

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أمحمد بوقرة بومرداس
Université M'hamed Bougara de Boumerdès



Faculté des Sciences - Département de Chimie

Domaine : Science de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie de l'environnement

Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Présenté et soutenu par

Lazazi Kenza

Thème

Suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau potable depuis l'ouvrage hydraulique (réservoir, château d'eau) jusqu'au consommateur : cas de la wilaya de Boumerdes.

Le 20 Juillet 2023

Devant les membres de jury :

Mme Boudieb Naima	Maitre de conférences B	FS-UMBB	Président
Mme Sabri Assia	Maitre assistant A	FS-UMBB	Examineur
Mme Lakki Taoues	Maitre assistant A	FS-UMBB	Promoteur
Mme Mahsas Ismahane	Chargée de qualité	ADE-Boudouaou	Co-Promoteur

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه الشرب التي تزود 5 بلديات ولاية بومرداس التي يديرها مركز بودواو: بودواو، بودواو البحري، خروبة، أولاد هداج وقدارة. يتم التقييم من خلال مراقبة المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للمياه من الهياكل الهيدروليكية (برج المياه والخزان) إلى صنوبر المستهلك. لا تقتصر الدراسة فقط على المياه المخزنة في أبراج وخزانات المياه والمياه الموزعة على المستهلكين، ولكنها تمتد إلى مراقبة المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجي لمياه الآبار ومياه السدود المعالجة في محطات معالجة المياه التي تزود هذه البلديات أجريت الدراسة في مختبر، في بومرداس ومركز بودواو الجزائرية للمياه.

تتعلق المعلمات الفيزيائية والكيميائية التي تمت دراستها بدرجة الحرارة والتعكر ودرجة الحموضة والتوصيل الكهربائي والمخلفات الجافة والفوسفات والأمونيوم والنترت والنترات والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والكبريتات والحديد والمنغنيز والكلور المتبقي الحر. تتعلق المعلمات والبكتريولوجية والبيكربونات وكلوريد الصوديوم والعنوان الهيدرومترى البكتريولوجي التي تمت دراستها بالقلونيات، والقلونيات الكلوية، والقلونيات البرازية، والمكورات العقدية البرازية، والمكورات المعوية، والمطثية المختزلة للكبريتيوم، والإشريكية القولونية. تتم مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بالمعايير الجزائرية والتي تم استخدامها لتفسير النتائج.

من الناحية الفيزيائية والكيميائية، تعتبر جميع مياه الآبار شديدة الصلابة (50 درجة فرنسية و74 درجة فرنسية)، مالحة (1800 و1988 ميكرو ثانية / سم)، محايدة (6.7 و6.9)، غنية جدا بالمعادن (168 و1262 مجم / لتر) وصافية لا يمكن استخدام بعض الآبار لإنتاج المياه. (تعكر < إلى مستوى 5) باستثناء مياه بئر أولاد هداج (05) وهي غائمة قليلا للاستهلاك البشري لأنها تحتوي في مياهها على كميات من النترات (67,4 و90,4 ملغم / لتر)، والكلوريدات (603 و679 ملغم / لتر)، والمغنيسيوم (57,6 و105,6 ملغم / لتر)، والمنغنيز (0,17 و0,21 ملغم / لتر) تتجاوز معايير 50 ملغم / لتر للنترات، 500 ملغم / لتر للكلوريدات و0,05 ملغم / لتر للمنغنيز.

من وجهة نظر البكتريولوجي، كل مياه الآبار ذات نوعية جيدة. عينات المياه خالية من الجراثيم البكتيرية.

من وجهة نظر المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية، فإن المياه المنتجة عند مخرج محطة المعالجة أحادية الكتلة في خروبة وبودواو صالحة للشرب.

أظهرت نتائج مراقبة المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للمياه من الهياكل الهيدروليكية (برج المياه والخزان) إلى صنوبر المستهلك في جميع سلاسل التوريد أن المياه المخزنة في القلاع والخزانات والمياه الموزعة على صنوبر المستهلكين ذات جودة فيزيائية كيميائية وبكتريولوجية جيدة، أي أن المياه الموزعة صالحة للشرب.

من وجهة نظر بكتريولوجي، فإن المياه المخزنة في الصهاريج والقماش المشمع المستخدم في المدارس لا تتوافق مع المعيار الجزائري. كان لهذه المياه عدد القولونيات الكلية و / أو البرازية والمكورات العقدية البرازية أعلى من المعيار الجزائري.

الكلمات المفتاحية: مياه الحفر، الهيكل الهيدروليكي، الجزائرية للمياه، مياه الشرب، المعلمات الفيزيائية والكيميائية، المعلمات البكتريولوجية، المعيار الجزائري.

Résumé

La présente étude a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation alimentant les 5 communes de la wilaya de Boumerdes gérés par le centre de Boudouaou : Boudouaou, Boudouaou el Bahri, Kharouba, Ouled Heddadj et Keddara. L'évaluation se fait par le suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau depuis les ouvrages hydrauliques (château d'eau et réservoir) jusqu'au robinet du consommateur. L'étude ne se limite seulement aux eaux stockées dans les châteaux d'eau et réservoirs et aux eaux distribuées aux consommateurs, mais elle s'étend au suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux forages et des eaux de barrages traitées dans les stations de traitement de l'eau qui alimentent ces communes.

L'étude a été menée au laboratoire d'ADE de Boumerdes et le centre de Boudouaou. Les paramètres physico-chimiques étudiés concernent la température, la turbidité, le pH, la conductivité électrique, le résidu sec, les phosphates, l'ammonium, les nitrites, les nitrates, le calcium, magnésium, le potassium, les sulfates, le bicarbonate, les chlorures, le sodium, le titre hydrométrique TH, le Fer, le Manganèse et le chlore résiduel libre. Les paramètres bactériologiques étudiés concernent les coliformes, les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux, les Entérocoques, les Clostridium sulfite-réducteurs et Escherichia Coli. Les résultats obtenus sont comparés aux normes Algériennes et qui ont servi à l'interprétation des résultats.

Sur le plan physico-chimique, toutes les eaux de forages sont considérées comme très dures ($74 \text{ }^\circ\text{F} \geq \text{TH} \geq 50 \text{ }^\circ\text{F}$), salines ($1988 \geq \text{conductivité} \geq 1800 \text{ } \mu\text{s/cm}$), neutre ($6,9 \geq \text{pH} \geq 6,7$), très riches en minéraux ($1262 \geq \text{résidu sec} > 168 \text{ mg/l}$) et claires à l'exception de l'eau de forage d'Ouled Heddadj (05) qui est légèrement trouble ($\text{turbidité} > \text{à la norme de } 5 \text{ NTU}$). Certains forages ne peuvent pas être utilisés pour la production de l'eau destinée à la consommation humaine car elles renferment dans leurs eaux des quantités de nitrates ($90,4 \geq \text{NO}_3^- \geq 67,4 \text{ mg/l}$), les chlorures ($679 \geq \text{Cl}^- \geq 603 \text{ mg/l}$), le magnésium ($105,6 \geq \text{Mg}^{2+} \geq 57,6 \text{ mg/l}$), et le Manganèse ($0,21 \geq \text{Mn} \geq 0,17 \text{ mg/l}$) dépassant largement les normes de 50 mg/l pour les nitrates, 500 mg/l pour les chlorures et 0,05 mg/l pour le manganèse.

Sur le plan bactériologique, toutes les eaux de forages sont de bonne qualité. Les échantillons d'eau sont exempts de germes bactériens.

Du point de vue des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, l'eau produite en sortie de la station de traitement monobloc de Kharrouba et Boudouaou est potable.

Les résultats du suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau depuis les ouvrages hydrauliques (château d'eau et réservoir) jusqu'au robinet du consommateur dans toutes les chaînes d'approvisionnement ont montré que l'eau stockée dans les châteaux et les réservoirs et les eaux distribuées au robinet des consommateurs sont de bonne qualité physico-chimiques et bactériologiques, c'est-à-dire que l'eau distribuée est potable.

Sur le plan bactériologique les eaux stockées, dans les citernes et les bâches à eau, utilisées dans les établissements scolaires sont non-conformes à la norme algérienne. Ces eaux ont le nombre de coliformes totaux et / ou fécaux et Streptocoques fécaux supérieurs à la norme algérienne.

Mots clés : Eaux de forage, Ouvrage hydraulique, ADE de Boumerdes, Eau potable, Paramètres physico-chimiques, Paramètres bactériologiques, Norme Algérienne.

Abstract

This study aims to assess the physico-chemical and bacteriological quality of drinking water supplying the 5 municipalities of the wilaya of Boumerdes managed by the center of Boudouaou : Boudouaou, Boudouaou el Bahri, Kharouba, Ouled Heddadj and Keddara. The evaluation is done by monitoring the physico-chemical and bacteriological parameters of the water from the hydraulic structures (water tower and reservoir) to the consumer's tap. The study is not limited only to water stored in water towers and reservoirs and water distributed to consumers, but it extends to monitoring the physico-chemical and bacteriological parameters of water from boreholes and water from dams treated in treatment stations. treatment of the water supplying these municipalities.

The study was conducted at the ADE laboratory in Boumerdes and the Boudouaou center. The physico-chemical parameters studied relate to temperature, turbidity, pH, electrical conductivity, dry residue, phosphates, ammonium, nitrites, nitrates, calcium, magnesium, potassium, sulphates, bicarbonate, chlorides, sodium, hydrometric title TH, iron, manganese and free residual chlorine. The bacteriological parameters studied concern coliforms, total coliforms, faecal coliforms, faecal streptococci, enterococci, sulphite-reducing Clostridium and Escherichia Coli. The results obtained are compared with the Algerian standards and which were used for the interpretation of the results.

From a physico-chemical point of view, all borehole waters are considered to be very hard ($74^{\circ}\text{F} \geq \text{TH} \geq 50^{\circ}\text{F}$), saline ($1988 \geq \text{conductivity} \geq 1800 \mu\text{s} / \text{cm}$), neutral ($6.9 \geq \text{pH} \geq 6,7$), very

rich in minerals (1262 \geq dry residue $>168\text{mg/l}$) and clear with the exception of the drilling water from Ouled Heddadj (05) which is slightly cloudy (turbidity $>$ the standard of 5 NTU). Some boreholes cannot be used for the production of water intended for human consumption because their water contains quantities of nitrates ($90.4 \geq \text{NO}_3^- \geq 67.4 \text{ mg/l}$), chlorides ($679 \geq \text{Cl}^- \geq 603 \text{ mg/l}$), Magnesium ($105.6 \geq \text{Mg}^{2+} \geq 57.6 \text{ mg/l}$), and Manganese ($0.21 \geq \text{Mn} \geq 0.17 \text{ mg/l}$) greatly exceeding the 50 mg standards /l for nitrates, 500 mg/l for chlorides and 0.05 mg/l for manganese.

Bacteriologically, all borehole water is of good quality. The water samples are free of bacterial germs. From the point of view of physico-chemical and bacteriological parameters, the water produced at the outlet of the Kharrouba and Boudouaou one-piece treatment plant is drinkable.

The results of the monitoring of the physico-chemical and bacteriological parameters of the water from the hydraulic structures (water tower and reservoir) to the consumer's tap in all the supply chains showed that the water stored in the castles and reservoirs and the water distributed to consumers' taps are of good physico-chemical and bacteriological quality, ie the water distributed is drinkable.

From a bacteriological point of view, the water stored in the tanks and water tanks used in schools does not comply with the Algerian standard. These waters had the number of total and/or faecal coliforms and faecal Streptococci higher than the Algerian standard.

Keywords : Borehole water, Hydraulic structure, Boumerdes ADE, Drinking water, Physico-chemical parameters, Bacteriological parameters, Algerian standard.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes plus chers êtres au monde :

Mon père pour son soutien moral en matériel durant toutes les étapes de ma vie,

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jours et nuits pour mon éducation et mon

Bien être.

A ma mère à qui je dois ma réussite, et qui m'a encouragé à aller de l'avant tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leurs vies et leurs études.

A mes grands-mères et grands-pères pour leur amour, et leur tendresse.

A mes chères sœurs Zohra et Malia.

A mon cher frère Abderrahmane.

A toute ma famille grande et petite.

A tous mes amis.

Et enfin je dirais merci à tous ceux qui m'ont soutenue.

Remerciement

Au terme de cette étude quelle nous permis de témoigner, toute nous reconnaissance et sincèrement remerciement à :

Avant tout on remercie Dieu tout puissant qui nous a donné la santé, la capacité et la volonté pour réaliser ce travail.

Ma promotrice Madame **LAKKI TAOUES** pour avoir accepté de consacrer de son temps pour nous encadrer ainsi que pour son aide et ses conseils sur la rédaction de ce mémoire.

Nous tenons à témoigner toute notre gratitude à Madame **MAHSES ISMAHANE** notre encadreur dans ADE pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter mon réflexion.

Mes vifs remerciements vont aux membres de jury, Madame **BOUDIEB NAIMA** en tant que présidente et Madame **SABRI ASSIA** en tant qu'examinatrice, pour l'honneur qu'elles mon fait d'examiner et de juger mon travail.

On remercie également l'ensemble du personnel du laboratoire ADE de ma avoir aidé et guidée tout au long de notre stage pratique.

Un grand et sincère merci à ceux qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Enfin, à tous ceux qui mon aident de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail je leur dit merci.

Liste des abréviations

Ab : Absence.

ADE : Algérienne des Eaux.

AgNO₃ : Nitrate d'argent.

C° : Degré Celsius.

Cond : Conductivité.

EDTA : Ethyle-Diamine Titra-Acétique.

°F : Degré fahrenheit.

FAO : L'organisation pour l'alimentation et l'agriculture.

HAP : Les hydrocarbures aromatiques polycycliques.

ISO : Organisation International de Standardisation.

JOR : Journal algérien des régions arides.

MES : Matières en suspension.

Mol/ l : Mole par litre.

NA : Norme Algérien.

NaCl : Chlorure de sodium.

ml : Millilitre.

OMS : Organisation Mondial de Santé.

pH : Potentielle Hydrogène.

ppm : Partie par million.

SEAAL : Société des eaux et de l'assainissement d'Alger.

SPET : Système de production Tizi-Ouzou.

SPIC : Système de production Isser_ Keddara.

T : Température.

T% : transmittance.

UFC : Unité format colonie.

Unesco : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture.

UTN : Unités de turbidité néphélométrie.

UV : Ultraviolet.

Listes des figures

Figure 01 : Représentation de la molécule de l'eau.....	03
Figure 02 : Représentation du cycle global de l'eau.....	06
Figure 03 : Secteur de réserves en eau douce dans le monde.....	07
Figure 04 : Sources de contamination et transfert jusqu'au milieu littoral.....	11
Figure 05 : les différentes formes de chlore dans l'eau.....	19
Figure 06 : Chronologie des procédés de traitement des eaux potables.....	20
Figure 07 : Programme de chloration ou niveau de la station de traitement monobloc Kherrouba –Boudouaou.....	21
Figure 08 : altération de la qualité des eaux potables dans le réseau de distribution.....	27
Figure 09 : Présentation de l'unité de Boumerdes.....	43
Figure 10 : Photo aérienne de localisation du centre de Boudouaou, unité de Boumerdes (GOOGLE MAPS 2023).....	44
Figure 11 : Photo du laboratoire de l'unité de Boumerdes.....	44
Figure 12 : Photo aérienne de localisation du forage 02 dans la région de Boudouaou (GOOGLE MAPS 2023).....	45
Figure 13 : Photo aérienne de localisation des forages dans la région de Boudouaou El Bahri (GOOGLE MAPS 2023).....	45
Figure 14 : Photo aérienne de localisation des forages 05 et 07 dans la région d'Oued Heddadj (GOOGLE MAPS 2023).....	45
Figure 15 : Photo de la station de traitement monobloc Kharouba –Boudouaou.....	46
Figure 16 : Photo du robinet d'eau filtrée.....	46
Figure 17 : Photo du robinet d'eau traitée.....	46
Figure 18 : Vu satellite de la station de traitement monobloc Kharouba –Boudouaou (GOOGLE MAPS 2023).....	47
Figure 19 : Vu satellite du barrage Keddara -Boudouaou (GOOGLE MAPS 2023).....	47
Figure 20 : Vu satellite de SEEAL Boudouaou (GOOGLE MAPS 2023).....	47
Figure 21 : Photo de réservoir Kherrouba 1000m ³	48
Figure 22 : Photo de réservoir SR 01 Djalloula.....	48
Figure 23 : Photo de réservoir SR 02 Bennourah.....	49
Figure 24 : Photo de réservoir Keddara.....	49
Figure 25 : Photo du château d'eau Hlaimia 1000 m ³	49

Figure 26 : Photo du château d'eau Hlaimia 500 m ³	49
Figure 27 : Photo de station de pompage Boudouaou El Bahri.....	51
Figure 28 : Photo de station de pompage d'Ouled Heddadj.....	51
Figure 29 : Photo de polyclinique Kherrouba.....	51
Figure 30 : Photo de l'arrivée d'eau.....	51
Figure 31 : Photo le lycée Abdelaziz El Kbir.....	52
Figure 32 : Photo de l'arrivée d'eau.....	52
Figure 33 : Photo de la bâche à eau.....	52
Figure 34 : Photo de CEM Ahmed el Kbir Keddara.....	53
Figure 35 : Photo de l'arrivée d'eau.....	53
Figure 36 : Photo de Lycée Lala Fatma N'soumer –Hlaimia- Boudouaou.....	53
Figure 37 : Photo de l'arrivée d'eau.....	53
Figure 38 : Photo d'eau de citerne.....	53
Figure 39 : Photo de CEM Moussa Bnouossair.....	54
Figure 40 : Photo de l'arrivée de l'eau.....	54
Figure 41 : Photo d'eau de citerne.....	54
Figure 42 : Photo de la résidence de l'université de Boudouaou El Bahri.....	54
Figure 43 : Photo de CEM Moussaoui Moussa.....	55
Figure 44 : Photo de l'arrivée d'eau.....	55
Figure 45 : Photo de la bâche à eau.....	55
Figure 46 : Photo d'école Salem Allam.....	56
Figure 47 : Photo de l'arrivée de l'eau du réseau.....	56
Figure 48 : Photo des citernes.....	56
Figure 49 : Photo des bouteilles de 1000 ml en verre.....	57
Figure 50 : Photo des bouteilles de 250 ml en verre stériles.....	57
Figure 51 : Photo des glacières pour conservation et transport des échantillons d'eau potable.....	58
Figure 52 : Photo de comparateur de chlore de marque CHEKIT LOVIBOND147010.....	58
Figure 53 : Photo de pH mètre de type Sension3-HACH.....	59
Figure 54 : Photo de conductimètre de type Sension7-HACH.....	60
Figure 55 : Photo de turbidimètre de type 2100N-HACH.....	61
Figure 56 : Photo de dosage des nitrites.....	62
Figure 57 : Photo de dosage des nitrates.....	63
Figure 58 : Photo de dosage d'ammonium.....	63

Figure 59 : Photo de dosage des résidus secs.....	65
Figure 60 : Photo avant le virage de couleur.....	66
Figure 61 : Photo de virage de couleur.....	66
Figure 62 : Photo avant le virage.....	67
Figure 63 : Photo de virage de couleur.....	67
Figure 64 : Photo avant le virage.....	68
Figure 65 : Photo de virage de couleur.....	68
Figure 66 : Photo de dosage du manganèse.....	69
Figure 67 : Photo de dosage du Fer.....	70
Figure 68 : Photo de dosage des sulfates.....	71
Figure 69 : Photo de dosage de l'alcalinité (HCO_3^-).....	72
Figure 70 : Photo de spectrophotomètre à flamme (JENWAY).....	73
Figure 71 : Photo des solutions étalon de sodium et de potassium à 1000 ppm/l	73
Figure 72 : Photo des coliformes totaux.....	74
Figure 73 : Photo de tube TSI.....	75
Figure 74 : Photo de tube TSI (+).....	75
Figure 75 : Photo de réactif de KOVACS.....	75
Figure 76 : Photo de présence d'E.colli.....	75
Figure 77 : Photo de manque des entérocoques intestinaux.....	78
Figure 78 : Photo de manque des spores des bactéries anaérobies sulfiro-reductrices.....	78
Figure 79 : schéma synoptique du réseau de distribution de l'eau potable.....	79
Figure 80 : schéma synoptique de chaine 01 du réseau de distribution de l'eau potable de la commune Boudouaou.....	87
Figure 81 : schéma synoptique de chaine 02 du réseau de distribution de l'eau potable de la commune Boudouaou.....	93
Figure 82 : schéma synoptique de chaine 03 du réseau de distribution de l'eau potable de la commune Boudouaou.....	96
Figure 83 : schéma synoptique de chaine 04 du réseau de distribution de l'eau potable de la commune Boudouaou.....	99
Figure 84 : Schéma synoptique de la chaine d'approvisionnement en eau potable de la commune Kharouba.....	101
Figure 85 : Schéma synoptique de la chaine d'approvisionnement en eau potable de la commune Kharouba.....	104

Figure 86 : schéma synoptique de chaine 01 du réseau de distribution de l'eau potable de la commune Boudouaou el Bahri.....	107
Figure 87 : schéma synoptique de chaine 02 du réseau de distribution de l'eau potable de la commune Boudouaou el Bahri.....	109
Figure 88 : schéma synoptique du réseau de distribution de l'eau potable de la commune d'Ouled Heddadj.....	112

Listes des tableaux

Tableau 01 : Caractéristiques essentielle de l'eau.....	04
Tableau 02 : Comparaison entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines.....	14
Tableau 03 : Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux de distribution.....	25
Tableau 04 : Quelques microorganismes susceptibles d'être présents dans les eaux potables.....	26
Tableau 05 : Les maladies à transmission hydrique.....	28
Tableau 06 : Classe de turbidité usuelle.....	30
Tableau 07 : Classification des eaux selon leur ph.....	31
Tableau 08 : les paramètres physicochimiques selon le journal officiel algérien 2014 et OMS 2006.....	41
Tableau 09 : Paramètres bactériologiques selon le journal officiel algérien 2014.....	41
Tableau 10 : Calendrier de prélèvement pour le centre de Boudouaou.....	56
Tableau 11 : Résultats d'analyse des paramètres physicochimiques d'eaux de forages.....	83
Tableau 12 : Concentrations des germes dans les échantillons d'eau de forages.....	84
Tableau 13 : Résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques des eaux de station de traitement monobloc Kharouba.....	85
Tableau 14 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la station de traitement monobloque Kharouba.....	86
Tableau 15 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 01 de la commune Boudouaou.....	88
Tableau 16 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 01 de la commune Boudouaou.....	92
Tableau 17 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 02 de la commune Boudouaou.....	93
Tableau 18 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 02 de la commune Boudouaou.....	95
Tableau 19 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 03 de la commune Boudouaou.....	97
Tableau 20 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 03 de la commune Boudouaou.....	98

Tableau 21 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 04 de la commune Boudouaou.....	99
Tableau 22 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 04 de la commune Boudouaou.....	101
Tableau 23 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la commune Kharouba.....	102
Tableau 24 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la commune Kharouba.....	103
Tableau 25 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la commune Keddara.....	105
Tableau 26 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la commune Kaddara.....	106
Tableau 27 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 01 de la commune Boudouaou el Bahri.....	108
Tableau 28 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 01 de la commune Boudouaou el Bahri.....	109
Tableau 29 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 02 de la commune Boudouaou el Bahri.....	110
Tableau 30 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 2 de la commune Boudouaou el Bahri.....	111
Tableau 31 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la commune d'Ouled Heddadj.....	113
Tableau 32 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la commune d'Ouled Heddadj.....	114

Sommaire

Résumé	
Dédicaces.....	i
Remerciement.....	ii
Liste des abréviations.....	iii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux.....	xiii
Introduction.....	..01

Chapitre I : Généralités sur les eaux

I.1. Molécule d'eau.....	03
I.1.1 Structure atomique et représentation de la molécule.....	03
I.1.2 Propriétés physiques de l'eau	03
I.1.3 Propriétés chimiques de l'eau.....	05
I.1.4. Propriétés biologiques.....	05
I.1.5 Isotopes de l'eau.....	05
I.2. Cycle de l'eau.....	06
I.2.1. Evaporation.....	06
I.2.2. Condensation.....	06
I.2.3. Précipitations.....	06
I.2.4. Infiltration.....	07
I.2.5. Ruissellement.....	07
I.3. Réserves d'eau.....	07
I.3.1. Réserves d'eau sur terre.....	07
I.3.2. Répartition des réserves d'eau douce dans le monde.....	08
I.3.3. Réserves en eau en Algérie.....	08
I.3.4. Impact de changement climatique sur les ressources en eau.....	09
I.4. Pollution des eaux superficielles et souterraines.....	09
I.4.1. Pollution d'origine agricole.....	09
I.4.2. Pollution d'origine industrielle (chimique).....	10
I.4.3. Pollution d'origine bactérienne.....	11

Chapitre II : Traitement de potabilisation de l'eau

II.1. Eau potable	12
II.2. Ressources en eau destinées à la consommation humaine	12
II.2.1. Eaux souterraines.....	13
II.2.2. Eaux de surface.....	14
II.2.3. Eaux de mer et saumâtres.....	14
II.3. Traitements de potabilisation de l'eau	
II.3.1 Prétraitement.....	15
II.3.2. Traitement physico-chimique de l'eau brute.....	15
II.3.2.1. Préchloration.....	15
II.3.2.2. Correction de ph.....	15
II.3.2.3. Coagulation-floculation.....	16
II.3.2.4. Décantation.....	16
II.3.2.5. Filtration.....	17
II.3.2.6. Neutralisation à la chaux.....	18
II.3.3. Désinfection.....	18
II.4. Schéma synoptique de traitement de potabilisation de l'eau en Algérie : station monobloc Kharrouba (willaya de Boumerdes)	19
II.5. Stockage et la distribution de l'eau potable	22
II.5.1. Stockage des eaux potables.....	22
II.5.1.1. Station de pompage.....	22
II.5.1.2. Réservoirs.....	22
II.5.1.2.1. Réservoir surélevé (château d'eau).....	22
II.5.1.2.2. Réservoir au sol.....	23
II.5.1.2.3. Citernes.....	23
II.5.1.2.4. Bâche à eau.....	23
II.6. Contrôle qualité et contrôle sanitaire de l'eau potable	23
II.7. Origine des altérations de la qualité de l'eau potable	24
II.7.1. Facteurs influençant sur la dégradation de la qualité des eaux potables dans le réseau de distribution.....	26
II.7.2. Les maladies d'origine hydrique et la potabilité de l'eau.....	27

Chapitre III : Les paramètres de qualité de l'eau potable

III.1. Paramètres organoleptiques	29
III.1.1. Odeur.....	29
III.1.2. Couleur.....	29
III.1.3. Saveur.....	30
III.2. Paramètres physico-chimiques	30
III.2.1. Température.....	30
III.2.2. Turbidité.....	30
III.2.3. Potentiel d'hydrogène (pH).....	31
III.2.4. Conductivité électrique.....	31
III.2.5. Résidus secs.....	31
III.2.6. Alcalinité.....	32
III.2.7. Dureté total ou titre hydrotimétrique (TH).....	32
III.3. Paramètres indicateurs de la pollution chimique	33
III.3.1. Nitrates (NO_3^-) et Nitrites (NO_2^-).....	33
III.3.2. Phosphates (PO_4^{3-}).....	33
III.3.3. Ammonium (NH_4^+).....	33
III.4. Paramètres de la minéralisation globale	34
III.4.1. Cation.....	34
III.4.2. Anion.....	35
III.5. Eléments considérés comme indésirables	36
III.6. Les éléments toxiques	36
III.8. Les paramètres bactériologiques	37
III.9. Norme de qualité pour l'eau potable	39
III.9.1. Paramètres physicochimiques.....	39
III.9.2. Paramètres bactériologiques.....	41

Chapitre IV. Matériels et Méthodes

IV.1. Présentation de lieu de stage, Algérienne Des Eaux ADE	42
IV.2. Mission de l'Algérienne Des Eaux	42
IV.3. Algérienne Des Eaux A.D.E : unité de Boumerdes	42
IV.4. Points de prélèvements d'eau	45

IV.4.1. Les eaux souterraines (les forages).....	45
IV.4.2. Les eaux de surface.....	46
IV.4.2.1. Station de traitement monobloc Kharouba –Boudouaou-.....	46
IV.4.2.2. Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL).....	47
IV.4.3. Ouvrages hydrauliques.....	48
IV.4.3.1. Réservoir Kherrouba.....	48
IV.4.3.2. Réservoir de la station de reprise 01 Djalloula (SR 01).....	48
IV.4.3.3. Réservoir de la station de reprise Bennourah (SR 02).....	48
IV.4.3.4. Réservoir Keddara.....	49
IV.4.3.5. Château d'eau Hlaimia (1000 m ³).....	49
IV.4.3.6. Château d'eau Hlaimia (500 m ³).....	59
IV.4.3.7. Réservoir de la station de pompage Bentorkia.....	50
IV.4.3.8. Réservoir de la station de pompage Benmerzouga.....	50
IV.4.3.9. Réservoir de la station de pompage Boudouaou El Bahri.....	50
IV.4.3.10. Réservoir de la station de pompage d'Ouled Heddadj.....	51
IV.4.4. Consommateurs.....	51
IV.4.4.1. Polyclinique Kherrouba.....	51
IV.4.4.2. Lycée Abdelaziz El Kbir Kherrouba.....	52
IV.4.4.3. CEM Ahmed el Kbir Keddara.....	52
IV.4.4.4. Café Bentorkia.....	53
IV.4.4.5. Lycée Lala Fatma N'soumer Hlaimia Boudouaou.....	53
IV.4.4.6. CEM Moussa Bnounossair.....	54
IV.4.4.7. Résidence l'universitaire de Boudouaou El Bahri.....	54
IV.4.4.8. CEM Moussaoui Moussa.....	55
IV.4.4.9. La gendarmerie d'Ouled Heddadj.....	55
IV.4.4.10. Ecole Salem Allam.....	55
IV.5. Calendrier de prélèvement.....	56
IV.5.1. Prélèvement d'échantillons d'eau potable destinés aux analyses physico-chimiques...	57
IV.5.2. Prélèvement d'échantillons d'eau destinés aux analyses bactériologiques.....	57
IV.6. Transport et conservation des échantillons.....	58
IV.7. Mesures et Analyses.....	58
IV.7.1. Méthodes d'analyses physico-chimiques.....	58
IV.7.1.1. Mesure du chlore.....	59
IV.7.1.2. Détermination du Ph.....	59

IV.7.1.3. Détermination de la conductivité.....	60
IV.7.1.4. Détermination de la turbidité.....	61
IV.7.1.5. Dosage des nitrites par spectrométrie d'absorption moléculaire (NO ₂ ⁻).....	61
IV.7.1.6. Dosage des nitrates par spectrométrie d'absorption moléculaire.....	62
IV.7.1.7. Dosage de l'ammonium par spectrométrie d'absorption moléculaire.....	63
IV.7.1.8. Dosage des phosphates par spectrométrie d'absorption moléculaire.....	64
IV.7.1.9. Dosage des résidus secs.....	65
IV.7.1.10. Dosage des chlorures-titrage au nitrate d'argent avec du chromate de potassium..	65
IV.7.1.11. Dosage du Calcium et du magnésium par E.D.T.A.....	68
IV.7.1.12. Dosage du manganèse-Méthode au persulfate d'ammonium.....	69
IV.7.1.13. Dosage du Fer par spectrométrie d'adsorption moléculaire.....	70
IV.7.1.14. Dosage des sulfates.....	71
IV.7.1.15. Dosage de l'alcalinité.....	72
IV.7.1.16. Dosage de sodium/potassium par le photomètre à flamme.....	73
IV.7.2. Méthodes d'analyses bactériologiques.....	73
V.8.2.1. Recherche et dénombrement des bactéries Coliformes, Coliformes thermo tolérants et Escherichia coli Méthode par filtration.....	76
IV.7.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....	76
IV.7.2.3. Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux.....	77
IV.7.2.4. Recherche et dénombrement des spores de bactérie anaérobies Clostridium sulfite réducteur -Méthode par filtration.....	78

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. Suivi des paramètres de qualité de l'eau à la source.....	80
V.1.1. Eaux de forages.....	80
V.1.1.1. Paramètres physico-chimiques.....	80
V.1.1.2. Paramètres bactériologiques.....	84
V.1.2. Eaux de surface : Eaux traitées de la station de traitement monobloc Kharrouba.....	85
V.1.2.1. Paramètres physico-chimiques.....	85
V.1.2.2. Paramètre bactériologiques.....	86
V.2. Suivi des paramètres de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dans les communes gérée par le centre de Boudouaou.....	87
V.2.1. Chaines d'approvisionnement en eau potable de la commune de Boudouaou.....	87

V.2.1.1. Chaîne 01.....	87
V.2.1.1.1. Paramètre physico-chimiques.....	87
V.2.1.1.2. Paramètres bactériologiques.....	92
V.2.1.2. Chaîne 02.....	92
V.2.1.2.1. Paramètres physico-chimiques.....	93
V.2.1.2.2. Paramètres bactériologiques.....	95
V.2.1.3. Chaîne 03.....	96
V.2.1.3.1. Paramètres physicochimiques.....	96
V.2.1.3.2. Paramètres bactériologiques.....	98
V.2.1.4. Chaîne 04.....	98
V.2.1.4.1. Paramètres physico-chimiques.....	99
V.2.1.4.1. Paramètres bactériologiques.....	100
V.2.2. Chaines d’approvisionnement en eau potable de la commune de Kharouba.....	101
V.2.2.1. Paramètres physico-chimiques.....	102
V.2.2.2. Paramètres bactériologiques.....	103
V.2.3. Chaines d’approvisionnement en eau potable de la commune Keddara.....	104
V.2.3.1. Paramètres physicochimiques.....	105
V.2.3.2. Paramètres bactériologiques.....	105
V.2.4. Chaines d’approvisionnement en eau potable de la commune de Boudouaou el Bahri.....	106
V.2.4.1. Chaîne 01.....	107
V.2.4.1.1. Paramètres physicochimiques.....	107
V.2.4.1.2. Paramètres bactériologiques.....	108
V.2.4.2. Chaîne 02.....	109
V.2.4.2.1. Paramètres physico-chimiques.....	109
V.2.4.2.2. Paramètres bactériologiques.....	111
V.2.5. Chaîne d’approvisionnement en eau potable de la commune d’Ouled Heddadj.....	111
V.2.5.1. Paramètres physicochimiques.....	113
V.2.5.2. Paramètres bactériologiques.....	114
Conclusion.....	115
Références bibliographiques.....	119
Annexes.....	127

Introduction

Introduction

La terre est une "planète bleue" qui, vue de l'espace, apparaît couverte par les océans et par les neiges. Même la biosphère, dont nous faisons partie, est composée principalement de l'eau, puisqu'elle représente 70% de la masse totale des organismes vivants, elle est utilisée pour de nombreux usages essentiels : pour les besoins alimentaires, l'agriculture (**TEIXEIRA, 2006**).

L'eau est un élément essentiel, qui représente la matière la plus importante pour l'existence de l'homme et indispensable à la vie des êtres vivants.

L'eau n'est pas un produit commercial comme les autres, elle doit être considérée comme un héritage noble qu'on doit protéger pour la génération future. De nos jours, l'eau est devenue une ressource rare, menacée et coûteuse qui représente « un enjeu mondial ».

Le problème de l'eau dans le monde est un problème globalement non pas de quantité, mais de qualité, ce qui vient à l'encontre des affirmations alarmistes de ceux qui prétendent qu'une époque viendra où le monde dans son ensemble manquera d'eau (**KETTAB, 2001**).

L'Algérie est un pays semi-aride, voire même aride (200 à 400 mm) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière. En Algérie, les sources d'eau potable sont soit d'origine souterraines comme les forages et les puits, ou superficielles comme les lacs et l'eau de mer (**KETTAB, 2001**).

La gestion de l'eau en Algérie pose un sérieux problème aux autorités et les ressources disponibles sont en deçà des besoins. Le manque d'eau, les changements climatiques, la démographie, le gaspillage, le prix de l'eau, la gouvernance, les fuites, la mauvaise répartition naturelle des eaux, la formation, la recherche, la sensibilisation, l'économie, les textes réglementaires, les financements sont autant de facteurs qui contribuent au problème de l'eau en Algérie.

L'Algérie vit une grave crise d'eau provoquée par une faible pluviométrie de ces dernières années.

En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé. Donc la qualité de l'eau correspond à un ensemble de critères physico-chimiques et bactériologiques qui définissent son degré de pureté et par conséquent son aptitude aux divers usages alimentaires, domestiques, agricoles ou industriels. L'eau de robinet destinée à la consommation humaine doit répondre à des critères de qualité très stricts et aux normes en vigueur (**KASSIM, 2005**).

La présente étude a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation alimentant les 5 communes de la wilaya de Boumerdes gérés par le centre de Boudaoud : Boudouaou, Boudouaou el Bahri, Kharouba, Ouled Heddadj et Keddara. L'évaluation se fait par le suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau depuis les ouvrages hydrauliques (château d'eau et réservoir) jusqu'au robinet du consommateur. Une évaluation du réseau en vue de déterminer si la chaîne d'approvisionnement en eau potable dans son ensemble (jusqu'au point de consommation) est en mesure de délivrer une eau dont la qualité satisfait aux objectifs sanitaires.

L'étude ne se limite seulement aux eaux stockées dans les châteaux d'eau et réservoirs et aux eaux distribuées aux consommateurs, mais elle s'étend au suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux forages et les eaux de barrages traitées dans les stations de traitement de l'eau qui alimentent ces communes.

Nous avons structuré ce travail en cinq chapitres :

1^{er} chapitre : Généralités sur l'eau

2^{ème} chapitre : Traitement de potabilisation de l'eau

3^{ème} chapitre : Paramètres des eaux potables

4^{ème} chapitre : Matériels et méthodes

5^{ème} chapitre : Résultats et discussion

Nous terminons cette thèse par une conclusion générale dans laquelle nous présentons les résultats de notre travail, ainsi que les perspectives de recherche à développer.

Chapitre I :
Généralités sur
les eaux

L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre, elle est nécessaire pour toutes les formes vivantes, aussi des activités humaines (agriculture, industrie) et notre vie de tous les jours (usage domestique). L'homme a des besoins en eau physiologiques de base, nécessaires au maintien de son hydratation, auxquels s'ajoutent les quantités supplémentaires pour la préparation de ses repas et son hygiène (OMS, 2017). Si les réserves conventionnelles d'eau douce exploitable sont déjà limitées, il faut également considérer qu'un certain nombre de facteurs menacent sa qualité et participent à sa pollution, réduisant ainsi les volumes disponibles nécessaires aux différents usages à savoir la consommation, l'agriculture et l'industrie (ECOSSE, 2001).

I.1. Molécule d'eau

I.1.1 Structure atomique et représentation de la molécule

La molécule d'eau est formée par deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène selon une forme triangulaire (figure 01) dont l'angle d'ouverture H-O-H est de 105° environ et dont la distance intramoléculaire entre les atomes d'hydrogène et d'oxygène est d'environ $0,96 \cdot 10^{-10}$ mètre. La liaison covalente entre les atomes d'oxygène et d'hydrogène consiste en la mise en commune d'un électron de leur couche externe qui se trouve ainsi saturée et assure à l'eau son importante stabilité (MUSY et HIGY, 2004).

La liaison hydrogène est à l'origine des propriétés physiques et chimiques particulières de l'eau.

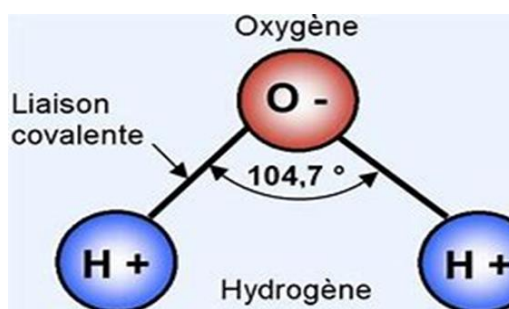


Figure 01 : Représentation de la molécule de l'eau.

I.1.2 Propriétés physiques de l'eau

L'eau est incolore, n'a ni goût ni odeur. L'eau peut se trouver sous trois états : liquide, solide et gazeux. L'eau liquide est transparente sous faible épaisseur, bleue sous grande épaisseur. Seul l'état gazeux correspond exactement à la formule chimique classique de la molécule d'eau H_2O . Les deux autres, solides et liquides, sont plus compliqués, et c'est cette

complexité qui leur confère leurs propriétés exceptionnelles. Par exemple, l'eau liquide existe sous une forme où les molécules forment des nombreuses liaisons hydrogène avec leurs voisines, ce qui les tient à distance les unes des autres (**POTIER, 2023**).

Les températures de la glace fondante et de la vapeur condensant sous la pression atmosphérique normale de 1 013,25 Pa définissent le 0 et le 100 de l'échelle Celsius.

L'eau a une très bonne conductivité thermique, à peu près quatre fois supérieure à celle des autres liquides. La principale application de cette propriété est domestique, c'est le chauffage central. La chaleur spécifique de l'eau est une autre de ses propriétés (tableau 01). L'eau peut emmagasiner de grandes quantités d'énergie, et peut ainsi fortement influencer sur les écarts de température terrestre (**POTIER, 2023**).

L'eau distillée a une densité de 1 kg/l quand elle est pure et dépourvue de toutes les autres impuretés. Sa masse volumique, à pression atmosphérique, est croissante entre zéro et 4 °C puis diminue au-delà de cette dernière valeur. Elle est maximum à 4 °C avec une valeur de 999,973 g.L⁻¹.

La force nécessaire pour centrer la force d'attraction entre les molécules d'eau à la surface est appelée tension superficielle. Elle est d'environ 72 mN/m à 25 °C.

Tableau 01 : Caractéristiques essentielle de l'eau (**MUSY et HIGY, 2004**).

paramètre	Valeur numérique
Masse molaire	18,0153 g/mol
Volume molaire	18,0182 cm ³
Masse volumique solide	917 kg/m ³
Masse volumique liquide	998 kg/m ³
Température de fusion	0 °C
Température d'ébullition	100 °C
chaleur latente de fusion	3,3. 10 ⁵ j/kg
Chaleur latente d'évaporation	23. 10 ⁵ j/kg
Chaleur massique solide (à 0°C)	2,06. 10 ³ j/kg/K
Chaleur massique liquide	4,18. 10 ³ j/kg/K

I.1.3 Propriétés chimiques de l'eau

L'eau est un excellent solvant qui dissout un très grand nombre de sels, de gaz et de molécules organique. Elle dissout des gaz présents dans l'air comme le gaz carbonique ou l'oxygène (oxygène dissout). De plus, la dissolution de l'oxygène dans l'eau permet par exemple aux poissons de respirer. La salinité de l'eau de mer résulte également du pouvoir dissolvant de l'eau. Ce pouvoir dissolvant est dû à sa forte constante diélectrique (**MUSY et HIGY, 2004**).

L'eau participe à plusieurs réactions chimiques, y compris les interactions avec les oxydes et les acides basiques pour produire des molécules telles que l'hydroxyde de calcium et l'acide sulfurique. Il peut également provoquer de nombreuses réactions métalliques et contribuer à des processus tels que l'oxydation et la formation d'hydrates (**MARIN GALVIN, 2010**).

Un second aspect de l'eau est son caractère amphidromique l'eau doit être considérée non seulement comme une base c'est-à-dire productrice d'ions OH^- mais aussi comme un acide, l'eau est neutre lorsque son pH est à 7 (**MUSY et HIGY, 2004**).

I.1.4. Propriétés biologiques

L'eau contenue dans le corps humain sert de support à la multitude de réactions et d'échanges qui sont nécessaires à la vie.

La méthode de transformation de l'énergie solaire en énergie chimique, qui est cruciale pour le fonctionnement du milieu vivant, est une autre illustration du rôle "biologique" de l'eau. Ce processus photosynthétique utilise du dioxyde de carbone et de l'eau pour produire une molécule de glucose. L'eau est donc une source d'électrons et de l'oxygène gazeux nécessaire à la respiration (**MUSY et HIGY, 2004**).

I.1.5 Isotopes de l'eau

L'eau est un mélange de plusieurs combinaisons d'isotopes d'oxygène et d'hydrogène qui varie dans la quantité de neutrons connectés aux protons dans le noyau. Les plus importants sont l'oxyde de deutérium D_2O et l'oxyde de deutérium HOD . Le D_2O ou l'eau lourde est utilisé pour ralentir les neutrons lors de réactions nucléaires. Le HOD ou l'eau semi lourde existe en proportion naturelle bien plus importante que l'eau lourde (**MUSY et HIGY, 2004**).

I.2. Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau schématisé en figure 02 illustre le mouvement naturel de l'eau. Parmi les étapes du cycle de l'eau, on trouve :

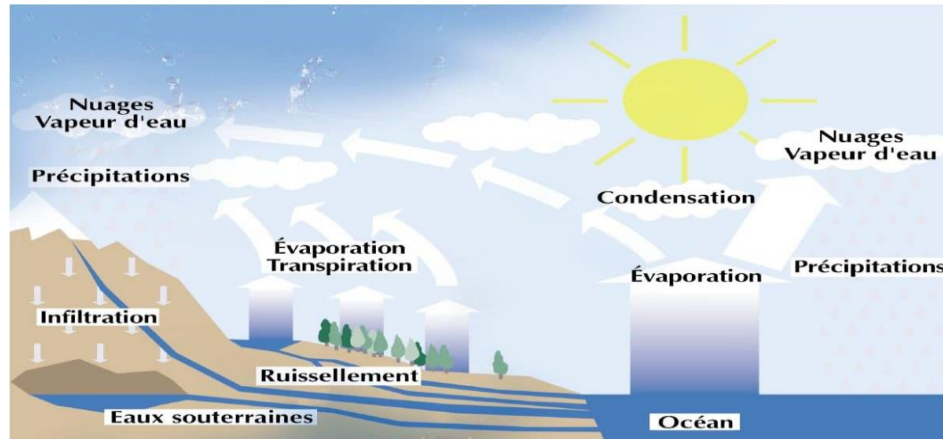


Figure 02 : Représentation du cycle global de l'eau.

I.2.1. Évaporation

L'évaporation est causée par le réchauffement de la couche de surface des océans par le rayonnement solaire, ce qui entraîne ainsi de la vapeur d'eau vers l'atmosphère. Cette vapeur se déplace ensuite au gré des mouvements des masses d'air par des phénomènes de convection et d'advection (ANCTIL et al., 2012). En plus, l'eau sous une forme solide peut aussi rejoindre l'atmosphère directement sous l'effet de sublimation. A ceci s'ajoutent les quantités d'eau exhalées par la végétation lors du processus de transpiration appelé évapotranspiration (MUSY et HIGY, 2004).

I.2.2. Condensation

Soumise à des conditions favorables, la vapeur d'eau se refroidit lorsqu'elle entre en contact avec l'atmosphère, formant des gouttelettes qui finiront par devenir des nuages (ANCTIL et al., 2012).

I.2.3. Précipitations

Les précipitations comprennent toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression (ANCTIL et al., 2012).

I.2.4. Infiltration

L'eau qui tombe sur le sol s'infiltré dans les roches ou est absorbée par les plantes. L'eau infiltrée peut être stockée temporairement dans le sol ou percoler vers des zones plus profondes et contribuer ainsi au renouvellement des nappes d'eau souterraines (ANCTIL et al., 2012). Lors de l'infiltration, l'eau met un à plusieurs mois avant d'atteindre l'aquifère selon les caractéristiques et l'état du sol ainsi que sa profondeur (ATTEIA, 2015).

I.2.5. Ruissellement

Si le sol est saturé ou si les précipitations dépassent la capacité d'infiltration, il se forme alors un ruissellement en surface qui approvisionne directement et rapidement lacs, rivières, les mers ou les océans avant de participer à nouveau au processus d'évaporation (ANCTIL et al., 2012). Le ruissellement dure quelques heures, pendant et juste après les précipitations (ATTEIA, 2015).

I.3. Réserves d'eau

I.3.1. Réserves d'eau sur terre

La terre est la seule planète du système solaire avec une proportion considérable d'eau liquide sur sa surface 72%. En réalité 97,2% de l'eau sur terre est salée. Contre seulement 2,8 % d'eau douce contenue dans les calottes des glaciers polaires, les nappes phréatiques, les lacs, les rivières et les ruisseaux. Les rivières et les lacs représentent 1% de cette faible proportion, avec 30% composé en grande partie des eaux souterraines, et le reste (69%) conservé dans les calottes des glaciers polaires (MAHSAS et ZEDDAM, 2011).

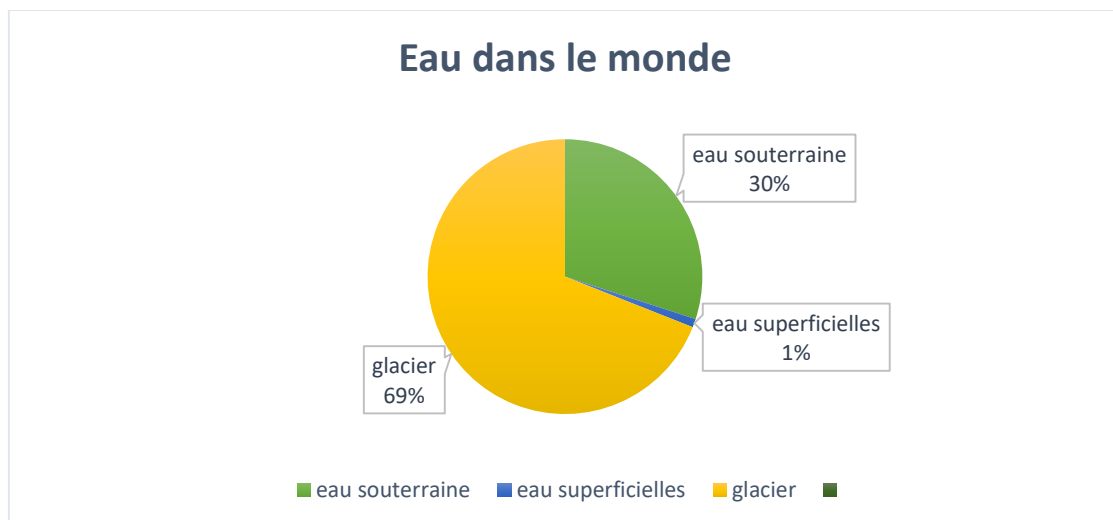


Figure 03 : Secteur de réserves en eau douce dans le monde.

Le réservoir océanique est le plus grand réservoir d'eau de la terre. Les lacs, les rivières dont le volume et la surface sont nettement plus faible que celles des mers et des océans, constituent la réserve principale d'eau douce liquide de 91 000 milliards de mètres cube d'eau. Le lac Baïkal, situé dans le sud de la Sibérie en Russie orientale, est le plus grand réservoir d'eau douce liquide de la surface de la planète. A lui seul ce lac renferme 23000 milliards de mètres cubes d'eau douce soit 25 % des réserves mondiales. Aux lacs naturels, on peut ajouter les lacs formés par les retenues artificielles (**MUSY et HIGY, 2004**). Un lac artificiel est un lac créée par l'homme pour contenir une masse considérable d'eau, le plus souvent du fait d'une construction comme un barrage – on parle alors de lac de barrage.

Les lacs artificiels de la planète représentent un volume de 6 370 km³ soit un volume à peu près équivalent au volume des lacs naturels. Le nombre total de lacs montre encore plus nettement l'importance des plans d'eau artificiels. Si l'on ne considère que les grands barrages – ceux qui dépassent 15 m de hauteur, ils sont environ 60 000 dans le monde, alors que les lacs naturels (entendus comme des plans d'eau de plus de 100 ha de superficie), sont 127 000 (**POURRIOT et MEYBECK, 1995**).

I.3.2. Répartition des réserves d'eau douce dans le monde

A travers le monde, les ressources en eau sont réparties de façon très inégale. Un rapport des Nations Unies (**NATIONS UNIS, 2009**) qualifie neuf pays comme étant des « puissances de l'eau ». Ces pays concentrent les réserves d'eau douce les plus importantes à eux-seuls, 60 % du débit annuel mondial de l'eau, à savoir le Brésil, la Russie, les Etats-Unis, le Canada, la Chine, l'Inde, la Colombie, le Congo et l'Indonésie.

I.3.3. Réserves en eau en Algérie

L'Algérie est un pays aux ressources en eau très limitées, une situation qui est aggravée par la faiblesse des précipitations, l'insuffisante mobilisation de cette ressource et la forte concurrence entre les différentes consommations (domestique, industrielle et agricole). Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture et l'industrie (**HARRAT et ACHOUR, 2010**).

Concernant les eaux souterraines, l'Algérie compte actuellement 281.000 puits exploités, avec une capacité de plus de 6,6 milliard m³ (**ALGERIA PRESSE SERVICE, 2022**).

A la fin de la période coloniale l'Algérie ne disposait que de 15 barrages sur tout le territoire. Aujourd'hui après des investissements considérables dans le secteur de l'hydraulique, 79 barrages sont exploités et répartis entre les différentes régions du pays (LEHBAB, 2019).

Les projections à 2030 prévoient à ce que le nombre passera à 139 barrages avec une capacité de stockage de 12 milliards de m³ sur l'ensemble du pays (MUTIN, 2009).

I.3.4. Impact de changement climatique sur les ressources en eau

Le changement climatique (CC) est un problème mondial qui affecte la grande majorité des pays. Il est principalement produit par les émissions de gaz à effet de serre (GES) et a des conséquences importantes et étendues sur le climat, la végétation et l'approvisionnement en eau. Le changement climatique peut entraîner des phénomènes météorologiques extrêmes plus marqués avec des pics de température plus élevée, des sécheresses graves et prolongées, une plus grande fréquence de fortes précipitations et de tempêtes violentes ainsi que leurs conséquences sur la qualité et la rareté de l'eau (OMS, 2017).

Le réchauffement climatique aggrave la pollution et par conséquent, l'épuisement des ressources en eau (BENHADDAD, 2022). Aussi, le changement climatique a des incidences sur le rythme d'alimentation des nappes souterraines (c'est-à-dire les ressources souterraines renouvelables) (BATES et al., 2008) et a une influence négative sur la qualité des ressources en eau (multiplication d'organismes pathogènes, salinisation des sols et des nappes phréatiques, etc.) (THIERRY, 2019).

Le changement climatique devrait entraîner de graves perturbations dans la disponibilité des ressources en eau, touchant, par conséquent, de nombreux secteurs : industrie, production d'énergie, agriculture, eau potable et assainissement (BENHADDAD, 2022).

I.4. Pollution des eaux superficielles et souterraines

Les milieux aquatiques subissent de fortes pressions liées aux activités humaines agricoles, industrielles et domestiques.

I.4.1. Pollution d'origine agricole

Les premières causes de dégradation de la qualité des eaux sont les pollutions par les nitrates, les phosphates et les pesticides, liées à l'agriculture.

Les engrais chimiques sont utilisés dans l'agriculture. Lorsqu'ils sont utilisés en excès, les nitrates et les phosphates peuvent être lessivés dans les eaux souterraines ou s'écouler dans les

eaux de surface. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture FAO (FAO, 2011), l'agriculture est responsable d'une grande part de l'épuisement et de 70% de la pollution des ressources souterraines.

L'apport en excès de substances nutritives (nitrates et phosphates) dans un milieu aquatique pouvant entraîner l'eutrophisation des eaux. (PINAY et al., 2017) a défini « l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques comme une succession de processus biologiques enclenchés en réponse à un apport excessif de nutriments. Elle se traduit par des réponses complexes de l'ensemble des écosystèmes aquatiques d'eau douce, saumâtre ou salée. Elle est progressive ou brutale ». Les symptômes de l'eutrophisation comprennent la prolifération des algues, la réduction de la clarté de l'eau, des pertes de biodiversité et l'appauvrissement en oxygène.

De plus, l'utilisation de l'eau contenant les nitrates pour la consommation présente un impact négatif sur la santé. La limite de nitrates établie par l'OMS est de 50 mg/L pour que l'eau soit considérée comme potable. Cette valeur permet d'assurer la protection de la santé de la sous-population la plus sensible, c'est-à-dire les nouveau-nés nourris au biberon (OMS, 2017). Dans le sang, la transformation des nitrates en nitrites, ces derniers provoquent la formation de « méthémoglobine », une forme d'hémoglobine incapable de transporter l'oxygène (MAHSAS et ZEDDAM, 2011).

I.4.2. Pollution d'origine industrielle (chimique)

Il provient d'usines et se caractérise par la présence d'un large éventail de contaminants, en fonction de l'utilisation de l'eau, tels que : les hydrocarbures (raffinerie), les métaux (traitement de la surface), les acides, les bases, les produits chimiques divers (industries chimiques), l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques), les matières radioactives (centres nucléaires, traitement des déchets radioactifs) (BENGARNIA, 2016).

Autres pollutions concernent plutôt des solvants, des hydrocarbures ou des métaux. Les composés organiques volatils, comme le trichloréthylène, le perchloréthylène ou le tétrachloréthylène qui sont de puissants solvants utilisés par les industries chimiques et mécaniques, ainsi que pour le nettoyage à sec des textiles, sont, après les nitrates et les pesticides, la troisième source de dégradation des eaux souterraines. Les résidus de ces solvants sont répandus sur la majorité du territoire, mais leurs rejets diminuent grâce au renforcement de la réglementation (BENHADDAD, 2022).

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP, benzène et ses dérivés) sont la première cause de la dégradation de l'état des eaux superficielles. Ces produits proviennent

principalement des échappements des moteurs à combustion, du lessivage des revêtements routiers ou des traverses en bois de chemins de fer.

Etant donné l'effet cancérigène potentiel, une concentration maximale admissible de 200 mg/l a été fixée pour l'ensemble des HAP (PINAY et al., 2017).

I.4.3. Pollution d'origine bactérienne

La pollution bactérienne, virale ou parasitaire fait référence aux principales espèces nuisibles qui prolifèrent dans l'eau, notamment les bactéries, les virus, les parasites et les champignons. Le degré de contamination de l'eau est également influencé par le nombre de population, les conditions d'hygiène et les caractéristiques épidémiologiques et écologiques (ZERDOUDI et SEGOUALI, 2023).



Figure 04 : Sources de contamination et transfert jusqu'au milieu littoral.

Chapitre II :
Traitement de
potabilisation
de l'eau

Chapitre II : Traitement de potabilisation de l'eau

L'eau est notre ressource la plus importante, un « or bleu », elle n'est pas seulement nécessaire à l'existence mais aussi elle est un problème de santé, social et culturel au cœur des communautés humaines (UNESCO, 2022).

La question de la disponibilité et de l'accès à l'eau est sans aucun doute l'un des problèmes majeurs auquel devra faire face l'humanité durant les années à venir (MUSY et HIGY, 2004). Aujourd'hui, plus de 2 milliards de personnes n'ont pas d'accès direct à l'eau (OMS, 2017).

L'eau destinée à la consommation humaine doit être régulièrement fournie en quantité et en qualité suffisantes à des usages sanitaires (consommation, douches).

L'eau du robinet est produite à partir de l'eau prélevée par un captage dans une nappe souterraine (puits, forages, sources) ou dans une ressource superficielle (rivières, lacs, barrages, ruisseaux). Selon la qualité de l'eau prélevée, différentes étapes de traitement peuvent être nécessaires pour rendre l'eau potable et maintenir sa qualité dans les installations de stockage (bâches, réservoirs, châteaux d'eau) et dans les réseaux de distribution.

Ces traitements sont adaptés à la qualité de l'eau. Par conséquent, il est essentiel de surveiller d'abord et avant tout l'eau lors de son captage.

II.1. Eau potable

Selon l'organisation mondiale de santé (OMS, 2017), l'eau potable est une eau qui possède des caractéristiques biologiques, chimiques et physiques qui respectent les recommandations et les règlements sur la qualité de l'eau.

La potabilité permet la survie des êtres vivants et les activités humaines fondamentales car l'eau subit un traitement qui élimine les agents pathogènes (AQUAPORTAIL, 2022).

II.2. Ressources en eau destinées à la consommation humaine

Les trois catégories de ressources en eau souvent utilisées par l'homme pour répondre à ses besoins personnels sont : les eaux de surfaces, les eaux souterraines et les eaux de mer dessalée et saumâtres.

Dans des cas particuliers, les ressources en eau peuvent provenir de la réutilisation des eaux usées, c'est par exemple le cas de Singapour, de la Namibie et des Etats-unis. La capitale de la Namibie, Windhoek, est pionnière en matière d'usage potable direct, un peu plus du tiers de son eau potable est produite par l'usine de recyclage des effluents (GAID, 2022).

Chapitre II : Traitement de potabilisation de l'eau

Dans la plupart des pays développés et dans beaucoup de pays en développement, l'eau souterraine, y compris celle source d'approvisionnement en eau potable principale et parfois quasi exclusive.

Le dessalement est utilisé pour éliminer le sel de l'eau saline ou saumâtre afin de la rendre acceptable pour la consommation humaine ou d'autre usage. Des installations de dessalement existent parfois dans le monde, en particulier dans la région de la méditerranée orientale et leur utilisation se développe sur tous les continents.

En Algérie, concernant le volume d'approvisionnement national en eau potable, celui-ci a atteint 3,6 milliard m³ en 2021 dont un taux de 50 % issu des nappes phréatiques, 33% est eau de surface et 17% du dessalement de l'eau de mer.

Il y a également lieu de citer les projets de déminéralisation de l'eau de mer au niveau de 34 stations réalisées et exploitées à ce jour, d'une capacité de production de 52,6 million m³/an, en vue de renforcer l'approvisionnement en eau potable au profit de 1,166,715 d'habitants (ALGERIA PRESSE SERVICE, 2022).

II.2.1. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont le terme collectif pour tous les réservoirs d'eau souterraine. Les aquifères sont les régions où l'eau est conservée, et ils sont composés de roches poreuses et ou fissurées. L'eau peut s'accumuler dans ces espaces vides et former des nappes qui remplissent l'ensemble ou une partie de l'aquifère. La source d'eau souterraine est l'eau de surface qui s'infiltré à travers les différentes couches de la terre pour atteindre l'aquifère.

Les nappes les plus profondes peuvent être situées plusieurs centaines de mètres sous la surface, les nappes qui sont proches de la surface sont appelés les nappes phréatiques, ils sont facilement accessibles à l'activité humaine.

Le système naturel d'infiltrations permet de nettoyer quelque peu l'eau, mais il ne protège pas contre les dangers de la pollution (MERIBAI et al., 2016). Parce qu'il est souvent éloigné des sources de pollution, il a peu de contamination bactérienne. En conséquence, la résistance est souvent substantielle et les fluides souterrains peuvent entrer en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents tels que le calcium ou le magnésium. En outre, les liquides souterrains contiennent de grandes quantités de fer et de magnésium (DEGREMONT, 2005).

Cependant ce sont des sources plus difficiles d'exploiter, car elles ne sont pas aussi accessibles que les eaux superficielles.

Chapitre II : Traitement de potabilisation de l'eau

II.2.2. Eaux de surface

L'eau qui traverse ou est conservée à la surface d'un continent est appelée eau de surface. Ils proviennent soit du ruissellement, soit des aquifères profonds dont l'émergence sert de source pour les rivières. Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages et les puits). Cette eau est rarement potable sous sa forme naturelle. En effet, elles sont polluées par une variété de sources causées par l'homme, y compris les rejets industriels, les décharges des usines de traitement des eaux usées et les déchets agricoles (CULLIGAN, 2023).

Les caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines sont décrites dans le tableau 02.

Tableau 02 : Comparaison entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines (AYAD, 2017).

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraine
Température	Varie en fonction des saisons	Relativement constante
Turbidité	Niveau variable parfois élevé	Faible ou nulle
Couleur	Principalement dû aux sols en suspension (argile, algue,..) excepté pour les eaux acides et très douces.	Principalement dû aux solides dissous
Fer et Mn en solution	Généralement pas, sauf au fond des lacs dans le processus d'eutrophisation	Présent
O ₂ dissous	Souvent proche du niveau de saturation. Absent dans les eaux très pollués	Généralement peu présent
NH ₄ ⁺	Seulement dans des eaux polluées	Souvent présent sans forcément une pollution bactériologique
Nitrates	Niveau généralement faible	Niveau parfois important

II.2.3. Eaux de mer et saumâtres

L'eau de mer et les eaux saumâtres sont caractérisées par leurs concentrations en sel dessous principalement le chlorure de sodium, c'est ce qu'on appelle « salinité ».

La salinité moyenne de l'eau de mers et océans est de 35 g/l, par contre une eau saumâtre, est une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La majorité des eaux saumâtres contiennent de 1 à 10 g de sel par litre. Parfois, l'eau de surface, mais plus souvent les eaux souterraines a été chargée de sels, provoquant la dissolution de certains sels trouvés dans les sols qu'ils ont traversés. Par conséquent, leur composition est influencée par le type de sols traversés (MAUREL, 2006).

II.3. Traitements de potabilisation de l'eau

L'eau brute capté dans le milieu naturel, soit par la prise d'eau de surface ou par le captage d'eau souterraine, subit plusieurs traitements avant d'être acheminée dans les circuits de distribution pour arriver enfin jusqu'à nos robinets. Le traitement de l'eau vise à fournir aux consommateurs une eau potable sûre en éliminant les substances indésirables et les microbes potentiellement nocifs de l'eau. Il est essentiel d'assurer la sécurité et l'efficacité des traitements utilisés afin de préserver la qualité organoleptique, physicochimique et bactériologique de l'eau.

Le type de traitement dépend de la qualité de l'eau brute captée, de la simple désinfection pour les eaux souterraines bénéficiant d'une bonne filtration naturelle et d'une minéralisation équilibrée à des traitements beaucoup plus poussés (prétraitement, coagulation, floculation et procédés d'affinage avant désinfection) pour les eaux superficielles.

Les différentes étapes de traitement de potabilisation de l'eau sont les suivantes :

II.3.1 Prétraitement

Le prétraitement, est destiné à l'eau brute pour éliminer la plus grande quantité possible d'éléments (feuilles, l'arbre, le sable...) susceptible d'endommager les organes mécaniques tels que les pompes et les canalisations ou de perturber l'efficacité des étapes ultérieures. Il fond appel à des procédés mécaniques comme :

Le dégrillage pour éliminer les grosses particules susceptibles d'endommager les installations de traitement (troncs d'arbre, branches etc...), et le dessablage pour éliminer le gravier, le sable de telle sorte à éviter des dépôts dans les canalisations, les réservoirs et permet également de protéger les équipements de pompage (BENCHAHLA et LAMRAOUI, 2021).

II.3.2. Traitement physico-chimique de l'eau brute

En fonction de la source de l'eau et de ses caractéristiques physico-chimiques, une variété d'approches particulières sont employées pour le traitement physique et chimique des eaux destinées à la consommation humaine (MASSICILIA et TAIBI, 2016).

II.3.2.1. Préchloration

La préchloration se fait généralement à l'eau avant la coagulation. Il améliore la coagulation et réduit la charge du filtre. Il élimine le goût, la couleur et l'odeur, la destruction des micro-organismes (algues, bactérie, planctons) et l'oxydation de la matière organique (ADE, 2017).

II.3.2.2. Correction de pH

Lorsque l'eau brute a un pH élevé ($\text{pH} > 8$), une infusion d'acide sulfurique H_2SO_4 produit un pH de coagulation optimal de 7,4 à 7,6 suivant cette procédure, permettant une réduction de la consommation de sulfate d'aluminium. La dose injecter dépend du pH de l'eau brute (MAHSAS et ZEDDAM, 2011)

II.3.2.3. Coagulation-floculation

L'eau contiennent des particules en suspensions colloïdales très fines qu'il est nécessaire d'agglutiner en un floc volumineux et lourd afin d'assurer leur sédimentation et faciliter leur retenue par les décanteurs et par les filtres (MAHSAS et KHLIFI, 2008).

❖ Coagulation

Il s'agit d'une procédure qui consiste d'abord à déstabiliser les matériaux de suspension et les composés colloïdaux, puis à les regrouper en flocons décanables.

Les coagulants qui sont ajoutés comprennent des ions bivalents ou trivalents, tels que le chlorure de fer FeCl_3 , le calcium chaux CaO (vivant), le sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, la chaux de calcium CaO , et $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (éteinte). Les trois sels les plus populaires de l'aluminium sont l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3), le sulfate d'alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ et le chlorure d'aluminium (AlCl_3). Parmi les facteurs influençant la coagulation on trouve le pH, la concentration de coagulant, la température, la vitesse et le temps d'agitation (BOUGRIOUA et REZZOUG, 2021).

❖ Floculation

La floculation complète la phase de coagulation et vise à augmenter la cohésion du floc, qui a pour but d'accroître le volume et la cohésion du floc formé par la coagulation. Elle est, de plus, améliorée par l'ajout de produit appelé adjuvant de floculation de polyélectrolyte (BENCHAHLA et LAMRAOUI, 2021).

II.3.2.4. Décantation

La décantation est une technique physique la plus populaire pour séparer gravitationnellement les colloïdes (assemblages en forme d'onc après l'étape de coagulation/floculation) et les matières en suspension (MES), pour d'améliorer la qualité de l'eau (ADE, 2017).

II.3.2.5. Filtration

La filtration est un processus de séparation solide-liquide dans lequel les particules solides sont retenues tandis que l'eau passe à travers un milieu de sable poreux. La rétention des particules dans l'eau crée une obstruction progressive des intersites entre les constituants du matériau de filtration. C'est ce que l'on appelle le « colmatage du filtre ».

La rapidité du colmatage dépend de la nature des eaux traitées, de la vitesse de filtration et de la granulométrie de la matière filtrante (ADE, 2017).

La filtration à sable : permet d'éliminer certains goûts et odeurs et les matières encore visibles à l'œil nu.

La filtration à charbon actif : permet d'éliminer efficacement les bactéries, la couleur et la turbidité, retiennent en plus les micropolluants comme les pesticides.

La nanofiltration : ces dernières années, la technique de nanofiltration a connu un essor important. Actuellement, la nanofiltration trouve sa principale application dans le domaine de la purification de l'eau. Cela inclut des processus tels que l'adoucissement, la décoloration et l'élimination des micro-polluants. La nanofiltration est une technique largement utilisée dans les procédés industriels pour l'élimination sélective de constituants spécifiques, tels que les colorants. Le processus de nanofiltration implique la séparation des molécules en fonction de leur taille, en utilisant la pression comme force motrice. Cette séparation s'effectue au moyen de membranes spécialisées. Principalement, cette technique est utilisée pour éliminer les composés organiques, y compris les micro-polluants. (PAYANT, 2016).

La microfiltration : des membranes dont la taille des pores varie de 0,1 à 10 µm sont utilisées à cette fin. Grâce à l'utilisation de membranes de microfiltration, l'élimination complète des bactéries est obtenue. Cependant, il faut noter que certaines contaminations virales peuvent encore persister, malgré le fait que la taille des virus est plus petite que les pores de la membrane de microfiltration. La microfiltration est une technique polyvalente qui peut être intégrée à divers processus de traitement pour éliminer les particules de plus de 0,1 mm de diamètre (BERLAND et JUERY, 2002).

L'osmose inverse : les filtres à osmose inverse ont la capacité d'éliminer tous les types de contaminants pouvant constituer une menace pour la santé. Une technologie de filtration qui utilise une membrane semi-perméable pour séparer les impuretés inorganiques de l'eau afin de

produire de l'eau potable. L'osmose inverse peut éliminer la plupart des contaminants et un pourcentage élevé de toxines, notamment : fluorure, chrome, arsenic, nitrates/nitrites, cuivre, Radium.

Sauf la plupart des composés organiques volatils solubles, certains pesticides, solvants et chlore (MARION, 2016).

II.3.2.6. Neutralisation à la chaux

Le but de la dernière étape du traitement est d'obtenir de l'eau équilibrée et neutralisée. L'ajout d'alcalines telles que la Chaux (CaO), Soude (NaOH) et le carbonate de sodium (NaCO₃) peut assurer cette opération.

La substance utilisée à la station de traitement est la chaux vive (CaO), qui est une poudre blanche qui est injectée sous forme de lait chaux, "Chaux éteinte Ca(OH)₂".

La neutralisation se fait lorsqu'il y a un ajustement du pH de l'eau brute au départ par l'acide sulfurique (H₂SO₄) (ADE, 2017).

II.3.3. Désinfection

La désinfection est l'étape ultime du traitement de l'eau de consommation avant distribution. Il permet de l'élimination des bactéries dangereuses, bien que certains germes communs puissent encore être présents car la désinfection n'est qu'un processus de stérilisation.

La désinfection de l'eau doit assurer deux effets importants : un effet bactéricide, cela concerne la capacité à détruire les germes à un certain stade du traitement et un effet rémanent, cela indique que le désinfectant est toujours présent dans le réseau de distribution (CENTRE INFORMATION SUR L'EAU, 2005).

Le procédé de désinfection le plus couramment employé est la chloration. On fait également appel à l'ozonation, au rayonnement ultraviolet ou encore au traitement par la chloramine ou le dioxyde de chlore.

Le chlore peuvent être facilement surveillés et contrôlés et une surveillance fréquente est recommandée dans tous les cas où l'on pratique une chloration (OMS, 2017).

Le chlore qui reste dans l'eau après une certaine période de temps et qui peut réagir en tant qu'acide hypochloré (HClO) ou ion hypochlorite (ClO⁻) est connu sous le nom de chlore résiduel libre. Sa présence indique la qualité de l'eau.

Chapitre II : Traitement de potabilisation de l'eau

Le chlore résiduelle libre est plus élevée dans l'eau d'alimentation des habitations situées au début de réseau et faible (ou absent par fois quand l'eau est sur chargée en matière organique) (BOUIAZANI, 2000).

Les formes de chlore présent en solution sont schématisées en figure 05.

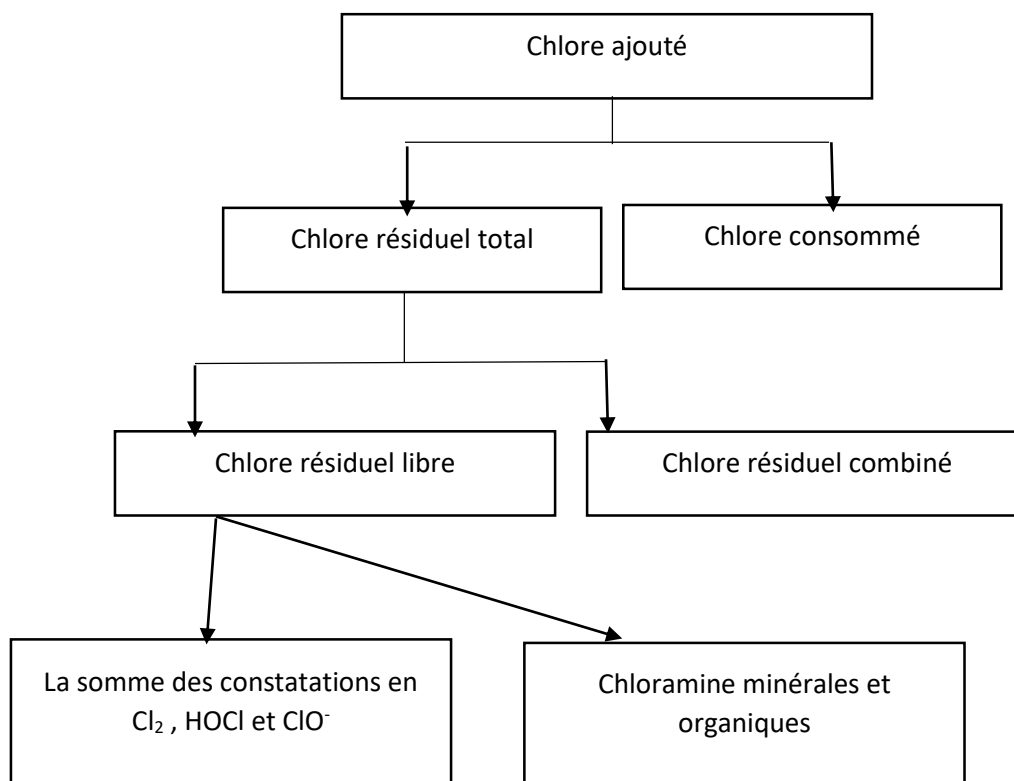


Figure 05 : les différentes formes de chlore dans l'eau.

II.4. Schéma synoptique de traitement de potabilisation de l'eau en Algérie : station monobloc Kharrouba (willaya de Boumerdes)

La figure 7 illustre les différentes étapes de traitement appliquées au niveau de la station monobloc Kharrouba.

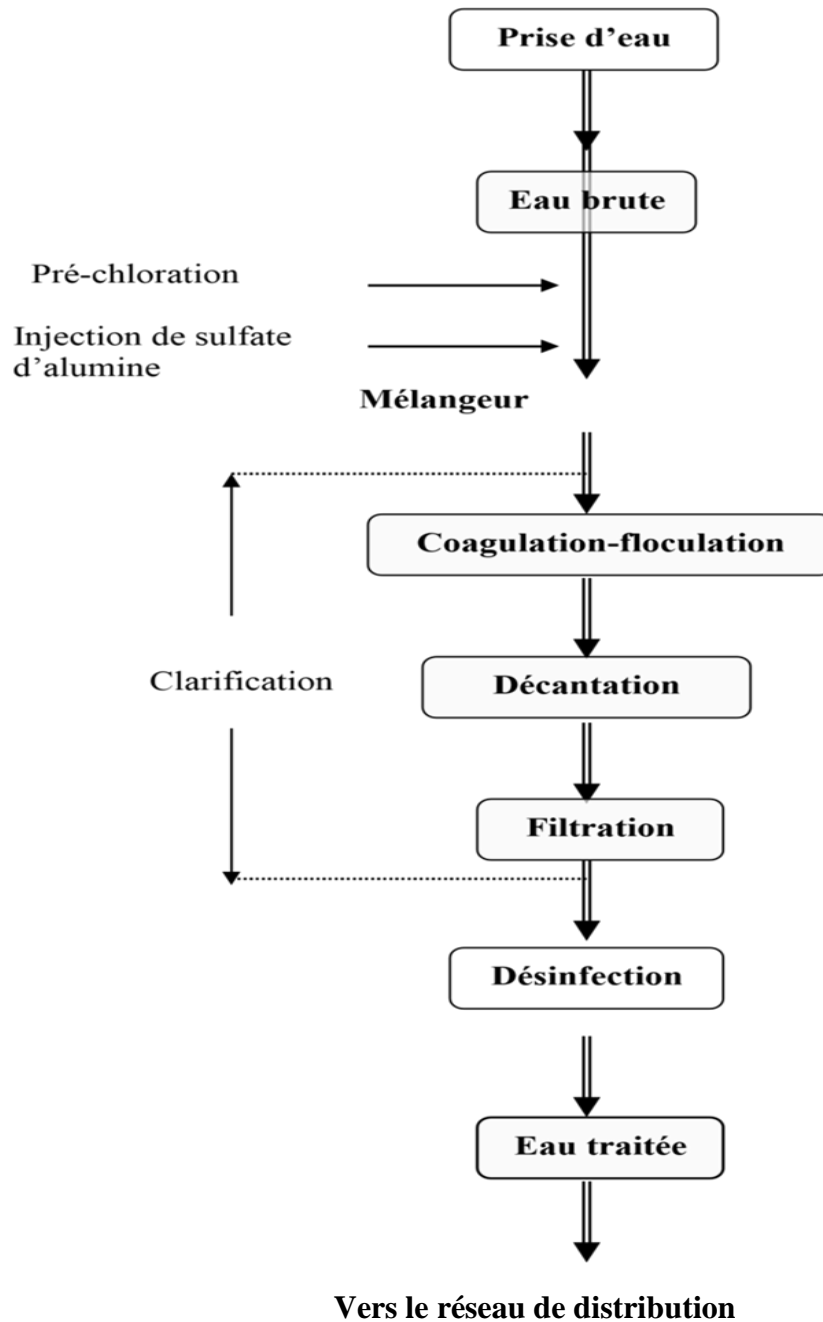


Figure 06 : Chronologie des procédés de traitement des eaux potables.

L'eau traitée à la sortie de la station de traitement monobloc sera pompée vers un réservoir d'eau ou elle sera acheminée, soit de façon gravitaire par un réservoir, soit par un équipement de pompage vers les châteaux d'eau.

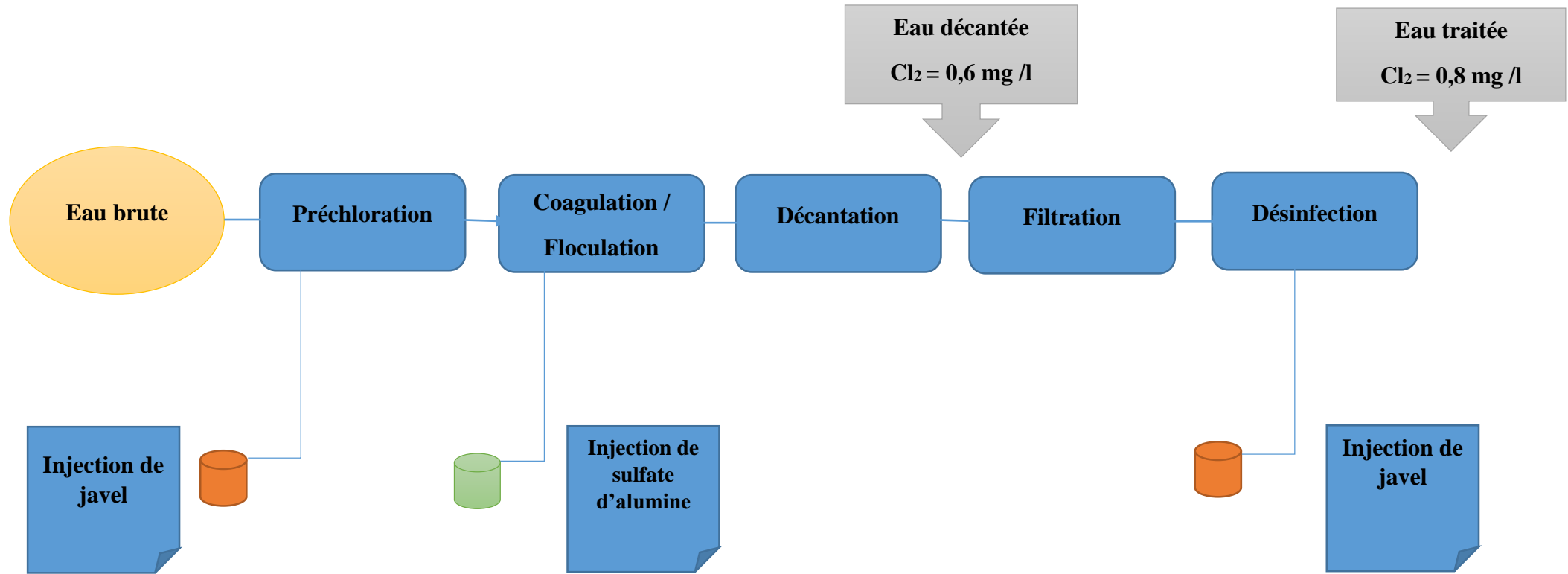


Figure 07 : Programme de chloration ou niveau de la station de traitement monobloc Kherrouba –Boudouaou.

II.5. Stockage et la distribution de l'eau potable

Après traitement de potabilisation, l'eau potable est transportée entre les ouvrages. Il peut être gravitaire lorsque l'écoulement se fait naturellement, ou il nécessite la mise en place d'un pompage (transport par refoulement) ou elle est stockée dans des réservoirs pour la distribuer aux différents consommateurs, par des conduites de branchement

L'eau est ainsi acheminée aux points de stockage pour la distribution vers le consommateur soit par la station de pompage et /ou station de reprise via des conduites de branchement et de distribution.

II.5.1. Stockage des eaux potables

II.6.1.1. Station de pompage

Une station de pompage est un ouvrage qui permet de déplacer l'eau potable de réservoir de la station, vers les consommateurs et/ou les châteaux d'eau et les réservoirs.

Elle se compose :

- D'une réserve d'eau à surface libre.
- Des pompes.
- D'un réseau de canalisation.
- De divers équipements électriques (tableau de contrôle...) et mécaniques.
- De vannes d'isolement.

La station de pompage peut servir à déplacer de l'eau potable, d'un point vers un autre réseau de canalisation, dans ce cas on nomme cette station de « reprise », la canalisation qui véhicule l'eau vers un réservoir est dite canalisation de refoulement (**DJAFOUR, 2000**).

II.5.1.2. Réservoirs

Un réservoir est un ouvrage hydraulique de stockage d'eau, soit à la consommation publique ou à usage industrielle.

Parmi les types de réservoirs, on cite :

II.5.1.2.1. Réservoir surélevé (château d'eau)

Ces réservoirs sont placés en altitude pour fournir passivement de la pression à l'utilisateur final. Le remplissage de ce réservoir se fait automatiquement par une pompe, ces réservoirs peuvent être soit sur une tour, soit sur des pylônes de grande hauteur.

Les formes des cuves de ces réservoirs sont : circulaires avec un volume inférieur à 1000m³, tronc conique avec un volume supérieur à 1000m³ et hauteur d'eau dans la cuve varie entre 5 à 6 m (ABDE et BOUZID, 2019).

II.5.1.2.2. Réservoir au sol

Ces réservoirs peuvent être posés au sol, semi enterrés ou entièrement enterrés, ils possèdent une grande capacité de stockage jusqu'à 5000 m³ car est généralement situé dans les zones les plus hautes de la ville pour que l'eau s'écoule toute seule vers les consommateurs (ABDE et BOUZID, 2019).

II.5.1.2.3. Citernes

La citerne est un réservoir en béton et en acier. Elle est stockée sous terre où elle récupère l'eau pour l'usage domestique et la consommation. Les citernes ont une capacité de stockage jusqu'à 2000 m³.

II.5.1.2.4. Bâche à eau

La bâche à eau est un système de stockage d'eau qui permet de collecter et de conserver l'eau de réseau pour une utilisation domestique et la consommation. Les bâches à eaux ont une capacité de stockage jusqu'à 6000 m³.

II.6. Contrôle qualité et contrôle sanitaire de l'eau potable

L'eau traitée est contrôlée par le service des eaux suivant des normes de qualité et de sécurité sanitaire pour la consommation humaine.

Dans la plupart des pays, l'organisme responsable de la surveillance des services d'approvisionnement en eau de boisson et de la santé publique est le ministère de la santé et ses bureaux régionaux ou départementaux. Dans certains pays, ce peut être l'agence de protection de l'environnement. Dans d'autres, les départements d'hygiène de l'environnement du gouvernement local peuvent exercer une certaine responsabilité (OMS, 2017).

En Algérie, l'eau est géré par la Société des eaux et de l'assainissement d'Alger (SEAAL), l'Algérienne des eaux (ADE) et l'Office national de l'assainissement (ONA).

II.7. Origine des altérations de la qualité de l'eau potable

L'eau potable doit être pure depuis le point de production jusqu'à ce qu'elle atteigne le robinet de l'utilisateur.

La qualité de l'eau du robinet peut différer de celle de l'usine de production. Les canalisations constituent une partie vulnérable à la pollution des eaux, car elles sont exposées aux souillures les plus diverses et les temps de transit sont parfois très long (semaine ou plus). Les interactions eau-matériaux sont inévitables, tant sur le plan bactériologique que chimique. On s'attache donc à améliorer la qualité des canalisations constituant les réseaux et la qualité de l'eau envoyée dans le réseau afin d'éviter les risques bactériologiques et chimiques de l'eau parvenant au consommateur (OMS, 1994).

Lors d'échecs du réseau de distribution, qui permet à l'eau salée d'entrer dans les réseaux est la forme la plus répandue de pollution du réseau qui provoque une baisse de la qualité de l'eau potable (ADE, 2016). D'autres altérations de la qualité de l'eau potable ont pour origines :

- La décontamination dans l'installation de potabilisation est inefficace, l'eau destinée à la distribution n'est pas stérile.
- La présence de micro-organismes est une source indirecte de dégradation de la qualité de l'eau potable.
- La quantité de temps que l'eau potable passe dans des réservoirs ou des tuyaux, qui peuvent être grands ou petits, où elle entre en contact avec l'air et les trous non protégés qui permettent aux particules ou aux insectes d'entrer et de polluer l'eau potable.
- Les contaminations externes causées par le retour de l'eau et l'implication du réseau, telles que la construction, la réparation de fuites et l'installation de nouveaux conduits.
- Peu de flux et la présence d'ouvertures réseau.
- Mauvais entretien des routes (MASSICILIA et TAIBI, 2016)

Le tableau 03 ci-après décrit de façon récapitulative les différentes origines des altérations de la qualité de l'eau en cours de distribution.

Chapitre II : Traitement de potabilisation de l'eau

Tableau 03 : Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux de distribution (CELERIER et FABY, 1998).

Origines	Causes	Conséquences	Dangers
Réservoirs	Mauvaise étanchéité de l'ouvrage.	Infiltration de l'eau de pluie.	Contamination microbiologique
	Orifices de ventilation ou voies d'accès mal protégées.	Pénétration d'insectes ou autres animalcules.	Altération de l'eau sur le plan organique organoleptique ou microbiologique.
	Mauvais nettoyage	l'encrassement ou de sédiments organiques	Développement de germes (clostridium,...)
	Surdimensionnement, points bas courts- circuits de l'eau entrée-sortie,...	Stagnation de l'eau	Altération des qualités initiales pour divers paramètres
	Réservoir exposé à la lumière du jour.	Croissance d'algues	Apports de matières organiques
	Interventions effectuées en dehors des règles de l'art (désinfection, prélèvements, accès au plan d'eau, ...).	Eau potable souillée	Contamination microbiologique
Retours d'eau	Dépression (pompage intensif sur réseau, rupture de canalisation,...) ou contrepression (mise en pression dans une installation privée,...).	Siphonage ou défolement de substances indésirables ou polluantes.	Pollutions toxiques, microbiologiques, ou Organoleptique.
Environnement extérieur de la conduite	Fuites, usures au joint et dépression perméation.	Intrusion d'eaux Terreuses Introduction Dépolluants.	Pollution microbiologique essentiellement Pollution toxique ou organoleptique.
Défauts du réseau	Matériau inadéquat pour l'alimentation en eau potable.	Relargage de polluants, Apports nutritifs, Adhérence trop Importante des germes Corrosion.	Pollution toxique, Favorise le biofilm Contamination microbiologique Altération des paramètres métaux (Fe, Zn, Pb, Cu, Cd,...).
Intervention sur le réseau	Désinfection insuffisante à la suite d'une réparation ou d'un renouvellement Manœuvre de réseau, coups de bélier Erreurs de branchement (ex : sur réseau d'eau non potable).	Développement Dégermes Mise en suspension de dépôts.	Contamination microbiologique Pollution organoleptique
Installation intérieure	Dysfonctionnement des dispositifs de traitement domestiques (surdosage, cartouches saturées ou colonisées perdes bactéries, Colonisation des zones stagnantes par circuit d'eau chaude Surdimensionnement	Corrosion ou relargage Corrosion Stagnation de l'eau.	Pollution toxique ou organoleptique Altération des paramètres métaux Relargage de bactéries ou d'éléments minéraux Contamination microbiologique(Légionnelle) Pollution microbiologique, chimique (NH3), organoleptique.

II.7.1. Facteurs influençant sur la dégradation de la qualité des eaux potables dans le réseau de distribution

Toute détérioration organique de l'eau potable dans le réseau (Figure 08) est particulièrement irritante pour le client. Malheureusement, le goût et l'odeur sont les plus difficiles à maîtriser en raison d'une variété de facteurs et d'interactions, la présence d'acides humiques dans l'eau peut modifier la couleur de l'eau. Ils réagissent également avec le chlore pour former des produits chimiques organiques halogènes nocifs. Avant que l'eau ne pénètre dans le réseau, la couleur doit être retirée à l'usine de traitement. (ADE, 2016).

L'analyse physico-chimique ne nous dit pas seulement la qualité actuelle, mais elle nous permet également de suivre l'évolution de la qualité au fil du temps et de découvrir des contaminants potentiels de l'eau (MEKRANTER et HABIB, 2017), tels que dans le réseau, une turbidité élevée de l'eau révèle peut causer la précipitation de fer, aluminium ou manganèse, due à une oxydation dans le réseau.

Les micro-organismes pathogènes découverts dans l'eau brute sont éliminés à la station de traitement. Les germes qui suggèrent une pollution fécale et des micro-organismes dangereux sont éliminés lors de la procédure de décontamination (MEKRANTER et HABIB, 2017). Certains types de bactéries que l'on peut trouver dans l'eau potable sont présentés dans le tableau 04.

Tableau 04 : Quelques microorganismes susceptibles d'être présents dans les eaux potables (CELERIER et FABY, 1998).

Pathogènes et bactéries indicatrices	Bactérie autochtones	Bactérie de la corrosion	Moisissures et levures
Salmonella	Acinetobacter	Bactérie	Penicillium
Shigella	Aeromonas	Sulfatoredutrise	Rhizopus
Enterovirus	Alcaligenes	Bactérie de fer	Mycelium
E.coli	Bacillus		Trichomonas
Streptococcuslegionella	Enterobacter		Mucor
	Flavobacterium		Aspergillus

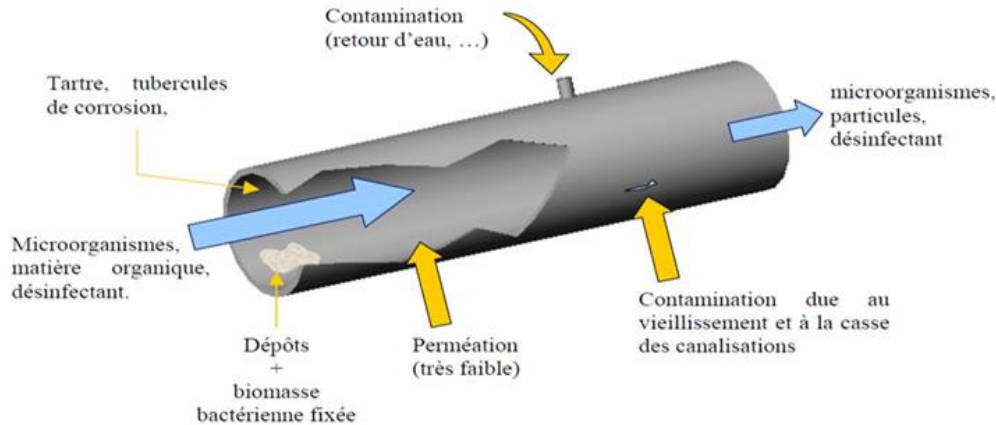


Figure 08 : Altération de la qualité des eaux potables dans le réseau de distribution.

II.7.2. Les maladies d'origine hydrique et la potabilité de l'eau

Malgré le fait que les bactéries pathogènes soient rares dans les systèmes de distribution de l'eau potable, elles pourraient mettre en danger la santé humaine si l'approvisionnement est contaminé involontairement. La présence de bactéries, de virus et de parasites dans l'eau potable en raison d'une contamination involontaire représente le plus grand risque pour la santé humaine. Un sous-ensemble de ces bactéries a été découvert avant qu'ils ne soient reconnus comme agents étiologiques à la racine des maladies hydriques. Malgré le fait que les épidémies d'eau touchent toutes les nations du monde, tuant environ 1,7 million de personnes chaque année, ces maladies frappent principalement les pays pauvres en raison de l'insuffisance des approvisionnements en eau (OMS, 2002).

Le tableau 05 présente les maladies à transmission hydrique (BRIERE, 2000).

Chapitre II : Traitement de potabilisation de l'eau

Tableau 05 : Les maladies à transmission hydrique (BRIERE, 2000).

Maladies	Organismes pathogènes responsable	Principaux mode de transmission à l'homme	Principaux moyens de protection	Réservoir de l'organisme pathogène infectieux
Choléra	Vibrio cholera	Eaux et aliments contaminés par des matières fécales ; eaux d'égouts ; voie fécoorale.	Vaccin peu efficace, ébullition ou désinfection de l'eau de consommation	Humains
Fièvre typhoïde	Salmonella typhi	Eaux et aliments contaminés par des eaux d'égouts ; coquillages	Vaccination ; ébullition ou désinfection de l'eau de consommation	Humains
Fièvre paratyphoïde	Salmonella paratyphi (abc)	Eaux et aliments contaminés par des eaux d'égouts ; coquillages	Ebullition ou désinfection des eaux de consommation.	Humains
Tétanos	Clostridium tetani	Spores des bactéries introduites dans la terre, dans la rouille, etc. dans une plaie ; contact avec des eaux d'égout	Vaccination	Humains, animaux et sol
Diarrhée infectieuse	Diverses bactéries	Eaux et aliments contaminés par des eaux d'égouts ; coquillages	Hygiène ; désinfection de l'eau,...	Humains et animaux (porc, bovins, moutons, volailles, chats, chiens, etc)

Chapitre III :
Les paramètres
de qualité de
l'eau potable

L'appréciation de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine se base sur la mesure de paramètres physicochimiques et bactériologiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de microorganismes aquatiques, indicateurs d'une plus au moins bonne qualité de l'eau. Dans un échantillon d'eau, le terme « paramètre » désigne les minéraux, les substances chimiques, les bactéries, etc.

La norme est représentée par une valeur chiffrée exprimée en concentration qui fixe généralement une limite supérieure à ne pas dépasser. Un critère donné est alors rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donnée. D'un point de vue chimique, l'objectif consiste à s'assurer que les eaux ne dépassent pas certaines teneurs en paramètres, visés, par les normes (**MORIN-CRINI et CRINI, 2017**).

A ce jour, il existe près de 63 paramètres pour l'eau destinée à la consommation humaine que l'on peut regrouper en grands paramètres (**GAID, 2022**) :

III.1. Paramètres organoleptiques

L'eau doit être exempte de goûts et d'odeurs qui seraient inacceptables pour la majorité des consommateurs (**OMS, 2017**). Le consommateur est très sensible à toute dégradation organoleptique de l'eau. Malheureusement, le goût et odeur sont les caractéristiques les plus difficiles à maîtriser en raison des multiples causes et interactions, telle que la nature de la ressource. (**MAHSAS et ZEDDAM, 2011**).

III.1.1. Odeur

Un développement d'odeur dans l'eau de consommation est généralement due au plancton et aux algues mortes pour les eaux de surface et au sulfure d'hydrogène pour les eaux souterraines (**MEKRANTER et HABIB, 2017**).

III.1.2. Couleur

Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. (**RODIER, 2005**).

La présence de minéraux naturels tels que le fer et le manganèse peut générer une coloration à l'eau potable. Il est important de dire qu'une eau présentant une belle couleur n'est pas forcément potable (**MEKRANTER et HABIB, 2017**).

III.1.3. Saveur

Une bonne eau potable à une saveur douce et agréable, une saveur désagréable dans l'eau est généralement conférée par des excès de fer, de manganèse, de chlore actif, de phénol et chlorophenol. Elle se développe de façon plus accrue avec l'augmentation de la température (MEKRANTER et HABIB, 2017).

III.2. Paramètres physico-chimiques

III.2.1. Température

Une température élevée peut favoriser des goûts ou odeur désagréable de plus, elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques et biologiques, influence la croissance bactérienne, dissipe l'effet de désinfectant résiduel et accélère la corrosion. L'activité bactérienne accroit nettement lorsque la température de l'eau s'accroît dépasse 15 C° (BOUGRIOUA et REZZOUG, 2021).

III.2.2. Turbidité

La turbidité, généralement représentée en unités de turbidité néphélométrie (UTN), caractérise la turbulence de l'eau causée par les particules suspendues (telles que l'argile, limon, débris de roche, micro-organismes,...), les précipitations chimiques (comme le manganèse et le fer) et les particules organiques (exp : débris de plante) (RODIER, 2005).

Plusieurs études ont découvert une relation entre la turbidité et la présence de micro-organismes (virus, bactéries et protozoaires) dans l'eau potable. L'énumération microbienne est souvent faible dans l'eau avec une faible turbidité et il y a une bonne association entre le décompte microbien et la turbidité. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (CFPT, 2002).

Tableau 10 présente la clarté de l'eau potable corrélée à sa turbidité.

Tableau 10 : Classe de turbidité usuelle (RODIER et al., 2009).

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

III.2.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH mesure l'acidité ou la basicité de l'eau et il est fonction de l'activité des ions hydrogène H^+ présent dans l'eau. La détermination du pH constitue la mesure de la concentration des hydrogènes dans l'eau. (AROUYA, 2011).

Le tableau 11 donne la classification des eaux selon leur pH.

Tableau 11 : Classification des eaux selon leur pH (DEGREMONT, 2005).

pH	Classe	Remarque
$pH < 5$	Acidité forte	Présence d'acides minéraux ou organiques
$7 < pH < 8$	Neutralité approchée	Majorité des eaux de surfaces
$5,5 < pH < 8$	-	Majorité des eaux souterraines
$pH \geq 8$	Alcalinité forte	Evaporation intense

III.2.4. Conductivité électrique

La capacité de l'eau potable à transporter un courant électrique est appelée conductivité électrique. Cela dépend de la température de l'eau de consommation, de sa charge ionique, de sa capacité d'ionisation et de la quantité de matières dissoutes. La conductivité électrique offre donc des informations sur le niveau de minéralisation de l'eau (RODIER et al., 2009).

Selon (RODIER et al., 2009), La classification eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante :

Conductivité égale 0,05 us/cm : eau déminéralisée.

Conductivité de 10 à 80 us/cm : eau de pluie.

Conductivité de 80 à 100 us/cm : eau minéralisée.

Conductivité de 300 à 500 us/cm : eau moyennement minéralisée.

Conductivité de 1000 à 3000 us/cm : eau saline.

III.2.5. Résidus secs

La détermination des résidus permet d'évaluer la quantité de matières dissoutes et en suspension dans l'eau potable, pour les valeurs inférieures à 600 mg/l, l'acceptation par les consommateurs est excellente. Pour des valeurs supérieures à 1500 mg/l, l'eau potable devient désagréable. Les eaux contenant plus de 500 mg/litre de résidus secs sont trop riches en minéraux pour être consommées quotidiennement. Cela crée un déséquilibre dans notre corps ainsi qu'un excès de minéraux inorganiques dans nos intestins (BART MAES, 2019).

D'après (RODIER et al., 2009), si le taux de résidus à sec est supérieure à 1500 mg/l, il s'agit d'une eau riche en minéraux.

Si ce taux est compris entre 500 et 1500 mg/l, l'eau est moyennement minéralisée. En dessous de 500 mg/l l'eau est dite faiblement minéralisée et en dessous de 50 mg/l. très faiblement minéralisée.

III.2.6. Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases (bicarbonates). Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogencarbonates, de carbonates et d'hydroxydes, leur unité est le degré français (1°F) (RODIER et al., 2009).

III.2.7. Dureté total ou titre hydrotimétrique (TH)

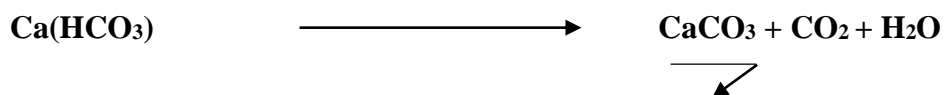
La dureté d'une eau est liée à la nature géologique des terrains traversés et reflète sa teneur en sels de calcium et de magnésium.

La somme des teneurs en calcium et en magnésium est connue sous le nom de dureté totale, ou désignation par le titre hydrotimétrique (TH). Elle est exprimée en degré français (°F) (RODIER et al., 2009).

$$\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{+2}]$$

On peut distinguer différents types de dureté dans l'eau naturelle :

- **La dureté calcique (TH_{Ca})** : qui correspond à la concentration globale de calcium.
- **La dureté magnésienne (TH_{Mg})** : qui correspond à la concentration globale en sels de magnésium.
- **La dureté temporaire** : à cause du bicarbonate de calcium et de magnésium, ainsi nommé parce que la réaction le provoque :



Les eaux douces et agressives (pH acide et TH inférieur à 8°F) peuvent provoquer indirectement des inconvénients pour la santé en permettant la solubilisation d'éléments tels que le plomb, le cadmium, le fer et le cuivre, en particulier lorsque l'eau stagne dans les canalisations (GUILBERT, 2000).

La classification des eaux en fonction de titre alcalimétrique se présente à la manière suivante (**KHEMMAR, 2019**) :

TH de 0 à 7°F : eau très douce.

TH de 7 à 15°F : eau douce.

TH de 15 à 30°F : eau moyennement dure.

TH de 30 à 40°F : eau dure.

TH plus de 40°F : eau très dure.

III.3. Paramètres indicateurs de la pollution chimique

III.3.1. Nitrates (NO_3^-) et Nitrites (NO_2^-)

Les nitrates présents à l'état naturel et soluble dans le sol, pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Mais ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais (**DERRADJI et MECHEHOUD, 2022**).

Dans l'organisme humain, les nitrates se transforment en nitrites. Les nitrites peuvent par la modification des propriétés de l'hémoglobine du sang, empêcher un transport correct de l'oxygène par les globules rouges. Chez les très jeunes enfants (moins de 6 mois), cette maladie appelée méthémoglobinémie provoque des cyanoses parfois sévères. Les femmes enceintes et les nourrissons sont les populations les plus sensibles (**SAGASTA et al., 2018**).

Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/l.

III.3.2. Phosphates (PO_4^{3-})

Les phosphates sont présents dans les cours d'eau naturels à l'état de traces en l'absence d'apport d'oxygène, ils pénètrent dans les eaux de surface (lacs, rivières) et dans les eaux souterraines principalement dans les nappes par la décomposition de la matière organique, rejets industriels, domestiques (détergents) et engrais (**BOUGRIOUA et REZZOUG, 2021**).

Les rejets industriels, le lessivage des terrains agricoles, dégradation de la matière organique sont à l'origine de la présence de phosphate dans l'eau (**MEKRANTER et HABIB, 2017**).

III.3.3. Ammonium (NH_4^+)

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution dans les eaux de surface ou souterraine. En conséquence, c'est un excellent indicateur de la pollution de l'eau causée par des déchets organiques provenant de sources agricoles, domestiques ou industrielles (**DEKHILI, 2022**). Il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à

certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution (**DERRADJI et MECHEHOUD, 2022**).

III.4. Paramètres de la minéralisation globale

III.4.1. Cation

❖ Calcium (Ca^{2+})

C'est un élément important dans l'eau potable et il reflète la dureté de l'eau. Des concentrations de calcium de plus de 200 mg/l diminuent les possibilités d'utilisation d'eau (selon la norme algérienne 2014). Ils jouent un rôle important dans la formation osseuse, des dents et la contraction musculaire. L'insuffisance calcique à long terme est la cause de l'ostéoporose (**MASSICILIA et TAIBI, 2016**).

❖ Magnésium (Mg^{+2})

Les minéraux magnésiens sont moins solubles que les minéraux contenant du calcium. En raison de sa dureté globale et de sa forte concentration en magnésium, l'eau a une saveur amère (**LARIBI et CHEKAOU, 2021**).

❖ Potassium (K^+)

Le potassium est rarement examiné séparément dans l'analyse de l'eau potable. On le trouve abondamment dans la nature sous forme de sels.

❖ Sodium (Na^+)

Le sodium est abondant dans la nature qui ne se produit pas naturellement à l'état naturel mais qui est toujours associé à d'autres éléments chimiques (Chlorure, sulfate). Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau, il ne faut pas qu'il dépasse 200 mg/l selon la norme algérienne 2014, cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtre et prennent un goût désagréable et il est impliqué dans les échanges cellulaires et dans le maintien de l'hydratation du corps.

D'autre part, peut jouer une influence substantielle dans le développement de l'hypertension chez le patient sensible (**BOUGRIOUA et REZZOUG, 2021**).

III.4.2. Anion

❖ Bicarbonates (CO_3^{2-})

Le bicarbonate dans l'eau de consommation est formé par la dissolution spontanée du dioxyde de carbone. Plus la concentration est élevée, plus l'eau est gazéifiée. Les carbonates se trouvent principalement sous forme de HCO_3^- au pH des eaux naturelles (entre 7 et 8), avec des traces d'acide carbonique (ou dioxyde de carbone) et d'ion carbonate (en particulier lorsque le pH est supérieur à 8,3-8,4) (LARIBI et CHEKAOU, 2021).

❖ Chlorures (Cl^-)

La présence de chlorures dans l'eau potable peut être attribuée à des sources naturelles ou accidentelles d'origine industrielle, les rejets humains, infiltration de l'eau au travers de terrain salé. Une concentration élevée de chlorures donne un mauvais goût et accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau (MAHSAS et ZEDDAM, 2011).

❖ Sulfates (SO_4^{2-})

Ils peuvent provenir des argiles et de l'altération des terrains gypseux, et avoir comme origine les matières fécales et les détergents et la présence de sulfates dans l'eau potable peut accélérer la détérioration du réseau de distribution. (MEKRANTER et HABIB, 2017).

Toute fois des concentrations élevées peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez l'enfant) il pénétrant dans les membranes cellulaires et son rapidement éliminer par les raines, et conférer à l'eau potable un gout désagréable (MAHSAS et ZEDDAM, 2008).

III.5. Eléments considérés comme indésirables

❖ Le fer et le manganèse

Dans l'eau naturelle, le fer peut être trouvé sous trois formes : le fer ferreux (Fe^{2+}), le fer ferrique (Fe^{3+}) et le fer complexé avec de la matière organique (acides organiques) et des matières minérales (silicates, phosphates,...). Ce fer complexé se trouve couramment dans les puits et les eaux de surface, où il donne une teinte jaune ou brune (OMS, 2017).

Les inconvénients liés à la présence de fer et de manganèse dans les eaux des nappes souterraines sollicitée en distribution publique ne sont pas essentiellement liés à leur toxicité. Ces éléments présents sous formes dissoutes dans l'eau peuvent s'oxyder dans les canalisations et donner des dépôts rouges et noirs (BEN THAYER et al., 2007).

Bien que, le fer et le manganèse affectent les caractéristiques organoleptiques de l'eau dans laquelle ils se trouvent. (Couleur, goût métallique). Ces deux éléments se trouvent le plus souvent dans l'eau souterraine, bien qu'ils puissent également être trouvés dans les eaux de surface (barrages, réservoirs) (BEN THAYER et al., 2007).

❖ Le cuivre (Cu^{2+})

Des niveaux élevés de cuivre dans l'eau potable peuvent avoir un certain nombre de conséquences graves irritatives ou systémiques sur la santé. L'intoxication au cuivre affecte principalement le système gastro-intestinal (les effets aigus couramment rencontrés, tels que nausées, maux de tête, vertiges, vomissements et, dans une moindre mesure, douleurs abdominales et diarrhée, surviennent rapidement (ATSDR, 2015).

III.6. Les éléments toxiques

❖ Les hydrocarbures

Leur présence dans l'eau est causée par l'activité industrielle humaine (gaz, pétrole, pétrochimie, etc.).

Cependant, quelques microgrammes par litre d'une variété d'hydrocarbures différents, notamment des alkylbenzènes tels que le triméthylbenzène, peuvent donner une odeur gazeuse extrêmement désagréable à l'eau (OMS, 2017).

❖ L'arsenic (As^{3-})

Il est souvent trouvé en quantités extrêmement faibles dans les eaux de surface et a plusieurs sources (Rejets industriels, agriculture etc....). Les premiers signes d'une surdose d'arsenic comprennent des vomissements, des maux d'estomac et de la diarrhée. Ensuite, il y a des agrandissements et des picotements dans les extrémités, des crampes musculaires et dans les cas graves la mort (OMS, 2018).

❖ Zinc (Zn^{2+})

L'eau contient un peu de zinc, qui peut être augmenté lorsqu'il est stocké dans des réservoirs métalliques. En raison des émissions industrielles et des sites d'élimination des déchets toxiques, le niveau de zinc dans l'eau peut atteindre des niveaux pouvant causer des problèmes de santé (ZERDOUDI et SEGOUALI, 2023).

Bien que les concentrations de zinc dans l'eau potable soient rarement supérieures à 0,01 mg/l, les niveaux dans l'eau du robinet peuvent être considérablement plus élevés en raison du zinc contenu dans les systèmes de plomberie galvanisés plus anciens (OMS, 2017).

❖ Le plomb (Pb^{2+})

C'est un métal toxique, il se trouve en très petits niveaux dans l'eau naturelle. C'est un élément extrêmement dangereux pour l'homme qui provoque le saturnisme et les modifications de la fertilité, il passe à travers le corps, s'arrêtant au cerveau, au foie, aux reins, les os et aux yeux. Il est conservé dans les dents et les oreilles ou il s'accumule lentement (OMS, 2020).

III.8. Les paramètres bactériologiques

Ce sont des indices qui permettent la régulation de la qualité bactériologique de l'eau potable, qui est déterminée par la présence ou l'absence d'organismes d'origine intestinale. Une eau potable ne doit contenir aucun germe pathogène qui sont provient de déjection humaine et animale (ADE, 2016).

Parmi les principaux germes recherchés dans l'eau :

❖ Les coliformes thermo-tolérants (coliformes fécaux)

Le principal signe de contamination fécale. Les bactéries coliformes thermo-tolérantes, aérobies et/ou anaérobies vivent généralement dans le gros intestin des animaux à sang chaud et des humains. Plusieurs des coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale et peuvent préviennent d'eau enrichisse de matière organique (effet industriel), il serait plus approprié d'utiliser le terme générique : coliforme thermo-tolérant que celui de coliformes fécaux (CHOUAFA et MUNJOVO GILBERTO, 2022).

Le groupe de coliformes thermo-tolérants comprend 80-90% d'Escherichia-coli.

❖ Les Coliformes totaux

Les eaux quelles que soient leur nature contiennent une multitude des micro-organismes de source divers tels que le sol et la végétation.

Les coliformes totaux sont une famille d'entérobactéries qui comprend des espèces bactériennes qui résident dans le sol, les plantes, l'eau et les intestins des mammifères et les oiseaux. Ce groupe bactérien, qui comprend des bactéries d'origine fécale comme *Escherichia coli*, est utilisé comme jauge de la qualité bactériologique de l'eau (CEAEQ, 2015).

❖ *Escherichia-coli* (E.coli)

Escherichia-coli fait partie du groupe des coliformes thermo-tolérants. Elle est un hôte commun dans nos intestins ainsi que ceux des animaux à sang chaud car il n'existe pas dans l'environnement naturel (ADE, 2016).

Une infection par *E.coli* provoque une diarrhée légère, des crampes d'estomac, des nausées et des maux de tête. Chez les nouveau-nés, la maladie est caractérisée par une diarrhée sévère, persistante, vomissements et fièvre. Les infections sont rares dans les nations industrialisées, mais répandues dans les pays pauvres, où les enfants souffrent de malnutrition, de perte de poids et de croissance bouleversée (OMS, 2017).

❖ Streptocoques fécaux

Les streptocoques ont longtemps été utilisés comme indicateurs de contamination fécale est ces bactéries aérobies ou anaérobies. Ils sont plus résistant face à des conditions environnementales difficiles (pH élevé et forte concentration en sel), que les coliformes mais ils ne se multiplient pas dans l'eau de contamination (ADE, 2016).

❖ Les entérocoques

Les entérocoques sont des bactéries communes et commensales chez l'homme. Ils se trouvent dans la bouche, les voies biliaires et la cavité vaginale, bien que leur emplacement exact soit inconnu. La principale source est toujours le système digestif (BELAID et HOCINE, 2017). Ils sont plus résistants face à des conditions environnementales difficiles (par exemple pH élevé et forte concentration en sel) que les coliformes mais ils ne se multiplient pas dans l'eau. En général, comme il n'y a pas de croissance des entérocoques dans l'eau, ils sont considérés comme des indicateurs de contamination fécale récente (ADE, 2016).

❖ Clostridium sulfito-réducteurs

Lorsque l'eau de consommation est d'origine superficielle ou contaminée par l'eau d'origine de surface, les bactéries sulfiro-reductrices sont l'un des facteurs d'indicateur de quantité qui régissent le fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau potable. Ils poussent dans des environnements anaérobies (sans oxygène), Les spores de ces bactéries sont extrêmement résistantes à la chaleur (ELHADJ et al., 2015).

III.9. Norme de qualité pour l'eau potable

L'eau potable doit répondre à des paramètres chimiques et microbiologiques, indicateurs de qualité qui permet de protéger les consommateurs dont la santé est la plus fragile (GAID, 2022).

Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur.

III.9.1. Paramètres physicochimiques

Selon la législation algérienne (Décret exécutif n° 14-97 du 02 Jumada El Oula 1435 correspondant au 04 mars 2014 portant dissolution de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun), deux valeurs sont définies :

- **valeurs limites** : valeurs maximales fixées pour certains paramètres chimiques, radionucléides et microbiologiques et dont le dépassement constitue un danger potentiel pour la santé des personnes.
- **valeurs indicatives** : valeurs de référence fixées pour certains paramètres organoleptiques et physico-chimiques à des fins de contrôle du fonctionnement des installations de production, de traitement et de distribution d'eau et d'évaluation des risques pour la santé des personnes.

Chapitre III : Les paramètres des eaux potables

Tableau 12 : Paramètres avec valeurs limites et valeurs indicatives selon la norme algérienne (JORA, 2014) et la norme OMS (OMS, 2006).

Paramètres physicochimiques	Norme algérienne	OMS	Effets indésirables
Chlore	-	-	<0.2 Peu efficace sur la désinfection <1, peut entraîner des effets cancérogènes
pH	6.5 – 9	6.5 – 8,5	pH acide, corrosion des conduites pH basique diminue l'efficacité de la désinfection
Température	25°C	25°C	Basse, diminue l'efficacité du traitement Elevée, favorise la croissance microbienne et la formation des THM
Turbidité	5 NTU	-	Protège les micro-organismes contre les effets de la désinfection
Nitrates	50 mg/l	50 mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile
Nitrites	0.1 mg/l	0.2 mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile
Résidu sec	2000 mg/l	-	Goût désagréable
Calcium	200 mg/l	200 mg/l	Entartrage des conduites
Magnésium	150 mg/l	50 mg/l	Combiné au SO ₄ génère goût
Dureté total (TH)	500 mg/l de CaCO ₃	-	Entartrage des conduites. Consommation excessive de savon
Sodium	250 mg/l	150 mg/l	A concentration élevée gêne les hypertendus
Potassium	15 mg/l	12 mg/l	Entraîne goût
Chlorures	600 mg/l	600 mg/l	Saveur désagréable, effet laxatif Corrosion des conduites
Sulfates	400 mg/l	250 mg/l	Trouble gastro-intestinaux, corrosion des conduites
Aluminium	0.2 mg/l	0.2 mg/l	Désordre neurologique
Cuivre	1 mg/l	1 mg/l	Saveur désagréable Tache de linge et la plomberie domestique
Fer	0.3 mg/l	0.2 mg/l	Saveur désagréable Tache de linge et la plomberie, favorise le développement de bactéries
Manganèse	0.05 mg/l	0.04 mg/l	Saveur désagréable Tache de linge et la plomberie, favorise le développement de bactéries
Cadmium	0.05 mg/l	0.05 mg/l	Maladie d'ITAI- ITAI (un affaiblissement des os en raison de l'épuisement des niveaux de calcium. La faiblesse, les fractures et la douleur résultent de cette perte de calcium)
Chrome	0.05 mg/l	0.05 mg/l	Nécrose du foie, néphrite

Chapitre III : Les paramètres des eaux potables

Fluorures	1.5 mg/l	1.5 mg/l	Altération dentaire et fluorose du squelette
Plomb	0.05 mg/l	0.05 mg/l	Saturnisme
Sélénium	0.01 mg/l	0.01 mg/l	Carie dentaire
Arsenic	0.05 mg/l	0.05 mg/l	Trouble gastro-intestinaux, hépatiques et rénaux. Trouble du métabolisme glucido-lipidique

III.9.2. Paramètres bactériologiques

Les paramètres bactériologiques indicateurs de qualité des eaux destinées à la consommation humaines et leurs valeurs limites selon la norme algérienne sont donnés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Paramètres bactériologique avec valeurs limites selon la norme algérienne (JORA. 2014).

Paramètres	Normes algérienne	Méthodes d'analyses	Effets sur la santé et signification
Germes totaux	0/100 ml	Gélose nutritive.	Indicateur d'efficacité du traitement.
Coliformes totaux et fécaux	0/100 ml	Filtration sur membrane et tube multiple.	Gastro-entérite infantile, contamination fécale récente.
Streptocoques fécaux	0/100 ml	Filtration sur membrane et tube multiple.	Contamination fécale récente.
Clostridium sulfitoréducteur	0/20 ml	Filtration sur membrane.	Contamination fécale ancienne.
Escherichia coli	0/100 ml	Filtration sur membrane et tube multiple.	Contamination fécale récente.
Entérocoques	0/100 ml	Filtration sur membrane.	Contamination fécale récente.

Chapitre IV :
Matériels et
méthodes

IV.1. Présentation de lieu de stage, Algérienne Des Eaux ADE

ADE ou Algérienne Des Eaux, est une entreprise avec un accent industriel et commercial, qui fournit de l'eau potable à la population. L'eau potable peut être produite, déplacée, stockée et distribuée par l'ADE à la fois au grand public et aux régions les plus lointaines de la nation. L'ADE assure la collecte de la ressource d'eau et son transport vers 91 stations de traitement sur le territoire nationale, où elle est rendue potable avant d'être dispersée à travers les 7 543 réservoirs de stockage avec lesquels l'ADE est équipée. Il est composé de 4 065 forages, 351 sources et 1792 stations de pompage.

Sachons que l'eau produite et fournie par l'ADE dans le territoire nationale provient de trois sources principales et avec un pourcentage déférent : les eaux souterraines à 45%, l'eau de surface à 39% et l'eau dessalée à 16%.

IV.2. Mission de l'Algérienne Des Eaux

- Le service public de l'eau potable visant à assurer la disponibilité de l'eau aux citoyens.
- L'exploitation (gestion et maintenance) des systèmes et installation permettant la production, le traitement, le transfert, le stockage et la distribution de l'eau potable et industrielle.
- La normalisation et la surveillance de la qualité de l'eau distribuée.
- La maîtrise d'ouvrages et la maîtrise d'œuvre pour son propre compte et/ou des collectivités locales.
- L'initiation de toute action visant l'économie de l'eau (lutte contre le gaspillage).

IV.3. Algérienne Des Eaux A.D.E : unité de Boumerdes

L'Algérienne Des Eaux A.D.E, unité de Boumerdes gère 32 communes: Khemis El Khechna, Larbaatache, Ouled Moussa, Hammadi, Boudouaou, Ouled Heddadj, Kherrouba, Kaddara, Boudouaou El Bahri, Boumerdes, Corso, Tidjelabine, Zemmouri, Thenia, Si-Mustapha, Souk El Hade, Beni Amrane, Bordj Menail, Naceria, Cap Djinat, Tiimzrit, Isser, Chabet El Ameer, Dellys, Ben Choud, Afir, Baghlia, Sidi Daoud, Taourga, Ouled Aissa, Legata, Ammel.

La production moyenne journalière est de **167000 m³/j** répartie par origine de ressource comme suite :

- Eaux de surfaces : Barrage de Keddara (SPIK) et Barrage de Taksebt (SPET), soit **50000 m³/j.**
- Eaux souterraines : Forages et sources, soit **67000 m³/j.**
- Eaux dessalées : l'usine de dessalement de Cap Djinet (SDEM), soit **50000 m³/j.**

L'unité de Boumerdes possède **131** forages, **02** sources, **319** réservoirs avec capacité de stockage **269000 m³**, **88** stations de pompage et **01** usine de dessalement avec longueur réseau de distribution **1923 Km.**

L'unité de Boumerdes est composée de **08** centres (Figure 09) : Dellys, Bordj-Menail, Isser, Baghlia, Thenia, Boumerdes, Khemis el Khechna et le centre de Boudouaou, ce dernier est l'endroit où nous avons effectué notre stage (figure 10). Cette unité est incluse dans la zone de Tizi-Ouzou

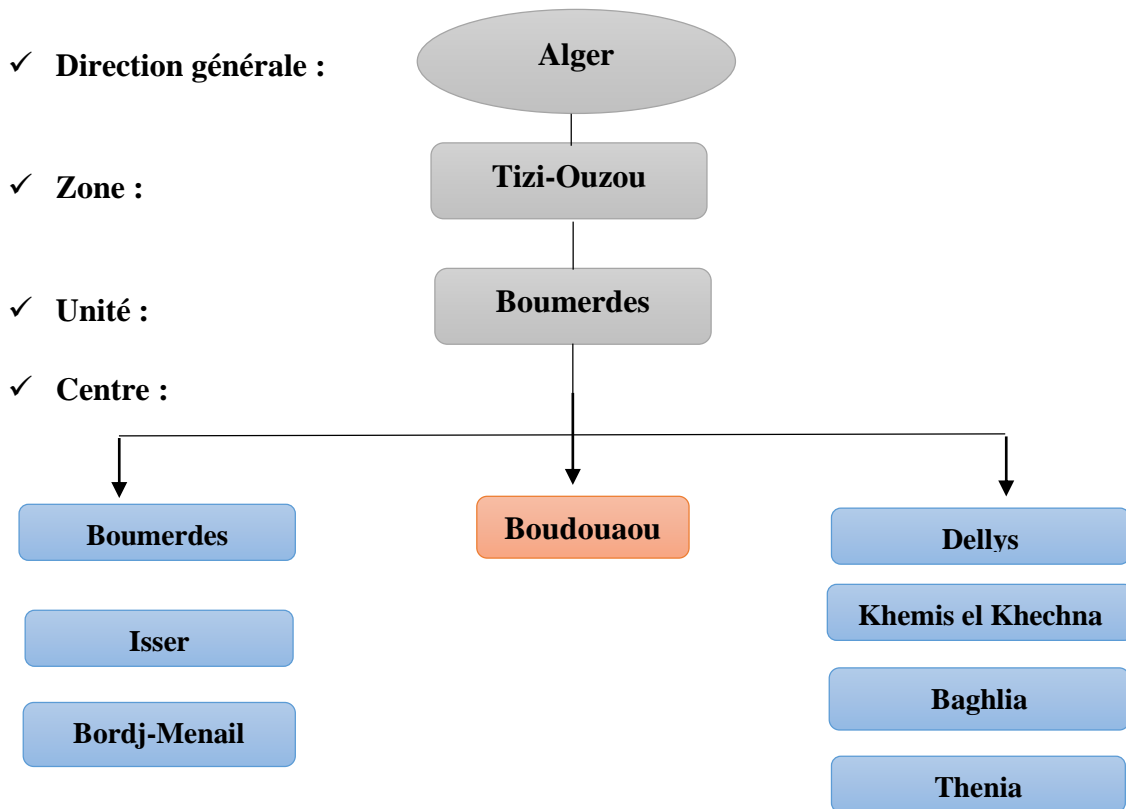


Figure 09 : Présentation de l'unité de Boumerdes.



Figure 10 : Photo aérienne de localisation du centre de Boudouaou, unité de Boumerdes (GOOGLE MAPS 2023).

L'unité de Boumerdes est organisée comme suit :

- Directeur d'Unité (DU).
- Département communication (DC).
- Assistant Chargé de la Sécurité (ACHS).
- Secrétariat (SEC).
- Département Ressource Humaine (DRH).
- Département Administration et Moyens (DAM).
- Département Exploitation (DEX).
- Département Commercial (DC)
- **Département Laboratoire (D LABO).**

Les détails de l'unité de Boumerdes, de sa direction et de ses départements sont donnés en annexe I.

L'unité de Boumerdes est équipée d'un laboratoire d'analyse qui contrôle la qualité de l'eau potable, sur le plan physico-chimique et bactériologique, stockée dans les réservoirs, les châteaux d'eau et distribuée aux abonnés et également contrôle les eaux brutes des forages et barrages qui alimentent ces réservoirs et châteaux d'eaux. Ce laboratoire de l'unité est localisé a Boudouaou « cité Ben Adjel » (Figure 11).



Figure 11 : Photo du laboratoire de l'unité de Boumerdes.

IV.4. Points de prélèvements d'eau

IV.4.1. Les eaux souterraines (les forages)

Les forages gérés par le centre de Boudouaou sont au nombre de sept (07) qui sont :

- Les forages **02, 03, 05 et 06** sont localisés dans la région de **Boudouaou** (Figure 12),
- Les forages **05 et 10** sont situés dans la région de **Boudouaou El Bahri** (Figure 13),
- Les forages **05 et 07** sont situés dans la région d'**Oued Heddadj** (Figure 14).



Figure 12 : Photo aérienne de localisation du forage 02 dans la région de Boudouaou (GOOGLE MAPS 2023).

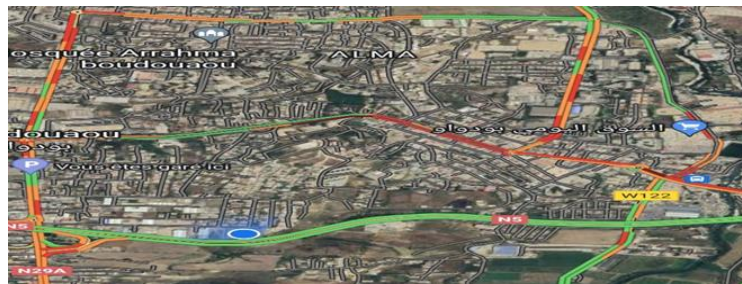


Figure 13 : Photo aérienne de localisation des forages dans la région de Boudouaou El Bahri (GOOGLE MAPS 2023).



Figure 14 : Photo aérienne de localisation des forages 05 et 07 dans la région d'Oued Heddadj (GOOGLE MAPS 2023).

IV.4.2. Les eaux de surface

IV.4.2.1. Station de traitement monobloc Kharouba –Boudouaou-

L’approvisionnement de la station de traitement monobloc (Figure 15) provient d’un réservoir d’eau brute de capacité **500 m³** alimenté par l’eau de surface (eau brute) du barrage de Kaddara (SPIC) (Figure 19). La station à une capacité de production de **180 m³/h** d’eau traité, cette installation est destinée à l’approvisionnement en eau potable de la commune de Kharouba et commune de Keddara (Figure 18).

Les prélèvements d’échantillons d’eau sont effectués dans la station de traitement monobloc (Figure 15) dans quatre points qui représentent :

- Eau brute de barrage Kheddara.
- Eau décantée.
- Eau filtrée (Figure 16).
- Eau traitée (Figure 17).



Figure 15 : Photo de la station de traitement monobloc Kharouba –Boudouaou.



Figure 16 : Photo du robinet d’eau filtrée.



Figure 17 : Photo du robinet d’eau traitée.



Figure 18 : Vu satellite de la station de traitement monobloc Kharouba –Boudouaou (GOOGLE MAPS 2023).



Figure 19 : Vu satellite du barrage Keddara -Boudouaou (GOOGLE MAPS 2023).

IV.4.2.2. Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL)

La station de traitement de Boudouaou peut stocker jusqu'à **100.000 m³/j** d'eau traitée à partir de l'eau de surface (eau brute) du barrage de Kaddara (SPIC) et Tizi-Ouzou (SPET). L'eau comporte une chaîne de traitement, suivie d'un contrôle quotidien à l'entrée et à la sortie de la station avant d'être distribuée aux consommateurs.

Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué dans la station dans l'eau traitée de barrage de Tizi-Ouzou (SPET).



Figure 20 : Vu satellite de la station de Boudouaou SEAAL (GOOGLE MAPS 2023).

IV.4.3. Ouvrages hydrauliques

IV.4.3.1. Réservoir Kherrouba

Ce réservoir a une capacité de stockage d'eau de 1000 m³ (Figure 21), il est alimenté par l'eau traitée de la station de traitement monobloc Kharouba.

Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué à la sortie du réservoir.



Figure 21 : Photo de réservoir Kherrouba 1000m³.

IV.4.3.2. Réservoir de la station de reprise 01 Djalloula (SR 01)

Ce réservoir a une capacité de stockage d'eau de 300m³ (Figure 23), il est alimenté par l'eau traitée de la station de traitement monobloc. Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué à la sortie du réservoir.



Figure 22 : Photo de réservoir SR 01 Djalloula.

IV.4.3.3. Réservoir de la station de reprise Bennourah (SR 02)

Ce réservoir a une capacité de stockage de 100m³ (Figure 23), il est alimenté par l'eau traitée de la station monobloc. Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué à la sortie du réservoir.



Figure 23 : Photo de réservoir SR 02 Bennourah.

IV.4.3.4. Réservoir Keddara

Ce réservoir a une capacité de stockage de 500m^3 (Figure 24), il est alimenté par réservoir de Bennourah SR 02. Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué à la sortie du réservoir.



Figure 24 : Photo de réservoir Keddara.

IV.4.3.5. Château d'eau Hlaimia (1000 m^3)

Ce château d'eau à une capacité de stockage de 1000 m^3 , il est alimenté par l'eau traitée de la station de traitement de Boudouaou SEAAL du mélange des eaux brutes de barrages Keddara et Taksebt de Tizi-Ouzou. Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué dans la sortie du château d'eau.



Figure 25 : Photo du château d'eau Hlaimia 1000 m^3 .

IV.4.3.6. Château d'eau Hlaimia (500 m³)

Ce château à une capacité de stockage de 500 m³, il est alimenté par les eaux stockées dans le château d'eau Hlaimia 1000m³ et les eaux de forage de Boudouaou (02). Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué dans la sortie du château d'eau.



Figure 26 : Photo du château d'eau Hlaimia 500 m³.

IV.4.3.7. Réservoir de la station de pompage Bentorkia

Il est alimenté par les eaux de forage de Boudouaou (05) après la chloration, ce réservoir à une capacité de stockage de 500m³. Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué à la sortie du réservoir.

IV.4.3.8. Réservoir de la station de pompage Benmerzouga

Il est alimenté par les eaux de forage de Boudouaou (03). Ce réservoir à une capacité de stockage de 500m³. Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué à la sortie du réservoir.

IV.4.3.9. Réservoir de la station de pompage Boudouaou El Bahri

Il est alimenté par l'eau traitée de la station de traitement de Boudouaou SEEAL du mélange des eaux brutes de barrages Keddara et Taksebt de Tizi-Ouzou et les eaux des forages de Boudouaou El Bahri (05 et 10). Ce réservoir à une capacité de stockage de 1000m³. Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué à la sortie du réservoir.



Figure 27 : Photo de station de pompage Boudouaou El Bahri.

IV.4.3.10. Réservoir de la station de pompage d'Ouled Heddadj

Il est alimenté par l'eau traitée de la station de traitement de Boudouaou SEAAL du mélange des eaux brutes de barrages Keddara et Taksebt de Tizi-Ouzou et les eaux de forages d'Ouled Heddadj (05 et 07). Ce réservoir a une capacité de stockage de 1000m³. Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué à la sortie du réservoir.



Figure 28 : Photo de station de pompage d'Ouled Heddadj.

IV.4.4. Consommateurs

IV.4.4.1. Polyclinique Kherrouba

La polyclinique Kherrouba (Figure 29) est située dans la ville de Kherrouba, il est alimenté par le réservoir de Kharouba (1000 m³).

Les prélèvements d'échantillons d'eau sont effectués au niveau de l'arrivée de l'eau du réseau de distribution (Figure 30).



Figure 29 : Photo de polyclinique Kherrouba.

Figure 30 : Photo de l'arrivée d'eau.

IV.4.4.2. Lycée Abdelaziz El Kbir Kherrouba

Le lycée Abdelaziz El Kbir Kherrouba (Figure 31) situé dans la ville de Kherrouba, il est alimenté par le réservoir de Kharouba de 1000 m³. Les prélèvements d'échantillons d'eau sont effectués dans trois points qui représentent :

- L'arrivée de l'eau du réseau de distribution (Figure 32).
- L'eau stockée dans la citerne.
- L'eau stockée dans la bache à eau (Figure 33).



Figure 31 : Photo le lycée Abdelaziz El Kbir. **Figure 32 :** Photo de l'arrivée d'eau.



Figure 33 : Photo de la bache à eau.

IV.4.4.3. CEM Ahmed el Kbir Keddara

Le CEM Ahmed el Kbir Keddara (Figure 34) est situé dans la ville de Keddara et il est alimenté par le réservoir de Kharouba 500 m³, Les prélèvements d'échantillons d'eau sont effectués dans deux points qui représentent :

- L'arrivée de l'eau du réseau de distribution.
- L'eau stockée dans la citerne (Figure 35).



Figure 34 : Photo du CEM Ahmed el Kbir Keddara.



Figure 35 : Photo de l'arrivée d'eau.

IV.4.4.4. Café Bentorkia

Il est alimenté par l'eau traitée de la station de pompage Bentorkia et les eaux de forage de Boudouaou (05) après la chloration. Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué dans le robinet d'arrivée d'eau du réseau de distribution.

IV.4.4.5. Lycée Lala Fatma N'soumer Hlaimia Boudouaou

Le lycée Lala Fatma N'soumer (Figure 36) est situé dans la ville de Hlaimia, il est alimenté par l'eau stockée dans le château Hlaimia (500m³).

Les prélèvements d'échantillons d'eau sont effectués dans deux points :

- L'arrivée de l'eau du réseau de distribution (Figure 37).
- L'eau stockée dans la citerne (Figure 38).



Figure 36 : Photo de Lycée Lala Fatma N'soumer –Hlaimia- Boudouaou.



Figure 37 : Photo de l'arrivée d'eau.



Figure 38 : Photo d'eau de citerne.

IV.4.4.6. CEM Moussa Bnounossair

Le CEM Moussa Bnounossair (Figure 39) est alimenté par l'eau stockée dans le château Hlaimia (500m³). Les prélèvements d'échantillons d'eau sont effectués dans deux points et qui représentent :

- L'arrivée de l'eau du réseau de distribution (Figure 40).
- L'eau stockée dans la citerne (Figure 41).



Figure 39 : Photo de CEM Moussa Bnounossair.



Figure 40 : Photo de l'arrivée de l'eau.



Figure 41 : Photo d'eau de citerne.

IV.4.4.7. Résidence l'universitaire de Boudouaou El Bahri

La résidence de l'université de Boudouaou El Bahri (Figure 42) est située dans la ville de Boudouaou el Bahri et elle est alimentée en eau par le réservoir Boudouaou El Bahri.

Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué dans le robinet de l'arrivée de l'eau.



Figure 42 : Photo de la résidence de l'université de Boudouaou El Bahri.

IV.4.4.8. CEM Moussaoui Moussa

Le CEM Moussaoui Moussa (Figure 43) est situé dans la ville de Boudouaou el Bahri, il est alimenté en eau par le réservoir Bahri. Les prélèvements d'échantillons d'eau sont effectués dans deux points et qui représentent :

- l'arrivée de l'eau du réseau de réseau (Figure 44).
- L'eau stockée dans la bache à eau (Figure 45).



Figure 43 : Photo de CEM Moussaoui Moussa.

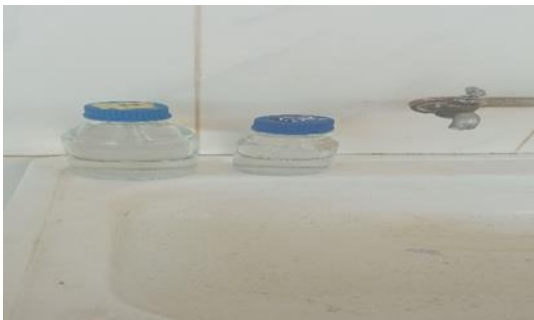


Figure 44 : Photo de l'arrivée d'eau.



Figure 45 : Photo de la bache à eau.

IV.4.4.9. La gendarmerie d'Ouled Heddadj

Elle est alimentée en eau par la station de pompage d'Ouled Heddadj. Le prélèvement d'échantillon d'eau est effectué dans le robinet d'arrivée d'eau du réseau de distribution.

IV.4.4.10. Ecole Salem Allam

L'école Salem Allam (Figure 47) est située dans la ville d'Ouled Heddadj, est alimentée en eau par la station de pompage d'Ouled Heddadj. Les prélèvements d'échantillons d'eau sont effectués dans deux points :

- L'arrivée de l'eau du réseau de distribution (Figure 48).
- L'eau stockée dans la citerne (Figure 49).



Figure 46 : Photo d'école Salem Allam.



Figure 47 : Photo de l'arrivée de l'eau du réseau.



Figure 48 : Photo des citernes.

IV.5. Calendrier de prélèvement

Le prélèvement des échantillons d'eau se fait selon le planning établi par le laboratoire de l'unité de Boumerdes. Le calendrier de prélèvement est représenté dans le tableau 10.

Tableau 10 : Calendrier de prélèvement pour le centre de Boudouaou.

Point de prélèvement	Nombre de fois de prélèvement.	La période de prélèvement
Forages	1 à 2 fois/an (analyse chimique complète)	Mars 2023
Station de traitement monobloc Kharouba	1 à 2 fois/semaine (analyse chimique quotidienne)	Mai 2023
Réservoir et/ou château d'eau	1 à 2 fois/an (analyse chimique complète) 1 à 2 fois/semaine (analyse chimique quotidienne)	Mai 2023
Abonnées	1 à 2 fois/an (analyse chimique complète) 1 à 2 fois/semaine (analyse chimique quotidienne)	Mai 2023

- ✓ L'analyse physico-chimique complète inclus les mesures des paramètres physicochimiques, des paramètres de minéralisation globale et des paramètres indésirables.

- ✓ **L'analyse quotidienne** inclus seulement la mesure de la température, la turbidité, le pH, la conductivité électrique, les phosphates, l'ammonium et nitrites et le chlore résiduel libre.

IV.5.1. Prélèvement d'échantillons d'eau potable destinés aux analyses physico-chimiques

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles de 1000 ml en verre ou en polyéthylène (Figure 49). La bouteille est rincée plusieurs fois avec l'eau à analyser puis remplie avec l'eau à analyser. Pour l'analyse de Fer, les bouteilles doit contenir quelque millilitre de l'acide nitrique concentré pour préserver le Fer puis remplie avec l'eau à analyser.

Au moment de prélèvement, ouvrir le robinet, laisser l'eau couler pendant environ 05 minutes.



Figure 49 : Photo des bouteilles de 1000 ml en verre.

IV.5.2. Prélèvement d'échantillons d'eau destinés aux analyses bactériologiques

Les échantillons d'eau pour des analyses visant à détecter la présence des micro-organismes, sont prélevés dans des bouteilles de 250 ml en verre ou en polyéthylène stérilisées, sèches et fermées. Les flacons sont remplis au $\frac{3}{4}$ l'eau à analyser. Avant d'effectuer le prélèvement de l'échantillon, on procède à la stérilisation du robinet en utilisant une tige en fer enrobée de coton imbibé d'éthanol à 90%.

La stérilisation des flacons se fait dans un autoclave en le maintenant à une température de 120 C° pendant au moins 15 minutes (Figure 50).



Figure 50 : Photo des bouteilles de 250 ml en verre stériles.

IV.6. Transport et conservation des échantillons

Pour faciliter le travail de l'analyste et exploiter des résultats tout en évitant les erreurs, les bouteilles sont soigneusement étiquetées et transmises sans retard au laboratoire. Sur l'étiquette, la date, le numéro et l'endroit où l'échantillon sera pris, sont inscrits. Si le transport doit dépasser une heure, il faut utiliser la glacière (une boîte isotherme munie d'éléments réfrigérants, de température de 4 °C) (Figure 51).



Figure 51 : Photo des glacières pour conservation et transport des échantillons d'eau potable.

IV.7. Mesures et Analyses

IV.7.1. Méthodes d'analyses physico-chimiques

Les techniques analytiques utilisées pour la détermination des paramètres physico-chimiques sont citées ci-dessous.

Les solutions qui ont servi pour le dosage des substances chimiques sont disponibles dans l'annexe II.

IV.7.1.1. Mesure du chlore

La détermination du chlore a été effectuée sur le terrain par la méthode colorimétrique en utilisant un comparateur de chlore de marque **CHEKIT LOVIBOND147010**.

Dans un tube à essai de 10 ml contenant l'eau à analyser, on ajoute une pastille du réactif DPD N°1 (Diprophyl-phénylène diamine) et on mélange l'échantillon pour avoir un colorant rouge violet (Figure 52). La lecture est effectuée avec un comparateur de couleur en tournant le disque jusqu'à obtenir une correspondance exacte de couleur entre l'étalon coloré et le tube traité. Les résultats sont exprimés en mg/l de Cl₂.



Figure 52 : Photo de comparateur de chlore de marque CHEKIT LOVIBOND147010.

IV.7.1.2. Détermination du pH (NF 751)

Le pH a été mesuré avec un pH mètre électro métrique de type Sension3 HACH (Figure 53).

➤ **Mode opératoire :**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- Puis noter le pH.
- L'électrode doit rester tromper dans du KCl à 3 mol/l

➤ **Expression des résultats**

Les mesures sont exprimées en unités de pH, à la température de 25 °C.



Figure 53 : Photo de pH mètre de type Sension3-HACH.

IV.7.1.3. Détermination de la conductivité (NA 749)

La conductivité électrique a été mesurée avec un conductimètre de type Session 7 HACH (Figure 54).

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- Puis noter la conductivité.
- La température est automatiquement corrigée par l'appareil de mesure.

➤ **Expression des résultats**

L'unité de la conductivité électrique est exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S/cm}$) à la température de 25 °C.



Figure 54 : Photo de conductimètre de type Sension7-HACH.

IV.7.1.4. Détermination de la turbidité (ISO 7027, 1999)

La turbidité a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre de type 2100N HACH (Figure 55).

➤ **Mode opératoire**

- Remplir une cuvette de mesure propre avec l'eau à analyser.
- Mettre la cuvette dans l'appareil de mesure et cliquer sur ENTRER.
- L'appareil affiche directement le résultat en NTU.
- Noter le résultat de la turbidité.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en NTU (Nephelometric Turbidity Units).



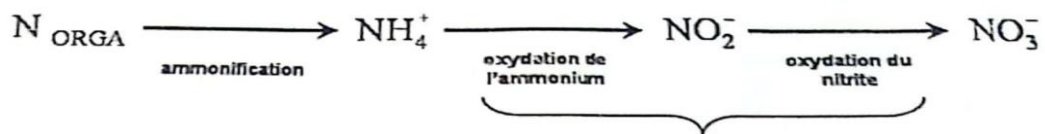
Figure 55 : Photo de turbidimètre de type 2100N-HACH.

IV.7.1.5. Dosage des nitrites par spectrométrie d'absorption moléculaire (NO₂⁻) (ISO 6777 NA 1657)

➤ Principe

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1.9, avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide). Mesurage de l'absorbance à 540 nm.

Les teneurs en nitrite peuvent être déterminés sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 0,02 et 0,8 mg/l de nitrite.



➤ Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'échantillon de l'eau à analyser dans une fiole jaugée.
- Ajouter 1 ml du réactif mixte et attendre au moins 20 mn.
- L'apparition de la coloration rose (Figure 56) indique la présence des ions nitrites.
- Mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde (540 nm).
- Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités des réactifs mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des nitrites.

La courbe d'étalonnage des nitrites est présentée à l'annexe III.



Figure 56 : Photo de dosage des nitrites.

IV.7.1.6. Dosage des nitrates par spectrométrie d'absorption moléculaire (Norme Afnor T90-012)

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

Les teneurs en nitrate peuvent être déterminés sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 0,1 et 1 mg/l de nitrate.

➤ Mode opératoire

- Introduire 10 ml d'eau à analyser dans des capsules en porcelaine.
- Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de sodium à 30%.
- Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium à 0.5 %.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C.
- Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré.
- Laisser reposer 10 minutes.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.
- L'apparition de la coloration jaune (Figure 57) indique la présence des ions de nitrates.
- Faire la lecture au spectromètre UV-Visible (**HACH**) à la longueur d'onde de 415 nm.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV-Visible en mg/l des nitrates.



Figure 57 : Photo de dosage des nitrates.

IV.7.1.7. Dosage de l'ammonium par spectrométrie d'absorption moléculaire (ISO 7150/1)

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

Les teneurs en ammonium peuvent être déterminés sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 0,02 et 1 mg/l d'ammonium (NH_4).

➤ **Mode opératoire**

- Prélever 40 ml de l'eau à analyser dans erlenmeyer.
- 4 ml du réactif coloré homogénéisé.
- 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser. Après au moins 60 mn et attendre le développement de la couleur vert (Figure 58).
- Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655nm.

➤ **Expression des résultats**

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



Figure 58 : Photo de dosage d'ammonium.

IV.7.1.8. Dosage des phosphates par spectrométrie d'absorption moléculaire (ISO 6878/1, 1998)

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré bleu qui présente une valeur maximale d'absorption importante à 880 nm.

Les teneurs en phosphate peuvent être déterminés sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 0,1 et 0,9 mg/l de phosphate.

➤ **Mode opératoire**

- Introduire 40 ml d'eau à analyser une fiole jaugé.
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique de concentration 100 g/l et 2mL de réactif mélange dans une fiole jaugé de 50 ml.
- Compléter le volume avec l'eau distillée jusqu'à le trait de jauge.
- Laisser au repos pendant 30 min.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des phosphates.
- Effectuer les mesures spectrophotométries à la longueur d'onde de 880 nm.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l de phosphate.

La courbe d'étalonnage des phosphates est présentée à l'annexe III.

IV.7.1.9. Dosage des résidus secs (Norme NA 6945)

La détermination des résidus secs permet d'estimer la teneur en matière dissoutes et en suspension d'une eau.

➤ **Mode opératoire**

- Nettoyer la capsule à l'acide chlorhydrique (HCl) ou à l'acide nitrique (HNO₃) dilué.
- La sécher par passage à l'étuve, puis la calciner dans le four réglé à 525 °C.
- Laisser refroidir presque jusqu'à la température ambiante puis placer dans un dessiccateur pendant 1/4 d'heure et peser.
- Prélever 25 ml d'eau a analysé dans un bécher.

- Placer l'étuve à 180°C pendant 4 heures (Figure 59), puis laisser refroidir pendant 15 min au dessiccateur, puis on pèse immédiatement l'échantillon.

➤ **Expression des résultats**

Le résidu sec à 180°C, exprimé en milligramme par litre, est donné par l'expression :

$$(M_1 - M_0) * 1000 / V$$

Soient :

V Le volume, en millilitres, de la prise d'essai.

M₀ La masse, en milligramme de la capsule vide.

M₁ La masse en milligramme, de la capsule et de son contenu après étuvage 180°C.

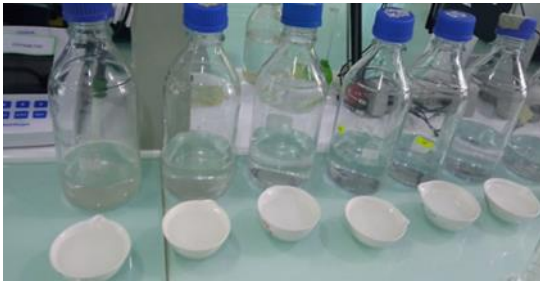


Figure 59 : Photo de dosage des résidus secs.

IV.7.1.10. Dosage des chlorures-titrage au nitrate d'argent avec du chromate de potassium (Méthode de mohr- (ISO 9297-NA 6917))

➤ **Principe**

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

➤ **Mode opératoire**

- Introduire 100 ml de l'eau à analyser dans l'erlenmeyer, placé sur un fond blanc.
- Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium de concentration 100g/l et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent de concentration 0,02 mol/l jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre (Figure 61).
- Après addition d'une goutte de solution de chlorure de sodium de concentration 0,02 mol/l cette coloration doit disparaître.

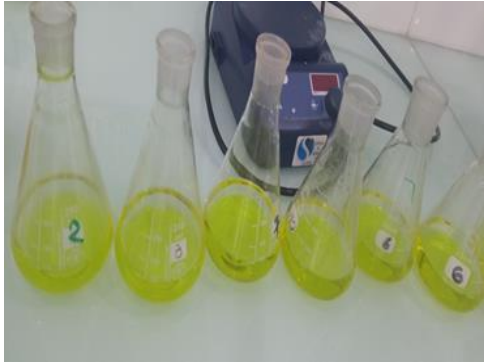


Figure 60 : Photo avant le virage de couleur.



Figure 61 : Photo de virage de couleur.

➤ **Expression des résultats**

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

$$P_{Cl} = \frac{(V_s - V_b)}{V_a} C.F$$

Où

P_{Cl} : est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

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

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

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

C : est la concentration réelle exprimée en moles d' $AgNO_3$ par litre, de la solution de nitrate d'argent à 0,02 mol/l.

F : est le facteur de conversion $f=35453$ mg/mol.

IV.7.1.11. Dosage du Calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+}) par E.D.T.A (ISO 6059)

➤ **Principe**

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A de concentration 0,02 N à pH compris entre 12-13. Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE. L'E.D.T.A réagit tout d'abord avec les ions de calciums libres, puis avec les ions calcium combiné avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violet.

• **Dosage du Calcium (Ca^{2+})**

➤ **Mode Opérateur de Ca^{2+}**

- Prendre 50 ml d'eau à examiner dans un erlenmeyer de 100 ml.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2N.
- Ajouter du l'indicateur coloré Murexide et la couleur devient rose (Figure 62).
- Titrer avec l'E.D.T.A à 0,02N jusqu'au virage violet (Figure 63).
- Noter le volume d'EDTA versé.



Figure 62 : Photo avant le virage.



Figure 63 : Photo de virage de couleur.

• **Dosage du magnésium (Mg^{2+})**

➤ **Mode Opérateur- Mg^{2+}**

- Prendre 50 ml d'eau à examiner dans un erlenmeyer de 100ml.
- Ajouter 2 ml de NH_4OH de concentration 2N (pH 10,1).
- Ajouter l'indicateur coloré Noir Eriochrome, la couleur devient violet (Figure 64).
- Titrer avec l'E.D.T.A à 0,02N jusqu'au virage (Bleu) (Figure 65).
- Noter le volume d'EDTA versé.



Figure 64 : Photo avant le virage.



Figure 65 : Photo de virage de couleur.

➤ **Expression des résultats**

La concentration totale en ions calcium et magnésium (Ca^{2+} et Mg^{2+}), exprimée en °F (degré Français) est donnée par la formule :

$$\text{TH} = V_2 \times 2 \times F \times F_c$$

Où :

TH : dureté exprimée en °F.

V₂ : est le volume, en millilitres, d'échantillon dosé.

F_c : facteur de correction.

F : facteur de dilution.

Le facteur de correction F_c est égal à :

$$F_c = \frac{\text{volume verse}}{\text{volume theorique (12,5 ml)}}$$

Si : $0,96 \leq F_c \leq 1,04$, alors la solution d'EDTA est utilisable pour le dosage.

IV.7.1.12. Dosage du manganèse-Méthode au persulfate d'ammonium

➤ **Principe**

Le Manganèse est oxydé en permanganate à l'aide de persulfate d'ammonium en présence de nitrate d'argent. Le permanganate ainsi formé est dosé colorimétriquement à la longueur d'onde de 525 nm.

➤ **Mode opératoire**

- Verser 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher.
- Ajouter 5 ml d'acide nitrique à 69 %.
- Puis 5 ml de solution de nitrate de mercure à 0,1 N.
- Agiter soigneusement.
- Ajouter 0,5 ml de nitrate d'argent de concentration 100g/l.
- Placer l'échantillon sur la plaque chauffante à ébullition durant environ 5 min.
- Retirer de la plaque.
- Ajouter 1 ml d'acide phosphorique concentré à 85%.
- Puis 10 ml de persulfate d'ammonium à 10%.
- Replacer de nouveau sur la plaque chauffante à ébullition durant environ 10 mn (Figure 66).
- Laisser refroidir.
- Effectuer les lectures spectrométriques à la longueur d'onde de 525 nm.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l de Manganèse.

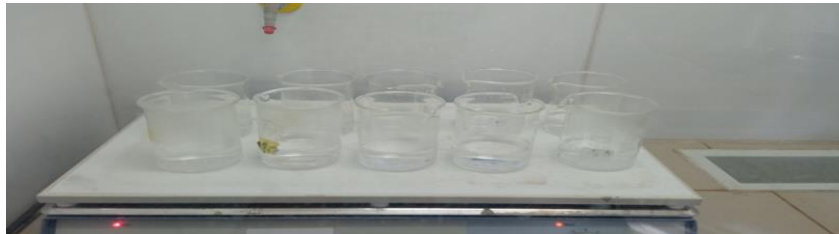


Figure 66 : Photo de dosage du manganèse.

IV.7.1.13. Dosage du Fer par spectrométrie d'absorption moléculaire (ISO N° 6332.1988/F)

➤ **Principe**

Addition d'une solution de phénanthroline-1,10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge à une longueur d'onde d'environ 510 nm.

Pour le dosage du fer total et du fer total dissous du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le fer III en fer II.

Si du fer non dissous, des oxydes de fer ou des complexes du fer sont présents, un prétraitement est nécessaire pour mettre ces composés en solution.

Le complexe fer II -phénanthroline-1,10 est stable dans l'intervalle de pH de 2,5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fer II présent. La relation entre la concentration et l'absorbance est linéaire jusqu'à une concentration de 5 mg de fer par litre. Le maximum d'absorbance se situe à environ 510 nm.

Les teneurs en Fer peuvent être déterminés sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 0,2 et 1,08 mg/l de Fer.

➤ **Mode opératoire**

- Verser 40 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml.
- Ajouter 1 ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine de concentration 100 g/l et mélanger soigneusement.
- Ajouter 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH compris entre 3,5 et 5,5 de préférence 4,5.
- Ajouter enfin 2 ml de la solution de phénanthroline-1,10 compléter à 50 ml puis conserver les fioles à l'obscurité pendant 15 minutes (Figure 67).
- Un blanc est préparé de la même manière que la solution standard.
- L'échantillon destiné au dosage, et lui aussi, traité comme pour les standards et le blanc.
- Effectuer les lectures spectrométriques à la longueur d'onde de 510 nm.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du Fer.

La courbe d'étalonnage de Fer est présentée à l'annexe III.

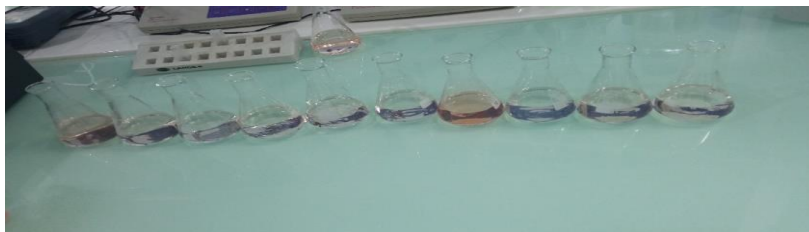
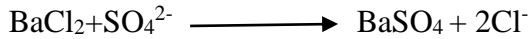


Figure 67 : Photo de dosage du Fer.

IV.7.1.14. Dosage des sulfates (RODIER, 2006)

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



Les teneurs en sulfate peuvent être déterminés sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 10 et 70 mg/l de sulfate.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml avec d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum à 0.01N et la couleur devient gris (Figure 68).
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des sulfates.

La courbe d'étalonnage des sulfates est présentée à l'annexe III.

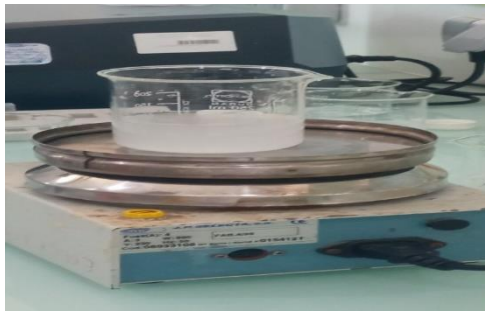


Figure 68 : Photo de dosage des sulfates.

IV.7.1.15. Dosage de l'alcalinité (HCO₃⁻) (NF T90-036)

➤ **Principe**

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH=8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser.

➤ **Mode opératoire**

- Verser 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher de 250 ml.

Rincez bien l'électrode avec de l'eau distillée.

- Plonger l'électrode dans le bécher (Figure 69).
- Noter son pH puis titre avec HCl 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH = 4,3.



Figure 69 : Photo de dosage de l'alcalinité (HCO_3^-).

➤ **Expression des résultats**

Quand le pH= 4,3 noter le volume d'acide ajoute VA.

Donc : HCO_3^- (mg/l) = VA * M (HCO_3^-)

IV.7.1.16. Dosage de sodium/potassium par le photomètre à flamme (ISO 9964/3)

La nébulisation d'une émulsion par une flamme provoque une excitation des atomes. Lorsque ces particules reviennent à leur niveau d'origine, elles restituent leur excès d'énergie sous forme de photons. Les photons émis produisent un flux lumineux avec une longueur sur axe unique à chaque composant. Il est envoyé au détecteur par des filtres différentiels.

L'intensité du flux lumineux est proportionnelle à la concentration de l'élément à examiner dans l'échantillon dans des limites spécifiques. L'échantillon doit être présenté dans la flamme sous la forme d'un nébulisât afin que l'eau s'évapore immédiatement.

➤ **Mode opératoire**

- Allumer le spectrophotomètre à flamme (Figure 70) à l'aide de bouton power.
- Ouvrir la bouteille de gaz.
- Régler la concentration à 10 g/l dans le spectrophotomètre à flamme avec la solution de potassium/sodium (Figure 71).
- Déterminer à l'aide du bouton filter select type d'élément chimique recherché potassium/sodium.

- Passer de l'eau à analyser jusqu'à ce que la valeur affichée dans l'écran soit stable.
- Avant chaque mesure mettre le blanc.



Figure 70 : Photo de spectrophotomètre à flamme (JENWAY).



Figure 71 : Photo des solutions étalon de sodium et de potassium à **1000 ppm/l**.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l de sodium et en mg/l de potassium.

Les courbes d'étalonnage de sodium et de potassium sont présentées à l'annexe III.

IV.7.2. Méthodes d'analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique suit la présence des bactéries pathogène dans les eaux destinées à la consommation humaine.

Mon travail est basé sur la recherche :

- Des coliformes
- Des coliformes totaux (Thermotolérante).
- Des Coliforme fécaux
- D'Escherichia coli.
- Des Entérocoques intestinaux.
- Des Clostridium sulfito réducteur.

V.8.2.1. Recherche et dénombrement des bactéries Coliformes, Coliformes thermo tolérants et Escherichia coli Méthode par filtration (ISO 9308-1, 2000) (ISO 9308-2 : 1990)

➤ **Mode opératoire**

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane d'un papier filtre de $0,45\mu$ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser, devant un bec bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, sur la surface d'une boîte pétrie.
- Déposer le papier filtre sur la surface de la boîte pétrie de milieu sélectif (gélose TTC) en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air et nous le fermons et ensuite nous le mettons dans l'étuve couvercle en bas de $37C^{\circ}$ pendant 24 heures.
- La lecture se fait après 24 heures (Figure 72) à $44^{\circ}C$ et servira à la recherche de bactéries coliformes totales suivies de l'identification des Escherichia coli.

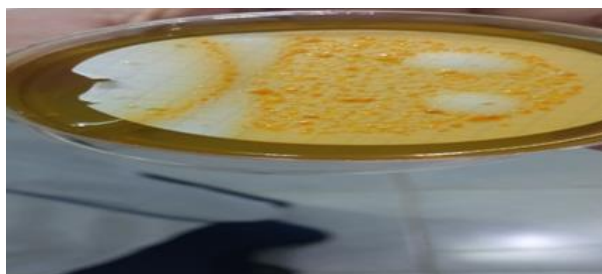


Figure 72 : Photo des coliformes totaux.

Teste de confirmation : réservé à la recherche du coliforme totaux (thermotolérante) et Escherichia coli.

Les coliformes totaux ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais a $44^{\circ}C$.

Le tube TSI (Figure 73) présentant un virage au jaune et production de gaz sont considérés comme étant positif c'est-à-dire présence des coliformes. Pour milieu TSI inoculer la clonie isolée à l'aide d'une pipette pasteur stérile à la fois en stries à la surface de le papier filtre de la

boite pétrie et par piqûre centrale sur toute la profondeur du tube de TSI (Figure 74). Ensuite incuber dans l'étuve de 44° pendant 24 heures.



Figure 73 : Photo de tube TSI.

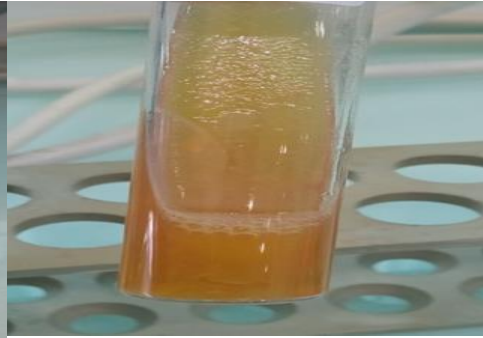


Figure 74 : Photo de tube TSI (+).

Recherche et dénombrement des Escherichia coli

Inoculer le contenu de chaque tube de TSI positif dans un tube de Schubert en versant le contenu de ce dernier dans un tube de TSI puis renverser l'inoculum dans le tube de Schubert. Incuber à 44°C pendant 24h.

Après 24 heures ajoutant dans les tubes de Schubert deux à trois gouttes de réactif de KOVACS (Figure 75), la coloration rouge à la surface est considérée comme positifs (Figure 76), c'est-à-dire comme contenant des coliformes fécaux (Escherichia-Coli).



Figure 75 : Photo de réactif de KOVACS.



Figure 76 : Photo de présence d'E.colli.

➤ La lecture

Ils sont considérés comme positif (+), les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz.
- Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production de l'indole par Escherichia-coli après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactifs KOVACS.

- En tenant compte de fait qu'Escherichia Coli est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

IV.7.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (ISO 7899-2 NA 766)

- Filtration de 100 ml de l'échantillon à travers une membrane filtrante d'une porosité de 0,45 µm.
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, sur la surface d'une boîte pétrie de milieu SLANETZ et BARTLEY, probablement préparée.
- Cette dernière sera incubé couvercle en bas dans l'étuve à 37°C pendant 48h.

IV.7.2.3. Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux (ISO 7899-2, 2000)

➤ Mode opératoire

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane d'un papier filtre de 0,45µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser, selon les types d'eaux à analyser, devant un bec bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, sur la surface d'une boîte pétrie de milieu SLANETZ et BARTLEY, probablement préparée.
- Cette dernière sera incubé couvercle en bas dans l'étuve à 37°C pendant 48h.
- Transférer aseptiquement la membrane du milieu de SLANETZ et BARTLEY sur une boîte de gélose Bile Esculine Azoture (BEA) préchauffée préalablement à 44° C.
- Cette dernière sera incubée à son tour à 44C° pendant 4 heures (Figure 77).
- Les colonies caractéristiques prennent alors une coloration noire traduisant à la surface est considérée comme positifs, c'est-à-dire comme contenant des entérocoques intestinaux.



Figure 77 : Photo de manque des entérocoques intestinaux.

➤ **La lecture**

Après la période d'incubation spécifique, les entérocoques intestinaux ou streptocoques du groupe D apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en rouge, marron ou rose.

Compter le nombre de colonies et le rapporter à 100 ml d'eau à analyser.

IV.7.2.4. Recherche et dénombrement des spores de bactérie anaérobies Clostridium sulfite réducteur -Méthode par filtration-

➤ **Mode opératoire**

La recherche des spores des bactéries anaérobies sulfite-réductrices par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane d'un papier filtre de 0,2 μ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser, devant un bec bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Utiliser de la boîte de gélose Viande Foie, il faudrait au préalable chauffer l'eau à une température de 75°C pendant 15 minutes dans le but d'éliminer les formes végétatives.
- cette boîte sera incubée couvercle en bas à 36 – 38°C pendant 24 heures.

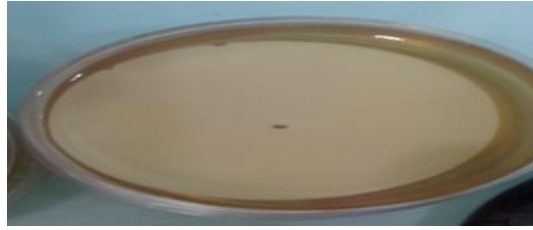


Figure 78 : Photo de manque des spores des bactéries anaérobies sulfiro-reductrices.

➤ **La lecture**

Compter les colonies caractéristiques noires aussi bien après la première période d'incubation soit après 24 heures qu'après la seconde période d'incubation soit après 48 heures.

Rapporter le nombre total de colonies à 100 ml d'eau à analyser.

Chapitre V :
Résultats et
discussion

Dans ce chapitre nous présentons les résultats des mesures des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des différents prélèvements d'eau du réseau de distribution de l'eau potable dans différentes communes de la wilaya de Boumerdes géré par le centre de Boudouaou et cela pour suivre la qualité de l'eau potable, au niveau de la source, de la production après traitement, dans les ouvrages hydrauliques et enfin au robinet du consommateur selon le schéma synoptique (Figure 79).

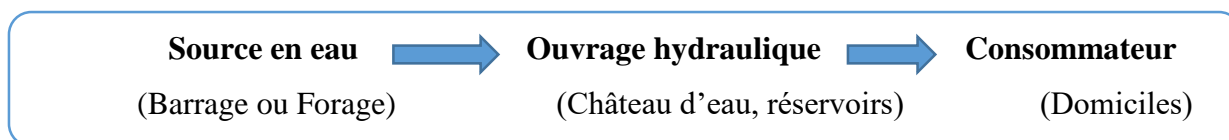


Figure 79 : Schéma synoptique de la chaîne d'approvisionnement en eau potable.

Le suivi des paramètres :

- à la source permet d'évaluer la qualité de l'eau brute en sortie de station de traitement permet d'assurer de la bonne qualité de l'eau après traitement.
- en sorties des ouvrages hydrauliques (réservoir, château d'eau) utilisés permet de vérifier le respect des exigences de qualité de l'eau et au robinet du consommateur permet de vérifier le respect des exigences de qualité au robinet et identifier une éventuelle dégradation de la qualité de l'eau dans les canalisations (état du réseau de distribution).
- des eaux stockées dans les citernes utilisées par les consommateurs permettent de vérifier la qualité de l'eau et identifier la détérioration de l'eau en raison du stockage domestique.

Enfin, il est important de signaler que ces résultats sont obtenus durant notre période de stage effectuée au niveau du centre de l'ADE de Boudouaou et au laboratoire ADE d'analyse physico-chimique et bactériologiques durant les mois d'Avril, Mai et Juin de l'année 2023. Les résultats obtenus sont comparés aux normes Algériennes relatives au décret exécutif N° 14-96 du 2 Jumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014, qui ont servi à l'interprétation des résultats.

V.1. Suivi des paramètres de qualité de l'eau à la source

V.1.1. Eaux de forages

V.1.1.1. Paramètres physico-chimiques

Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau 11 et cela pour les différents forages, situés dans différentes communes de la wilaya de Boumerdes, exploités pour la production de l'eau potable. Ces forages sont gérés par le centre de l'ADE de Boudouaou.

Tableau 11 : Concentrations des paramètres physico-chimiques dans les échantillons d'eau de forages.

Paramètres Physico-chimiques	Forages							Normes (JORA, 2014)
	Boudouaou			Boudouaou El Bahri		Ouled Heddad		
	02	03	05	05	10	07	05	
Cl ₂ (mg/l)	Eau brute	Eau brute	Eau brute	Eau brute	Eau brute	Eau brute	Eau brute	≤ 1
T (°C)	13,1	13,1	19,5	11,9	19,4	18,8	21	25
pH	6,9	6,85	6,8	6,98	6,8	6,7	6,94	6,5-9
Cond (us/cm)	1887	1988	1978	1800	1862	1892	1954	2800
Tur (NTU)	0,6	1,11	0,6	0,39	0,7	0,7	13,4	5
Résidu sec (mg/l)	688	168	1262	624	1158	1098	885	1500
Paramètres de pollution								
NH ₄ ⁺ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,01	0,02	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	0,02	0,2
NO ₃ ⁻ (mg/l)	6,26	47,7	77,6	6,23	90,4	67,4	76,64	50
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,5
Mineralisation globale								
Ca ²⁺ (mg/l)	96	120	200	112	200	160	128	200
Mg ²⁺ (mg/l)	67,2	96	57,6	105,6	27	24	86,4	50
TH (°F)	52	70	74	72	70	60	68	50
Na ⁺ (mg/l)	82,5	80,5	108,8	81,5	108,5	100,3	100,8	200
K ⁺ (mg/l)	1,7	2,5	2,4	1,8	2,4	1,5	4,1	12
Cl ⁻ (mg/l)	642	603	283,6	679	290,7	297,8	269,5	500
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	114,2	96,6	129	109,7	133	131,8	170,3	400
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	591,7	610	353,8	518,5	366	396,5	423,9	-
Paramètres indésirable								
Fer (mg/l)	0	0,02	0,02	0,02	0	0,02	0	0,3
Mn (mg/l)	0,17	0,02	0	0,21	0	0	0	0,05

✓ Discussion :

Température selon le tableau 11, les mesures de la température effectuées sur les eaux de forages étudiées ont donné des valeurs comprises entre 11,9 et 21°C ne dépassant pas les 25°C. En effet, les eaux souterraines sont moins sensibles aux variations de température que les eaux superficielles (**RODIER et al., 2009**).

La conductivité électrique, le pH ainsi que **les résidus secs** ont été conformes aux normes où les textes réglementaires exigent respectivement pour ces paramètres des valeurs de 6,5 à 9, $\leq 2800 \mu\text{s}/\text{cm}$ et $\leq 1500 \text{ mg}/\text{l}$. Toutes les valeurs mesurées de la conductivité (tableau 11) indiquent une minéralisation très élevée (salines) de ces eaux de forages car elles sont globalement supérieures à $1000 \mu\text{s}/\text{cm}$ (conductivité de 1000 à $3000 \mu\text{s}/\text{cm}$) (**RODIER et al., 2009**). Plus souvent les eaux souterraines, chargée de sels, sont provoquées par la dissolution de certains sels trouvés dans les sols qu'ils ont traversés. Par conséquent, leur composition est influencée par le type de sols traversés (**MAUREL, 2006**).

Le pH est neutre dans ces eaux de forages. Les caractéristiques des pH sont liées à la nature géologique des formations des roches et aux terrains traversés (**BOUBAKAR, 2010**).

L'eau de forage 03 a des résidus secs de 168 mg/l est le moins minéralisé.

Turbidité la valeur de turbidité ne doit pas dépasser 5 NTU selon la norme. Seulement une mesure de la turbidité au niveau des eaux de forage d'Ouled Heddadj (05) a dépassé largement 5 NTU. D'après les classes de turbidité données par **RODIER et al., 2009**, les eaux de tous les forages sont claires à l'exception l'eau de forage d'Ouled Heddadj (05) est légèrement trouble.

Une forte turbidité peut protéger les micro-organismes des effets de la désinfection, stimuler la croissance des bactéries et déclencher une forte demande en chlore (**OMS, 2017**).

Paramètres de pollution

Les teneurs en NH_4^+ et en NO_2^- de tous les échantillons d'eau analysés (tableau 11) sont conformes aux normes étant donné que leurs concentrations sont inférieures aux limites de détection NH_4^+ et NO_2^- .

Les nitrates NO_3^- varient de 6,3 mg/l à 90.4 mg/l. La concentration la plus élevée a été enregistrée dans les eaux de forage de Boudouaou El Bahri (10). Les teneurs en NO_3^- sont conformes aux normes pour les eaux de forages de Boudouaou (02 et 03), de Boudouaou El Bahri (05) ou il est recommandé pour le cas des nitrates, une valeur de 50 mg/l. Par contre, les eaux de forages d'Ouled Heddadj (05 et 07), de Boudouaou El Bahri (10) et de Boudouaou (03) renferment dans leurs eaux des quantités de nitrates dépassant largement les 50 mg/l, on peut

expliquer l'origine des nitrates à la présence des activités agricoles à proximité de ces forages exploités. Les nitrates existent dans les eaux souterraines à l'état naturel en absence de pollution et leur concentration est très faible et n'excède en général pas 10 mg/l (SALOMON, 2003).

La teneur en phosphates PO_4^{3-} de tous les échantillons d'eau analysés est inférieure à celle recommandée par la norme de 0,5 mg/l. Ces eaux de forages ne sont pas influencées par des contaminations anthropogéniques.

Minéralisation globale

Le titre hydrotimétrique (TH) indique la concentration en ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} . C'est l'indicateur utilisé pour déterminer la dureté de l'eau. Les valeurs varient entre 52 et 74 °F qui sont supérieures à la norme de 50 °F. Selon la classification (KHAMMAR, 2019), les eaux de forages sont considérées comme très dures (>40 °F) et cela pourrait s'expliquer, par la nature du sol que traverse ces eaux de forages.

Les concentrations en calcium Ca^{2+} varient entre 96 à 200 mg/l, ces valeurs enregistrées dans les eaux de forages sont conformes à la norme de 200 mg/l. **Les concentrations en magnésium Mg^{2+}** varie de 24 mg/l à 105,6 mg/l. Les eaux de forages de Boudouaou, de Boudouaou El Bahri (05) et d'Ouled Heddadj (05) ne sont pas conformes à la norme de 50 mg/l. Les eaux souterraines peuvent entrer en contact avec des formations rocheuses contenant le calcium et le magnésium (DEGREMONT, 2005).

Les eaux des forages ne présentent pas de dépassement des normes de qualité pour **les ions en potassium et sodium** de 12 mg/l et 200 mg/l respectivement. Les valeurs enregistrées montrent que les eaux de forages sont faiblement chargées. **Les concentrations en chlorure Cl^-** varient entre 269,5 mg/l à 679 mg/l. On note la présence de fortes teneurs en chlorures supérieures à la norme de 500 mg/l dans les eaux de Boudouaou (02, 03) et de Boudouaou El Bahri (05). Une contamination de forage par les chlorures n'est pas à exclure. L'eau de ces forages ne peut pas être utilisée pour la production d'eau potable.

Les concentrations en sulfates varient de 96,6 mg/l à 170,3 mg/l. ces valeurs restent inférieurs à la norme (400 mg/l).

La concentration **de l'eau en bicarbonates HCO_3^-** n'est soumise à aucune norme. La concentration en bicarbonates HCO_3^- dans les eaux de forages varie entre 353,8 et 610 mg/l.

Paramètres Indésirables

On note l'absence **du fer** dans les eaux de forages Boudouaou (02), de Boudouaou El Bahri (05) et d'Ouled Heddadj (05). Dans les autres forages, les concentrations en fer sont très faibles. On note l'absence **du manganèse** dans les eaux de forages de Boudouaou (05), de Boudouaou

El Bahri (10) et d'Ouled Heddadj (05 et 07). Cependant, des concentrations élevées en fer 0.17 mg/l et 0,21 mg/l sont enregistrées dans les eaux de forages de Boudouaou (02) et de Boudouaou El Bahri (05).

Les normes de potabilité des eaux destinées à la consommation humaine sont établies à 0,3 mg/l pour le fer et 0,05 mg/l pour le manganèse.

Le fer et le manganèse sont souvent présents à l'état naturel. Il peut s'agir par exemple de l'altération météorique des minéraux et des roches qui en contiennent.

A des concentrations supérieures aux recommandations pour l'eau potable, le fer et le manganèse peuvent modifier le goût, l'odeur ou la couleur de l'eau de forage (ELHADJ et al, 2015).

V.1.1.2. Paramètres bactériologiques

Les paramètres bactériologiques sont présentés dans le tableau 12. Les germes recherchés dans les échantillons d'eau sont : les coliformes, les coliformes totaux, les coliformes fécaux, streptocoques fécaux, les Entérocoques, le Clostridium sulfito-réducteurs et Escherichia Coli.

Tableau 12 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de forages.

Paramètres bactériologiques	Les forages							Normes (JORA, 2014) (Eau brute)
	Boudouaou			Boudouaou el Bahri		Ouled Heddadj		
	02	03	05	05	10	07	05	
Coliformes	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	50 UFC /100ml
Coliformes totaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	< 0 UFC /100ml
Coliformes fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	< 0 UFC /100ml
Escherichia coli	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	< 20 UFC /100ml
Streptocoques fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	< 0 UFC /100ml
Entérocoques	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	20 UFC /1ml
Clostridium sulfito réducteur	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /20ml

✓ Discussion :

Selon ces résultats bactériologiques, les eaux de forages sont de bonne qualité bactériologique. On note l'absence de toutes formes bactériennes de contamination dans les eaux analysées.

En conclusion, du point de vue des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, les eaux des forages ne peuvent pas être utilisées à la consommation humaine, seulement si ces eaux sont traitées par chloration ou mélangées à d'autres sources d'eau pour atténuer certains polluants comme les nitrates, les chlorures et le Manganèse.

V.1.2. Eaux de surface : Eaux traitées de la station de traitement monobloc Kharrouba (ST)

La station de traitement monobloc Kharrouba (ST) à une capacité de production de 180 m³/h d'eau traitée. Cette station est destinée à l'approvisionnement en eau potable de la commune de Kharrouba.

V.1.2.1. Paramètres physico-chimiques

L'évaluation de la qualité d'eau dans la station de traitement est effectuée seulement par les mesures de certains paramètres physico-chimiques comme la température, la turbidité, le pH, la conductivité électrique, les phosphates, l'ammonium et nitrites. En plus la mesure du chlore résiduel libre. Les résultats de ces mesures sont donnés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Concentrations des paramètres physico-chimiques dans les eaux de la station de traitement monobloc Kharrouba.

Paramètres physico-chimiques	Eau brute	Eau décantée	Eau filtrée	Eau traitée	Normes (JORA, 2014).
Cl ₂ (mg/l)	0	0,6	0,3	0,8	≤ 1
pH	8,06	7,98	7,98	7,98	6,5-9
Cond (uS/cm ²)	980	982	983	1159	2800
Tur (NTU)	6,7	3,3	0,5	0,1	5
Paramètre de pollution					
NH ₄ ⁺ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2

✓ **Discussion :**

D'après le tableau 13, nous remarquons bien la correction des valeurs de la turbidité après les procédés de décantation et filtration. **La valeur de la turbidité** passe de 6,7 NTU pour une eau brute à la valeur de 0,1 NTU pour une traitée à la sortie de station monobloc Kharouba.

La turbidité est un paramètre important car elle fournit une indication de l'efficacité des processus d'élimination des particules et/ou de l'efficacité de désinfection. La turbidité est liée à la contamination de l'eau (les bactéries vivent essentiellement fixées sur les particules en suspension) (OMS, 2022).

En sortie de station de traitement, l'eau traitée a une **teneur en chlore résiduelle libre** de 0,8 mg/l.

Pour le **pH**, l'eau traitée a une valeur de 7,98.

Les ions nitrites (NO_2^-) et ammonium NH_4^+ sont inférieurs aux limites de détection dans les eaux brutes de barrage Keddara (SPIK) et les eaux traitées à la sortie de station monobloc Kharouba.

V.1.2.2. Paramètre bactériologiques

Les résultats de l'analyse bactériologique réalisée sur l'eau de la station monobloc sont présentés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la station de traitement monobloc Kharouba.

Paramètres bactériologiques	Station de traitement monobloc Kharouba				Normes (JORA, 2014)	
	Eau brute	Eau décanté	Eau filtré	Eau traité	Eau traite	Eau brute
coliformes	>100	>100	>100	ABS	<0 UFC /100ml	50 UFC /100ml
Escherichia Coli	>100	>100	>100	ABS	<0 UFC /100ml	<20 UFC /100ml
Entérocoques	10	14	19	ABS	<0 UFC /100ml	20 UFC /1ml

✓ **Discussion :**

Les résultats biologiques montrent la présence d'indicateurs bactériologique dans l'eau brute du barrage Kheddara et l'absence de toute forme de contamination dans l'eau produite en sortie de traitement qui traduit l'efficacité de traitement de désinfection.

En conclusion, du point de vue des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, l'eau produite en sortie de la station de traitement monobloc est potable.

V.2. Suivi des paramètres de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dans les communes gérées par le centre de Boudouaou

V.2.1. Chaines d'approvisionnement en eau potable de la commune de Boudouaou

Afin d'assurer une alimentation en eau potable continue et régulière dans la commune de Boudouaou, plusieurs chaines d'approvisionnement en eau potable sont envisagées à partir des eaux de 03 forages et des eaux traitées de la station de traitement de Boudouaou SEAAL.

V.2.1.1. Chaîne 01

Cette chaîne d'approvisionnement en potable est schématisée en figure 80. L'approvisionnement en eau se fait à partir de la station de traitement de Boudouaou SEAAL qui traite le mélange des eaux de barrages de Keddara et de Tizi-Ouzou. Les eaux traitées de la station sont acheminées vers le château d'eau Hlaimia (1000 m³) qui alimente le château d'eau Hlaimia (500 m³) ensuite l'eau est distribuée aux consommateurs. Des analyses physico-chimiques et biologiques ont été effectuées sur les échantillons d'eaux prélevés aux différents points de la chaîne 01, c'est-à-dire sur les échantillons d'eau traités de la station de traitement SEAAL, stockés dans les châteaux d'eau et distribués aux abonnés.

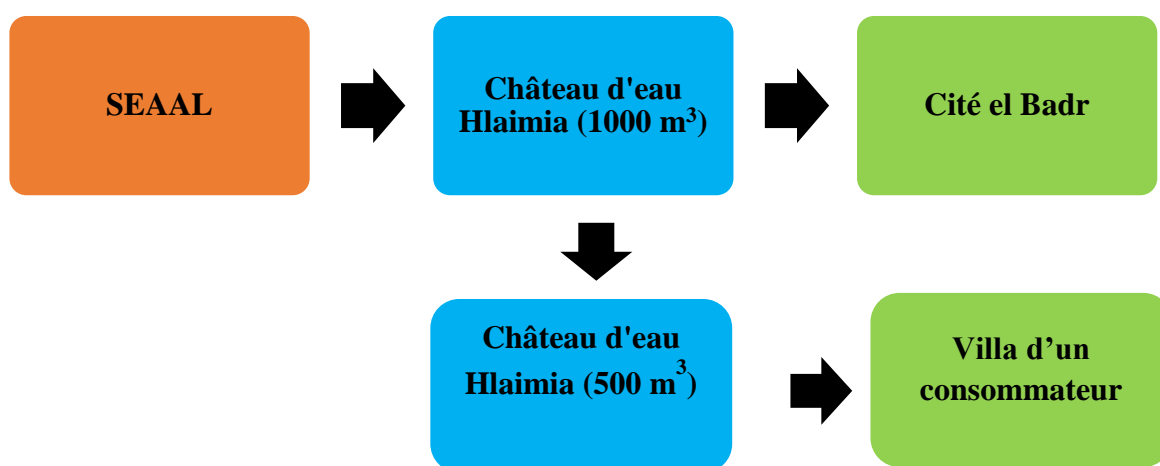


Figure 80 : Schéma synoptique de la chaîne d'approvisionnement 01 en eau potable de la commune Boudouaou.

V.2.1.1.1. Paramètre physico-chimiques

Les résultats des différentes analyses physico-chimiques réalisées sur les eaux distribuées dans la chaîne 01 de la commune Boudouaou sont consignés dans le tableau 15.

Tableau 15 : Concentrations des paramètres physico-chimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 01 de la commune Boudouaou.

Paramètres physico-chimiques	Station SEAAL	Château d'eau Hlaimia (1000 m ³)	Cite el Badr	Château d'eau Hlaimia (500 m ³)	Villa d'un consommateur	Normes (JORA, 2014)
Cl ₂ (mg/l)	0,8	0,7	0,7	0,5	0,4	≤ 1
T (°C)	13,6	14,5	13,9	25	24,6	25
pH	7,77	7,9	7,9	7,4	7,7	6,5-9
Cond (us/cm)	544	550	562	793	880	2800
Tur (NTU)	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	5
Résidu sec (mg/l)	291	278	268	338	422	1500
Paramètres de pollution						
NH ₄ ⁺ (mg/l)	<0,015	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2
NO ₃ ⁻ (mg/l)	4,5	7,77	7,25	5,1	7,5	50
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	<0,015	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,5
Minéralisation globale						
Ca ²⁺ (mg/l)	51,2	80	72	72	104	200
Mg ²⁺ (mg/l)	12,5	43,2	43,2	33,6	28	50
TH (°F)	18	38	36	32	40	50
Na ⁺ (mg/l)	-	30,2	33,9	34,7	36	200
K ⁺ (mg/l)	-	4,2	4,5	3	1,3	12
Cl ⁻ (mg/l)	48,2	52,9	62,8	52,9	42,9	500
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	26,2	27,13	34,78	28,17	23,98	400
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	-	165	171	189,1	194,1	-
Paramètres indésirable						
Fer (mg/l)	<0,02	0	0	0	0,1	0,3
Mn (mg/l)	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05

Discussion :

La température des échantillons d'eau prélevés au niveau des différents points de la chaîne 01 fluctue entre 13,6 et 25°C (Tableau 15). La valeur de 25 °C est enregistrée dans l'eau stockée dans le château d'eau Hlaimia (500 m³) et l'eau de robinet du consommateur.

Le pH varie entre 7,4 et 7,9, ces valeurs indiquent que les eaux sont faiblement alcalines. La norme indique que l'eau potable doit avoir un pH compris entre 6,5 et 9.

La conductivité électrique varie entre de 544 et 880 µS/cm. Les valeurs enregistrées sont conformes à la norme de 2800 µS/cm. Ces faibles valeurs enregistrées peuvent être expliquées par l'alimentation en eau moyennement minéralisée (l'eau traitée de la station de traitement SEAAL). Des changements soudains de la conductivité peuvent signaler une pollution ou une entrée dans le réseau de distribution (OMS, 2022).

La turbidité varie entre 0,2 et 0,4 NTU. La norme fixe une valeur de 5 NTU à ne pas dépasser. Selon les classes de turbidité (RODIER et al. 2009), les eaux dans les différents points de la chaîne 1 sont claires. **Les teneurs en chlore résiduel libre** dans les eaux prélevées aux différents points de la chaîne 1 varient entre 0,4 et 0,8 mg/l. L'eau traitée de la station SEAAL a une teneur de 0,8 mg/l. Selon la norme, la concentration maximale en chlore résiduel libre de l'eau doit être ≤ à 1 mg/l alors que la concentration minimale est fixée à 0,1 mg/l de l'eau fournie aux usagers par le réseau de distribution.

Le chlore est souvent utilisé pour fournir un désinfectant résiduel dans le système d'approvisionnement en eau pour aider à maintenir l'état d'hygiène du réseau de distribution. Le chlore sert d'indicateur important d'inactivation pathogène à la station de traitement et de protection contre la décontamination dans le réseau de distribution (OMS, 2022).

Les résidus secs oscillent entre 268 et 422 mg/l. La norme fixe une valeur de 1500 mg/l à ne pas dépasser. Sachant que lorsque les valeurs sont supérieures à 1500 mg/l, l'eau potable devient désagréable (BART MAES, 2019).

Paramètres de pollution

Les concentrations des ions nitrites ammonium et phosphates sont inférieures aux limites de détection dans les échantillons d'eaux analysées.

L'ammoniac ne présente aucun effet direct sur la santé, il se combine facilement avec le chlore pour former des chloramines qui peuvent donner un goût inacceptable (OMS, 2022). Aussi, sa présence peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution (DERRADJI et MECHEHOUD, 2022).

Tous les échantillons d'eaux analysées affichent des concentrations en nitrates inférieures à 7,5 mg/l. La norme algérienne limite à 50 mg/l la teneur maximale en **nitrates** de l'eau destinée à la consommation humaine. Cette valeur provient des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé qui mentionne à protéger les nourrissons alimentés au biberon vis-à-vis de la méthémoglobinémie. Une eau dont la teneur en nitrates dépasse 50 mg par litre n'est pas potable. Des concentrations élevées de nitrates et de nitrites bien au-dessus de la norme peuvent entraîner le syndrome de bébé bleu chez les nourrissons alimentés au biberon. Le nitrite et le nitrate doivent être examinés ensemble, mais la surveillance du nitrite est délicate car il se forme dans le réseau de distribution. L'ammoniac ne présente aucun effet direct sur la santé, il se combine facilement avec le chlore pour former des chloramines qui peuvent donner un goût inacceptable (OMS, 2022).

Minéralisation globale

Le titre hydrotimétrique (TH) (la dureté) des échantillons d'eau prélevés au niveau des différents points de la chaîne 01 est compris entre 18 et 40 °F. La valeur minimale de dureté est enregistrée dans les eaux de la station de SEAAL. Son eau est considérée comme moyennement douce. Alors que les eaux distribuées par les châteaux d'eau Hlaimia sont considérées comme dure (30 à 40 °F) (KHAMMAR, 2019). La norme algérienne établie pour le titre hydrotimétrique est de 50 °F. Une eau dure provoque des dépôts de tartre dans les canalisations et les bouilloires et chauffe-eau (OMS, 2002). Les eaux douces et agressives (pH acide et TH inférieur à 8°F) peuvent provoquer la solubilisation d'éléments tels que le plomb, le cadmium, le fer et le cuivre, en particulier lorsque l'eau stagne dans les canalisations (GUILBERT, 2000).

La concentration en calcium de l'eau distribuée selon la chaîne 1 varie 51,2 de 104 mg/l. La norme fixe une concentration dans l'eau de 200 mg/l. L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/l de calcium (RODIER, 2005).

Les concentrations en magnésium Mg^{2+} dans les échantillons d'eaux analysées varient entre 12,5 et 43,2 mg/l, ces valeurs sont considérées comme importantes comparées à la norme de 50 mg/l. Le magnésium avec le calcium contribue à la dureté de l'eau.

Les teneurs de l'eau pour **les ions en potassium** oscillent entre 30,2 et 36 mg/l et pour **les ions en potassium** oscille entre 1,3 et 4,5 mg/l. A titre d'information, le goût de l'eau potable est jugé désagréable lorsque la concentration du sodium dépasse 200 mg/l (BOUGRIOUA et REZZOUG, 2021). **Les concentrations d'ions de chlorure** varient de 42,9 mg/l à 62,8 mg/l. Ces concentrations sont beaucoup plus faibles que la concentration maximale de 500 mg/l de

la norme. Le chlorure donne un mauvais goût à l'eau lorsqu'il est présent à des concentrations élevées et par ailleurs de provoquer la corrosion du réseau de distribution (RODIER, 2005).

Les teneurs en **ions sulfate** varient entre 23,98 et 34,78 mg/l. La norme indique une valeur maximale de 400 mg/l. La concentration **de l'eau en bicarbonates HCO_3^-** varie entre 165 et 191 mg/l. Rappelent que les ions bicarbonates sont sans effet nocif pour la santé et sa concentration n'est soumise à aucune norme.

Paramètres Indésirables

Le fer est absent dans les eaux des réservoirs Hlaimia (1000 et 500 m³), est très faiblement présent dans les eaux traitées de la station alors qu'il est présent à une concentration de 0,1 mg/l dans le robinet du consommateur. Cette valeur reste inférieure à la norme de 0.3 mg/l. Le manganèse est inférieur à la limite de détection (<0,02 mg/l).

Le fer et le manganèse donne une coloration de l'eau qui peut être inacceptable (OMS, 2022). Le fer peut être présent dans le réseau de distribution en raison de la corrosion des tuyaux en fonte.

V.2.1.1.2. Paramètres bactériologiques

Les résultats d'analyse des paramètres bactériologiques dans les eaux distribuées dans la chaîne 01 de la commune Boudouaou sont mentionnés dans le tableau 16.

Tableau 16 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 01 de la commune Boudouaou.

Paramètres bactériologiques	Station SEAAL	Château d'eau Hlaimia (1000 m ³)	Cite el Badr	Château d'eau Hlaimia (500 m ³)	Villa d'un consommateur	Normes (JORA, 2014)
Coliformes	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Coliformes totaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Coliformes fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Escherichia coli	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Streptocoques fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Entérocoque	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Clostridium sulfite réducteur	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml

✓ Discussion :

Selon les résultats donnés en tableau 16, nous constatons l'absence des germes bactériens tels que les coliformes, les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les entérocoques, Escherichia coli, Streptocoques fécaux et Clostridium sulfite réducteur dans les échantillons d'eau prélevés aux niveaux de la station SEEAL, château d'eau Hlaimia (1000 m³, 500 m³) et en fin aux robinet du consommateur.

En conclusion, du point de vue des paramètres physico-chimique et bactériologiques, l'eau distribuée selon la chaîne d'approvisionnement 01 est potable.

V.2.1.2. Chaîne 02

Le schéma de la figure 81 représente la chaîne d'approvisionnement en eau potable 2 de la commune de Boudouaou. L'alimentation en eau se fait à partir des eaux du forage 02 de Boudouaou qui ont subi une chloration, ces eaux sont acheminées vers le château d'eau Hlaimia (500 m³) et ensuite vers les consommateurs (robinets dans les écoles lala fatma n'soumer et Moussa Bnounossair et le centre de Boudouaou). Des analyses physico-chimiques et biologiques ont été effectuées sur les échantillons d'eaux prélevés aux différents points de la chaîne 02.

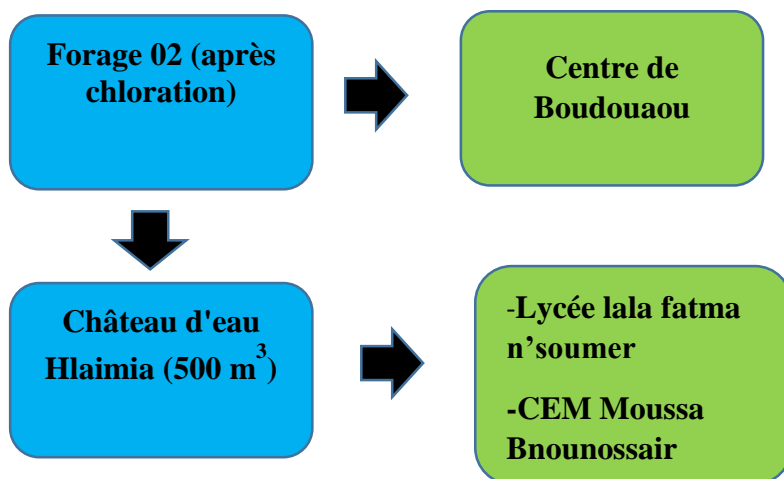


Figure 81 : Schéma synoptique de la chaîne d'approvisionnement en eau potable 02 de la Commune Boudouaou.

V.2.1.2.1. Paramètres physico-chimiques

Des paramètres tels que la température, la turbidité, le pH, la conductivité électrique, les phosphates, l'ammonium et nitrites et le chlore résiduel libre ont été mesurés sur les échantillons d'eaux prélevés aux différents points de la chaîne 02. Les résultats de ces paramètres physico-chimiques sont présentés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Concentrations des paramètres physico-chimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 02 de la commune Boudouaou.

Paramètres physico-chimiques	Forage 02 (après chloration)	Centre de Boudouaou	Château d'eau Hlaimia (500 m ³)	Lycée lala fatma n'soumer		CEM Moussa Bnounossair		Normes (JORA, 2014)
				L'arrivée	Citerne	L'arrivée	Citerne	
Cl₂ (mg/l)	0,8	0,6	0,5	0,4	0	0,2	0	≤ 1
T (°C)	13	13	25	17	30	17	27	25
pH	7,09	7,0	7,4	7,07	7,11	6,83	6,97	6,5-9
Cond (us/cm)	1844	1806	1793	1518	1495	1608	1622	2800
Tur (NTU)	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	5
Résidu sec (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	1500
Paramètres de pollution								
NH₄⁺ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
NO₂⁻ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2

✓ Discussion :

La température des échantillons d'eau prélevés aux différents points de la chaîne 02 est comprise entre 13 et 25 °C. Elle dépasse la norme de 25 °C dans les eaux stockées dans les citernes des consommateurs (lycée lala fatma n'soumer et l'école Moussa Bnounossair). Ces citernes d'eau sont exposées en plein soleil. Les températures enregistrées peuvent favoriser le développement des micro-organismes dans l'eau et elle sera tôt ou tard impropre à la consommation. **Le pH** est voisin de la neutralité pour tous les échantillons étudiés. **La conductivité électrique** est élevée, mais elle ne dépasse pas la norme de 2800 µS/cm pour les échantillons d'eaux analysées. Les valeurs de ce paramètre varient entre 1475 et 1844 us/cm.

La turbidité varie entre 0,3 et 0,4 NTU. La norme fixe une valeur de 5 NTU à ne pas dépasser. **Les teneurs en chlore résiduel libre mesurées** dans les eaux de château d'eau

Hlaimia (500 m³) est de 0,5 mg/l, alors qu'elle est de 0,8 mg/l dans les eaux de forage traitées à chlore. La concentration en chlore résiduel libre de l'eau doit être selon la norme algérienne ≤ à 1 mg/l. Cependant les teneurs ont été diminuées en arrivant aux robinets des consommateurs. Les teneurs en chlore résiduel libre enregistrées aux robinets de consommateurs sont de 0,2 mg/l (Lycée lala fatma n'soumer) et 0,4 mg/l (école Moussa Bnouossair). Une bonne chloration doit permettre de retrouver de quantité de chlore résiduel entre 0,2 à 0,4 mg/l (ADE, 2005). Par contre on remarque l'absence de chlore résiduel libre dans les eaux stockées dans les deux citernes des consommateurs situées dans le lycée lala fatma n'soumer et l'école Moussa Bnouossair. L'absence du chlore peut être le signe de la pénétration d'un contaminant microbien.

Paramètres de pollution, Les concentrations des ions nitrites et ammonium sont toujours inférieures aux normes locales pour l'ensemble des échantillons prélevés.

V.2.1.2.2. Paramètres bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d'eau prélevés aux différents points de la chaine 02 sont regroupés dans le tableau 18.

Tableau 18 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaine 02 de la commune Boudouaou.

Paramètres bactériologiques	Forage 02 (après chloration)	Centre de Boudouaou	Château d'eau Hlaimia (500 m ³)	Lycée lala fatma n'soumer		CEM Moussa Bnouossair		Normes (JORA, 2014)
				L'arrivée	Citerne	L'arrivée	Citerne	
coliformes	ABS	ABS	ABS	ABS	-	ABS	-	0 UFC /100ml
coliformes totaux	ABS	ABS	ABS	ABS	150	ABS	8	0 UFC /100ml
coliformes fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	8	0 UFC /100ml
Escherichia coli	ABS	ABS	ABS	ABS	-	ABS	-	0 UFC /100ml
Streptocoques fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	14	0 UFC /100ml
Entérocoque	ABS	ABS	ABS	ABS	-	ABS	-	0 UFC /100ml
Clostridium sulfite réducteur	ABS	ABS	ABS	ABS	-	ABS	-	0 UFC /100ml

✓ Discussion :

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux de la chaîne 02 (tableau 18) ont montré l'absence totale des germes responsables de la non-conformité des eaux soit dans le forage, le réservoir et au niveau des robinets consommateurs, ces résultats révèlent que ces eaux sont de bonne qualité bactériologique.

Cependant, nous avons détecté la présence des coliformes totaux (8 UFC/100 ml), Streptocoques fécaux (14 UFC/100 ml), et des coliformes fécaux (8 UFC/100 ml) dans les eaux stockées dans la citerne de l'école Moussa Bnouossair et la présence des coliformes totaux (150 UFC/100 ml) dans la citerne de Lycée lala fatma n'soumer. La norme exige des concentrations pour ces germes de 0 UFC/100 ml. Rappelons que ces eaux de citernes sont caractérisées par l'absence en chlore résiduel libre.

En conclusion, du point de vue des paramètres physico-chimique et bactériologiques, l'eau distribuée dans la chaîne 02 est potable. Alors que l'eau stockée dans la citerne n'est pas potable.

V.2.1.3. Chaîne 03

L'approvisionnement en eau potable se fait à partir des eaux du forage de Boudouaou (05) et les eaux de la station de traitement SEAAL. Les eaux brutes traitées par le chlore sont mélangées avec les eaux traitées de la station de traitement puis elles sont acheminées vers le réservoir d'eau de la station de pompage de Bentorkia et ensuite distribuées aux consommateurs (figure 82). Des analyses physico-chimiques et biologiques ont été effectuées sur les échantillons d'eaux prélevés aux différents points de la chaîne 03.



Figure 82 : Schéma synoptique de la chaîne d'approvisionnement 03 en eau potable de la commune Boudouaou.

V.2.1.3.1. Paramètres physicochimiques

Le tableau 19 présente les teneurs en substances physico-chimiques mesurées pour les paramètres étudiés dans les échantillons d'eau de la chaîne 03.

Tableau 19 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 03 de la commune Boudouaou.

Paramètres physico-chimiques	Forage 05 (après chloration)	SEAAL	Réservoir de station Bentorkia	Café Bentorkia	Normes (JORA, 2014)
Cl ₂ (mg/l)	0,8	0,8	0,8	0,5	≤ 1
T (°C)	19,5	13,6	16,3	16	25
pH	6,8	7,77	6,79	6,92	6,5-9
Cond (us/cm)	1978	544	1809	1801	2800
Tur (NTU)	0,6	0,4	0,2	0,5	5
Résidu sec (mg/l)	1262	291	1012	814	1500
Paramètres de pollution					
NH ₄ ⁺ (mg/l)	<0,02	<0,015	<0,02	<0,02	0,5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2
NO ₃ ⁻ (mg/l)	77,6	4,5	5,74	7,82	50
PO ₄ ⁻ (mg/l)	<0,03	<0,015	<0,03	<0,03	0,5
Minéralisation globale					
Ca ²⁺ (mg/l)	200	51,2	216	264	200
Mg ²⁺ (mg/l)	57,6	12,5	36,4	42,8	50
TH (°F)	74	18	40	44	50
Na ⁺ (mg/l)	108,8	-	81,8	81,8	200
K ⁺ (mg/l)	2,4	-	2,4	2,5	12
Cl ⁻ (mg/l)	283,6	48,2	294	257	500
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	129	26,2	134,4	98,19	400
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	353,8	-	524,6	475,8	-
Paramètres indésirable					
Fer (mg/l)	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,3
Mn (mg/l)	0	<0,005	<0,02	<0,02	0,05

✓ **Discussion :**

Les résultats montrent que les paramètres mesurés sont tous conformes aux normes locales.

Seulement les concentrations en Mg²⁺ (mg/l), NO₃⁻ et TH dans les échantillons d'eau de forage excèdent les normes.

Toutefois, il est important de noter que la chaîne 1 est approvisionnée en eau potable (SEAAL) moyennement minéralisée (Conductivité de 300 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et d'une eau de forage très minéralisée (saline) (Conductivité de 1000 à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). La valeur de la conductivité dans les échantillons d'eau prélevés dans le réservoir est de 1809 mg/l et de 1801 mg/l au robinet du consommateur sont élevées. Donc, les eaux distribuées sont très minéralisées. La valeur du résidu sec est élevée dans les eaux de forage traitées par le chlore est de 1262 mg/l par contre elle est faible dans les eaux de la station SEAAL (291 mg/l). La valeur de ce paramètre dans les échantillons d'eau prélevés dans le réservoir est de 1012 mg/l et de 814 mg/l au robinet du consommateur. Donc, les eaux distribuées sont très riches en minéraux. Les eaux contenant plus de 500 mg/litre de résidus secs sont trop riches en minéraux pour être consommées quotidiennement. Alors que les valeurs supérieures à 1500 mg/l, l'eau potable devient désagréable (BART MAES, 2019). Les valeurs de chlore résiduel libre mesurées dans les eaux de forage, les eaux traitées de la station SEAAL et l'eau dans le réservoir et le robinet du consommateur ont respecté la norme établie par la législation d'eau potable ($\leq 1 \text{ mg/L}$),

V.2.1.3.2. Paramètres bactériologiques

Le tableau 20 présente les teneurs en substances bactériologiques mesurées pour les paramètres étudiés dans les échantillons d'eau de la chaîne 03.

Tableau 20 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 03 de la commune Boudouaou.

Paramètres bactériologiques	Forage 05 (après chloration)	SEAAL	Réservoir station Bentorkia	Café Bentorkia	Normes (JORA, 2014)
Coliformes	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Coliformes totaux	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Coliformes fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Escherichia coli	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Streptocoque fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Entérocoque	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Clostridium sulfite réducteur	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml

✓ Discussion :

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux de la chaîne 2 (tableau 20) ont montré l'absence totale des germes responsables de la non-conformité des eaux soit dans le forage et le réservoir et au niveau du robinet consommateur représenté par le Café Bentorkia. Boudouaou. Ainsi, ces résultats révèlent que ces eaux sont de bonne qualité bactériologique.

En conclusion, du point de vue des paramètres physico-chimique et bactériologiques, l'eau distribuée dans la chaîne 03 est potable.

V.2.1.4. Chaîne 04

L'approvisionnement en eau potable se fait à partir des eaux brutes du forage de Boudouaou (03) selon le schéma synoptique (figure 83). Les eaux brutes de ce forage sont acheminées vers le réservoir d'eau de la station Boumerzouga et ensuite distribuées aux consommateurs.



Figure 83 : Schéma synoptique de la chaîne d'approvisionnement 04 en eau potable de la commune Boudouaou.

V.2.1.4.1. Paramètres physico-chimiques

Le tableau 21 présente les teneurs en substances physico-chimiques mesurées pour les paramètres étudiés dans les échantillons d'eau de la chaîne 04.

Tableau 21 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 04 de la commune Boudouaou.

Paramètres physico-chimiques	Forage 03 (eau brute)	Réservoir de station Benmerzouga	Villa d'un consommateur	Normes (JORA, 2014)
Cl₂ (mg/l)	Eau brute	0,4	0,2	≤ 1
T (°C)	13,1	13,4	11,9	25
pH	6,85	6,86	7,00	6,5-9
Cond (us/cm)	1988	1886	1765	2800
Tur (NTU)	1,11	0,6	0,8	5
Résidu sec (mg/l)	168	1118	1012	1500
Paramètres de pollution				
NH₄⁺ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
NO₂⁻ (mg/l)	0,02	<0,02	<0,02	0,2
NO₃⁻ (mg/l)	47,7	6,8	8,03	50
PO₄⁻ (mg/l)	<0,03	<0,03	<0,03	0,5
Minéralisation globale				
Ca₂⁺ (mg/l)	120	112	108	200
Mg₂⁺ (mg/l)	96	144	115	50
TH (°F)	70	38	30	50
Na⁺ (mg/l)	80,5	ND	ND	200
K⁺ (mg/l)	2,5	ND	ND	12
Cl⁻ (mg/l)	603	241	220	500
SO₄²⁻ (mg/l)	96,6	102,6	101,6	400
HCO₃⁻ (mg/l)	610	244	213,5	-
Paramètres indésirable				
Fer (mg/l)	<0,02	0	0	0,3
Mn (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	0,05

✓ **Discussion :**

Les résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques donnés dans le tableau 21 montrent qu'il existe un seul paramètre parmi 20 paramètres qui n'est pas conforme aux normes. Il s'agit du magnésium.

Les concentrations en magnésium Mg²⁺ dans les échantillons d'eaux analysées varient entre 96 et 144 mg/l, ces valeurs sont considérées importantes comparées à la norme de 50 mg/l.

L'inconvénient le plus évident de la présence de magnésium dans l'eau potable est son effet laxatif. Par ailleurs, les personnes atteintes de diabète de type 2 peuvent bénéficier d'une eau riche en magnésium puisqu'ils souffrent souvent d'un manque de ce minéral qui permet de réguler le taux d'insuline dans l'organisme.

Toutefois, il est important de noter que la chaîne 04 est approvisionnée en eau potable (SEAAL) moyennement minéralisée (Conductivité de 300 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et d'une eau de forage très minéralisée (saline) (Conductivité de 1000 à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

La valeur de la conductivité dans les échantillons d'eau prélevés dans le réservoir est de 1118 mg/l et de 1012 mg/l au robinet du consommateur. Donc, les eaux distribuées sont très minéralisées. Aussi, l'eau de forage est très minéralisée (saline).

La valeur du résidu sec dans les échantillons d'eau prélevés dans le réservoir est de 1118 mg/l et de 1012 mg/l au robinet du consommateur. Donc, les eaux distribuées sont très riches en minéraux. Par contre, l'eau de forage est moins minéralisée. Cependant, l'eau brute de forage 03 est caractérisée par des concentrations élevées en Mg^{+2} (96 mg/l), en Cl^- (603 mg/l) et en TH (70 mg/l) qui excèdent les normes.

V.2.1.4.1. Paramètres bactériologiques

Le tableau 22 présente les teneurs en substances bactériologiques mesurées pour les paramètres étudiés dans les échantillons d'eau de la chaîne 04.

Tableau 22 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 04 de la commune Boudouaou.

Paramètres bactériologiques	Forage 03 (eau brute)	Réservoir station Benmerzouga	Villa d'un consommateur	Normes (JORA, 2014)
coliformes	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
coliformes totaux	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
coliformes fécaux	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Escherichia coli	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Streptocoque fécaux	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Entérocoque	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Clostridium sulfite réducteur	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml

✓ **Discussion :**

Selon les résultats obtenus, nous constatons d’après le tableau 22, l’absence de toutes formes bactériennes de contamination fécales dans les échantillons d’eau prélevés aux différents points de la chaîne 04.

En conclusion, du point de vue des paramètres physico-chimique et bactériologiques, l’eau distribuée dans la chaîne 04 est potable.

V.2.2. Chaines d’approvisionnement en eau potable de la commune de Kharouba

L’approvisionnement en eau potable est assuré à partir des eaux de la station de monobloc de Boudouaou (figure 84).



Figure 84 : Schéma synoptique de la chaîne d’approvisionnement en eau potable de la commune Kharouba.

V.2.2.1. Paramètres physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons d’eau sont présentés dans le tableau 23.

Tableau 23 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d’eau de la commune Kharouba.

Paramètres physico-chimiques	ST (eau traitée)	Réservoir Kharouba	Polyclinique	Lycée Abdelaziz el Kbir Kherrouba			Les normes (JORA , 2014)
				L’arrivée	Bâche à eau	Citerne	
Cl ₂ (mg/l)	0,8	0,6	0,4	0,4	0	0	≤ 1
T (°C)	19	19	19	19	20	26	25
pH	7,98	7,9	7,4	7,7	7,8	7,9	6,5-9
Cond (us/cm)	1159	1166	1158	1198	1281	1281	2800
Tur (NTU)	0,1	1,7	1,9	2,3	2,4	3,3	5
Paramètres de pollution							
NO ₂ ⁻ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2
NH ₄ ⁺ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5

✓ Discutions :

La température des échantillons d'eau prélevés aux différents points est comprise entre 19 et 20 °C. Elle dépasse la norme de 25 °C dans les eaux stockées dans la citerne de consommateur (Lycée Abdelaziz el Kbir Kherrouba).

Le pH est voisin de la neutralité pour tous les échantillons étudiés.

La conductivité électrique est élevée, mais elle ne dépasse pas la norme de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les échantillons d'eaux analysées. Les valeurs de ce paramètre varient entre 1158 et 1281 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La turbidité varie entre 0,1 et 3,3 NTU. La norme fixe une valeur de 5 NTU à ne pas dépasser.

Les teneurs en chlore résiduel libre mesurées dans les eaux de réservoir Kharouba est de 0,6 mg/l, alors qu'elle était de 0,8 mg/l dans la station monobloc. La concentration en chlore résiduel libre de l'eau doit être selon la norme algérienne ≤ 1 mg/l. Cependant les teneurs ont été diminuées en arrivant aux robinets des consommateurs. Une bonne chloration doit permettre de retrouver de quantité de chlore résiduel entre 0,2 à 0,4 mg/l (ADE, 2005).

Par contre on remarque l'absence de chlore résiduel libre dans l'eau stockée dans la citerne de consommateur située dans le Lycée Abdelaziz el Kbir Kherrouba.

L'absence du chlore peut être le signe de la pénétration d'un contaminant microbien.

Les concentrations des ions nitrites et ammonium sont toujours inférieures aux normes locales pour l'ensemble des échantillons prélevés.

V.2.2.2. Paramètres bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d'eau sont présentés dans le tableau 24.

Tableau 24 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la commune Kharouba.

Paramètres bactériologiques	ST (eau traitée)	Réservoir Kharouba	Polyclinique	lycée Abdelaziz el Kbir Kherrouba			Norme (JORA, 2014)
				L'arrivée	La bâche à eau	citerne	
Coliformes	ABS	ABS	ABS	ABS	–	ABS	0 UFC /100ml
Coliformes totaux	ABS	ABS	ABS	ABS	24	ABS	0 UFC /100ml
Coliformes fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Escherichia coli	ABS	ABS	ABS	ABS	–	ABS	0 UFC /100ml
Streptocoques fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Entérocoques	ABS	ABS	ABS	ABS	–	ABS	0 UFC /100ml
Clostridium sulfite réducteur	ABS	ABS	ABS	ABS	–	ABS	0 UFC /100ml

✓ **Discussion :**

Selon le tableau 24, le nombre de coliformes totaux dans les eaux stockées dans la bâche à eau est de 24 UFC/100 ml. Cette valeur est élevée en comparaison avec la norme algérienne qui exige que le nombre de coliformes totaux de 0 UFC/100 ml dans les eaux destinées à la consommation humaines. Cependant, on observe l'absence des germes bactériens dans les eaux traitées de la station monobloc Kharouba, les eaux de réservoir, les eaux prélevés à domicile ou stockées dans la citerne du consommateur.

En conclusion, du point de vue des paramètres physico-chimique et bactériologiques, l'eau distribuée dans la commune de Kharouba est potable. Par contre l'eau stockée dans la bâche à eau ne doit pas être utilisée pour la consommation humaine.

V.2.3. Chaines d’approvisionnement en eau potable de la commune Keddara

L'eau du barrage Keddara traitée est acheminée par une conduite depuis la station monobloc de production d'eau potable jusqu'aux réservoirs d'eau de la station de reprise 01 et 02 et de Keddara (figure 85).

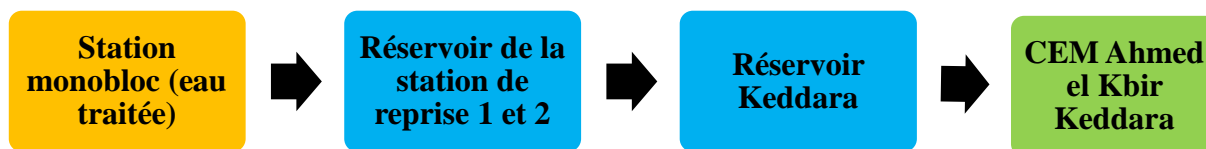


Figure 85 : Schéma synoptique de la chaîne d’approvisionnement en eau potable de la commune Keddara.

V.2.3.1. Paramètres physicochimiques

Les résultats d’analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons d’eaux prélevées au niveau des différents points de la chaîne d’approvisionnement en eau potable de la commune Keddara.

Tableau 25 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d’eau du de la commune Keddara.

Paramètres physico-chimiques	ST (eau traitée)	Réservoir de la station de reprise		Réservoir Keddara	CEM Ahmed el Kbir Keddara		Normes (JORA, 2014)
		SR 01	SR 02		L’arrivée	Citerne	
Cl₂ (mg/l)	0,8	0,7	0,4	0,6	0,1	0	≤ 1
T (°C)	19	19	19	19	20	27	25
pH	7,98	7,6	7,5	7,7	7,7	7,9	6,5-9
Cond (us/cm)	1159	1170	1169	1168	1198	1281	2800
Tur (NTU)	0,1	0,7	1	2	2,9	3,3	5
Paramètre de pollution							
NH₄⁺ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
NO₂⁻ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2

✓ **Discussion :**

La majorité des paramètres physico-chimiques mesurées sur les échantillons prélevés que ce soit dans la station de traitement, dans les différents réservoirs de la station de reprise et au robinet du consommateur sont conformes aux normes.

Les teneurs en chlore résiduel libre mesurées sont supérieures 0,6 mg/l dans les eaux de la station de traitement et dans les réservoirs. La concentration en chlore résiduel libre de l'eau doit être selon la norme algérienne \leq à 1 mg/l. Cependant les teneurs ont été diminuées en arrivant aux robinets des consommateurs. Une bonne chloration doit permettre de retrouver de quantité de chlore résiduel entre 0,2 à 0,4 mg/l (ADE, 2005).

Dans la citerne, nous avons constaté que la température de l'eau a dépassé la norme de 25 °C et la teneur en chlore est nulle. L'absence totale du chlore peut être expliquée par la présence de micro-organismes qui consomment fortement le chlore.

V.2.3.2. Paramètres bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d'eau sont montrés dans le tableau 26.

Tableau 26 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la commune Kaddara.

Paramètres bactériologiques	ST (eau traitée)	Réservoir de la station de reprise		Réservoir Keddara	CEM Ahmed el Kbir Keddara		Les normes (JORA, 2014)
		SR 01	SR 02		arrivée	La citerne	
coliformes	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	-	0 UFC /100ml
coliformes totaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	100	0 UFC /100ml
coliformes fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Escherichia coli	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	-	0 UFC /100ml
streptocoques fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	1	0 UFC /100ml
Entérocoques	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	-	0 UFC /100ml

✓ Discussion :

L'eau distribuée dans la commune de Keddara est de bonne qualité bactériologique, ce constat est confirmé par les résultats d'analyse bactériologique donnée dans le tableau 26. Par contre, l'eau stockée dans la citerne est de mauvaise qualité bactériologique, car elle renferme des

concentrations aux normes de potabilité bactériologique en streptocoques fécaux (1 UFC/100ml) et en coliformes fécaux (100 UFC/100ml).

En conclusion, du point de vue des paramètres physico-chimique et bactériologiques, l'eau distribuée dans la commune de Kaddara est potable.

Cependant, l'eau stockée dans la citerne ne doit être pas utilisée pour la consommation humaine.

V.2.4. Chaines d'approvisionnement en eau potable de la commune de Boudouaou el Bahri

Deux chaînes d'approvisionnement en eau potable sont envisagées dans la commune de Boudouaou el Bahri afin d'assurer une alimentation continue et régulière en potable. L'alimentation dans cette commune est assurée par les eaux de forages de Boudouaou el Bahri (5 et 10) et les eaux traitées de la station de traitement de Boudouaou SEAAL.

V.2.4.1. Chaîne 01

Le réservoir de Boudouaou El Bahri est alimenté par les eaux de la station de traitement de Boudouaou SEAAL (figure 86).



Figure 86 : Schéma synoptique de la chaîne d'approvisionnement 1 en eau potable
De la commune Boudouaou el Bahri.

V.2.4.1.1. Paramètres physicochimiques

Le tableau 27 indique les résultats des analyses physicochimiques effectuées sur les échantillons d'eau.

Tableau 27 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 01 de la commune Boudouaou el Bahri.

Paramètres physico-chimiques	Station SEAAL	Réservoir de station Boudouaou el Bahri	Résidence universitaire	Les normes (JORA, 2014)
Cl ₂ (mg/l)	0,9	0,8	0,7	≤ 1
T (°C)	15,5	15,8	15,7	25
pH	7,85	7,75	7,82	6,5-9
Cond (us/cm)	514	530	524	2800
Tur (NTU)	0,51	0,4	0,4	5
Résidu sec (mg/l)	320	293	318	1500
Paramètres de pollution				
NH ₄ ⁺ (mg/l)	<0,015	<0,02	<0,02	0,5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	0,2
NO ₃ ⁻ (mg/l)	1,71	2,56	3,01	50
PO ₄ ⁻ (mg/l)	<0,015	<0,03	<0,03	0,5
Minéralisation globale				
Ca ²⁺ (mg/l)	42	72	80	200
Mg ²⁺ (mg/l)	12	24	2,8	50
TH (°F)	17	28	22	50
Na ⁺ (mg/l)	-	34,8	37,4	200
K ⁺ (mg/l)	-	4,2	3,5	12
Cl ⁻ (mg/l)	67,4	97,3	77,2	500
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	32,08	31,34	30,47	400
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	-	128,1	122	-
Paramètres indésirable				
Fer (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	0,3
Mn (mg/l)	<0,005	<0,02	<0,02	0,05

✓ **Discussion :**

Les résultats du tableau 27 montrent que les concentrations des ions calcium, magnésium, sodium, potassium, les chlorures, les bicarbonates, les nitrites, les nitrates, l'ammonium, les sulfates et les métaux lourds (fer, manganèse) sont toujours inférieures aux normes.

Les valeurs

Toutefois, il est important de noter que l'eau distribuée dans la chaîne 1 est moyennement minéralisée. Les teneurs en chlore résiduel libre mesurées oscillent entre 0,8 et 0,9 mg/l dans les eaux de la station de traitement et dans le réservoir. Au niveau du robinet du consommateur, la teneur en chlore est de 0,7 mg/l.

V.2.4.1.2. Paramètres bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d'eau sont présentés dans le tableau 28.

Tableau 28 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 01 de la commune Boudouaou el Bahri.

Paramètres bactériologiques	Station SEAAL	Réservoir de station Boudouaou el Bahri	Résidence universitaire	Normes (JORA, 2014)
coliformes	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
coliformes totaux	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
coliformes fécaux	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Escherichia coli	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Streptocoque fécaux	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Entérocoque	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml

✓ **Discussion :**

Les résultats d'analyse révèlent que les paramètres bactériologiques (coliformes fécaux, coliformes totaux, streptocoques fécaux, Entérocoque, Escherichia coli) sont aux normes. Nous pouvons signaler la bonne qualité bactériologique des eaux distribuées dans la chaîne 2 de la commune Boudouaou el Bahri.

En conclusion, du point de vue des paramètres physico-chimique et bactériologiques, l'eau distribuée dans la chaîne 01 est potable.

V.2.4.2. Chaîne 02

La commune de Boudouaou el Bahri est alimentée en eau de consommation à partir des eaux brutes de forages de Boudouaou el Bahri (05 et 10). Ces eaux brutes sont acheminées vers le réservoir de la station de pompage Boudouaou el Bahri de capacité de 1000 m³ qui permet d'assurer une distribution continue et régulière de l'eau au consommateur via le réseau de distribution (figure 87).



Figure 87 : Schéma synoptique de la chaîne d'approvisionnement 2 en eau potable de la commune Boudouaou el Bahri.

V.2.4.2.1. Paramètres physico-chimiques

Les résultats des analyses physicochimiques effectuées sur les échantillons d'eau sont présentés dans le tableau 29.

Tableau 29 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 02 de la commune Boudouaou el Bahri.

Paramètres physico-chimiques	Les forages		Réservoir de station Boudouaou el Bahri	CEM Moussaoui Moussa		Normes (JORA, 2014)
	05 (eau brute)	10 (eau brute)		L'arrivée	La bêche à eau	
Cl₂ (mg/l)	Eau brute	Eau brute	0,8	0,6	0,6	≤ 1
T (°C)	11,9	19,4	15,8	16	16	25
pH	6,98	6,8	7,75	7,67	7,77	6,5-9
Cond (us/cm)	1800	1862	530	609	743	2800
Tur (NTU)	0,39	0,7	0,4	0,5	0,9	5
Résidu sec (mg/l)	624	1158	293	-	-	1500
Paramètre de pollution						
NH₄⁺ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
NO₂⁻ (mg/l)	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,2
NO₃⁻ (mg/l)	6,23	90,4	2,56	-	-	50
PO₄⁻ (mg/l)	<0,03	<0,03	<0,03	-	-	0,5
Minéralisation globale						
Ca²⁺ (mg/l)	112	200	72	-	-	200
Mg²⁺ (mg/l)	105,6	27	24	-	-	50
TH (°F)	72	70	28	-	-	50
Na⁺ (mg/l)	81,5	108,5	34,8	-	-	200
K⁺ (mg/l)	1,8	2,4	4,2	-	-	12
Cl⁻ (mg/l)	679	290,7	97,3	-	-	500
SO₄²⁻ (mg/l)	109,7	133	31,34	-	-	400
HCO₃⁻ (mg/l)	518,5	366	128,1	-	-	-
Paramètre indésirable						
Fer (mg/l)	0,02	0	<0,02	-	-	0,3
Mn (mg/l)	0,21	0	<0,02	-	-	0,05

✓ **Discussion :**

Les paramètres tels que la température, la turbidité, le pH, la conductivité électrique, le chlore résiduel libre et TH sont conformes aux normes. Aussi, les paramètres de pollution comme l'ammonium, les nitrites, le phosphore se présentent selon des valeurs inférieures aux normes. Les nitrates dépassent la norme pour les eaux du forage 10.

V.2.4.2.2. Paramètres bactériologiques

La recherche des germes bactériologiques dans les échantillons d'eau a donné les résultats présentés dans le tableau 30.

Tableau 30 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la chaîne 02 de la commune Boudouaou el Bahri.

Paramètres bactériologiques	Les forages		Château Boudouaou el Bahri	CEM Moussaoui Moussa		Les normes (JORA, 2014)
	05 (eau brute)	10 (eau brute)		L'arrivée	La bâche à eau	
coliformes	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
coliformes totaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
coliformes fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Escherichia coli	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Streptocoque fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Entérocoque	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml

✓ **Discussion :**

Les résultats d'analyse révèlent que les paramètres bactériologiques (coliformes fécaux, coliformes totaux, streptocoques fécaux, Entérocoque, Escherichia coli) sont aux normes. Nous pouvons signaler la bonne qualité bactériologique des eaux distribuées dans la chaîne 2 de la commune Boudouaou el Bahri.

En conclusion, du point de vue des paramètres physico-chimique et bactériologiques, l'eau distribuée dans la chaîne 02 est potable.

V.2.5. Chaîne d'approvisionnement en eau potable de la commune d'Ouled Heddadj

La commune d'Ouled **Heddadj** est alimentée en eau de consommation à partir des eaux de forages d'Ouled **Heddadj** (07, 05) et les eaux de la station de traitement de Boudouaou (SEAAL). Les eaux brutes de forage (07) subissent une chloration avant d'être mélangées avec les eaux de forage 05 et les eaux de la station de traitement de Boudouaou SEAAL. Ces eaux acheminées vers le réservoir de la station de pompage d'Ouled Heddadj et ensuite vers les consommateurs (figure 88).



Figure 88 : Schéma synoptique de la chaîne d'approvisionnement en eau potable de la commune d'Ouled Heddadj.

V.2.5.1. Paramètres physicochimiques

Le tableau 31 indique les résultats d'analyses physicochimiques effectuées sur les échantillons d'eau.

Chapitre V : Résultats et discussion

Tableau 31 : Concentrations des paramètres physicochimiques dans les échantillons d'eau de la commune d'Ouled Heddadj.

Paramètres physico-chimiques	Les forages		Station SEEAL	Réservoir de station Ouled Heddadj	Les gendarmeries	L'école Salem Allam		Normes (JORA, 2014)
	07 (après chloration)	05 (eau brute)				L'arrivée	Citerne	
Cl₂ (mg/l)	0,8	Eau brute	0,8	0,6	0,6	0,6	0	≤ 1
T (°C)	18,8	21	17,5	13,6	13,7	15	23	25
pH	6,7	6,94	7,9	7,9	7,9	7,4	7,53	6,5-9
Cond (us/cm)	1892	1954	541	763	755	906	1153	2800
Tur (NTU)	0,7	13,4	0,41	0,3	0,2	1,9	1,3	5
Résidu sec (mg/l)	1098	885	310	250	255	-	-	1500
Paramètres de pollution								
NH₄⁺ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,015	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
NO₂⁻ (mg/l)	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2
NO₃⁻ (mg/l)	67,4	76,64	3,09	10,9	10,8	-	-	50
PO₄⁻ (mg/l)	<0,03	<0,03	<0,015	<0,03	<0,03	-	-	0,5
Minéralisation globale								
Ca²⁺ (mg/l)	160	128	44	96	96	-	-	200
Mg²⁺ (mg/l)	24	86,4	10,8	42	47	-	-	50
TH (°F)	60	68	18	50	48	-	-	50
Na⁺ (mg/l)	100,3	100,8	-	36,4	36	-	-	200
K⁺ (mg/l)	1,5	4,1	-	4,5	4,3	-	-	12
Cl⁻ (mg/l)	297,8	269,5	80	74,3	77,5	-	-	500
SO₄²⁻ (mg/l)	131,8	170,3	47	43,11	42,13	-	-	400
HCO₃⁻ (mg/l)	396,5	423,9	-	183	183	-	-	-
Paramètres indésirable								
Fer (mg/l)	0,02	0	<0,02	0	0	-	-	0,3
Mn (mg/l)	0	0	<0,005	<0,02	<0,02	-	-	0,05

✓ Discussion :

Les résultats mentionnés dans le tableau 31 montrent que les paramètres physico-chimiques mesurés dans les eaux traitées de la station, les eaux stockées dans le réservoir de la station de pompage et les eaux distribuées sont tous conformes aux normes (tableau 31). Dans les eaux brutes des forages d'Ouled Heddadj, les concentrations en TH et nitrates se présentent selon des valeurs supérieures aux normes.

Les teneurs en chlore résiduel libre mesurées oscillent entre 0,6 et 0,8 mg/l dans les eaux de la station de traitement et dans le réservoir. Au niveau du robinet du consommateur, la teneur en chlore est de 0,6 mg/l. Dans la citerne, nous avons constaté que l'absence totale du chlore peut être expliquée par la présence de micro-organismes qui consomment fortement le chlore.

V.2.5.2. Paramètres bactériologiques

La recherche des germes bactériologiques dans les échantillons d'eau a donné les résultats présentés dans le tableau 32.

Tableau 32 : Concentrations des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'eau de la commune d'Ouled Heddadj.

Paramètres bactériologiques	Les forages		Station SEEAL	Réservoir de station Ouled Heddadj	Les gendarmeries	L'école Salem Allam		Les normes (JORA, 2014)
	07	05				L'arrivée	Citerne	
Coliformes	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Coliformes totaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Coliformes fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Escherichia coli	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Streptocoque fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Entérocoque	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml
Clostridium sulfite réducteur	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	0 UFC /100ml

✓ **Discussion :**

Les résultats ont montré une conformité des eaux par rapport aux germes de contamination fécale (coliformes fécaux, coliformes totaux, streptocoques fécaux, Entérocoque, Escherichia coli) sont aux normes. Nous pouvons signaler la bonne qualité bactériologique des eaux distribuées dans la commune d'Ouled Heddadj.

En conclusion, du point de vue des paramètres physico-chimique et bactériologiques, l'eau distribuée dans la commune de d'Ouled Heddadj est potable.

Conclusion

Conclusion

L'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation, alimentant les 5 communes de la wilaya de Boumerdes gérés par le centre de Boudouaou : Boudouaou, Boudouaou el Bahri, Kharouba, Ouled Heddadj et Keddara, se fait par le suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau depuis les ouvrages hydrauliques (château d'eau et réservoir) jusqu'au robinet du consommateur. L'étude ne se limite seulement aux eaux stockées dans les châteaux d'eau et réservoirs et aux eaux distribuées aux consommateurs, mais elle s'étend au suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux forages et des eaux de barrages traitées dans les stations de traitement de l'eau qui alimentent ces communes.

La qualité physico-chimique a porté sur 20 paramètres à savoir la température, la turbidité, le pH, la conductivité électrique, le résidu sec, les phosphates, l'ammonium, les nitrites, les nitrates, le calcium, magnésium, le potassium, les sulfates, les chlorures, le sodium, le titre hydrométrique TH, le Fer, le Manganèse et le chlore résiduel libre. Les paramètres bactériologiques étudiés concernent les coliformes, les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux, les Entérocoques, les Clostridium sulfite-réducteurs et Escherichia Coli. Les résultats obtenus sont comparés aux normes Algériennes et qui ont servi à l'interprétation des résultats.

Les résultats du suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes de forages de Boudouaou El Bahri (05, 10), de Boudouaou (02, 03, 05) et de Boudouaou El Bahri (05, 10) exploitées par pour la production d'eau montrent que :

- Sur le plan physico-chimique, toutes les eaux de forages sont considérées comme très dures ($74 \text{ }^{\circ}\text{F} \geq \text{TH} \geq 50 \text{ }^{\circ}\text{F}$), salines ($1988 \geq \text{conductivité} \geq 1800 \text{ } \mu\text{s/cm}$), neutre ($6,9 \geq \text{pH} \geq 6,7$), très riches en minéraux ($1262 \geq (\text{résidu sec}) > 168 \text{ mg/l}$) et claires à l'exception de l'eau de forage d'Ouled Heddadj (05) qui est légèrement trouble ($\text{turbidité} > \text{à la norme de } 5 \text{ NTU}$).

Les concentrations en NH_4^+ , NO_2^- , PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} et en Fer de tous les échantillons d'eau de forages analysés sont conformes aux normes étant donné que leurs concentrations sont très faibles. Certains forages renferment dans leurs eaux des quantités de nitrates ($90,4 \geq \text{NO}_3^- \geq 67,4 \text{ mg/l}$), les chlorures ($679 \geq \text{Cl}^- \geq 603 \text{ mg/l}$), le magnésium ($57,6 \geq \text{Mg}^{2+} \geq 105,6 \text{ mg/l}$), et le Manganèse ($0,21 \geq \text{Mn} \geq 0,17 \text{ mg/l}$) dépassant largement les normes de 50 mg/l pour les nitrates, 500 mg/l pour les chlorures, 50 mg/l pour le magnésium et 0,05 mg/l pour le manganèse. Le forage de Boudouaou El Bahri (05) à lui seul a dépassé les normes de 500 mg/l pour les chlorures, 50 mg/l pour le magnésium et 0,05 mg/l pour le manganèse.

Alors que le forage de Boudouaou (03) a dépassé les normes de chlorures, de magnésium et de nitrates. Le forage d'Ouled Heddadj (05) a dépassé les normes de nitrates et de magnésium. Cependant, les forages d'Ouled Heddadj (07), Boudouaou El Bahri (10), de Boudouaou (03) ont dépassé la norme d'un paramètre.

- Sur le plan bactériologique, toutes les eaux de forages sont de bonne qualité. Les eaux de forages sont exemptes de germes bactériens.

Les résultats du suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux des barrages de Keddara traitées dans la station monobloc de Kharouba et les eaux de barrages Tizi-Ouzou traitées dans la station Boudouaou (SEAAL) montrent que :

Ces eaux traitées sont destinées à approvisionner en eau potable les communes de Kharouba, Boudouaou et Boudouaou El Bahri.

- Sur le plan physico-chimique, l'eau produite en sortie de la station de traitement monobloc de Boudouaou (SEAAL) est considérée comme moyennement douce ($TH=18^{\circ}F$), moyennement minéralisée (conductivité $=544 \mu s /cm$), proche de neutralité ($pH=7,7$), faiblement minéralisée (résidu sec= $298 mg/l$) et claires (turbidité= $0,5 NTU$). Tous les paramètres chimiques mesurés sont tous conformes aux normes.

Sur le plan bactériologique, ces eaux sont de bonne qualité bactériologique car on note l'absence totale des germes responsables de la non-conformité des eaux.

- Sur le plan physico-chimique, l'eau produite en sortie de la station de traitement monobloc de Kharouba est considérée comme une eau saline (conductivité $= 1159 \mu s /cm$), et claire (turbidité= $0,1 NTU$) et de neutralité approchée ($pH= 7,98$). Tous les paramètres chimiques mesurés sont tous conformes aux normes.

Sur le plan bactériologique, ces eaux sont de bonne qualité bactériologique car on note l'absence totale des germes responsables de la non-conformité des eaux.

Plusieurs chaînes d'approvisionnement en eau potable sont envisagées pour assurer l'alimentation continue et régulière dans les communes à partir des eaux de forages seules, ou à partir des eaux de barrages traitées seules ou à partir des eaux de forages mélangées aux eaux traitées. Le nombre de chaîne est lié au nombre de population et à la capacité des ouvrages dans la commune. Les résultats du suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau depuis les ouvrages hydrauliques (château d'eau et réservoir) jusqu'au robinet du consommateur dans toutes les chaînes d'approvisionnement ont montré :

- Sur le plan physico-chimique, l'eau stockée dans les châteaux et les réservoirs et les eaux distribuées au robinet des consommateurs sont considérées comme dure, saline, neutre ou proche de neutralité, moyennement minéralisée et claires. Tous les paramètres chimiques mesurés sont tous conformes aux normes. Les teneurs en chlore résiduel libre sont conformes à la norme algérienne \leq à 1 mg/l.

- Sur le plan bactériologique, ces eaux sont de bonne qualité bactériologique, ce constat est confirmé par l'absence totale des germes responsables de la non-conformité des eaux.

Il est important de signaler que tous les réservoirs subissent un nettoyage et une chloration pour garantir que l'eau potable est protégée d'une récontamination.

En conclusion, quelle que soit la chaîne d'approvisionnement considérée pour alimenter les 5 communes de la wilaya de Boumerdes en eau potable, l'eau stockée dans les châteaux et les réservoirs et les eaux distribuées au robinet des consommateurs sont de bonne qualité physico-chimiques et bactériologiques, c'est-à-dire que l'eau distribuée est potable.

Cependant, les résultats du suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau stockée dans les citernes et les bâches utilisées dans les établissements scolaires dans toutes les chaînes d'approvisionnement ont montré :

Sur le plan physico-chimique, tous les paramètres chimiques mesurés sont tous conformes aux normes. Seule la température dépasse la norme de 25 °C, celle-ci concerne les eaux stockées dans les citernes des consommateurs situées dans les établissements scolaires : le lycée lala fatma n'soumer, l'école Moussa Bnouossair et le lycée Abdelaziz el Kbir Kherrouba). Ces citernes d'eau sont exposées directement aux rayonnements solaires rayons UV.

Sur le plan bactériologique les eaux stockées, dans les citernes et les bâches à eau, utilisées dans les établissements scolaires sont non-conformes à la norme algérienne. Ces eaux ont le nombre de Coliformes totaux et / ou fécaux et Streptocoques fécaux supérieurs à la norme algérienne. A signaler que ces eaux ont présentées une teneur en chlore résiduel nulle qui peut être expliquée par la pénétration d'un contaminant microbien liée au non-respect des conditions hygiéniques.

En conclusion, l'eau produite et distribuée par l'Algérienne Des Eaux de Boumerdes ADE au niveau des communes de Boumerdes est "conforme à 100%" aux normes algériennes de potabilité.

La qualité bactériologique des eaux stockées dans les citernes peut être améliorée par un nettoyage et une chloration réguliers.

La pénurie d'eau encourage les consommateurs à stocker l'eau potable dans les citernes, donc il est important de faire des programmes de sensibilisation aux ménages sur hygiène de l'eau. Il est recommandé de renforcer la surveillance des eaux stockées à domiciles par les autorités sanitaires publiques.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

ADE (2005). Maintien de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution et lutte contre les pollutions accidentelles, formation contenue en entreprise, les cahiers techniques du stage T2.

PAYANT A. (2016). Efficacité des lavages physiques de membranes de nanofiltration à fibres creuses [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. Polypublieentre de formation aux Métiers de l'eau de Tizi-Ouzou. Algérie.

BERLAND J. et JUERY C. (2002). Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau, ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales direction de l'espace rural et de la forêt, document technique, FNDAE, N°14.

MARION A. (2016). Nanofiltration, osmose inverse. INP ENSIACET. INP ENSAT.

ADE (2016). Manuel de qualité de l'eau pour les paramètres biologique, édition ADE.

ADE (2017). Présentation de station monobloc Kherrouba, édition ADE.

ANCTI F. et al. (2012). cheminements de l'eau presse inter Polytechnique, deuxième édition.

ANTOINE P. (2023). EAU - Propriétés physico-chimiques, Encyclopédie Universalise [en ligne] URL.

TEIXEIRA C. (2006). Housing Experiences of Black Africans in Toronto's Rental Market: A Case Study of Angolan and Mozambican Immigrants, Canadian Ethnic Studies Journal, vol. 38, no 3 (automne),

AQUAPORTAIL (2022). Eau-potable, Jean-François Fortier, Site d'aquariophilie et biologie créé et fondé en décembre 2006.

AROUYA K. (2011). Pollution des eaux : Impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface. Edition universitaires européennes.

KETTAB A. (2001). Les ressources en eau en Algérie : stratégies, enjeux et vision, Desalination, Volume 136, Issues 1–3.

KASSIM C. (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako, université de Bamako faculté de médecine de pharmacie et d'odonto stomatologie.

ATSDR (2015). Toxicologique profile sur le cuivre et l'argent de Toxique élément et Registre des maladies, U.S. Département de sante et Humann Services, Public sante Service, Atlanta.

- AYAD W. (2017).** Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de skikda).
- BALDERACCHI C. (2009).** L'eau dans l'organisme, Centre national de la recherche scientifique (CNRS).
- MAES B. (2019).** Une eau ayant un résidu sec très faible est-elle morte ? , Freedom of health. Site Web.
- BATES B. et al. (2008).** Le changement climatique et l'eau, document technique publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Secrétariat du GIEC, Genève.
- BEAULIEU PH. (2018).** les propriétés de l'eau, le centre d'information sur l'eau, site web.
- BELAID C. et HOCINE H. (2017).** Etude des propriétés, thème Isolement et caractérisation des souches d'entérocoques multi-résistantes en clinique au niveau de l'hôpital, mémoire de fin d'étude, Université A. MIRA - Bejaia Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
- BEN THAYER B. et al. (2007).** Élimination de la turbidité par oxygénation et filtration successives des eaux de la station de Sfax (Sud de la Tunisie). Revue des sciences de l'eau Volume 20, numéro 4.
- BENCHAHLA A. et LAMRAOUI R. (2021).** Traitements des eaux du Barrage Ourkis d'oum El-Bouaghi par coagulation-floculation, Mémoire Magister : Chimie des Matériaux, thèse : Université Larbi Ben Mhidi Oum Albouaghi.
- BENCHEIKH I. et al. (2022).** Contribution à l'étude de la qualité bactériologique de l'eau de la retenue collinaire Oued El Nakhla -Nechmaya (Guelma), Mémoire Master : Microbiologie Appliquée, Université 8 Mai 1945 Guelma.
- BENGARNIA B. (2016).** Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued Essaouira cas de Béni-Abbès, Ougarta et Zeghamra, thèse doctorat université Ahmed Ben Bella Oran.
- BENHADDA N. (2022).** Les changements climatiques et leurs impacts sur les ressources en eau en Algérie, Revue Algérienne des Études Politiques, Vol 09/N° 02.
- BERLAND J. (2002).** Elaboration des dispositions locales de secours pour la distribution d'eau potable, Méthodologie pour l'étude et la préparation des mesures à prendre en local en cas de pollution accidentelle d'un réseau de distribution d'eau potable. Document technique N°4. Office International de l'Eau SNIDE.
- BOEGLIN J.C. (2006).** Contrôle Des Eaux Douces Et De Consommation Humaine. Dans : Techniques De L'ingénieur W1 : Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur.

- BOUGRIOUA M. et REZZOUG S. (2021).** Caractérisation et traitement des eaux brutes du barrage d'El Hamiz en vue de sa potabilisation, Mémoire Master : Chimie de l'Environnement, thèse : Université M'Hamed Bougera de Boumerdes.
- BOURRIER R. et SELMI B. (2011).** Techniques de la gestion et de la distribution de l'eau : des ressources à la consommation écogérée, Edition le Moniteur.
- BOUZAID A. et ABDE M. (2019).** Etude d'un réservoir semi-enterré de capacité 500 m³ à graillasse Wilaya de B.B.A, Mémoire Master : Génie Civil, thèse : Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi – Bordj Bou Arreridj.
- BRIERE F.G. (2000).** Distribution et collecte des eaux, 2^{ème} édition, Ecole polytechnique du Montréal.
- BRYSON B. et al. (2008).** Le Changement climatique et L'eau, Document technique VI du GIEC, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
- CENTRE INFORMATION SUR L'EAU (2005).** Guide des ressources sur le thème l'eau. Document pédagogique sur l'eau potable.
- CEAEQ (2015).** Recherche et dénombrement simultané des coliformes fécaux et d'Escherichia coli dans l'eau potable avec le milieu de culture MI ; Méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.
- CELERIER J. et FABY J. (2016).** La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux, Document technique FNDAE, HORS série N° 12.
- CFPT (2002).** La turbidité de l'eau potable. Document de consultation publique préparé par le Sous-comité fédéral provincial- territorial sur l'eau potable.
- CHOUAFA N. et MUNJOVO GILBERTO M. (2022).** Analyse de la qualité de l'eau potable distribuée à Guelma, Mémoire Master : Génie Chimique, thèse : Université 8 mai 1945 Guelma.
- DAINE F. (2022).** Phosphore : rôle, besoins et sources alimentaires, Doctissimo, site web.
- DEBBAKH A. (2012) :** Qualité et dynamique des eaux des systèmes Lacustres en amont de l'Oued Righ. Mémoire magister. Université de KASDI MERBAH. Spécialité : hydraulique.
- DEGREMENT (2005).** Mémoire technique de l'eau. tom1. 2^{ème} édition.lavoisier-tec.et.doc, Cachan.
- MORIN-CRINI N. et CRINI G. (2017).** Eaux industrielles contaminées : Réglementation, paramètres chimiques et biologiques & procédés d'épuration innovants. Presses universitaires de Franche-Comté.
- DEKHILI M. (2022).** Élimination de l'ammonium sur un charbon préparé par les noyaux de dattes sur solutions synthétiques Guelma, Mémoire Master : hydraulique urbaine, thèse : Université Mohamed khider Biskra.

DERRADJI S. et MECHEHOUD N. (2022). Evaluation de la qualité physico-chimique et organique des eaux souterraines de la commune de Hamma Bouziane approvisionnées à la consommation humaine, Mémoire Magister : Ecologie Fondamentale et Appliquée, thèse : Université des Frères Mentouri Constantine 01.

DEVEAU I. (1999). Intérêts et limites de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise. Thèse

DJAFOUR A. (2000). Etude d'une station de pompage photovoltaïque dans une région saharienne, Magister : Physique, Université Kasdi Merbah. Institut des Sciences Exactes : Université Kasdi Merbah Ouargla.

DOUGNA A. et al. (2015) Physico-chimie et qualité des eaux des forages d'hydraulique villageoise dans la région centrale au Togo, Laboratoire de Chimie des Eaux, Faculté des Sciences, Université de Lomé, B.P. Lomé.

DUGUET D. et al. (2006). Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine, 1ère édition, ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement).

ECOSSE D. (2001). Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Qualité et Gestion de l'Eau, Fac. Sciences, Amiens.

ELHADJ A. et al. (2015). Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique de laits crus de vache dans deux fermes de la wilaya de Tissemsilt (Algérie), ElWahat pour les Recherches et les Etudes Vol.8 n°2.

GOVERNEMENT DE CANADA (2021). Parlons d'eau : L'aluminium dans l'eau potable, Santé Canada, site web.

GUILBERT L. (2000). Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire.

HARRAT N. et ACHOUR S. (2010). Pollution physico-chimique des eaux de Barrage de la région d'El Tarf. Impact sur la chloration, Larhyss Journal, n°8.

ISO 6059. Qualité de l'eau-Dosage de la somme du calcium et magnésium par la méthode titrimétrie à l'EDTA.

ISO 6777 NA. 1657. Dosage des nitrites- Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire.

ISO 6878/1.1998 (F). Qualité de l'eau-dosage spectrométrique du phosphore en utilisant le molybdate d'ammonium.

ISO 7027. 1999 (F). Qualité de l'eau Détermination de la turbidité (troisième édition).

ISO 7150/1. Qualité de l'eau-Dosage de l'ammonium-Méthode spectrométrique manuelle.

ISO 8467 NA 2064. Qualité de l'eau-Détermination de l'oxydabilité au KMnO₄ (Indice de permanganate) - Méthode à chaud en milieu acide.

ISO 9297 NA 6917. Qualité de l'eau-Dosage de chlorures-Titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (Méthode de Mohr).

ISO 9964/3. Dosage de sodium/potassium par le photomètre à flamme.

ISO N° 6332. 1988(F). Dosage du Fer - Méthode spectrophotométrie à fil ph.

BAPTISTE J. (2012). Le réseau de distribution d'eau potable : un écosystème complexe lié à des enjeux de santé publique, Paris, France. Institut de Génétique et Microbiologie, Université Paris-Sud 11.

JOURNAL ALGERIEN DES REGIONS ARIDES (2014). Paramètre de qualité de l'eau de consommation humaine.

KAHOUL M. et TOUHAMI M.I. (2014). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie), thèse : Université Badji Mokhar Annaba, Larhyss Journal ISSN 1112-3680, n°19.

LARIBI R. et CHEKAOU W. (2021). Suivi des paramètres de l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux de source selon la méthode de stockage et de traitement. Mémoire Magister : Microbiologie Appliquée, thèse : Université Larbi Ben Mhidi Oum Albouaghi.

MAHSAS I. et ZEDDAM S. (2008). L'étude de l'équilibre calcocarbonique de l'eau de barrage de KEDDARA, Mémoire du diplôme des études universitaires appliquées DEUA : génie de l'environnement, thèse : Université M'Hamed Bougera de Boumerdes.

MAHSAS I. et ZEDDAM S. (2011). Recherche et essais d'élimination des précurseurs de mauvaise goût et des d'odeur dans l'eau potable, Mémoire Magister : génie de l'environnement, thèse : Université M'Hamed Bougera de Boumerdes.

MAHSAS I. (2017). Compte rendu de centre ADE de Boudouaou, ADE.

MARIN GALVIN R. (2010). Caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des eaux. Ecole d'organisation industrielle.

MARTIN A. et al. (2001). Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Ed Lavoisier, Tec & Doc.

MASSICILIA I. et TAIBI M. (2016). Etude comparative de la qualité microbiologique et physico-chimique de trois eaux (eau minérale naturelle, eau de source, eau de robinet), Mémoire Magister : science agronomie, thèse : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

MAUREL A. (2006). Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce, 2ème édition.

- SCHULZE M.B. et al. (2007).** Apport en fibres et magnésium et incidence du diabète de type 2 : étude prospective et méta-analyse. Arch Intern Med.
- MEKRANTER R. et HABIB M. (2017).** L'eau de distribution et les pollutions accidentelles, Mémoire Magister : Sciences de l'Eau et de l'Environnement, thèse : Centre Universitaire Belhadj Bouchaib -Ain Temouchent-.
- MERIBAI A. et al. (2016).** Sassement de la pollution chimique et biologique des eaux de puits à usage domestique et/ou agricole, situé dans le Nord-Est algérien de la province de Bordj Bou Arriredj : Conférence internationale sur la gestion intégrée de l'environnement pour un développement durable.
- MINISTERE DE LA SANTE DE LA PREVENTION (2017).** Produits et procédés de traitement de l'eau, santé et environnement, site web.
- MUSY A. et HIGY CH. (2004).** Une science de la nature. PPUR presses polytechniques. L'eau dans un monde qui change. EAU
- MUTIN G. (2009).** Le Monde arabe face au défi de l'eau. Enjeux et Conflits. Institut d'Etudes Politiques de Lyon. Hal-00352860, version, 2.
- NA 749.** Qualité de l'eau-détermination de la conductivité électrique.
- NEZEYS A. (2021).** Un zonage pluvial pour Paris : réintégrer les eaux pluviales dans le grand cycle de l'eau. Édition HAL.
- NF 751.** Eaux potables, eaux minérales détermination du PH.
- NF T90-036.** Détermination de l'alcalinité (HCO₃).
- Norme Afnor T90-012.** Dosage des nitrates par spectrométries D'absorption moléculaire.
- Norme NA 6945.** Détermination des résidus secs, du résidu calciné et du résidu sulfaté.
- OLIVIER A. (2015).** Chimie et pollutions des eaux souterraines. Lavoisier TEC et DOC, Paris.
- OMS (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.
- OMS (2002).** Réduire les risques et promouvoir une vie saine. OMS Press, Genève, Suisse.
- OMS (2008).** Guide succinct des méthodes de dosage du plomb dans le sang, recommandations- 2ème édition. OMS Press, Genève.
- OMS (2008).** Lignes directrices pour la qualité de l'eau potable, incorporation des 1er et 2e addendas, Vol.1, Recommandations- 3 ème édition. OMS Press, Genève et Suisse.
- OMS (2015).** Le cuivre dans l'eau de boisson, Document de référence pour l'élaboration des lignes directrices de l'OMS pour la qualité de l'eau de boisson, Organisation mondiale de la santé, Genève.

OMS (2017). Directives de qualité pour l'eau de boisson, 4ème édition intégrant le premier additif.

OMS (2018). Arsenic primer guide sur l'enquête et l'atténuation de la contamination par l'arsenic. New York : Fonds des Nations Unies pour l'enfance et Organisation mondiale de la santé.

OMS (2019). Systèmes nationaux d'appui à l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène : rapport sur la situation mondiale en 2019 analyse et évaluation mondiales d'ONU-eau sur l'assainissement et l'eau potable.

OMS (2022). Elaboration de réglementations et normes pour la qualité de l'eau de boisson : orientations générales avec un accent particulier sur les pays dotés de ressources limitées.

ORGANISATION DES NATIONS UNIS POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (2011). L'état des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde. Gérer les systèmes en danger.

PIEMONT A. et al. (2017) : Les eaux de surface, potabilité, Degremont – Memento dégrèvement, SUEZ, waterhandbook.

RODIER J. et al. (2009). L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, édition Dunod.

PINAY G. ET AL. (2017). L'eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. Synthèse de l'expertise scientifique collective CNRS - Ifremer - INRA - Irstea (France).

RAPPORT DES NATIONS UNIS. (2009). L'eau dans un monde qui change, 3^{ème} édition.

RAVELOJAONA D. et al. (2020). Modélisation de la variation du mode d'infiltration de l'eau dans le sol selon sa porosité, Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Laboratoire de Physique et Modélisation (LPM), BP 906 Antananarivo 101, Madagascar.

RODIER J. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition, Edition DUNOD.

RODIER J. (2006). Analyses de l'eau, 8^{ème} édition.

SAGASTA S. et al. (2018). Plus de gens, plus de nourriture, moins d'eau. De : global review of water pollution from agriculture. FAO. Rome (Italie).

SCHRIVER et MAZZUOLI. (2012). La qualité physicochimique de l'eau potable de la région de Guelma. Mémoire, Université 8 mai 1945 Guelma.

THIERRY E. (2019). Dossier pédagogique – L'eau et le changement climatique, Office International de l'Eau, France.

TOUATI L. (2021). Cours de pollution des eaux, Niveau Master 1 Ecologie Fondamentale & Appliquée, Université Frères Mentouri Constantine 1.

UNESCO (2022). Eaux souterraines : rendre visible l'invisible, Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau décrit les défis et les opportunités associés au développement, à la gestion et à la gouvernance des eaux souterraines à travers le monde, UNISCO. Site Web.

VILAGINES R. (2003). Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie, 2ème Edition : Tec et Doc. Lavoisier.

WEBER J. (2020). Effets du fer sur l'eau potable sur la santé, Sorefit. Site Web.

WOODWARD L. et CARDONAS J. (2014). Bicarbonates (HCO_3^+) et eau minérale, doctissimo. Site web.

ZANE O. et DAHMANI M. (2008). Désinfection de l'eau de boisson cas pratique : ville de Boumerdes, Mémoire de fin de formation, institut national spécialisé « Kebabi-Mohamed Ouali-Bouira ».

ZAOUII. et GHAOUI R. (2012). Guelma. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Université de 8 Mai 45 Guelma.

ZERDOUDI A. et SEGOUALIW. (2023). La qualité physico-chimique de l'eau potable de la région de Guelma, Mémoire Magister : biodiversité et environnement, thèse : Université 8 mai 1945 Guelma.

ZOUAG B. et BELHADJ Y. (2017). Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologie de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta, Tlemcen. Thèse : université Abou Bekr Belkaïd faculté de médecine Dr. B. Benzerdjeb – Tlemcen.

Annexes

Annexe I : Unité ADE de Boumerdes

L'unité de Boumerdes est organisée comme suit

- Directeur d'Unité (DU)
- Département communication (DC)
- Assistant Chargé de la Sécurité (A CH S)
- Secrétariat (SEC)
- Département Ressource Humaine (D RH)
- Département Administration et Moyens (D A M)
- Département Exploitation (D EX)
- Département Finance et Comptabilité (D.F. C).
- Département Commercial (D C)
- Département Laboratoire (D LABO)

Les détails de chaque dératations il est donne dans ANNEX

- ❖ **AC.I:** Elle est chargée de tout mouvement informatique de l'unité
- ❖ **A.CH.S :** Il est chargé de la sécurité interne de l'unité.
- ❖ **SEC :** Elle est chargée de l'orientation, la frappe et la réception du courrier, elle répond aussi aux appels téléphoniques.
- ❖ **D.RH :** Il est chargé de la gestion prévisionnelle des ressources humains et le suivi de carrière, planifie la formation, la gestion du personnel et le social

Il comprend deux services :

- Service gestion du personnel (S GP)
- Service formation (S.F).

- ❖ **D.A.M :** Il est chargé des approvisionnements et investissements.

Il comprend deux services :

- Service approvisionnement (S.APP).
- Service moyens généraux et parc (S.MGP).

- ❖ **D.EX :** Il est charge de l'exploitation et la maintenance des équipements hydromécaniques.

Il comprend trois services :

- Service production et distribution (S.PD).
- Service développement (S.DEV).
- Service maintenance (S.MAINT).

- ❖ **D.F.C** : Il est chargé de la comptabilisation de tout mouvement de l'unité, la fiscalité et la trésorerie.

Il comprend deux services :

- Service comptabilité générale(S.CG).
- Service budget et finance (S.BF).

- ❖ **D.C** : Il est chargé de la relève, la facturation, le recouvrement, la relation clientèle, pose et la dépose des compteurs.

Il comprend deux services :

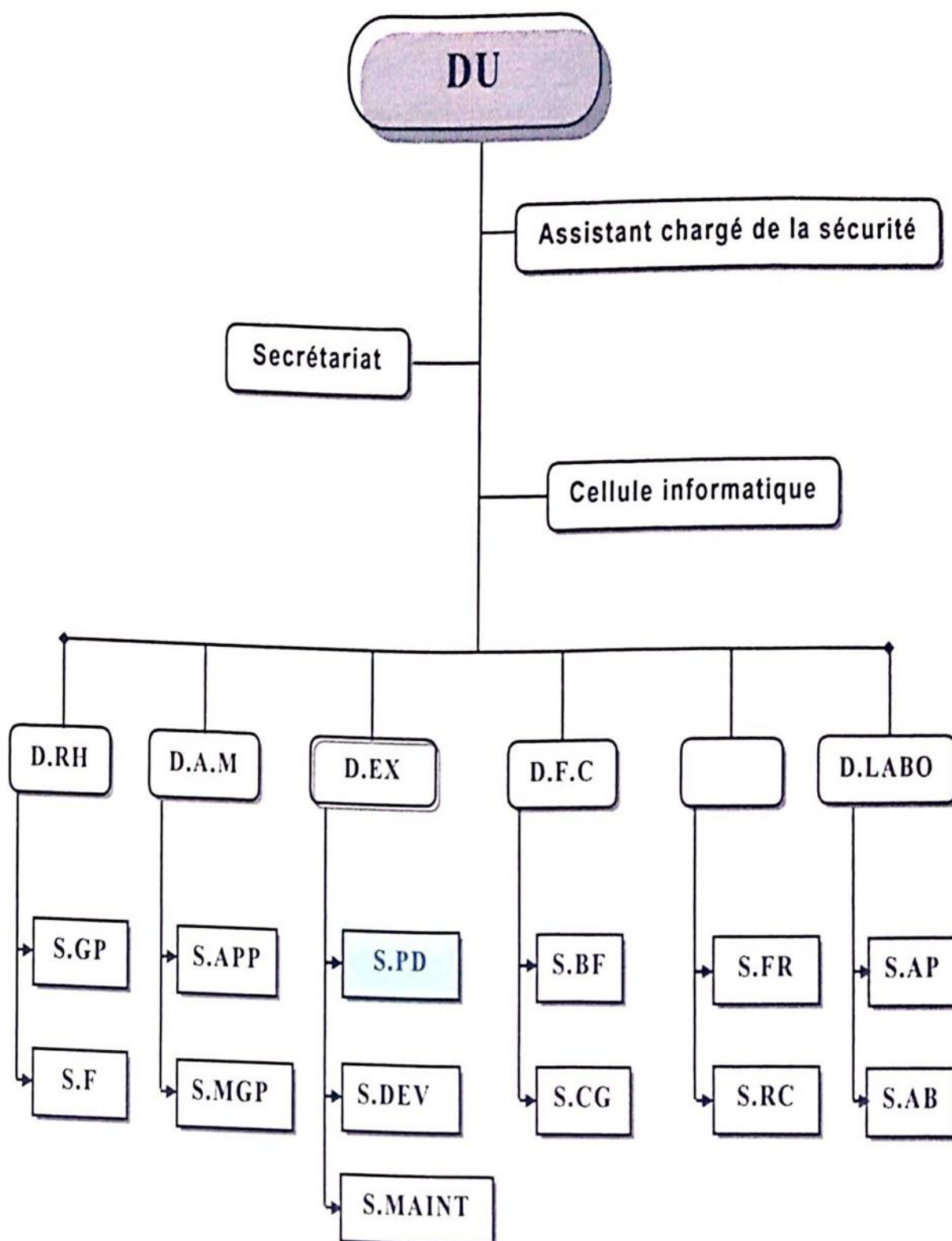
- Service relations clientèles (S.RC).
- Service facturation et recouvrement (S.FR).

- ❖ **DU** : C'est le manager et le premier ordonnateur de l'unité. C'est lui aussi qui oriente les chefs de département de chaque changement du travail.

L'effectif de l'unité compte 449 agents, ils se répartissent comme suit :

- Personnel technique : 320 soit 71 %.
- Personnel de soutien : 129 soit 29 %.

- ❖ **D.LABO** : Il est chargé de l'analyse de l'eau potable produit. Il comprend deux services : Service physico-chimique (S.AP) et Service bactériologique (S.AB).



Annexe II : Préparation des solutions

➤ Préparation des solutions

✓ Dosage des nitrites (NO_2^-) (ISO 6777 NA 1657)

Réactif mixte. Dissoudre 40 gr d' amino-4 benzène sulfonamide ($\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$) dans un mélange formé de 100 ml d'acide orthophosphorique et de 500 ml d'eau.

Ajouter 2 g de dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthanc ($\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2 \cdot 2\text{HCl}$), compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Solution étalon mère de nitrites 100 mg/l. Dissoudre 0,15 g de nitrite de sodium (séché à 105°C durant au moins 2 h) dans 1000 ml d'eau distillée. Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C .

Solution étalon fille de nitrites 1 mg/l. Prélever à l'aide d'une pipette 1ml de la solution étalon de nitrites de concentration 100 mg/l, la transvaser dans une fiole de 100ml et compléter au volume avec de l'eau distillée. La solution est préparée le jour de l'emploi. Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C .

✓ Dosage des nitrates par spectrométrie d'absorption moléculaire (Norme Afnor T90-012)

Solution de tartrate double de sodium et de potassium. Dissoudre 400 g d'hydroxyde de sodium dans une fiole de 1000 ml, ajouter 60 g de tartrate double de sodium et potassium, laissé refroidir et compléter avec de l'eau distillée. Conserver dans un flacon en polyéthylène.

Solution de Salicylate de Sodium à 0.5%. Dissoudre 0.5 g de salicylate de sodium dans de l'eau et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée. Conserver dans une bouteille en verre ou en polyéthylène. Préparer cette solution chaque jour au moment de l'emploi.

Solution d'hydroxyde de sodium à 30%. Dissoudre 30 g d'hydroxyde de sodium dans de l'eau et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée.

Solution mère de nitrate à 1000 mg/l. Dissoudre 1.37 g de nitrate de sodium dans de l'eau et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Solution fille étalon de nitrate 10 mg/l. Diluer 10 ml de la solution mère à 1000 mg/l et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

✓ **Dosage de l'ammonium par spectrométrie (ISO 7150/1)**

Réactif coloré. Dissoudre 130 g de salicylate de sodium $C_7H_5NaO_3$ et 130 g de citrate trisodique di hydrate dans l'eau contenue dans une fiole de 100 ml, ajouter 0,097 g de nitroprussiate de sodium $Na_2[Fe(CN)_5NO]$ et compléter à 100 ml avec de l'eau distillé. Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines.

Solution de Dichlorocisocyanurate de sodium. Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2 g de dichloroisocyanurate di-hydraté, compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée. Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines.

Solution mère étalon d'ammonium 100 mg/l. Dissoudre 0,297g de chlorure d'ammonium (séché à $105^\circ C$ pendant au moins 2h) dans 1000 ml d'eau distillée. Cette solution est conservée dans un flacon en verre et est stable au moins un mois.

Solution fille étalon d'ammonium 1 mg/l. Prélever à l'aide une pipette 1 ml de la solution étalon d'ammonium de 100 mg/l. Verser dans une fiole de 100 ml et compléter au volume avec de l'eau distillée. Préparer cette solution le jour de l'emploi. La durée de conservation ne dépasse pas 24h.

Solution de lavage. Dissoudre 100 g d'hydroxyde de potassium dans 100 ml d'eau distillée.

Refroidir la solution et ajouter 900 ml d'éthanol 95%. Conserver dans un récipient en polyéthylène.

✓ **Dosage des phosphates dosage spectrométrique à l'aide de molybdate d'ammonium (ISO 6878/1, 1998)**

Réactif mélange. Mélanger (le réactif A+ le réactif C) + le réactif B =500ml (solution stable pendant 2 mois).

Préparer Dissoudre 13 g d'heptamohybdate d'ammonium dans 1000 ml d'eau distillé (**réactif A**).

Dissoudre 0,35 g de tartrate d'antimoine dans 1000 ml d'eau distillé (**réactif B**).

Dissoudre 150 g d'acide sulfurique concentré dans 3000 ml d'eau distillée (**réactif C**).

-
- ✓ **Dosage des chlorures-titrage au nitrate d'argent avec du chromate de potassium (Méthode de mohr- (ISO 9297-NA 6917))**

Solution de nitrate d'argent (AgNO_3) à 0,02 mol/l. Dissoudre dans l'eau 3.3974 g de nitrate d'argent (AgNO_3) séchés au préalable à 105 C° et compléter à 1000 ml dans une fiole jaugée. La solution est conservée à l'obscurité dans une bouteille en verre brun munie d'un bouchon en verre, elle reste stable pendant plusieurs mois.

Solution d'indicateur de chromate de potassium (K_2CrO_4) à 100 g/l. Dissoudre 10 g de chromate de potassium (K_2CrO_4) dans l'eau dilué à 100 ml.

Solution étalon de chlorure de sodium (NaCl) à 0.02 mol/l. Dissoudre 1.1688 g de chlorure de sodium (NaCl) séchés au préalable à 105°C et compléter à 1000 ml d'eau distillée.

Solution d'acide nitrique (HNO_3) à 0.1 mol/l. Cette solution doit-être conservée dans un flacon en verre et elle est stable indéfiniment. Utilisée pour réajuster un pH supérieur à 9.5.

Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0.1 mol/l. Dissoudre 4 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans l'eau et compléter à 1000 ml. Cette solution est utilisée pour réajuster à un pH inférieur à 5.

- ✓ **Dosage du Calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+}) (ISO 6059)**
- **Dosage du Calcium (Ca^{2+})**

Solution d'E.D.T.A à 0,02N ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Dans une fiole jaugée, dissoudre 3,722 g d'E.D.T.A et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Solution d'Hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N

Indicateur coloré. Dissoudre 0,2 g de Murexide dans 100 g NaCl.

Solution mère de Ca^{2+} à 100 mg/l.

- **Dosage du magnésium (Mg^{2+})**

Solution d'E.D.T.A à 0,02N ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) 2N : solution tampon pH=10,1.

Chlorure d'ammonium (NH₄Cl) 70g

NH₃.....570ml

HCl concentré.....PH=10

H₂Oq.s.p 1000 ml

Solution d'Hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) 2N : solution tampon pH=10,1

Indicateur coloré Noir Eriochrome. Dissoudre 0,5g de noir Eriochrome dans 25 ml d'éthanol.

✓ **Dosage du manganèse-Méthode au persulfate d'ammonium**

Solution d'acide nitrique (69 % de pureté). Prendre 1 volume d'eau distillée et ajouter lentement en agitant 2 volumes d'acide nitrique concentré (solution commerciale, d=1,40 g/ml)

Solution de nitrate de mercure à 0,1 N. Dissoudre 16,23 g de nitrate de mercure dans l'eau distillée et compléter à 1000 ml. Conserver à 4° C pendant 2 semaines.

Solution de nitrate d'argent de concentration 100 g/l. Dissoudre 10 g de nitrate d'argent dans de l'eau distillée et compléter à 100 ml. Conserver à 4° °C jusqu'à 1 mois.

Acide phosphorique concentré à 85 % de pureté (Commerciale)

Solution de persulfate d'ammonium à 10 %. Dissoudre 10 g de persulfate d'ammonium dans 100 ml d'eau distillée. Cette solution est stable 24h, à renouveler à chaque manipulation.

Solution mère à 1g/l de manganèse. Dissoudre 0,288 g de permanganate de potassium dans 100 ml d'eau distillée, ajouter 3 ml d'acide sulfurique et 0,4 g de sulfite mono-sodique, porter à ébullition, laisser refroidir et compléter à 1000 ml d'eau distillée. Conserver la solution à 4 ° C pendant un mois solutions mères de manganèse (commerciales) sont également utilisées.

Solution fille à 10 mg/l de manganèse. Pipeter 1 ml de la solution mère dans une fiole jaugée de 100 ml et compléter avec de l'eau distillée. Préparer cette solution le jour même de l'analyse.

✓ **Dosage du Fer (ISO N° 6332.1988/F)**

Solutions d'acide sulfurique (H₂SO₄) à 7,5 mol/l. Ajouter lentement et sous agitation continue, 420 ml d'acide sulfurique ($\rho = 1,8\text{g/ml}$, 18 mol/l) à 500 ml d'eau distillée. Laisser refroidir et compléter à 1000 ml.

Solutions d'acide sulfurique (H₂SO₄) à 2 mol/l. Dans une fiole de 1000 ml, ajouter lentement et sous agitation continue, 110 ml d'acide sulfurique (a) à environ 500 ml d'eau. Laisser refroidir et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Solution mère d'oxalate de sodium Na₂C₂O₄ de concentration 0,05 mol/l. Sécher à l'étuve l'oxalate de sodium à 120°C pendant 2heures. Dissoudre 6,7 g d'oxalate séché dans de l'eau distillée et compléter à 1000ml dans une fiole jaugée. Cette solution est stable pendant 6 mois si elle est stockée à l'obscurité (flacon brun) à 4°C.

Solution étalon d'oxalate de sodium Na₂C₂O₄ de concentration 5 milli mol/l. Dans une fiole jaugée de 1 000 ml, introduire 100 ml de la solution mère d'oxalate de sodium. Compléter au volume avec de L'eau distillée et agiter. Cette solution titrée est stable pendant 2 semaines si elle est stockée à l'obscurité (flacon brun) à 4° C.

Solution mère de permanganate de potassium KMnO₄ de concentration 20 millimol/l. Dissoudre avec de l'eau distillée 3,2g de KMnO₄ dans une fiole jaugée de 1000 ml et porter au trait avec de l'eau distillée. Chauffer à 90 - 95° C pendant 2 heures. Refroidir et stocker pendant au moins 2 jours. Transvaser et stocker dans une bouteille sombre en évitant de prendre le culot. La solution est stable 3 mois à température ambiante.

Solution titrant de permanganate de potassium KMnO₄ de concentration 2 millimol/l. Dans une fiole jaugée de 1000 ml, introduire 100 ml de la solution mère (f), compléter au volume avec de l'eau distillée et agiter. Cette solution est stable au moins deux mois, stockée dans un flacon brun et à 4° C.

Solution mère de résorcinol (1 g/l). Dans une fiole jaugée de 1000 ml, dissoudre 1,00 g de résorcinol dans environ 500 ml d'eau distillée. Porter au trait avec de l'eau distillée. La solution est stable pendant 2 mois à température ambiante.

Solution de contrôle qualité de résorcinol (1,0 mg/l). Dans une fiole jaugée de 1000 ml, diluer 1 ml de la solution mère de résorcinol (Ig/l) dans environ 500 ml d'eau distillée. Porter au trait avec de l'eau distillée. La solution est à préparer extemporanément.

✓ **Dosage des sulfates (J.RODIER 9^{eme} Edition)**

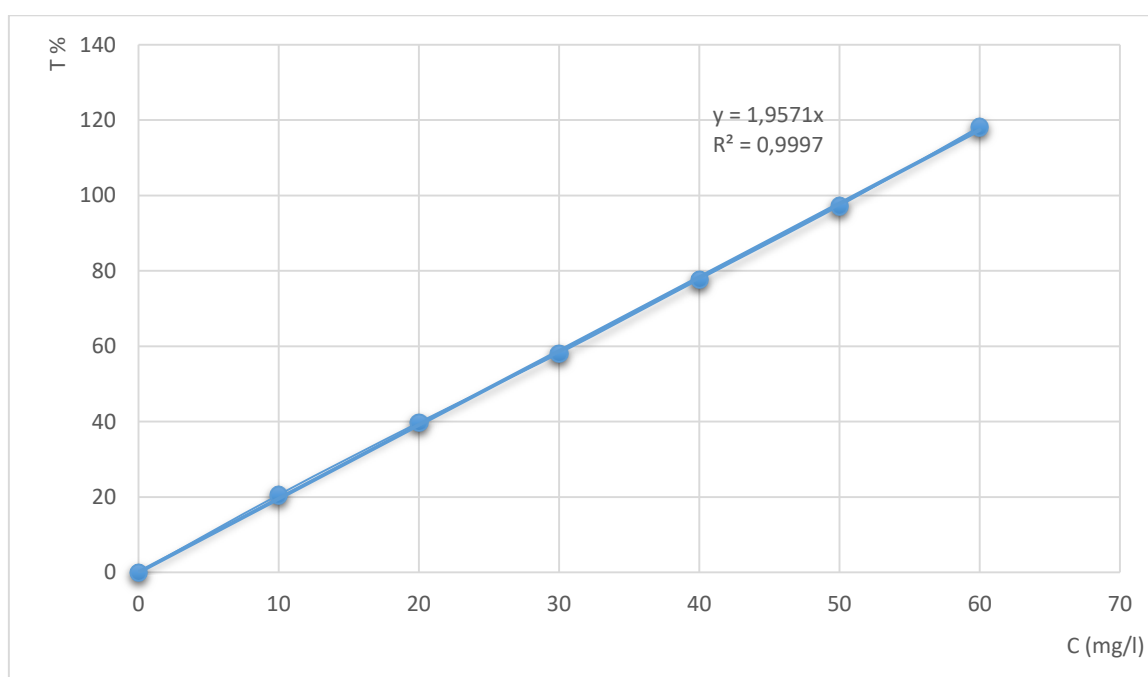
La solution stabilisante. Dans une fiole jaugée de 1000 ml, mettre 100 ml d'eau distillée, ajouter successivement 60 ml d'acide chlorhydrique HCl 10%, 200 ml d'éthanol, 150 g de chlorure de sodium (NaCl) et 100 ml de Glycéro, Compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée. Cette solution se conserve deux semaines en flacon brun à 4° C.

La solution de chlorure de baryum (BaCl₂) à 0.01N. Peser 150 g de chlorure de baryum, ajouter 5 ml d'acide chlorhydrique 10% dans une fiole de 1000 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. Cette solution se conserve deux semaines en flacon brun à 4 °C.

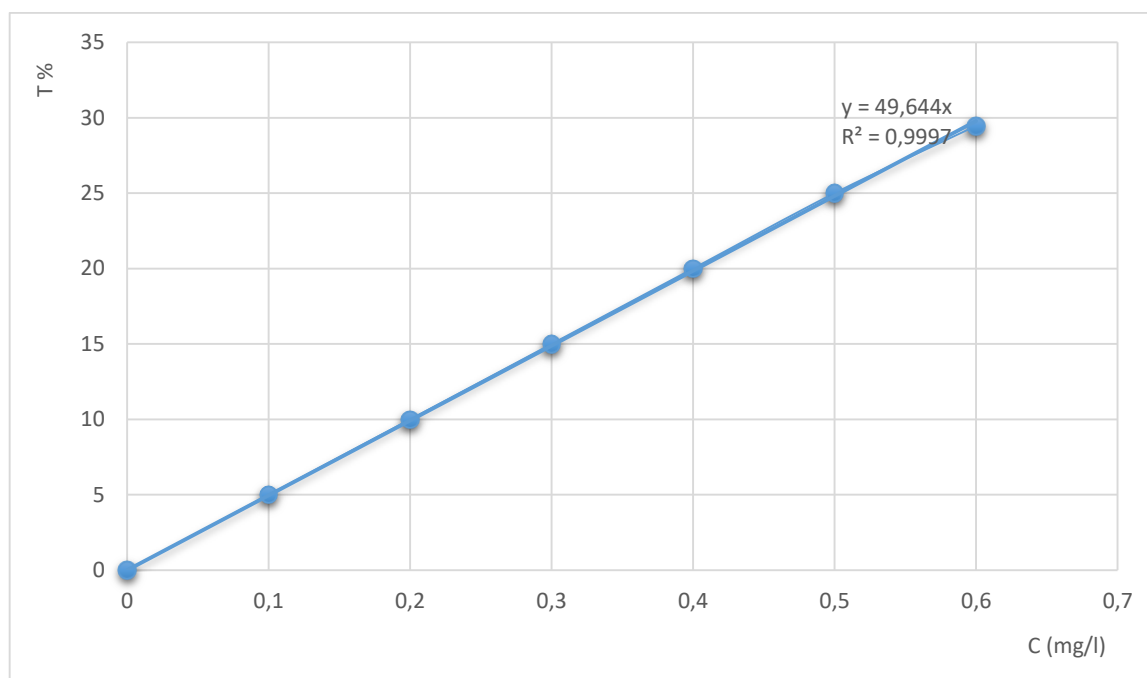
Annexe III : Courbe d'étalonnage

Présentation de la **courbe d'étalonnage** :

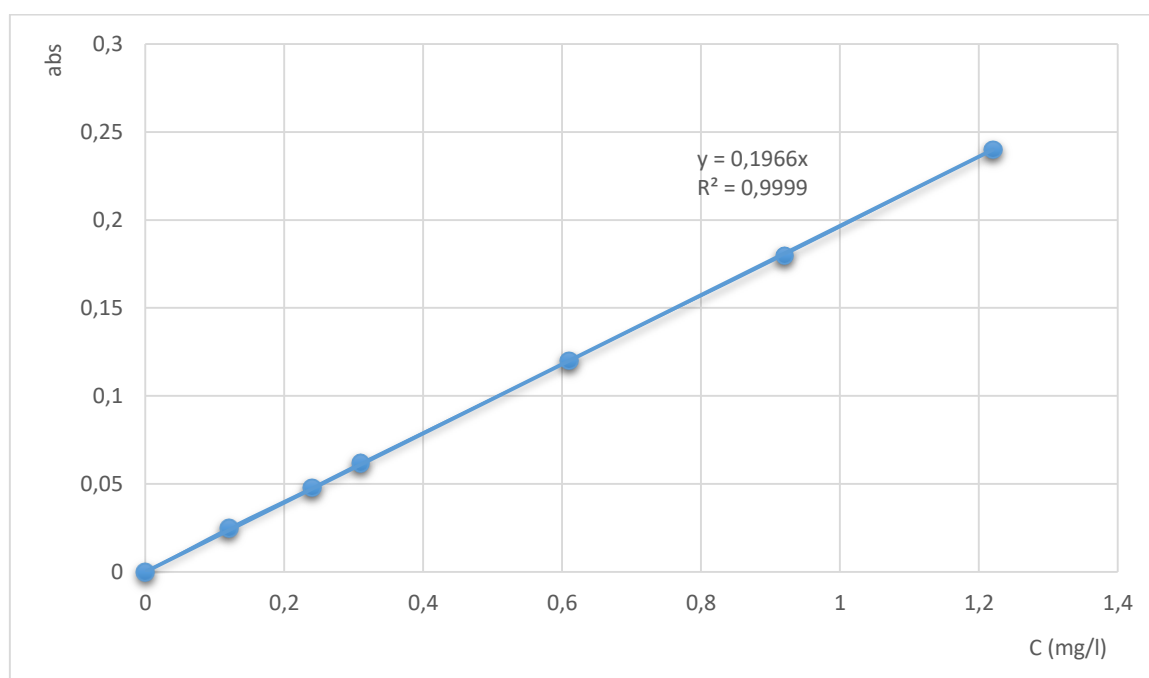
- pour le dosage **des Sulfates**.
- pour le dosage **des Nitrites**.
- pour le dosage **des Phosphates**.
- pour le dosage **de Fer**.
- pour le dosage **de Sodium**.
- pour le dosage **de Potassium**.



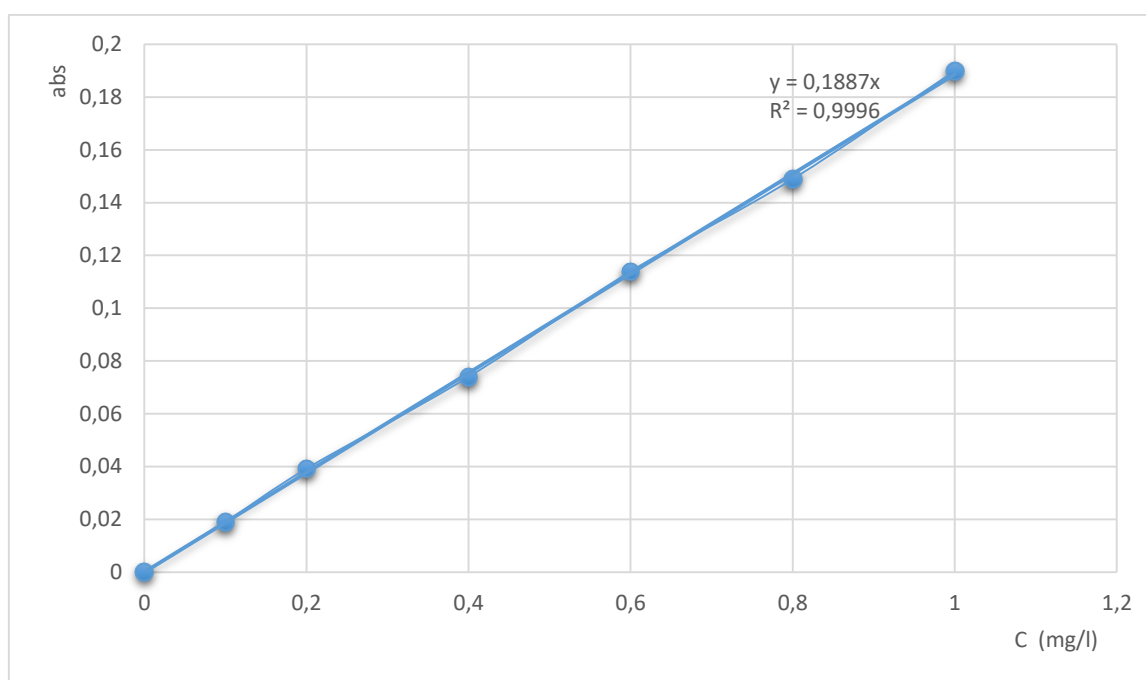
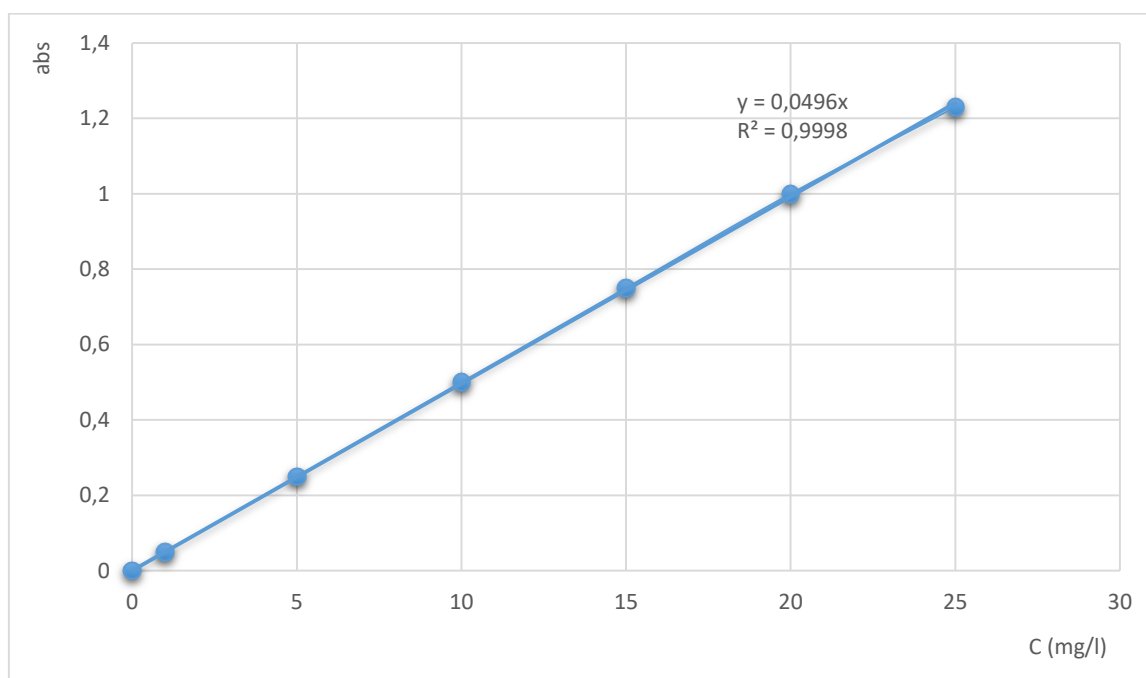
La courbe d'étalonnage des Sulfates

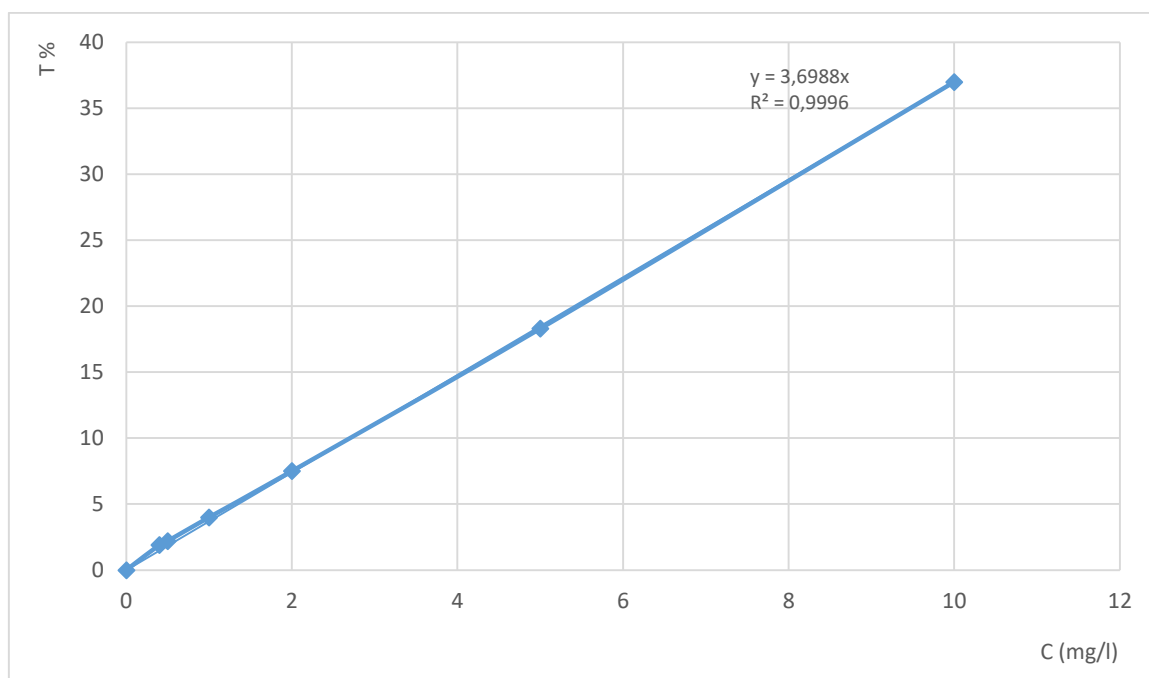


La courbe d'étalonnage des Nitrites



La courbe d'étalonnage des Phosphates

**La courbe d'étalonnage de Fer****La courbe d'étalonnage de Sodium**



La courbe d'étalonnage de Potassium