traitement de l'eau de mer en conchyliculture pour la sauvegarde et le maintien de la qualité des mollusques bivalves. Thèse de doctorat. Génie des procédés. Université de Nantes.
68. SELLAMI M. H., (2014). Etude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région sud-est algérien (Ourgla). Thèse de doctorat. Université Kasdi Merbah Ourgla. Algérie. 111 P.
69. TANSAKUL C., (2009). Procédés hybrides à membranes pour le prétraitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse. Doctorat. Génie des procédés et de l'environnement Université de Toulouse
70. TOUHARI F., (2015) : Etude de la Qualité des Eaux de la vallée du Haut Cheliff, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique.
71. FELLAH A., (2010) .Contribution à l'étude des polluants métalliques dans l'eau et les sédiments de l'estuaire de la Tafna (Rachgoune Tlemcen).Magister en chimie. Université de Tlemcen.
72. OTMANI S., (2009). Caractérisation anthropogénétique de la population de Honaine du l'ouest algérien .diplôme de magister, département des cultures populaires, faculté des lettres et sciences humaines et sociales. Université de Tlemcen.

73. ARRAS I., (2014).Qualité des eaux de la station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata - Bah Al Assa. Mémoire de Master en sciences des aliments, Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen ,122p.
74. ALI ABBOU S. et BENMLOUKA M., (2014) : Caractéristique physico-chimiques des eaux embouteillées algérienne et vérification d'étiquetage, Mémoire de Master, Université sciences et de la Technologie Oran.68P.
75. ALLAM I., (2012). La mise en exploitation de la station de dessalement de Honaine, mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état en hydraulique option hydraulique urbaine. Université de Tlemcen.
76. ATALLAH A., (2014).Procédé de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau dessalée par la station de dessalement de l'eau de mer de Honaine - teneurs : cations, anions et métaux lourd-. Mémoire de Master en Alimentation et Nutrition, Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen .99P.
77. BAZIZ N., (2008).Etude sue la qualité de l'eau potable et risque potentiels sur la santé cas de la ville de BATNA. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister, op. Dynamique des milieux physiques et risques naturels. Université Colonel Elhadjlakhdar Batna.154 P.
78. CHENAOUI B., (2010). Dessalement de l'eau de mer à la station de MAINIS et son impact sur l'environnement. Séminaire Ouargla. Université de Chlef.
79. HACHEMAOUI B., (2014). Qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata - teneurs en bore, nitrites, nitrates et métaux lourds-. Mémoire Pour l'obtention du Diplôme de Master Option Alimentation et Nutrition. Université Abou Bekr BELKAID, TLEMEN. 91 P.

80. HAMMEL L. F., (2013) : Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Sidi Boushak» destinée à la consommation humaine de la population de Tlemcen. Mémoire de Master en sciences des aliments, Université Abou-BekrBelkaid Tlemcen .81P.
81. MAMADOU D. et DANZI M.F., (2015). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources de la région du haut cheliff. Mémoire de Master en Sciences de la Terre et Univers, Option : Gestion des ressources en Eau et Environnement, Université Djillali BOUNAAMA de Khemis Miliana.94P.
82. SARI H., (2014) : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Attar (Tlemcen), Mémoire de Master en sciences des aliments, Université Abou-BekrBelkaid Tlemcen ,59p.

LES SITES WEB

83. ANONYME, (2010). (Page consultée le 07/05/16).
<http://eduterre.ens-lyon.fr/thematiques/hydro/travail-coop/protocoles/analysesPC/dos-nitr>
84. ANSES, (2003). (Page consulté le 21/03/16). Rapport du comité d'expert spécialisés « eaux » concernant les critères de qualité des eaux minérales naturelles et des eaux de source embouteillées permettant une consommation sans risque pour les nourrissons et les enfants en bas âge 2003 [en ligne].
<http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/EAUX2001sa0257Ra.pdf>
85. ANSES, (2003). (Page consultée le 23/03/16). Rapport du Comité D'experts Spécialisé "eaux" concernant la proposition de fixation d'une valeur limite du fluor dans les eaux minérales naturelles, Juin 2001, Réactualisation Novembre 2003. [En ligne]
<http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/EAUX-Ra-Fluor.pdf>

86. Ministère de la Santé et des Solidarités, (2006). (Page consultée le 24/03/16). L'intoxication par le plomb de l'enfant et de la femme enceinte. [En ligne] http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/guide_depistage_saturnisme.pdf
87. Ministère des affaires sociales et de la santé, (2006). (Page consulté le 21/03/16). L'eau potable en France 2005-2006. [En ligne] http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/bilanqualite_05_06.pdf
88. Société Française d'Anesthésie et de Réanimation, (1998). (Page consultée le 23/03/16). Le magnésium en anesthésie-réanimation, Conférences d'actualisation 1998 [en ligne] http://www.sfar.org/acta/dossier/archives/ca98/html/ca98_46/98_046.htm#23425
89. Société Française d'Anesthésie et de Réanimation, (1998). (Page consultée le 23/03/16). Le magnésium en anesthésie-réanimation, Conférences d'actualisation 1998 [en ligne] http://www.sfar.org/acta/dossier/archives/ca98/html/ca98_46/98_046.htm#23425

JOURNAUX ET ARRETES

90. Arrêté du 28 décembre (2010) modifiant l'arrêté du 14 mars 2007 relatif aux critères de qualité des eaux conditionnées, aux traitements et mentions d'étiquetage particuliers des eaux minérales naturelles et des eaux de source conditionnées ainsi que de l'eau minérale naturelle distribuée en buvette publique, Code de la Santé Publique Français.
91. D.F.I. (2005). Département fédéral de l'intérieur, confédération suisse .Ordonnance sur l'eau potable, l'eau de source et l'eau minérale du 23 novembre 2005 (Etat le 1er janvier 2014). N° 817.022.102
92. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°18, (2011), Décret exécutif n 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif la qualité de l'eau de consommation humain.18 Rabie Ethani 1432, 23 mars 2011.

93. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°27, (2006), Arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006 fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées. 27 Rabie El Aouel 1427, 26 avril 2006.
94. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°75, (2009), Décret exécutif n° 09-414 du 28 Dhou El Hidja 1430 correspondant au 15 décembre 2009 fixant la nature, la périodicité et les méthodes d'analyses de l'eau de consommation humaine. 03 Moharram 1431, 20 Décembre 2009
95. Norme de l'UE sur l'eau potable, (1998) .Directive du conseil 98/83/EC sur la qualité de l'eau attendue pour la consommation humaine. Cette directive fut adoptée le 3 novembre 1998.
96. SANTE CANADA, (1992). Le nitrate et le nitrite. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada.

ANNEXES

ANNEXE I

Normes algériennes et directives internationales OMS et CE

Tableau A1 : Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation humaine

PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITEES

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITEES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/L	0,2
	Ammonium	mg/L	0,5
	Baryum	mg/L	0,7
	Bore	mg/L	1
	Fer total	mg/L	0,3
	Fluorures	mg/L	1,5
	Manganèse	µg/L	50
	Nitrates	mg/L	50
	Nitrites	mg/L	0,2
	Oxydabilité	mg/L O ₂	5
	Phosphore	mg/L	5
	Acrylamide	µg/L	0,5
	Antimoine	µg/L	20
	Argent	µg/L	100
	Arsenic	µg/L	10
	Cadmium	µg/L	3
	Chrome total	µg/L	50
	Cuivre	mg/L	2
	Cyanure	µg/L	70
	Mercure	µg/L	6
	Nickel	µg/L	70
	Plomb	µg/L	10
Sélénium	µg/L	10	
Zinc	mg/L	5	

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux		
	fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (11,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1, 2,3-cd) pyrène.	g/L g/L	0,2 0,01
	Hydrocarbures dissous ou Emulsionnés extraits au CCl4	g/L	10
	Phénols	g/L	0,5
	Benzène	g/L	10
	Toluène	g/L	700
	Ethylbenzène	g/L	300
	Xylènes	g/L	500
	Styrène	g/L	100
	Agents de surface réagissant au bleu de méthylène	mg/L	0,2
	Epychlorehydrine	g/L	0,4
	Microcystine LR	g/L	0,1
	Pesticides par substance individualisée - Insecticides organochlorés persistants, organophosphorés et carbamates, les herbicides, les fongicides, les P.C.B. et PC.T l'exception de aldrine et dieldrine	g/L	0,1 0,03
	Pesticides (Totaux)	g/L	0,5
	Bromates	g/L	10

Chlore	mg/L	5
Chlorite	mg/L	0,07
Trihalométhanes (THM) (Total) Chloroforme, Bromoforme, Dibromochlorométhane, Bromodichlorométhane	g/L	100
Chlorure de vinyle	g/L	0,3
1,2 – Dichloroéthane	g/L	30
1,2 – Dichlorobenzène	g/L	1000
1,4 – Dichlorobenzène	g/L	300
Trichloroéthylène	g/L	20
Tetrachloroéthylène	g/L	40

Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/L	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/L	100
	Uranium	g/L	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1
Paramètres microbiologiques	<i>Escherichia Coli</i>	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0

PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/L Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur 12 C	Taux dilution	4
	Saveur 25 C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/L en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/L en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/L	500

	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	$\geq 6,5$ et ≤ 9
	Conductivité 20 C	S/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Potassium	mg/L	12
	Résidu sec	mg/L	1500
	Sodium	mg/L	200
	Sulfates	mg/L	400
	Température	°C	25

Tableau A2 : NORMES ALGERIENNES DE LA QUALITE DES EAUX DE SOURCE

CARACTERISTIQUES	UNITE	CONCENTRATIONS
1. Caractéristiques organoleptiques		
Couleur	mg/L de platine (en référence à l'échelle platine/cobalt)	au maximum 25
Odeur (seuil de perception à 25° C)	-	au maximum 4
Saveur (seuil de perception à 25° C)	-	au maximum 4
Turbidité	Unité JACKSON	au minimum 2
2. Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau		
PH	Unité PH	6,5 à 8,5
Conductivité (à 20° C)	µS/ cm	au maximum 2.800
Dureté	mg/L de Ca CO ₃	100 à 500
Chlorures	mg/L (Cl)	200 à 500
Sulfates	mg/L (SO ₄)	200 à 400
Calcium	mg/L (Ca)	75 à 200
Magnésium	mg/L (Mg)	150
Sodium	mg/L (Na)	200
Potassium	mg/L(K)	20
Aluminium total	mg/L	0,2
Oxydabilité au permanganate de potassium	mg/L en oxygène	au maximum 3
Résidus secs après dessiccation à 180° C	mg/L	1.500 à 2.000

**Tableau A3 : NORMES ALGERIENNES DE QUALITE DES EAUX MINERALES
NATURELLES**

La concentration des substances énumérées ci-dessous ne doit pas dépasser les taux ci-après :

Antimoine	mg/L	0,005
Arsenic	mg/L, exprimé en As total	0,05
Baryum	mg/L	1
Borates	mg/L, exprimé en B	5
Cadmium	mg/L	0,003
Chrome	mg/L, exprimé en Cr total	0,05
Cuivre	mg/L	1
Cyanures	mg/L	0.07
Fluorure	mg/L, exprimé en F	5
Plomb	mg/L	0.01
Manganèse	mg/L	0.1
Mercure	mg/L	0.001
Nickel	mg/L	0.02
Nitrates	mg/L, exprimé en NO ₃	50
Nitrites	mg /L en tant que nitrite	0.02
Sélénium	mg/L	0.05

Tableau A4 : Normes d'O.M.S. Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

Elément/ substance	Symbole/ formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/L
Ammonium	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/L (peut aller jusqu'à 0,3mg/L dans une eau anaérobique)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	< 4 µg/L	0.02 mg/L
Arsenic	As		0,01 mg/L
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/L
Béryllium	Be	< 1 µg/L	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/L	0.5 mg/L
Cadmium	Cd	< 1 µg/L	0,003 mg/L
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/L
Chrome	Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺	< 2 µg/L	chrome total : 0,05 mg/L
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺		2 mg/L
Cyanure	CN ⁻		0,07 mg/L
oxygènedissous	O ₂		Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	< 1,5 mg/L (up to 10)	1,5 mg/L
Dureté	mg/L CaCO ₃		200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S		0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/L	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/L
Manganèse	Mn		0,4 mg/L
Mercure	Hg	< 0,5 µg/L	inorganique : 0,006 mg/L
Molybdène	Mb	< 0,01 mg/L	0,07 mg/L
Nickel	Ni	< 0,02 mg/L	0,07 mg/L
Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂		50 et 3 mg/L (exposition à court terme) 0.2 mg/L (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée

pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	< 0,01 mg/L	0,01 mg/L
Argent	Ag	5 – 50 µg/L	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/L	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄		500 mg/L
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/L
Uranium	U		0.015 mg/L
Zinc	Zn		3 mg/L

Tableau A5 : Normes d'CE. Directive du conseil 98/83/EC sur la qualité de l'eau attendue pour la consommation humaine. Cette directive fut adoptée le 3 novembre 1998.

Paramètres	Symbole/formule	Valeur paramétrique (mg/L)
Acrylamide	C ₃ H ₅ NO	0.0001
Antimoine	Sb	0.005
Arsenic	As	0.01
Benzène	C ₆ H ₆	0.001
Benzo(a)pyrène	C ₂₀ H ₁₂	0.00001
Bore	B	1
Brome	Br	0.01
Cadmium	Cd	0.005
Chrome	Cr	0.05
Cuivre	Cu	2.0
Cyanure	CN-	0.05
1,2-dichloroéthane	CH ₂ Cl-CH ₂ Cl	0.003
Epichlorhydrine	C ₃ H ₅ OCl	0.0001
Fluor	F	1.5
Plomb	Pb	0.01
Mercure	Hg	0.001
Nickel	Ni	0.02
Nitrate	NO ₃	50
Nitrite	NO ₂	0.50
Pesticides		0.0001
Pesticides – Totaux		0.0005

PAHs	C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P ₁₃	0.0001
Sélénium	Se	0.01
Tetrachloroéthène et trichloréthylène	C ₂ Cl ₄ /C ₂ HCl ₃	0.01
Trihalométhanes Totaux		0.1
Chlorure de vinyle	C ₂ H ₃ Cl	0.0005
Aluminium	Al	0.2 mg/l
Ammonium	NH ₄	0.50 mg/l
Chlore	Cl	250 mg/l
Couleur		Acceptable pour les consommateurs sans couleurs anormales
Conductivité		2500 µS/cm à 20°C
pH	[H ⁺]	≥ 6.5 and ≤ 9.5
Fer	Fe	0.2 mg/L
Manganèse	Mn	0.05 mg/L
Odeur		Acceptable pour les consommateurs et sans odeurs anormales
Pouvoir oxydant		5.0 mg/L O ₂
Sulfate	SO ₄	250 mg/L
Sodium	Na	200 mg/L
Goût		Acceptable pour les consommateurs et sans goûts particuliers
nombre de colonie à 22° C		Pas de concentrations anormales
Bactérie coliforme		0/100 ml
Carbone organique total		Pas de changement anormal
Turbidité		Acceptable pour les consommateurs et pas de changement anormal
Tritium	H ₃	100 Bq/L
Dose indicative totale		0.10 mSv/an

ANNEXE N° II

MATERIELS ET METHODES D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

• SPECTROPHOTOMETRIE

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution. Plus l'échantillon est concentré, plus il absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncées par la loi de Beer-Lambert. La densité optique des échantillons est déterminée par un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de la substance à étudier.

Il faut toujours préparer un témoin avec l'eau distillée pour la valeur de référence.

Généralement, on utilise cette méthode pour les paramètres de pollution.

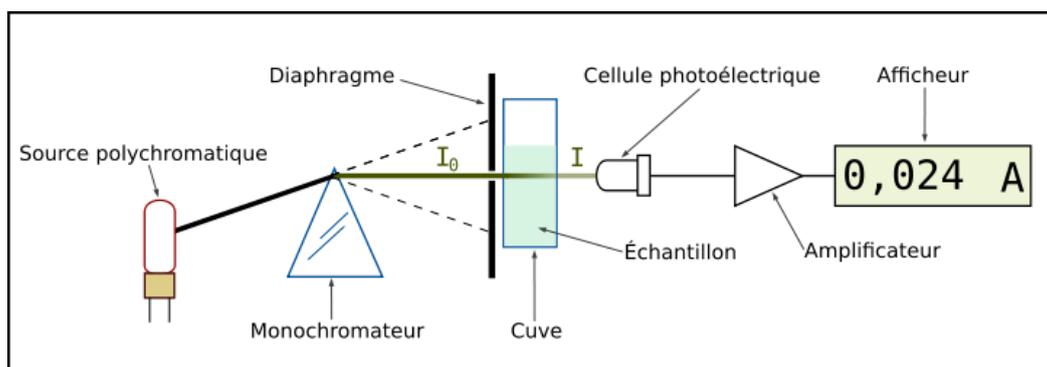


Figure A1 : Schéma expliquant le Principe d'un spectrophotomètre

• SPECTROPHOTOMETRE

Un spectrophotomètre est un appareil qui permet de mesurer l'absorbance d'une solution homogène à une longueur d'onde donnée ou sur une région spectrale donnée. Selon la loi de Beer-Lambert, l'absorbance d'une solution est proportionnelle à la concentration des substances en solution, à condition de se placer à la longueur d'onde à laquelle la substance absorbe les rayons lumineux.

C'est pourquoi la longueur d'onde est réglée en fonction de la substance dont on veut connaître la concentration.



Figure A2 : Un spectrophotomètre UV visible SPECORD® PLUS

A. DOSAGE DES NITRATES

✓ **Méthode au salicylate de sodium**

Les dosages colorimétriques sont perturbés par la présence de matières en suspension dans l'eau. Il est donc préférable de filtrer les échantillons d'eau avant les mesures, si possible sur entonnoir de Büchner avec un filtre en microfibres de verre.

✓ **Matériels**

- Un spectrophotomètre UV visible SPECORD® PLUS
- Le cas échéant, fiole de filtration de Büchner branchée sur une trompe à vide

✓ **Liste des produits**

- Nitrate de potassium (KNO_3)
- Salicylate de sodium
- Chloroforme
- Hydroxyde de sodium en pastilles (NaOH)
- Acide sulfurique
- Tartrate double de sodium et de potassium (sel de Seignette)
- Eau distillée
- Acide chlorhydrique à 5% (100 mL concentré)

✓ Préparations des dosages

Pour éviter toute contamination, il est recommandé de rincer la verrerie et les pipettes à l'acide chlorhydrique à 5 % puis à l'eau distillée.

- **Solution stock de nitrate de potassium** (50 mg.L⁻¹ des ions nitrates)

Dissoudre 0,0815 g de nitrate de potassium anhydre dans 990 mL d'eau distillée, ajouter 1 mL de chloroforme (conservateur) et compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.

- **Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium**

Dissoudre progressivement 40 g de soude et 6 g de tartrate double de sodium et de potassium dans 100 mL d'eau distillée.

Attention : la dissolution de l'hydroxyde de sodium dans l'eau dégage beaucoup de chaleur. D'autre part, la quantité dissoute en fait une solution extrêmement corrosive.

- **Solution de salicylate de sodium à 0,5 % (à préparer extemporanément)**

Dissoudre 0.5 g de salicylate de sodium dans 100 mL d'eau distillée

✓ ETABLISSEMENT DE LA DROITE ETALON

1. Dans une série de flacons de 60 mL introduire successivement :

Numéro des flacons	T	I	II	III	IV	V
Solution stock de nitrate de potassium à 50 mg.L ⁻¹ d'ions nitrates (mL)	0	2	4	6	8	10
Eau distillée (mL)	10	8	6	4	2	0
Solution de salicylate de sodium (mL)	1	1	1	1	1	1
Concentration en ions nitrates en mg.L ⁻¹	0	10	20	30	40	50

2. Evaporer chaque flacon à sec au bain-Marie ou dans une étuve portée à 75-80 °C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps).
3. Laisser refroidir.
4. Reprendre le résidu par 2 mL d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes.

5. Ajouter 15 mL d'eau distillée puis 15 mL de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.
6. Mesurer l'absorbance de chaque échantillon au colorimètre (**longueur d'onde : 415 nm**) et construire le graphique représentant l'absorbance en fonction de la concentration en nitrates (**A = f [nitrates]**)

✓ DOSAGE DE L'ÉCHANTILLON

1. Introduire 10 mL d'eau à analyser dans un récipient de 60 mL (pour des teneurs en nitrate supérieures à 50 mg.L⁻¹, opérer une dilution).
2. Alcaliser faiblement avec une solution d'hydroxyde de sodium.
3. Ajouter 1 mL de solution de salicylate de sodium.
4. Évaporer chaque flacon à sec au bain Marie ou dans une étuve portée à 75-82°C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps).
5. Laisser refroidir.
6. Reprendre le résidu par 2 mL d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes.
7. Ajouter 15 mL d'eau distillée puis 15 mL de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.
8. Effectuer la lecture au colorimètre (longueur d'onde : 415 nm).
9. Déterminer graphiquement la concentration en nitrates dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage. (Anonyme, 2013)

B. DOSAGE DES CHLORURES « Méthode de MOHR »

• Mode opératoire

1. Mettre dans une burette une solution de nitrate d'argent (AgNO₃) N/10
2. Dans un Erlenmayer de 250 mL mettre :
 - 100 mL d'eau à analyser ;
 - 3 gouttes de chromate de potassium (K₂Cr O₄) à 10% ;
 - Une pincée de carbonate de calcium pur (CaCO₃) ;
 - 2 à 3 gouttes de acide nitrique pur (HNO₃)La solution avant dosage à une coloration **jaune**
3. Doser jusqu'à coloration **rouge** la couleur rouge doit persister.

C. DOSAGE DE CALCIUM

- **Mode opératoire**

1. Mettre dans une burette une solution de éthylène diamine tétra-acétique, ou acide éthylène diamine tétra acétique **EDTA** ($C_{10}H_{14}O_8N_2Na.2H_2O$) N/50 ou M/100 ;
2. Dans un Erlenmayer de 250 mL mettre :
 - 10 mL d'eau à analyser (V_2) ;
 - 10 mL NaOH à 10% pour avoir un pH 12 à 13 ;
 - 90 mL d'eau distillée ;
 - 1 pincée de Murexide ;

La solution avant dosage à une coloration **rose vineux**.

3. Doser jusqu'à coloration **bleu**.

D. DOSAGE DE LA DURETE TOTAL $Ca^{2+}+Mg^{2+}$

- **Mode opératoire**

1. Mettre dans une burette une solution de éthylène diamine tétra-acétique, ou acide éthylène diamine tétra acétique **EDTA** ($C_{10}H_{14}O_8N_2Na.2H_2O$) N/50 ou M/100 ;
2. Dans en erlen de 250 mL mettre :
 - 100 mL d'eau à analyser ;
 - 2 à 5 mL de solution tampon pH 10 ;
 - 1 pincée de NET (noir ériochrome T) ;

La solution avant dosage à une coloration **violette**.

3. Doser jusqu'à coloration **bleu franc**.

- **Interprétation des résultats :**

Dureté total TH = V (mL) en °F ou TH=2V/10 en meq /L avec V= chute de la burette

On sait que 5°F=1 meq/L

Masse atomique Ca^{2+} = 40 mmole /mg

Masse atomique Mg^{2+} = 24 mmole /mg.

ANNEXE N° III

- **Spectrométrie d'émission de flamme (ou photométrie de flamme)**

- ✓ **Mode opératoire**

Appareil spectrophotomètre à flamme de marque (JENWAY)

Il faut le suivre étape par étape :

- a. Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power) ;
- b. Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz ;
- c. Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran ;
- d. Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette ;
- e. Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton "fuel" jusqu'à ce que la couleur devienne bleue violacée ;
- f. Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank" ;
- g. Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes ;
- h. Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ ou de K^+ à 100 mg/l ;
- i. Optimiser à 100 mg/l à l'aide du bouton "FINE" et "COARSE" ;
- j. Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de " Na^+ " ou de " K^+ " à 100 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro ;
- k. Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de " Na^+ " ou de " K^+ " à 100 mg/l et vérifier si l'écran affiche (100) ;
- l. Faire passer les solutions étalon de différentes concentrations afin de tracer la courbe d'étalonnage ;
- m. Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée
- n. A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon).

REMARQUE

A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

✓ **Expression des résultats**

Déterminer graphiquement la concentration en sodium ou potassium dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage.

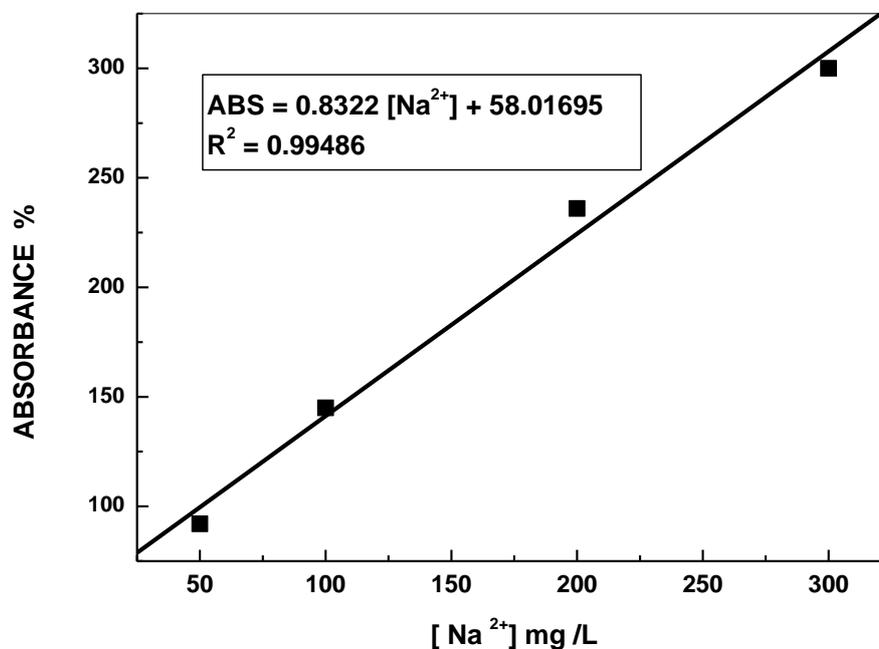


Figure A3 : Courbe d'étalonnage de concentration de Sodium en fonction d'absorbance.

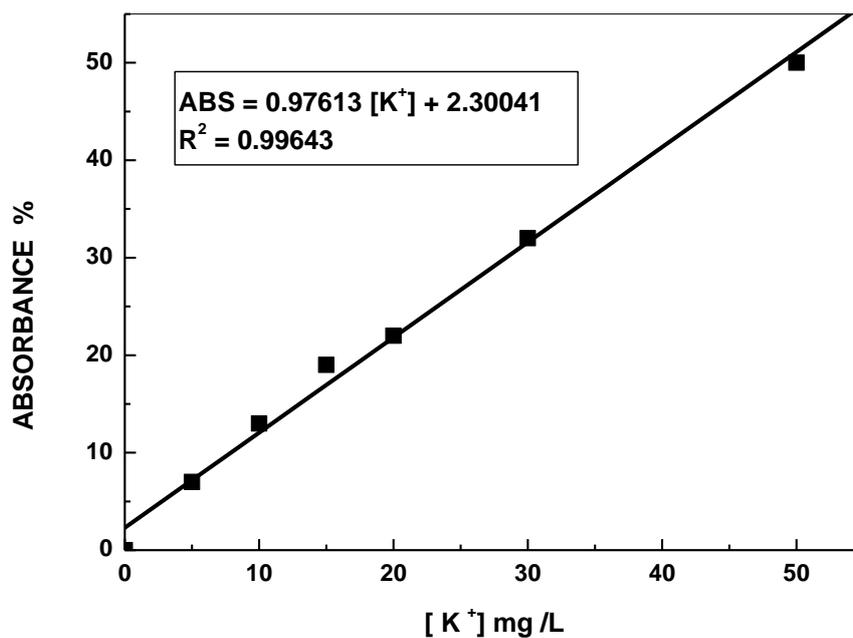
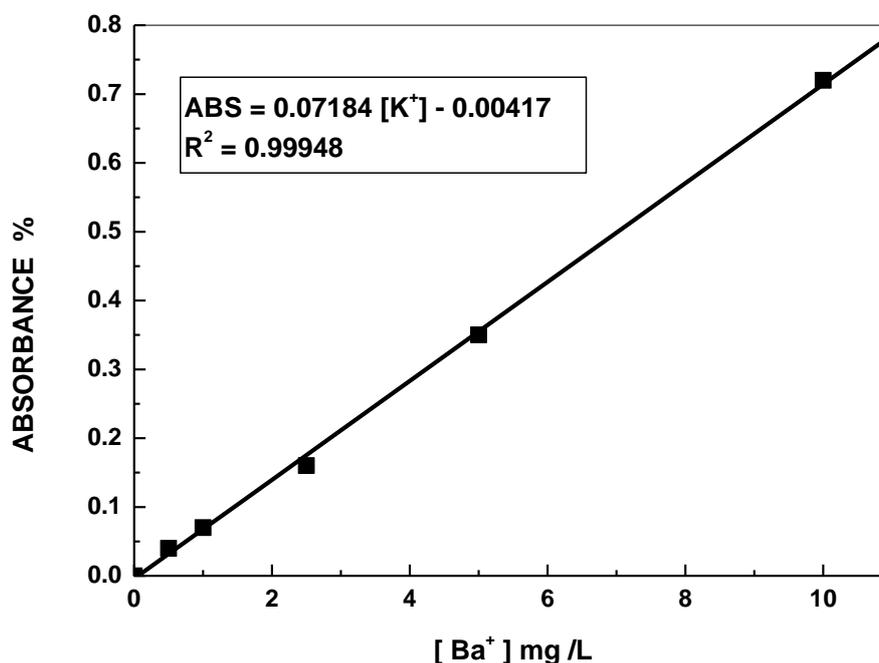


Figure A4 : Courbe d'étalonnage de concentration de Potassium en fonction d'absorbance.**Figure A5** : Courbe d'étalonnage de concentration de Baryum en fonction d'absorbance.

ANNEXE N° VI

- **DOSAGES PAR ABSORPTION ATOMIQUE A FLAMME**

- ✓ **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

- Régler le spectrophotomètre à la longueur d'onde selon le métal à doser et la faire chauffer ;
- Régler les divers paramètres (tension de la lampe, largeur de fente, région spectrale, gain, pression et débit du comburant et carburant) suivant les indications données sur les conditions recommandés de l'appareil utilisé et relatives au métal à doser ;
- Mesurer l'absorbance des diverses solutions étalon, le zéro étant réglé sur la solution pour essai à blanc ;
- la courbe d'étalonnage en portant en abscisse la concentration en métal à doser exprimée en mg par L et en ordonnée l'absorbance correspondante sera tracé automatiquement

Détermination de la teneur des métaux du produit à tester

- Mesurer l'absorbance de la solution échantillon, le zéro étant réglé sur la solution pour essai à blanc ;
- Chaque échantillon est répliqué cinq fois pour avoir une moyenne ;
- la concentration des métaux en mg/L seront déterminés en utilisant la courbe d'étalonnage.

دراسة النوعية الفيزيوكيميائية لمياه تلمسان المعدة للاستهلاك البشري والرضع

ملخص

الماء، جزيء بسيط، وضروري لاستمرارية الحياة والتطور السكاني. توفير مياه الشرب ذات جودة صحية جيدة هو مصدر قلق دائم للسلطات. جودة مياه الشرب تستحق اهتماما خاصا من حيث التوازن المعدني. بما أن فئة من سكان مدينة تلمسان تستهلك ماء الحنفية، تم اختيارنا لحي التركيز المزود بالمياه المعالجة والمحلة من محطة تحلية مياه البحر هنين. يهدف عملنا إلى إجراء تحليلات فيزيوكيميائية وتسلط الضوء على العوامل التي تحدد نوعية المياه هي: الموصلية. الحرارة؛ درجة الحموضة. الكاتيونات (الكالسيوم، المغنيسيوم، البوتاسيوم، الصوديوم والباريوم)؛ الأيونات (الكلوريد والنترات)؛ بالإضافة إلى المعادن الثقيلة التي هي المعايير الأساسية لسلامة المياه الصالحة للشرب (الحديد، النيكل، الكروم، الرصاص، النحاس والكاديوم). تستند مختلف التحاليل التي أجريت للمياه بموجب القوانين الجزائرية للصحة العامة والأنظمة سارية المفعول (نوعية المياه الموجهة للاستهلاك البشري) مقارنة بالمعايير الدولية (منظمة الصحة العالمية (O.M.S)، منظمة الاقتصادية الأوروبية (CEE) وتوصيات (ANSES) الوكالة الوطنية الفرنسية لسلامة الصحة للأغذية، وهذا لضمان صحة المستهلكين ولا سيما الرضع. أظهرت النتائج أن غالبية المؤشرات الفيزيوكيميائية تلبى المعايير المذكورة أعلاه وتبين عدم وجود المعادن الثقيلة. ومنها نخلص أن مياه الحنفية المدروسة آمنة للرضع. كلمات البحث: تحلية المياه - المياه - اختبار - الجودة - المعادن الثقيلة - الصالحة للشرب - الرضع.

Étude qualitative physico chimique de l'eau de la ville de TLEMCEM destinée à la consommation humaine et aux nourrissons

RESUME

L'eau, molécule simple, est indispensable pour la continuité de toute sorte de vie ainsi qu'au développement des populations. La mise à disposition d'une eau potable de bonne qualité sanitaire constitue une préoccupation permanente des autorités. L'aspect consommation et qualité de l'eau potable mérite une attention particulière en terme d'équilibre minéral.

Etant donné qu'une partie de la population de la wilaya de Tlemcen consomme l'eau du robinet, nous avons choisi le quartier des Cerisiers qui est approvisionné en eau traitée et dessalée issu de la station de dessalement de l'eau de mer de Honaine.

Le présent travail consiste à effectuer des analyses physicochimiques et mettre en évidence les paramètres qui déterminent la qualité de l'eau à savoir :

La conductivité ; la température ; le pH ; les cations (calcium, magnésium, potassium et sodium, baryum) ; les anions (chlorure et nitrate) ; les métaux lourds qui constituent les critères déterminants de la salubrité, potabilité et sécurité des eaux (Fer, Nickel, Chrome, Plomb, cuivre, cadmium).

Les différentes analyses des eaux ont été effectuées en se basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation et la réglementation en vigueur comparée aux normes internationales (OMS, CEE) et aux recommandations de l'ANSES, ceci pour assurer la santé et le bien-être du consommateur en particulier des nourrissons.

Les résultats ont montré que la majorité des paramètres physico-chimiques répondent aux normes en vigueur (normes Algériennes, OMS, CEE, et des recommandations de l'ANSES pour nourrissons) et montrent l'absence des métaux lourds.

On conclue que les eaux étudiées sont sans danger pour le nourrisson.

Mots clés : dessalement – eau – analyses – qualité – métaux lourds – potabilité - nourrissons.

Qualitative study of the physical-chemical parameters of water intended for human consumption particularly for Tlemcenian's newborn babies

SUMMARY

Water, a simple molecule, is essential for the survival of all kinds of life as well as for the populations' development. Placing drinking water at peoples' disposal is the authorities' permanent concern. The consumption and quality of drinking water needs special attention concerning the mineral balance.

Given that the population of Tlemcen drinks tap water, we chose "Les cerisiers" district, which is supplied with desalinated and treated water from the desalination station of Honaine.

The background work is to determine the physical-chemical analysis of the water and thus identify the parameters that determine its quality, namely: conductivity, temperature, pH, cations (calcium, magnesium, potassium, sodium, and barium), anions (chloride and nitrate), heavy metals which constitute a determining factor of the water's safety and potability's.

The various analysis of water samples were made in accordance with Algerian norms and present standards of water potability and compared with international norms (WHO, EEC) and ANSES's (French Agency for Food, Environment and Occupational Health & Safety) recommendations in order to ensure the health and well-being of consumers especially of infants and newborn babies.

Results showed that the majority of physical-chemical parameters comply with the standards (Algerian norms, WHO, EEC and ANSES's recommendations for infants and newborn babies) and that the studied water samples are free of heavy metals.

We concluded that the studied water samples are safe for infants and newborn babies.

Keywords: desalination, water, analysis, quality, heavy metals, potability, newborn babies, infants.