



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Ecologie et Environnement

جامعة قسنطينة 1 إلخواة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم : علم البيئة والمحيط

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Écologie et Environnement

Spécialité : Ecologie Fondamentale et Appliquée

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

**Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de
consommation : Cas de la région de Constantine**

Présenté par :Houacino Souheir

Le :28/06/2025

Jury d'évaluation :

Présidente : Sahli Leila Pr. U. Constantine 1 Frères Mentouri

Encadrante : Cheriti Oumnya MC(B) U. Constantine 1 Frères Mentouri

Examinateur : Touati Laid Pr. U. Constantine 1 Frères Mentouri

Remerciement

Je tiens tout d'abord à remercier infiniment Dieu tout-puissant, source de toute connaissance, de force et d'inspiration, sans Sa lumière et Son soutien je n'aurais jamais pu mener à bien ce projet.

Un immense merci à Madame Cheriti Oumnya, mon encadrante, qui a cru en mes capacités dès le début de ce parcours.

Sa confiance, ses orientations pertinentes et son soutien constant ont été des piliers essentiels dans la réussite de ce projet. Grâce à ses conseils avisés, ainsi qu'à sa passion pour la recherche, elle a transformé ce travail en une expérience à la fois enrichissante et motivante.

Que tous mes enseignants trouvent ici l'expression de ma gratitude. Vos cours et encouragements ont construit les bases solides de mes connaissances.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous les collaborateurs de la SEACO - Ain Smara, en particulier à Madame Amiar, chef de département à la SEACO Ain Smara, ainsi qu'à Madame kassmi Maissa et à l'ensemble des employés de l'entreprise. Pour leur accueil chaleureux, leur coopération et les

informations précieuses qu'ils ont mises à ma disposition. Leur soutien a été essentiel dans la réussite des différentes manipulations effectuées au laboratoire.

Un grand merci également à l'équipe technique et administrative de la STEP Ibn Ziad, pour leur disponibilité, leur patience dans l'exécution des tâches liées à mes analyses.

Dédicaces

À mes parents, Sabrina & Farouk

Ce mémoire, fruit de persévérance, d'efforts constants et de passion, ne serait pas ce qu'il est sans votre présence rassurante, vos encouragements précieux et l'éducation solide que vous m'avez transmise.

Maman, ton cœur si pur, ton courage inébranlable, tes prières et ton amour infini m'ont portée tout au long de ce parcours. Ta compassion et ta force ont été ma source de motivation la plus précieuse. Ta foi en moi, nourrie par tant de sacrifices, est un trésor que je ne pourrai jamais assez remercier.

Papa, ton dévouement sans faille, tes sacrifices, ton amour discret mais sincère ont toujours été ma force et mon refuge. Ta confiance en moi, que j'ai toujours profondément appréciée, ainsi que ton soutien indéfectible, m'ont toujours portée et guidée.

Ce mémoire, est le fruit d'efforts et de passion, est autant le vôtre que le mien.

Les mots sont impuissants pour exprimer toute la reconnaissance que je porte envers vous. Ce mémoire, fruit d'efforts et de passion, est autant le vôtre que le mien.

À ma jumelle Nour , mon reflet sincère, mon calme au milieu du bruit, a celle qui me comprend sans un mot, Merci d'être toujours là

À mon frère Amir, mon soutien indéfectible, Celui vers qui je me tourne quand tout vacille, ta présence rassurante et ton écoute attentive me donnent la force de continuer.

À mes copines d'enfance, Yassmine, Khouloud et Houda,
Merci pour votre présence précieuse tout au long de ce parcours.

Résumé

L'accès à l'eau potable est essentiel au développement humain, notamment dans les zones à urbanisation rapide comme Constantine, qui subit une pression croissante sur ses ressources. Cette étude analyse le système d'alimentation en eau potable de Constantine et de ses périphéries (El Khroub, Ain Smara) en recueillant d'abord les réclamations des usagers auprès de la SEACO, puis à travers une enquête sur les habitudes de consommation, la fréquence d'approvisionnement et la perception de la qualité de l'eau.

Les travaux ont porté sur la qualité de l'eau du robinet et des réservoirs domestiques, avec des prélèvements réalisés dans diverses conditions de stockage. Pendant un mois, des analyses physico-chimiques, microbiologiques et de métaux lourds ont été effectuées sur des échantillons prélevés au robinet et dans les réservoirs. Les résultats montrent une qualité microbiologique globalement satisfaisante, sans contamination fécale, mais révèlent des dépassements préoccupants pour certains paramètres chimiques.

Par ailleurs, les conditions de stockage domestique influencent la qualité de l'eau après distribution : la stagnation, le manque d'entretien des réservoirs et l'exposition au soleil favorisent la prolifération microbienne et altèrent ses caractéristiques. La comparaison avec l'eau embouteillée met en évidence des différences de goût et de composition minérale, l'eau du robinet étant plus riche en calcium et magnésium, tandis que l'eau embouteillée se caractérise par un goût neutre et une faible minéralisation. Ces différences influencent les choix des usagers et soulignent la nécessité d'une gestion intégrée de la qualité de l'eau potable.

Mots-clés : Eau potable, qualité de l'eau, protocoles analytiques, réseau de distribution, Constantine, SEACO.

Abstract

Access to safe drinking water is essential for human development, particularly in rapidly urbanizing areas such as Constantine, which faces increasing pressure on its water resources. This study analyzes the drinking water supply system in Constantine and its surrounding areas (El Khroub, Ain Smara) by first collecting user complaints through SEACO, followed by a survey on consumption habits, supply frequency, and perceptions of water quality.

The work focused on the quality of tap water and domestic storage tanks, with samples collected under various storage conditions. Over one month, physicochemical, microbiological, and heavy metal analyses were conducted on samples taken from taps and storage tanks. The results show a generally satisfactory microbiological quality with no fecal contamination, but reveal concerning exceedances in certain chemical parameters. Additionally, domestic storage conditions affect water quality after distribution, as stagnation, poor tank maintenance, and prolonged sun exposure promote microbial growth and alter water characteristics. A comparison with bottled water highlights differences in taste and mineral composition, with tap water containing higher levels of calcium and magnesium, while bottled water is characterized by a neutral taste and low mineralization. These differences influence consumer choices and underscore the need for integrated management of drinking water quality.

Keywords: Drinking water, water quality, analytical protocols, distribution network, Constantine, SEACO.

الملخص

يُعد الحصول على مياه الشرب النظيفة أمراً ضرورياً للتنمية البشرية، خاصة في المناطق التي تشهد توسيعاً عمرانياً سريعاً مثل مدينة قسنطينة، والتي تواجه ضغطاً متزايداً على مواردها المائية. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل نظام تزويد مدينة قسنطينة ومحيطها (الخروب، عين سمارة) بمياه الشرب، من خلال جمع شكاوى المستهلكين عبر مؤسسة سيكو (SEACO)، ثم من خلال استبيان يخص عادات الاستهلاك، وتوافر التوزيع، ومدى إدراك السكان لجودة المياه.

تركزت الأعمال على دراسة جودة مياه الحنفيات والخزانات المنزلية، حيث تمأخذ عينات في ظروف تخزين مختلفة. وعلى مدار شهر، تم إجراء تحاليل فيزيائية وكميائية ومتراوحة وتحاليل للمعادن الثقيلة على العينات المأخوذة من الحنفيات والخزانات. أظهرت النتائج أن الجودة الميكروبيولوجية للمياه كانت مرضية بشكل عام دون وجود تلوث بكيري، لكنها كشفت عن تجاوزات مقلقة في بعض المعايير الكيميائية. كما تبين أن ظروف التخزين المنزلي تؤثر على جودة المياه بعد التوزيع، إذ إن الركود الطويل، وسوء صيانة الخزانات، والتعرض الطويل لأشعة الشمس تُسهم في تكاثر الميكروبات وتدور خصائص المياه. كما أظهرت المقارنة بين مياه الحنفية والمياه المعبأة فروقات من حيث الطعم والتركيب المعدني، حيث تحتوي مياه الحنفية على نسبة أعلى من الكالسيوم والمغنيسيوم، في حين تتميز المياه المعبأة بطعم محيد ونسبة معادن منخفضة. تؤثر هذه الفروقات على اختيارات المستهلكين وثيرز الحاجة إلى إدارة متكاملة لجودة مياه الشرب.

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب، جودة المياه، البروتوكولات التحليلية، شبكة التوزيع، قسنطينة، سياكو.

Liste des abréviations :

- **ADE** : Algérienne des Eaux
- **AgNO₃** : Nitrate d'argent (réactif utilisé dans les analyses)
- **BGR** : Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Office fédéral allemand de la géologie et des ressources minérales)
- **Ca²⁺** : Ion calcium
- **CaCO₃** : Carbonate de calcium (utilisé comme référence dans les dosages)
- **Cl⁻** : Ion chlorure
- **CO** : Composés organiques
- **E. coli** : Escherichia coli
- **EDTA** : Acide éthylènediaminetétraacétique (utilisé pour le dosage de la dureté)
- **F⁻** : Ion fluorure
- **Fe** : Fer (métal lourd)
- **H₂SO₄** : Acide sulfurique
- **HAA** : Acides Haloacétiques
- **INM** : Ions Non Métalliques
- **K⁺** : Ion potassium
- **KMnO₄** : Permanganate de potassium (oxydant utilisé en analyse)
- **L** : Litre
- **mL** : Millilitre
- **Mg²⁺** : Ion magnésium

- **mg/L** : Milligramme par litre
- **N** : Normalité (unité de concentration)
- **Na⁺** : Ion sodium
- **NH₄⁺** : Ion ammonium
- **NO₂⁻** : Ion nitrite
- **NO₃⁻** : Ion nitrate
- **NTU** : Nephelometric Turbidity Unit (unité de mesure de la turbidité)
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- **ONA** : Office National de l'Assainissement
- **PEHD** : Polyéthylène Haute Densité
- **pH** : Potentiel hydrogène (mesure de l'acidité ou de la basicité de l'eau)
- **PIB** : Produit Intérieur Brut
- **PO₄³⁻** : Ion phosphate
- **PVC** : Polychlorure de Vinyle
- **REUT** : Réutilisation des Eaux Usées Traitées
- **SEACO** : Société de l'Eau et de l'Assainissement de Constantine
- **SO₄²⁻** : Ion sulfate
- **SPC** : Sous-Produits de Chloration
- **THM** : Trihalométhanes
- **WHO** : World Health Organization (équivalent anglophone de l'OMS)
- **°FH** ou **°FH** : Degré français (unité de dureté de l'eau)

Liste des figures :

Figure 1 Évolution des températures minimales et maximales mensuelles à Constantine (2021-2024)	15
Figure 2 Évolution des précipitations mensuelles à Constantine (2021-2024)	16
Figure 3 Cartographie des communes des zones sélectionnées.	19
Figure 4 Le spectrophotomètre UV-visible HACH DR6000	22
Figure 5 Kits LCK de spectrophotomètre	23
Figure 6 Réactifs (DPD)et colorimètre pour l'analyse de la concentration en chlore.....	24
Figure 7 Dosage des ions chlorure par titrage	25
Figure 8 Le dosage de titre alcalimétrique complet (TAC)	25
Figure 9 Dosage de la matière organique dans l'eau par titration	27
Figure 10Le conductimètre	27
Figure 11 Le turbidimètre	28
Figure 12 Dispositif expérimental une pompe sous vide	29
Figure 13 Membranes filtrantes (0,45 µm) et dispositif de filtration sous vide	29
Figure 14 Les résultats pertinents de l'enquête sur les pratiques d'utilisation et de stockage de l'eau dans la zone d'étude	32
Figure 15 Analyses de plomb et de manganèse dans l'eau de stockage	34
Figure 16 Analyses de plomb et de manganèse dans l'eau du robinet.	39

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification des sources de pollution hydrique et leurs principaux polluants.....	6
Tableau 2 Critères d'évaluation de la qualité de l'eau	7
Tableau 3 : Classification des eaux selon leur dureté (°fH)	8
Tableau 4 Effets dose-dépendants du fluorure dans l'eau sur la santé dentaire.....	9
Tableau 5 Classification des maladies à transmission hydrique	12
Tableau 6 Caractéristiques des matériaux de stockage d'eau potable domestique	13
Tableau 7 La distribution de l'eau potable à Constantine par source et commune	17
Tableau 8 la fréquence de distribution d'eau pour Constantine, El Khroub, et Ain Smara	18
Tableau 9 Caractéristiques des échantillons d'eau stockée analysés (n = 5)	20
Tableau 10 Les résultats des analyses physicochimiques de l'eau stockée	33
Tableau 11Les résultats des analyses des métaux et d'autres composants de l'eau stockée	34
Tableau 12Les résultats des analyses Bactériologiques de l'eau stockée.	35
Tableau 13 Les résultats des analyses physicochimiques, métaux et d'autres composants de l'eau du robinet.....	38
Tableau 14 Les résultats des analyses des métaux et d'autres composants de l'eau du robinet.....	39
Tableau 15 Les résultats des analyses bactériologiques de l'eau de robinet	40
Tableau 16 Profil nutritionnel et l'apport en minéraux essentiels pour l'eau embouteillée et l'eau du robinet.....	42

Table des matières

Remerciment

Dédicaces

Résumé

Abstract

الملخص

Liste des abréviations

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Introduction	1
I.1 Notions essentielles sur l'eau et particularité de l'eau potable	3
I.2 Les ressources naturelles en eau	4
I.2.2 Les eaux souterraines.....	4
I.2.3 Les eaux de surface.....	5
I.3 Ressources en eau non conventionnelles	5
I.4 Menaces qui pèsent sur l'eau.....	5
I.5. La polyvalence de l'eau.....	7
I.6. L'eau potable	7
I.7. La qualité de l'eau	7
I.7.1 La qualité organoleptique	7
I.7.2 Qualité physico-chimiques.....	8
I.7.2.1 La température.....	8
I.7.2.2 La dureté	8
I.7.2.3 La turbidité :	8
I.7.2.4 La conductivité électrique :.....	8
I.7.2.5 La résistivité électrique :	8
I.7.2.6 La minéralisation globale & Résidu sec :	9
I.7.2.7 Le pH:	9

I.7.2.8 Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) :	9
I.7.2.9 Fluorures :	9
I.7.2.10 Le Fer :	9
I.7.2.11 Sodium :	10
I.7.2.12 Les sulfates (SO_4^{2-}) :	10
I.7.2.13 Calcium (Ca^{2+}) :	10
I.7.2.14 Les chlorures (Cl^-) :	10
I.7.2.15 Le potassium (K^+) :	10
I.7.2.16 Le magnésium (Mg^{2+}) :	10
I.7.2.17 Phosphates	10
I.7.2.18 Matières organiques	10
I.7.3 La qualité microbiologique :	10
I.7.3.1 Flore microbienne de l'eau :	11
I.7.3.2 Indicateurs de contamination microbiologique des eaux	11
I.7.3.3 Indicateurs de contamination microbiologique des eaux	11
I.8 Maladies d'origine hydrique	11
I.9 Le stockage de l'eau potable à domicile :	12
I.10 Eau embouteillée	14

Chapitre II : Matériel et méthode

II.1 Présentation de la zone d'étude globale	15
II.2 Présentation de l'établissement d'accueil (SEACO)	16
II.3 Les sources d'approvisionnement en eau de Constantine	17
II.3 Acheminement de l'eau du robinet	17
II.4 La fréquence de la distribution d'eau	18
II.5 Méthodologie de l'Enquête	18
II.6 Méthodologie de suivi	20
• Approche analytique	20

• Stratégie d'échantillonnage et conditions opératoires	21
• Protocole de prélèvement et conservation.....	21
• Conditions de transport	21
II.7 Les paramètres physicochimiques chimiques.....	22
a) Paramètres analysés via UV-visible HACH DR6000.....	22
b) Paramètres analysés par les techniques volumétrique / Titrimétrie.....	23
• Le chlore résiduel.....	23
• Les chlorures.....	24
• Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	25
• La dureté.....	26
• La matière organique :.....	26
• La conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$).....	27
• La turbidité	28
• Le pH	28
II.8 Les analyses bactériologiques.....	29
II.9.1 Recherche des coliformes totaux.....	30
II.9.2 Recherche des streptocoques fécaux.....	30
II.9.3 Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs.....	31
II.10 Contrôle de stérilité.....	31
II.11 Traitement statistique des données.....	31

CHAPITRE III : Résultats et discussion

III.1 Resultats de questionnaire	32
• III.2 l'eau stockée	33
III.3 L'eau du robinet de distribution	37
III.3 Comparaison de la qualité l'eau du robinet et celle de l'eau embouteillée	42
Conclusion.....	45
Références bibliographiques	42

Annexe	50
--------------	----

Introduction

L'eau constitue une ressource naturelle essentielle, indispensable à la vie humaine, animale et végétale. Elle joue un rôle central dans les processus biologiques, le développement socio-économique, ainsi que dans la préservation des écosystèmes naturels. Face à l'accroissement démographique, aux pressions anthropiques croissantes et aux effets du changement climatique, la gestion durable de cette ressource vitale s'impose comme un enjeu majeur pour garantir sa disponibilité et sa qualité à long terme.

Parmi les multiples usages de l'eau, l'eau potable occupe une place stratégique, puisqu'elle est directement liée à la santé publique et à la prévention des maladies transmises par voie hydrique. Selon la définition donnée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'eau potable est une eau propre à la consommation humaine sans danger pour la santé (WHO, 2023). Cela implique qu'elle respecte des critères physico-chimiques et microbiologiques stricts, conformément aux recommandations internationales de l'OMS, ainsi qu'aux normes nationales telles que celles fixées par l'Office National de l'Assainissement (ONA).

Cependant, assurer une fourniture continue d'eau potable représente un défi complexe qui englobe plusieurs étapes : depuis la captation des sources jusqu'à la distribution finale via des réseaux publics ou des systèmes individuels de stockage. À chaque étape, des exigences techniques et sanitaires doivent être scrupuleusement respectées afin de maintenir la qualité de l'eau tout au long de son cycle de distribution.

Dans ce contexte, notre étude se propose d'évaluer la qualité de l'eau potable selon trois axes d'analyse complémentaires :

- Une analyse des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau distribuée par le réseau public, afin d'en vérifier la conformité aux normes en vigueur.
- Une investigation sur l'impact du stockage domestique sur la qualité de l'eau, en tenant compte des types de matériaux utilisés, de la durée de stockage et les conditions environnementales.
- Enfin, une comparaison avec l'eau embouteillée, portant à la fois sur ses caractéristiques physico-chimiques et les préférences des consommateurs, afin d'identifier les facteurs influençant les choix entre l'eau du robinet et l'eau en bouteille.

Le présent mémoire est structuré en trois chapitres principaux. Le premier chapitre présente un état de l'art détaillé concernant les notions essentielles sur l'eau potable, ses sources, ses qualités physico-chimiques et microbiologiques, les risques associés à sa contamination ainsi

que les impacts sanitaires. Le deuxième chapitre est consacré au matériel utilisé et aux méthodes expérimentales appliquées lors de cette étude. Enfin, le troisième chapitre traite de la discussion des résultats obtenus, mettant en lumière les observations clés et leurs implications pratiques.

À travers ces différentes approches, cette recherche vise à apporter des éléments de réponse utiles à une meilleure compréhension des enjeux liés à la qualité de l'eau potable, et à contribuer à des pratiques de consommation et de gestion plus sûres et plus durables

I.1 Notions essentielles sur l'eau et particularité de l'eau potable

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie et constitue un élément fondamental pour la survie humaine, représentant entre 55 % et 75 % du poids corporel humain, selon l'âge et la composition corporelle (Popkin et al. 2010). Le scientifique Manz (2007) explique que l'eau joue des rôles multiples dans le corps humain, notamment en tant que solvant, réactif, transporteur de nutriments et de déchets, régulateur thermique, lubrifiant et amortisseur. L'eau est aussi utile pour l'individu que pour la communauté. En effet, c'est un moteur du développement économique et un garant de l'équilibre écologique ; Dans les régions confrontées à la rareté de l'eau, comme l'Afrique du Sud, une étude hydro économique a révélé que la sécheresse sévère dans la province du Cap-Occidental a entraîné une perte économique directe de près de 750 millions d'euros, soit environ 3,4 % du produit intérieur brut (PIB) provincial, appuyant ainsi l'importance d'un système d'approvisionnement en eau fiable pour la compétitivité et la qualité de vie des résidents (Pascale et al. 2020).

Il faut souligner que la disponibilité en eau ou encore sa qualité influence de manière directe l'eau potable. Cette dernière occupe une place prépondérante, car elle garantit la santé publique et contribue à la prévention de nombreuses maladies transmises par voie hydrique, car selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'eau potable est une eau propre à la consommation humaine et sans danger pour la santé (OMS, 2023).

Elle est définie comme une eau qui, de par sa composition physico-chimique et bactériologique, ne présente aucun danger pour la santé lorsqu'elle est consommée. Elle doit répondre à des critères rigoureux fixés par des normes nationales et internationales, telles que celles établies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Office National de l'Assainissement (ONA) en Algérie.

Cependant, assurer une fourniture continue d'eau potable est un défi complexe qui implique plusieurs étapes dans son acheminement ; depuis le captage de la source, en passant par les traitements physiques, biologiques et chimiques, jusqu'à la distribution finale aux usagers via des réseaux maillés ou des systèmes de stockage individuel. Chacune de ces phases doit respecter des standards stricts définis dans les directives sur la qualité de l'eau afin de préserver sa qualité (OMS, 2017).

Ainsi, on comprend que l'eau destinée à la consommation présente une grande diversité, qui dépend non seulement de son mode d'acheminement jusqu'au consommateur, mais aussi de sa source d'origine (eaux souterraines, eaux de surface, eau de pluie, etc.).

Chaque type de ressource possède des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques spécifiques les eaux souterraines, souvent captées dans les nappes phréatiques, sont en général plus minéralisées et naturellement filtrées, tandis que les eaux de surface (rivières, lacs, barrages) sont plus exposées aux pollutions anthropiques et nécessitent un traitement plus poussé.

L'approvisionnement en eau repose sur deux types de ressources les sources naturelles (nappes phréatiques, cours d'eau, lacs), issues du cycle hydrologique de l'eau, et les solutions artificielles (dessalement, recyclage des eaux usées), développées pour pallier les pénuries. (Ayad, 2017)

I.2 Les ressources naturelles en eau

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer (Ayad, 2017). Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.

I.2.2 Les eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent environ 30 % de l'eau douce disponible dans le monde, soit près de 10,53 millions de km³, une proportion bien supérieure à celle des eaux de surface, estimée à seulement 0,31 % (UNESCO & BGR). Elles proviennent principalement de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol, un processus dépendant de la porosité et de la structure géologique, et se rassemblent en nappes généralement de bonne qualité physico-chimique et bactériologique (Hamed et al. 2012). Ces nappes se différencient selon leur profondeur et leur degré d'exposition à la pollution : les nappes profondes, naturellement protégées, peuvent néanmoins être vulnérables en cas d'infiltration, tandis que les nappes alluvionnaires, souvent situées dans les lits d'oueds, ainsi que les nappes libres, sont plus sensibles aux polluants de surface. Les nappes captives, quant à elles, sont protégées par des couches imperméables, ce qui limite les risques de contamination (Rodier et al. 2009). Grâce à la filtration naturelle par les couches géologiques, les eaux souterraines présentent une composition relativement stable, caractérisée par une faible turbidité, une température constante et un débit régulier. Cependant, leur minéralisation naturelle peut entraîner une dureté élevée et des teneurs significatives en éléments comme le fer ou le manganèse, ce qui peut limiter leur usage direct sans traitement (Ayad, 2017). Ressource renouvelable, cette eau constitue un levier stratégique pour l'alimentation en eau potable ainsi que pour les besoins agricoles et industriels (Bensaoula et al. 2007).

I.2.3 Les eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles proviennent soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit des eaux de ruissellement (fleuves, rivières, barrages, mares, marigots). Elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (Boeglin, 2001).

I.3 Ressources en eau non conventionnelles

Les ressources en eau non conventionnelles désignent les réserves hydriques artificiellement créées ou gérées par l'homme afin de compenser la rareté des ressources naturelles, en particulier dans les régions soumises à un stress hydrique (Bouwer, 2000). Elles englobent plusieurs stratégies complémentaires, telles que les barrages et réservoirs artificiels, qui permettent de stocker d'importants volumes d'eau mais sont sensibles à l'évaporation en zones arides et à la dégradation de la qualité de l'eau stagnante (Degrémont, 2005). Le dessalement de l'eau de mer, notamment par osmose inverse, s'avère particulièrement efficace dans les zones côtières arides pour produire de l'eau potable (Elimelech et Phillip, 2011). La réutilisation des eaux usées traitées (REUT) constitue une approche durable permettant de valoriser une ressource alternative pour des usages agricoles, urbains ou industriels, tout en préservant les ressources souterraines (OMS, 2017 ; Elimelech et Phillip, 2011). Enfin, la récupération des eaux pluviales offre une solution écologique pour des usages non potables, bien qu'elle reste dépendante des conditions climatiques locales (Fletcher et al., 2015). Ensemble, ces approches permettent de diversifier les sources d'approvisionnement en eau et de renforcer la résilience face à la raréfaction croissante des ressources hydriques.

I.4 Menaces qui pèsent sur l'eau

Les ressources en eau sont soumises à de nombreuses menaces qui compromettent à la fois leur quantité et leur qualité. Le changement climatique, associé à la croissance démographique, à l'urbanisation rapide et à une gestion inadéquate, accentue la raréfaction de l'eau à travers des phénomènes tels que les sécheresses, l'envasement des barrages ou l'intrusion saline. Toutefois, la pollution de l'eau, principalement d'origine anthropique (rejets industriels, agricoles et urbains), constitue la menace la plus préoccupante pour l'ensemble du cycle de l'eau (Marillys, 2021). Elle affecte aussi bien les eaux de surface que les eaux souterraines, avec des conséquences sanitaires directes (consommation d'eau contaminée) ou indirectes, via l'accumulation de polluants dans la chaîne alimentaire (Hélène, 2000). Paradoxalement, certaines pratiques de traitement de l'eau potable, comme la chloration,

produisent des sous-produits toxiques tels que les trihalométhanes (THM) et les acides haloacétiques (HAA), classés cancérogènes potentiels, tandis que l'utilisation de sulfate d'aluminium peut laisser des traces de ce métal neurotoxique soupçonné de favoriser des maladies neurodégénératives (Bouchemal & Hammoudi, 2019). Ainsi, la pollution de l'eau, qu'elle soit d'origine extérieure ou générée par son propre traitement, illustre la complexité des enjeux liés à la sécurité sanitaire et à la gestion durable de cette ressource vitale (Bouchemal & Hammoudi, 2019).

Le tableau suivant synthétise les principales origines de contamination des ressources hydriques et les polluants associés :

Tableau 1 : Classification des sources de pollution hydrique et leurs principaux polluants (Boeglin, 2001).

Origine	Polluants	Exemples
Industrielle	Métaux lourds	Plomb (canalisations), mercure (industries chimiques), cadmium (activités minières).
	Hydrocarbures	Fuites pétrolières, rejets de raffineries.
	Solvants organiques	Trichloréthylène, perchloroéthylène.
	Rejets liquides non traités	Effluents industriels directs.
Agricole	Engrais chimiques, pesticides.	Nitrates, phosphates (provoquent l'eutrophisation)
	Contamination biologique.	E. coli (déjections animales).
Domestique / urbaine	Eaux usées	Germes Pathogènes (coliformes fécaux), résidus médicamenteux (antibiotiques)
	Produits ménagers	Phosphates (lessives), microplastiques (cosmétiques).
Naturelle	Géochimie locale	Arsenic (roches volcaniques), fluor (certains sols).

I.5. La polyvalence de l'eau

L'eau, par sa polyvalence, est une ressource indispensable à la vie humaine, au fonctionnement des écosystèmes et au développement socio-économique. Elle joue un rôle essentiel dans l'hydratation, l'hygiène, la sécurité alimentaire, la santé publique, l'agriculture et l'industrie, tout en assurant la régulation des milieux naturels. Parmi ses usages, l'eau potable constitue l'enjeu le plus critique, car sa qualité et son accessibilité conditionnent directement la prévention des maladies hydriques et la sécurité sanitaire (Bouhy & Denies, 2007), ce qui justifie la nécessité d'une gestion durable et raisonnée.

I.6. L'eau potable

L'eau potable est une eau propre à la consommation humaine ou à des usages domestiques et industriels, sans danger pour la santé. Elle peut être fournie sous plusieurs formes : en bouteille (eau minérale, de source, plate ou gazeuse), via l'eau courante (réseau public), ou par stockage (citernes, réservoirs industriels). Sa potabilité est encadrée par des normes nationales (Olivaux, 2007), qui définissent des critères stricts assurant sa qualité. Ces normes reposent sur quatre exigences essentielles, comme présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 Critères d'évaluation de la qualité de l'eau

Exigence	Description
Aspect et goût	Eau claire, sans odeur ni saveur désagréable
Sécurité microbiologique	Absence de germes pathogènes et de matières favorisant leur développement
Qualité chimique	Élimination des substances toxiques ou cancérogènes
Compatibilité technique	Non corrosive, préservant l'intégrité des canalisations (Kettab, 1992)

Ainsi, la conformité à ces critères garantit une eau sûre, saine et techniquement adaptée à une distribution fiable.

I.7. La qualité de l'eau

Afin d'évaluer la conformité de l'eau potable aux exigences sanitaires et techniques, il convient de considérer un ensemble de paramètres regroupés en trois grandes catégories : organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques.

I.7.1 La qualité organoleptique

Les paramètres organoleptiques (couleur, odeur, goût) reflètent la perception sensorielle de l'eau et peuvent signaler précocelement une contamination. La couleur dépend des métaux ou des matières organiques présentes. L'odeur et le goût varient selon la composition minérale ou les polluants (Mokeddem et al. 2005).

I.7.2 Qualité physico-chimiques

La qualité physico-chimique de l'eau potable dépend de paramètres comme la température, le pH, les minéraux et les substances dissoutes, qui influencent sa potabilité, son goût et sa sécurité sanitaire (Rodier, 1996 ; OMS, 2017).

I.7.2.1 La température

La température influence directement la qualité de l'eau en modifiant ses propriétés chimiques et biologiques. Une eau froide ($\leq 15^{\circ}\text{C}$) retient mieux l'oxygène dissous, tandis qu'une eau chaude ($> 20^{\circ}\text{C}$) favorise l'acidification, la précipitation de minéraux comme le calcaire, et la prolifération microbienne, notamment de bactéries pathogènes telles que *E. coli* et *Legionella* entre 25 et 45°C . De plus, une température élevée réduit l'efficacité des traitements de désinfection au chlore (Rodier, 1997 ; Hamed et al. 2012).

I.7.2.2 La dureté

Elle est déterminée par le calcium et le magnésium, elle affecte la consommation de savon et le tartre dans les canalisations (Hamed et al. 2012). Le tableau suivant présente une classification des eaux selon leur dureté en degrés français ($^{\circ}\text{fH}$)

Tableau 3 : Classification des eaux selon leur dureté ($^{\circ}\text{fH}$) (Hamed et al. 2012).

Type d'eau	Dureté ($^{\circ}\text{fH}$)	Caractéristiques
Très douce	$< 5^{\circ}\text{fH}$	Peu minéralisée (ex : eaux de montagne)
Douce	$5 - 15^{\circ}\text{fH}$	Faible en calcaire, s'adapte à la plupart des objectifs d'utilisation domestique.
Moyennement dure	$15 - 30^{\circ}\text{fH}$	Courante dans les nappes phréatiques
Dure	$30 - 40^{\circ}\text{fH}$	Risque de tartre dans les canalisations
Très dure	$> 40^{\circ}\text{fH}$	Problèmes de dépôts et de savon qui mousse mal

I.7.2.3 La turbidité :

La turbidité mesure la transparence de l'eau et indique la présence de particules et constitue un indice indirect du risque microbiologique. Elle doit rester inférieure à 5 NTU.

I.7.2.4 La conductivité électrique :

C'est la mesure la teneur en ions dissous, mais ne distingue pas leur nature. Elle varie avec la température (ISO 7888:1985).

I.7.2.5 La résistivité électrique :

La résistivité électrique (ρ) représente l'inverse exact de la conductivité (σ), permet d'évaluer la pureté de l'eau. Selon les normes de l'OMS (2017), bien qu'elle ne soit pas un paramètre réglementaire direct pour l'eau potable, plus l'eau est pure plus sa résistivité est élevée.

I.7.2.6 La minéralisation globale & Résidu sec :

Ces deux paramètres indiquent la concentration en sels dissous et la charge minérale selon l'origine géologique (Rodier, 2009).

I.7.2.7 Le pH:

Le pH mesure l'activité des ions hydrogène (H^+) en solution et reflète l'influence de la géologie locale sur l'eau. Un pH trop bas ($<6,5$) rend l'eau corrosive et altère son goût, tandis qu'un pH trop élevé ($>8,5$) réduit l'efficacité du chlore et favorise le tartre (Drever, 1997 ; OMS, 2017).

I.7.2.8 Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) :

Ce sont des composés issus du cycle de l'azote. Les nitrates proviennent de l'oxydation de la matière organique et peuvent se transformer en nitrites dans l'organisme ou en milieu pauvre en oxygène. Leur accumulation représente un risque sanitaire, notamment pour les nourrissons (syndrome du bébé bleu) et par la formation de composés cancérogènes (Schuddeboom, 1993 ; Boualem, 2009).

I.7.2.9 Fluorures :

Les fluorures dans l'eau potable proviennent de sources naturelles (roche mère), et les activités humaines (engrais phosphatés, les rejets industriels et certains pesticides). Dans l'eau potable, ils présentent des effets sanitaires étroitement liés à leur concentration, comme le démontre le tableau comparatif ci-dessous :

Tableau 4 Effets dose-dépendants du fluorure dans l'eau sur la santé dentaire.
(Mokeddem, Ouddane, 2005)

Effets bénéfiques (0,4 – 1 mg/L)	Effets nocifs ($> 1,5$ mg/L)
<ul style="list-style-type: none"> – Renforce l'émail dentaire en formant de la fluorapatite (plus résistante aux acides bactériens). – Réduction des caries de 40–60 % chez les enfants. 	<ul style="list-style-type: none"> – Apparition de taches sur l'émail dentaire (fluorose) qui s'aggravent par des décalcifications et des chutes des dents.

I.7.2.10 Le Fer :

Le fer dans l'eau provient de sources naturelles (dissolution de minéraux comme l'hématite, pyrite) et anthropiques (rejets industriels, corrosion des canalisations). En milieu oxygéné, il forme du Fe^{3+} insoluble, causant dépôts et coloration. En milieu anaérobiose, il reste sous forme Fe^{2+} , plus biodisponible et absorbable par l'organisme (Emerson et al. 2010 ; Sarn et al. 2014).

I.7.2.11 Sodium :

Le sodium est d'origine naturelle (roches, sols salins) ou anthropique. S'il est bien toléré à faible dose, une concentration élevée (>200 mg/L) altère le goût et peut être néfaste pour les personnes hypertendues, les nourrissons ou les patients rénaux (Stumm & Morgan, 1996).

I.7.2.12 Les sulfates (SO_4^{2-}) :

Présents naturellement (gypse, anhydrite) ou par pollution, les sulfates peuvent causer des troubles digestifs, un goût amer, et contribuer à l'entartrage (Tardat, 1992).

I.7.2.13 Calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium provient de la dissolution des roches calcaires et gypseuses. Présent sous forme de bicarbonates, sulfates ou chlorures, il est essentiel à la santé et contribue à la dureté de l'eau (Berne & Jean, 1991).

I.7.2.14 Les chlorures (Cl^-) :

Les chlorures issus de roches salines ou d'infiltrations marines, les chlorures à forte concentration (>250 mg/L) favorisent la corrosion, donnent un goût salé, et peuvent poser des problèmes rénaux ou cardiovasculaires (Paul, 1998).

I.7.2.15 Le potassium (K^+) :

Le potassium provient de la dissolution de minéraux (feldspaths, argiles) ou de rejets anthropiques. Généralement présent entre 10 et 15 mg/L, il reste stable dans les eaux non polluées (Rodier, 1996).

I.7.2.16 Le magnésium (Mg^{2+}) :

Issu de la croûte terrestre, le magnésium est vital pour l'homme (réactions enzymatiques, système nerveux). À forte dose (>100 mg/L), il donne un goût amer (OMS, 2023 ; Tardat, 1992).

I.7.2.17 Phosphates

Les phosphates proviennent de la décomposition organique ou des rejets humains. En excès, ils altèrent le goût de l'eau et favorisent l'eutrophisation (algues, baisse de l'oxygène) (Rodier, 1996).

I.7.2.18 Matières organiques

Issues de la décomposition naturelle, elles altèrent le goût et l'odeur de l'eau, et réagissent avec le chlore pour produire des sous-produits toxiques. (Berne, 1991).

I.7.3 La qualité microbiologique :

Elle repose sur l'absence d'agents pathogènes. Une surveillance stricte est essentielle pour prévenir les maladies hydriques d'origine bactérienne, virale ou parasitaire (Rodier, 1996).

I.7.3.1 Flore microbienne de l'eau :

La composition microbienne des eaux varie considérablement selon leur provenance (eaux de captage, réseaux de distribution, effluents industriels ou eaux usées). On distingue trois catégories principales de micro-organismes :

- a. **Germes autochtones** : Bactéries naturellement adaptées aux écosystèmes aquatiques, (ex. : *Vibrio*, *Pseudomonas*).
- b. **Germes telluriques** : micro-organismes d'origine tellurique issus des sols et lessivés vers les masses d'eau, incluant des bactéries sporulées (*Bacillus*, *Clostridium*) et des champignons (*Streptomyces*).
- c. **Germes fécaux** : pathogènes d'origine humaine ou animale (*E. coli*, salmonelles, streptocoques), indicateurs de contamination fécale.

Par ailleurs, les eaux peuvent héberger des parasites (kystes d'amibes) et des virus (hépatite, poliomyélite), posant des risques sanitaires supplémentaires (Berne, 1972).

I.7.3.2 Indicateurs de contamination microbiologique des eaux

La qualité microbiologique de l'eau repose sur la détection de bactéries indicatrices (comme *E. coli* et les entérocoques intestinaux), témoignant d'une contamination fécale potentielle, et de bactéries pathogènes (telles que *Salmonella*, *Legionella* ou *Vibrio cholerae*) directement responsables de maladies. Leur identification permet d'évaluer les risques sanitaires et de déclencher des actions correctives. Les normes exigent l'absence totale de coliformes totaux et fécaux dans 100 ml d'eau (Leyral et al. 2002 ; Gregorio & Pierre-Marie, 2007).

I.7.3.3 Indicateurs de contamination microbiologique des eaux

La qualité microbiologique de l'eau repose sur la détection de bactéries indicatrices (comme *E. coli* et les entérocoques intestinaux), témoignant d'une contamination fécale potentielle, et de bactéries pathogènes (telles que *Salmonella*, *Legionella* ou *Vibrio cholerae*) directement responsables de maladies. Leur identification permet d'évaluer les risques sanitaires et de déclencher des actions correctives. Les normes exigent l'absence totale de coliformes totaux et fécaux dans 100 ml d'eau (Leyral et al. 2002 ; Gregorio & Pierre-Marie, 2007).

I.8 Maladies d'origine hydrique

L'eau peut être vectrice de contaminants biologiques (bactéries, virus, parasites) et chimiques (métaux lourds, nitrates, polluants industriels), à l'origine de nombreuses maladies. Ces affections se répartissent en cinq groupes selon leur mode de transmission, *avec des* caractéristiques épidémiologiques propres (Benayada, 2011).

Le tableau ci-dessous illustre cette classification :

Tableau 5 Classification des maladies à transmission hydrique (Benayada 2011).

Catégorie	Mode de transmission	Agent pathogène	Exemple
Maladies par ingestion	Eau contaminée.	Bactéries, virus, protozoaires (matières fécales).	<ul style="list-style-type: none"> – Choléra (<i>Vibrio cholerae</i>) – Typhoïde (<i>Salmonella typhi</i>) – Dysenterie (<i>Shigella</i>, <i>E. coli</i> entérotoxigène) – Hépatite A/E – Poliomyélite
Infections cutanées/oculaires	Contact avec l'eau.	Bactéries, Acariens.	<ul style="list-style-type: none"> – Trachome – Gale (liée à l'hygiène, pas directement à l'eau)
Parasитoses	Pénétration cutanée	Vers parasites	-Bilharziose, Dracunculose.
Maladies à vecteurs	Piqûres d'insectes aquatiques.	<ul style="list-style-type: none"> – Moustiques (<i>Anopheles</i>, <i>Aedes</i>). – Mouches 	-Paludisme, dengue
Infections par manque d'hygiène	Hygiène insuffisante	<ul style="list-style-type: none"> – Virus – Bactéries 	<ul style="list-style-type: none"> – Diarrhées infantiles – Dysenterie.

I.9 Le stockage de l'eau potable à domicile :

Le stockage d'eau potable à domicile s'impose comme une solution indispensable pour pallier les dysfonctionnements des réseaux publics (coupures fréquentes, distribution aléatoire) et anticiper les pénuries liées aux sécheresses récurrentes. Ces réservoirs domestiques garantissent ainsi une autonomie hydrique sécurisée au quotidien. Différents types de récipients sont couramment utilisés pour cela :

- a) Citerne domestiques :** Ce sont de grandes cuves, souvent enterrées ou semi-enterrées, fabriquées en béton, plastique ou métal. Elles peuvent contenir plusieurs centaines à plusieurs milliers de litres d'eau, offrant ainsi une réserve importante pour les besoins de la famille.
- b) Bouteilles et bidons en plastique :** Utilisés pour des volumes plus petits, ces contenants sont pratiques, mais nécessitent une bonne hygiène pour éviter toute contamination.
- c) Jerricans et autres contenants portables :** Ces récipients servent au transport et au stockage temporaire de l'eau potable, notamment dans les zones rurales ou lors de coupures d'eau (Kabura & Kessler, 2008). Et Pour mieux comprendre les caractéristiques des

matériaux couramment utilisés dans le stockage de l'eau potable, le tableau ci-dessous présente leurs compositions, ainsi que leurs principaux avantages et inconvénients :

Tableau 6 Caractéristiques des matériaux de stockage d'eau potable domestique
(Seghir, 2015 ; Hachoud & Khelifa, 2022)

Type de stockage	Matériaux	Avantages	Inconvénients
Métal	Acier inoxydable (inox) Composition : (Alliage fer-chrome-nickel)	<ul style="list-style-type: none"> – Surface lisse anti-biofilm – Aucune migration de métaux – Résistance totale à la corrosion. – Nettoyage annuel simple 	<ul style="list-style-type: none"> – Coûts très élevés.
	Acier galvanisé (revêtement de zinc) Composition : (Acier recouvert de zinc)	<ul style="list-style-type: none"> – Bonne résistance mécanique. – Bonne tenue aux UV. 	<ul style="list-style-type: none"> – Risque de corrosion après 5-10 ans (migration de zinc/plomb si revêtement dégradé). – Entretien rigoureux nécessaire. – Nécessite un revêtement intérieur.
Béton	Béton armé	<ul style="list-style-type: none"> – Excellente stabilité thermique. – Inerte chimiquement (pas de transfert de substances). – Sécurité sanitaire (matériau inerte) avec revêtement intérieur (époxy/polyuréthane). Garantit un pH neutre et empêche la croissance bactérienne. – Idéal pour climats chauds (eau reste fraîche). 	<ul style="list-style-type: none"> – Les fissures contaminent l'eau par infiltration. – Entretien exigeant (entretien annuel d'inspection visuelle + mesure des fissures). – Le béton non traité peut augmenter le pH de l'eau jusqu'à 9,5.
Plastique	PVC (Polychlorure de Vinyle) (C ₂ H ₃ Cl).	<ul style="list-style-type: none"> – Léger et économique. – Résistance chimique aux acides/bases dilués (pH 2-12). – Entretien minimal (surface lisse empêchant l'accumulation de biofilm). 	<ul style="list-style-type: none"> -Sensible aux UV (nécessite des additifs anti-UV) - Fragilité à haute température (>60 °C) – Migration possible de plastifiants (phtalates).
	PEHD (Polyéthylène Haute Densité)	<ul style="list-style-type: none"> – Léger et facile à installer – Résistant à la corrosion 	<ul style="list-style-type: none"> – Sensible aux UV (vieillissement) – Dilatation thermique – Perméabilité aux gaz

Afin de dresser un aperçu plus large des caractéristiques et de la qualité des différentes sources d'eau consommées au quotidien, il est pertinent d'inclure l'eau embouteillée.

I.10 Eau embouteillée

L'eau embouteillée est conditionnée pour la consommation humaine. Elle regroupe plusieurs types d'eaux aux caractéristiques distinctes (Farch, 2014).

- a) L'eau minérale naturelle :** Issue de sources souterraines protégées, sa composition minérale est stable, contrôlée et bénéfique pour la santé. Elle est réglementée strictement et ne subit aucun traitement chimique.
- b) L'eau de source :** Également d'origine souterraine, sa composition peut varier. Naturellement potable, elle est moins réglementée que l'eau minérale et peut subir des traitements légers comme l'ozonation ou la filtration. (Farch, 2014).

Chapitre II : Matériel et méthode

II.1 Présentation de la zone d'étude globale

Constantine est située à la jonction des hautes plaines semi-arides au sud et de la région du Tell subhumide au nord. Ce territoire, qui s'étend sur 2 297,2 km², comprend la commune de Constantine, Ain Smara, Khroub et neuf autres communes avoisinantes.

La région de Constantine est soumise à un climat méditerranéen, caractérisé par des précipitations irrégulières et une longue période de sécheresse durant l'été. Il possède des hivers froids et des étés chauds (metar-taf.com. 2025).

La fluctuation de température joue un rôle important dans la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau et même dans l'altération possible dans les conduites. Afin d'évaluer son influence potentielle un relevé est présenté dans la figure ci-après :

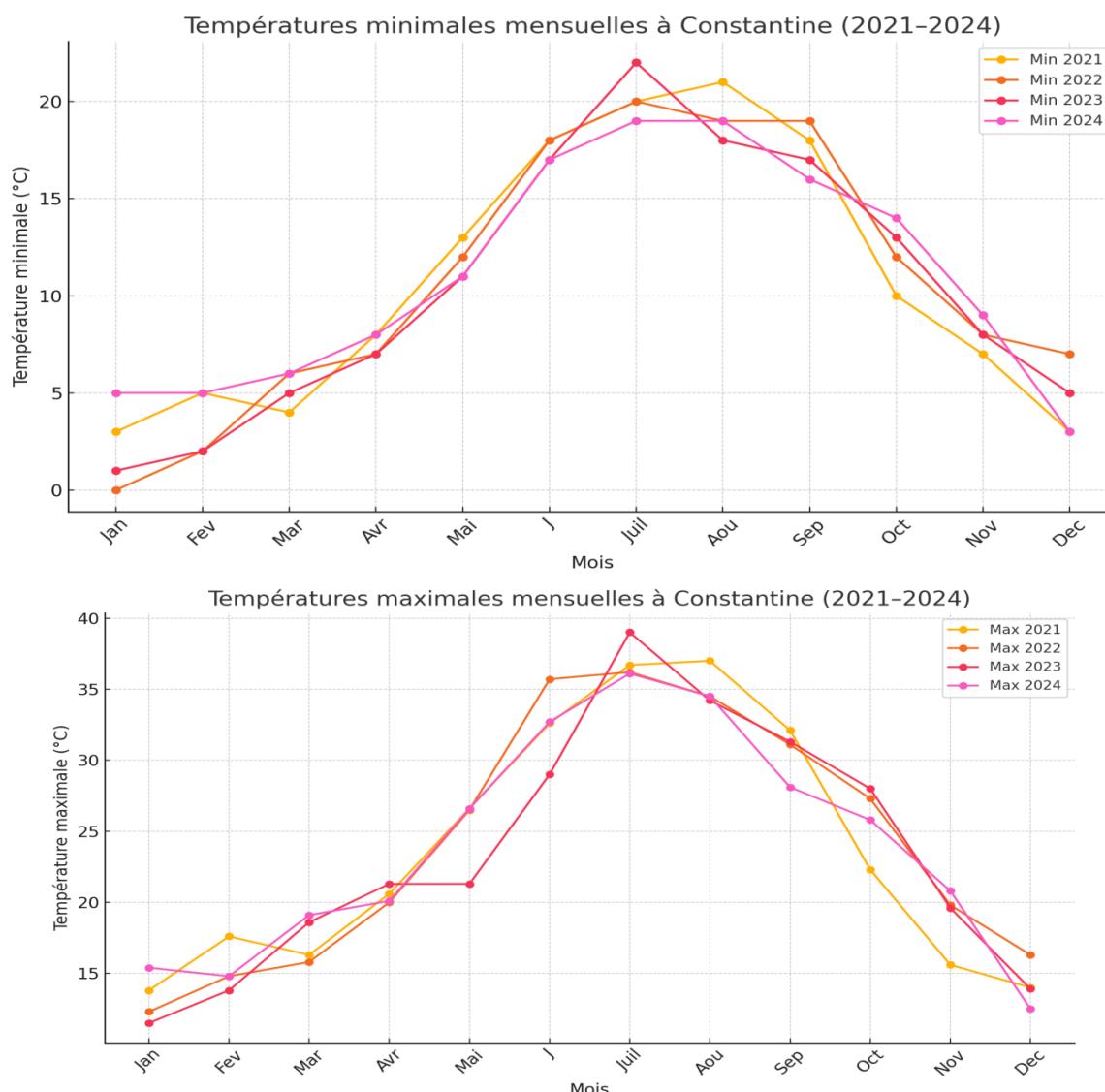


Figure 1 Évolution des températures minimales et maximales mensuelles à Constantine (2021-2024)

Autre point important, la quantité et la régularité des précipitations conditionnent directement la capacité des barrages à fournir de l'eau potable de manière continue. Toute baisse significative des précipitations affecte la disponibilité, la qualité et la fréquence de distribution de l'eau, forçant les autorités et les ménages à adapter leurs stratégies d'approvisionnement. C'est pour cela que nous avons établie la courbe des précipitations présentée dans la figure ci-dessus

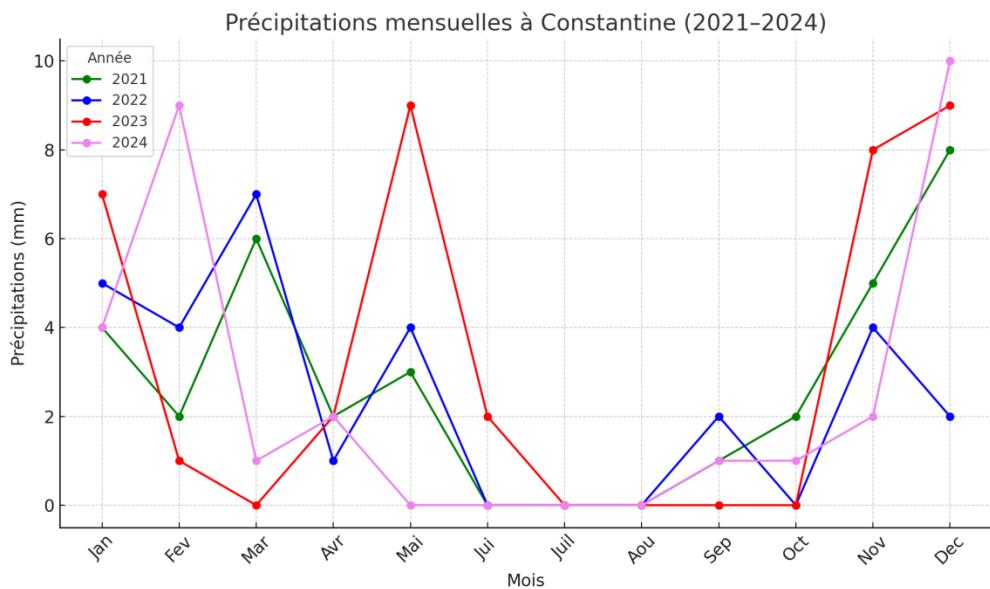


Figure 2 Évolution des précipitations mensuelles à Constantine (2021-2024)

II.2 Présentation de l'établissement d'accueil (SEACO)

L'étude proposée a été menée dans le laboratoire de recherche de biologie et écologie, ainsi qu'aux laboratoires de la Société de l'Eau et de l'Assainissement de Constantine (SEACO) qui est une société par action, créée conjointement par l'algérienne des eaux (ADE) et l'office nationale de l'assainissement (ONA). Crée en 2008, la SEACO s'est vue confier la gestion déléguée des services de l'eau et de l'assainissement de la wilaya de Constantine. Depuis 2008, la SEACO a mis en place un nouveau mode de gestion et d'exploitation des services de l'eau et de l'assainissement en conformité avec les objectifs des institutions nationales et les enjeux du service public.

La société est chargée, dans le cadre de la politique nationale de développement d'assurer sur les 12 communes de la wilaya de Constantine la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau potable à travers la prise en charge des activités de gestion des opérations de production, de transport, de traitement, de stockage, d'adduction, de distribution et d'approvisionnement

en eau potable et industrielle ainsi que du renouvellement et du développement des infrastructures s'y rapportant.

II.3 Les sources d'approvisionnement en eau de Constantine

À l'origine, Constantine était alimentée en eau potable par deux sources principales. La première, Boumerzoug, située à 40 km au nord, était exploitée partiellement depuis l'époque romaine puis développée durant la période coloniale. La seconde, la source d'Ain Fesguia, localisée à 60 km à l'est et opérationnelle depuis 1870, alimentait essentiellement la ville d'El Khroub, la zone d'Ain El Bey ainsi que la ville de Constantine. Cependant, à partir de 2007, cette dernière source a été affectée à l'alimentation de la ville d'Ain M'lila. (SEACO, DER, 2014).

Face à la croissance démographique, d'importants projets hydrauliques ont été réalisés, en 1978, la source de Hammam Zaoui a été exploitée, suivie en 1988 du barrage de Hammam Grouz à Oued Athmenia (Actuellement, hors service). Enfin, en 2007, les eaux du barrage Béni Haroun ont été intégrées au réseau d'approvisionnement de la ville, marquant une étape majeure dans le renforcement de sa capacité en eau potable (une capacité de stockage de 963 millions de m³), au profit des villes d'El Khroub, d'Ali Mendjeli, d'Ain Smara et d'une partie de la ville de Constantine (SEACO, 2010).

Tableau 7 La distribution de l'eau potable à Constantine par source et commune

(Direction des ressources en eau, bilan 2020-2025)

Commune	Constantine	Khroub	Ain Smara	Autres communes
Eaux superficielles (m³)	108 409	103 547	12 630	688
Eaux souterraines (m³)	24 936	3 185	00	10 102 971

II.3 Acheminement de l'eau du robinet

Suite à notre enquête de terrain, trois communes de la wilaya de Constantine (Ain Smara, El Khroub et une partie de Constantine) se sont révélées les plus problématiques. Ces trois communes sont desservies par le barrage de Béni Haroun qui est relié à la station de traitement de Sidi Khelifa (Oued Athmenia) par un réseau de conduites de 70 km de longueur. Ce réseau est composé essentiellement par le PEHD ; reconnu pour sa résistance et sa durabilité. D'autres matériaux comme la fonte grise, l'acier et le PVC sont aussi utilisés en

proportions variables, tout comme l'amiante-ciment, un matériau ancien dont la persistance est notable.

II.4 La fréquence de la distribution d'eau

La fréquence de la distribution d'eau constitue un facteur important pour comprendre les pratiques de stockage domestique. En effet, une distribution irrégulière incite les ménages à conserver l'eau dans des réservoirs pendant des périodes plus ou moins longues, ce qui peut avoir un impact sur sa qualité bactériologique et physico-chimique. Ainsi, afin de contextualiser les comportements observés, Nous avons synthétisé les données de distribution dans le tableau suivant :

Tableau 8 La fréquence de distribution d'eau pour Constantine, El Khroub, et Ain Smara (Direction des ressources en eau 2025).

Fréquence et plage horaire de distribution.			
Communes	H24	Quotidien	Un jour sur deux
Constantine	85 %	15 % (14 h)	0 %
Khroub	87 %	10 % (8 h)	3 %
Ain Smara	100 %	0 %	0 %

II.5 Méthodologie de l'Enquête

Dans le cadre de cette étude, une approche mixte de collecte de données a été adoptée afin d'obtenir un échantillon représentatif de la population résidant dans la wilaya de Constantine. La première phase a consisté en l'analyse des réclamations enregistrées au niveau du centre d'appels de la SEACO. Cette démarche a permis d'identifier les principales préoccupations des usagers en matière d'alimentation en eau potable, de localiser les communes les plus concernées par ces problématiques, et de définir les zones prioritaires pour la conduite de l'enquête.

Dans un second temps, un questionnaire (ANNEX I) a été diffusé en ligne du 1er avril au 8 juin, en ciblant prioritairement les communes d'Aïn Smara, El Khroub, ainsi que certains quartiers du centre-ville de Constantine.

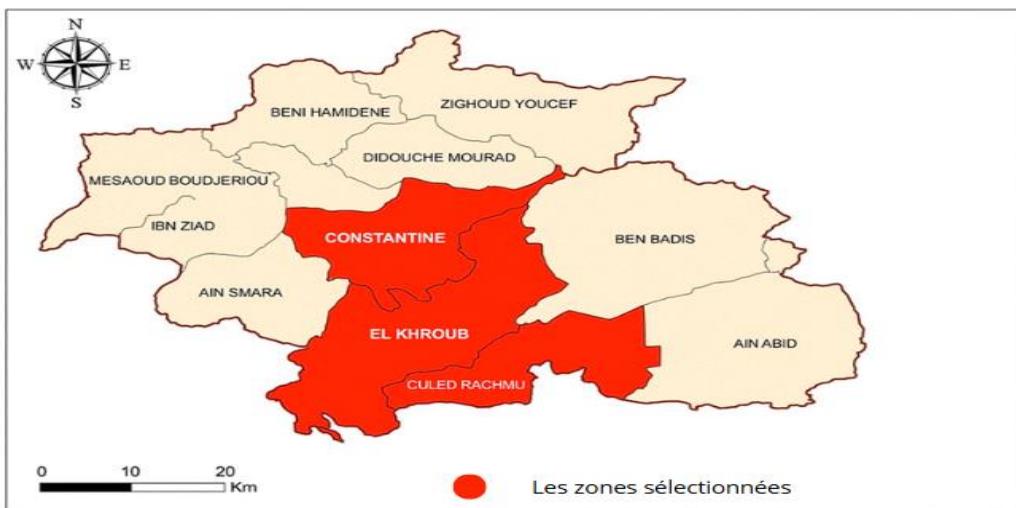


Figure 3 Cartographie des communes des zones sélectionnées.

Le questionnaire est structuré en cinq grandes parties, chacune visant à explorer un aspect spécifique de la relation des usagers à l'eau potable :

- La première partie recueille des informations de base sur le profil sociodémographique des répondants, notamment leur commune de résidence et la taille de leur foyer.
- La deuxième section porte sur la perception de la qualité de l'eau du robinet, à travers une évaluation globale et l'identification d'aspects jugés problématiques.
- La troisième partie s'intéresse aux usages de l'eau du robinet, à la consommation d'eau en bouteille et aux éventuels recours à des sources alternatives, ainsi qu'aux dépenses associées.
- La quatrième section, plus détaillée, examine les habitudes de stockage de l'eau : équipements, raisons du stockage, caractéristiques des réservoirs (capacité, matériau, emplacement), durée de conservation, pratiques d'entretien, et perception des différences entre eau directe et eau stockée.
- Enfin, la cinquième partie évalue la satisfaction globale des usagers vis-à-vis du service public et leur perception de la transparence des autorités en matière de gestion de l'eau.

II.6 Méthodologie de suivi

Suite à l'enquête initiale, le suivi s'est appuyé sur l'analyse des plaintes des usagers, révélant un problème d'odeur et de goût chloré de l'eau, ainsi que sur une enquête par questionnaire visant à mieux comprendre les comportements et à cibler les foyers concernés. Ces étapes ont permis d'affiner le diagnostic.

- **Approche analytique**

La première phase de notre étude a eu pour objectif de sélectionner des échantillons prélevés dans des réservoirs domestiques confectionnés à partir de différents matériaux (plastique, métal, céramique), exposés à des conditions variées de température et d'éclairement, et soumis à des durées de stockage différentes. Cette approche visait à évaluer l'influence de ces paramètres sur l'évolution des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Le choix des échantillons s'est appuyé sur la pertinence des réponses fournies dans les questionnaires administrés aux usagers.

Concernant l'eau stockée, cinq échantillons ont été sélectionnés :

Tableau 9 Caractéristiques des échantillons d'eau stockée analysés (n = 5)

Echantillon :	Type	Matériau	Capacité (L)	Exposition au soleil	Nombre de consommateurs
01	Réservoir	PEHD	800	Nulle	5
02	Réservoir	PEHD	2000	Oui	12
03	Réservoir	Métal	6000	Nulle	4
04	Bâche	Béton	5000	Nulle	17
05	Jerrican	PET	700	Nulle	3

La deuxième phase de notre étude a consisté à analyser l'eau du robinet, prélevée directement à la sortie du réseau de distribution. Ce prélèvement permet d'évaluer la qualité de l'eau telle qu'elle est fournie aux usagers, sans altération due au stockage ou à la manipulation. Les analyses ont été menées conformément aux protocoles réglementaires en vigueur, Afin de garantir la fiabilité des résultats, plusieurs répétitions ont été effectuées pour chaque type d'échantillon. Cette démarche rigoureuse vise à assurer une représentativité et une robustesse accrues des données obtenues.

La troisième phase de l'étude a consisté à comparer la qualité de l'eau du robinet avec celle de deux marques d'eau en bouteille parmi les plus commercialisées et appréciées par les consommateurs. La comparaison s'est portée plus particulièrement sur le profil nutritionnel et la teneur en minéraux essentiels, souvent mis en avant sur les étiquettes des bouteilles.

- **Stratégie d'échantillonnage et conditions opératoires**

Dans le cadre de cette étude pratique, une campagne d'analyses physico-chimiques, microbiologiques, ainsi que de dosage des métaux et d'autres composants a été menée sur des échantillons d'eau potable prélevés directement aux points de consommation chez les particuliers raccordés au réseau de distribution dans trois communes Ain Smara, El Khroub et Constantine. Cette campagne s'est déroulée sur une période d'un mois, avec un protocole de prélèvement standardisé garantissant la représentativité des échantillons.

- **Protocole de prélèvement et conservation**

- **Échantillons physico-chimiques**

Les prélèvements sont réalisés dans des flacons en polyéthylène de capacités variables (250 ml, 500 ml et 1 litre), préalablement rincés trois fois avec l'eau à analyser. Le remplissage s'effectue sans incorporation d'air et les flacons sont hermétiquement fermés pour éviter toute contamination.

- **Échantillons microbiologiques**

Les prélèvements bactériologiques sont effectués dans des flacons stériles en verre de 100 ml, en respectant rigoureusement les conditions d'asepsie pour préserver l'intégrité microbiologique.

- **Conditions de transport**

L'ensemble des échantillons est immédiatement placé dans des glacières isothermes équipées d'accumulateurs de froid, maintenant une température constante de $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Le transport réfrigéré est systématiquement effectué dans un délai maximal de 6 heures pour garantir la stabilité des paramètres à analyser.

Les prélèvements sont exclusivement réalisés entre 8h et 11h, période correspondant aux conditions normales d'exploitation du réseau et représentative de la consommation domestique.

II.7 Les paramètres physicochimiques chimiques

Les paramètres chimiques étudiés dans le cadre de cette étude ont été analysés à l'aide de la méthode spectrophotométrique et les Méthodes volumétriques / Titrimétrique.

a) Paramètres analysés via UV-visible HACH DR6000

Cet appareil de laboratoire de quatrième génération est reconnu pour sa fiabilité. Il fonctionne selon le principe de la spectrophotométrie UV-Vis, mesurant l'absorbance des échantillons sur une large plage de longueurs d'onde allant de 190 à 1100 nm. Il est essentiel pour quantifier divers paramètres chimiques selon des méthodes colorimétriques normalisées.



Figure 4 Le spectrophotomètre UV-visible HACH DR6000

Pour les analyses colorimétriques spécifiques, nous avons utilisé les tests en cuve LCK de Hach. Ces tests sont conçus pour offrir une grande précision et simplifier la manipulation, grâce à des réactifs pré-dosés directement dans la cuve, ce qui élimine le besoin de pipetage et réduit les risques de contamination ou d'erreurs de dosage. Chaque test est équipé d'un code-barres pour une reconnaissance automatique par le spectrophotomètre comme illustré dans la figure suivante :

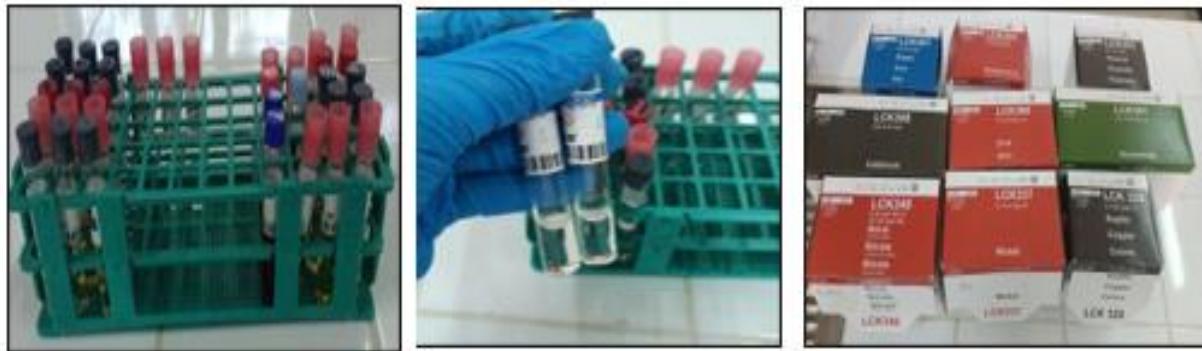


Figure 5 Kits LCK de spectrophotomètre

Chaque paramètre a été mesuré selon la méthode LCK appropriée, en conformité avec les normes de qualité de l'eau potable de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et la réglementation algérienne.

Les paramètres analysés sont :

Fer (Fe) : LCK 320 ; Chrome (Cr) : LCK 313 ; Nickel (Ni) : LCK 538 ; Cadmium (Cd) : LCK 326 ; Plomb (Pb) : LCK 336 ; Manganèse (Mn) : LCK 304 ; Zinc (Zn) : LCK 360 ; Cuivre (Cu) : LCK 329 ; Argent (Ag) : LCK 338 ; Nitrates (NO_3^-) : LCK 339 ; Nitrites (NO_2^-) : LCK 341 ; Ammonium (NH_4^+) : LCK 303 ; Potassium (K) : LCK 328 ; Magnésium (Mg) : LCK 327 ; Fluorures (F^-) : LCK 323 ; Phénols : LCK 334.

b) Paramètres analysés par les techniques volumétrique / Titrimétrie

Les titrimétries sont largement utilisées pour analyser des paramètres chimiques dans l'eau. Elles reposent sur la réaction entre l'élément à doser et un réactif titrant, dont le volume nécessaire pour atteindre le point d'équivalence permet de déterminer sa concentration avec précision.

- Le chlore résiduel**

Le chlore résiduel dans l'eau potable correspond à la quantité de chlore libre ou combiné qui reste dans l'eau après le traitement de désinfection. Il sert à garantir que l'eau reste protégée contre une nouvelle contamination microbienne lors de son transport et stockage.

La mesure du chlore résiduel a été réalisée selon la norme ISO 7393-2:2017, en utilisant le réactif DPD :

- DPD 1 : mesure le chlore libre (chlore actif qui désinfecte l'eau).
- DPD 4 : mesure le chlore total (la somme du chlore libre et chloramines = chlore combiné réaction du chlore libre avec des impuretés).

L'ajout de ce réactif provoque une coloration rose/rouge dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en chlore libre. Cette dernière est déterminée par comparaison visuelle avec une échelle colorimétrique.

La figure ci-dessous illustre les pastilles DPD utilisées pour cette analyse ainsi que le colorimètre :

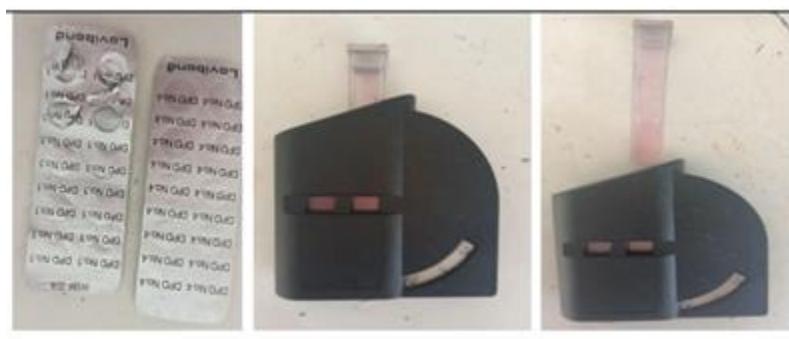


Figure 6 Réactifs (DPD)et colorimètre pour l'analyse de la concentration en chlore

- **Les chlorures**

Le dosage des ions chlorure a été réalisé conformément à la norme ISO 9297:1989 dite méthode de Mohr. La titration s'effectue par ajout d'une solution de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, qui joue le rôle d'indicateur visuel. Lors du titrage, les ions argent précipitent d'abord les ions chlorure sous forme de chlorure d'argent blanc.

Une fois tous les chlorures consommés, l'excès d'ions argent réagit avec les ions chromate, entraînant l'apparition d'un précipité rouge-brun caractéristique, marquant ainsi le point d'équivalence la concentration en ions chlorure (Cl^-) est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$[\text{Cl}^-] = (V1 - V2) \times 7.096$$

où :

- **V1** : Volume de AgNO_3 utilisé pour l'échantillon (en mL)
- **V2** : Volume de AgNO_3 utilisé pour le témoin (en mL)



Figure 7 Dosage des ions chlorure par titrage

- **Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**

Déterminé selon la norme NF T90-036 en suivant un protocole simple prélevez 100 mL d'eau à analyser, ajoutez quelques gouttes d'orange de méthyle pour colorer la solution en jaune. Titrez ensuite lentement avec une solution d'acide chlorhydrique 0,1 N jusqu'à ce que la couleur vire à l'orange/rouge.

Les résultats exprimés en mg/L de CaCO_3 , ou en degrés français ($^{\circ}\text{F}$), selon la formule suivante:

$$\text{TAC} = V' - 0,5$$

Où :

- V' : Volume d'acide versé (en mL).
- 0,5 : Correction standardisée correspondant à la neutralisation des ions bicarbonates.



Figure 8 Le dosage de titre alcalimétrique complet (TAC)

- **La dureté**

La détermination de la dureté totale de l'eau est réalisée selon la norme internationale ISO6059, qui repose sur un titrage complexométrique à l'aide d'EDTA.

On mélange 50 mL d'eau avec 4 mL d'ammoniaque et une pincée d'indicateur et le pH doit être autour de 10, puis on ajoute lentement de l'EDTA.

Jusqu'à ce que la couleur vire du violet au bleu. Le volume d'EDTA utilisé est calculé avec la formule :

$$C = \frac{c_a V}{V_0} \times 1000$$

Où :

C : est la concentration de l'EDTA.

V' : est le volume d'EDTA utilisé.

V₀ : est le volume de l'échantillon d'eau.

- **La matière organique :**

La détermination de la Matière Organique (M.O) dans l'eau est réalisée selon la norme internationale ISO 8467:1993.

Le protocole consiste à prélever 100 mL d'eau à analyser, auxquels on ajoute 5 mL d'acide sulfurique (H₂SO₄) dilué avant de porter le mélange à ébullition pendant 1 minute. Ensuite, on incorpore 15 mL de solution de permanganate de potassium (KMnO₄) à 0,01 N et on maintient l'ébullition douce et régulière pendant 10 minutes, après cette phase d'oxydation, on ajoute 15 mL de solution d'acide oxalique à 0,01 N, entraînant ainsi la décoloration de la solution.

Enfin, la solution est titrée avec du KMnO₄ à 0,01 N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle qui persiste pendant 15 à 20 secondes, la M.O est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Mg O_2 = 0.8 F (V - V_0)$$

F : Facteur de correction lié à la solution de KMnO₄.

V : Volume total de solution de KMnO₄.

V₀ : Volume initial de solution de KMnO₄.



Figure 9 Dosage de la matière organique dans l'eau par titration

- **La conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)**

La mesure de la conductivité a été réalisée à l'aide d'un conductimètre portable de la marque Hach, selon la norme ISO 7888:1985.

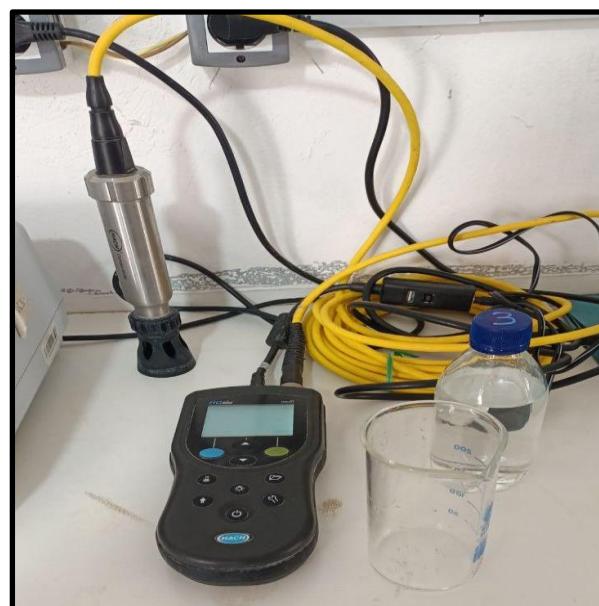


Figure 10 Le conductimètre

- **La turbidité**

La turbidité de l'eau potable a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre de la marque Hach, modèle 2100N, conformément à la norme ISO 7027-1:2016. Cette norme recommande une méthode néphéломétrique précise pour l'analyse de la qualité de l'eau.

Avant chaque série de mesures, l'appareil a été étalonné à l'aide de solutions étalons de turbidité connues (0,1 UNT, 10 UNT et 100 UNT), garantissant ainsi une grande fiabilité des résultats. L'échantillon d'eau a ensuite été versé dans une cuvette propre et sèche, puis introduit dans le turbidimètre pour effectuer la lecture.



Figure 11 Le turbidimètre

- **Le pH**

La détermination du pH a été réalisée à l'aide d'un pH-mètre calibré, conformément aux prescriptions de la norme ISO 10523:2023.

Avant chaque série de mesures, l'électrode a été soigneusement rincée à l'eau distillée afin d'éviter tout risque de contamination. Les mesures ont ensuite été effectuées directement sur les échantillons d'eau potable.

II.8 Les analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique de l'eau potable a porté sur plusieurs indicateurs microbiologiques les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les spores de *Clostridium perfringens* ainsi que les *streptocoques* fécaux. Ces paramètres permettent d'évaluer la qualité sanitaire de l'eau.

La méthode employée consiste en une filtration membranaire selon la norme ISO 9308-1:2014. Un volume précis d'eau (100 mL) est passé à travers une membrane stérile dont la porosité est de 0,45 µm. Cette étape permet de concentrer les microorganismes présents dans l'échantillon, facilitant ainsi leur détection et leur analyse ultérieure. La figure ci-dessous présente le dispositif de filtration sous vide essentiels pour concentrer les microorganismes lors des analyses bactériologique de l'eau :

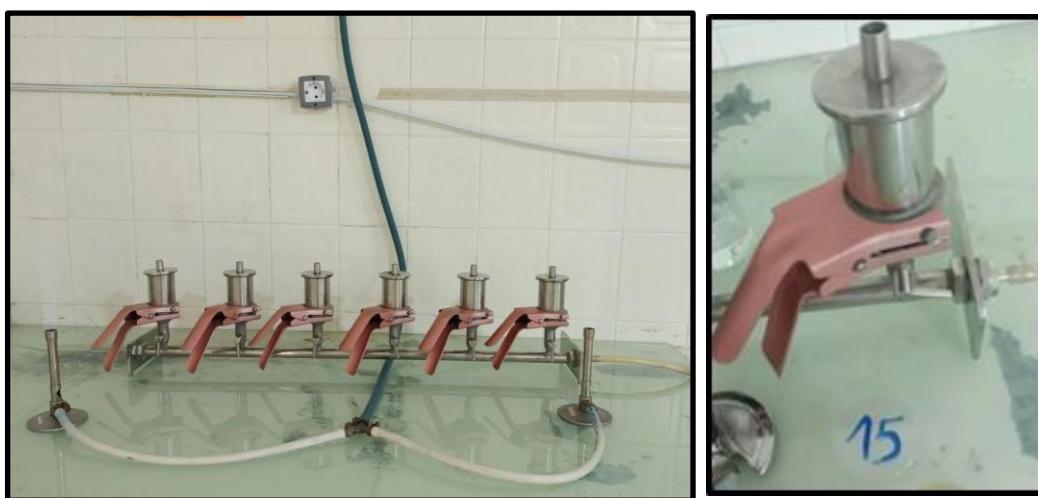


Figure 12 Dispositif expérimental une pompe sous vide

La figure ci-dessous illustre les membranes filtrantes stériles de porosité 0,45 µm et le dispositif de filtration sous vide utilisés pour concentrer les microorganismes présents dans les échantillons d'eau lors des analyses microbiologiques. La membrane est ensuite placée sur un milieu gélosé spécifique.

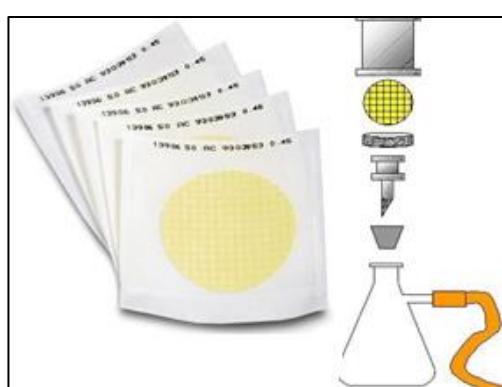


Figure 13 Membranes filtrantes (0,45 µm) et dispositif de filtration sous vide

II.9.1 Recherche des coliformes totaux

La détection des coliformes totaux a été réalisée selon la méthode de filtration sur membrane. Un volume de 100 mL d'échantillon d'eau est filtré à travers une membrane stérile de porosité 0,45µm, à l'aide d'un système de filtration constitué d'un entonnoir gradué en acier inoxydable et d'une pompe à vide. Les bactéries éventuellement présentes sont ainsi retenues à la surface de la membrane.

Après filtration, la membrane est transférée, à l'aide de pinces stériles, dans une boîte de Pétri contenant un milieu gélosé sélectif (Chromogenic Coliform Agar (CCA)) ; Ce milieu permet une différenciation visuelle des colonies selon leur activité enzymatique : *Escherichia coli* forme des colonies bleues, tandis que les autres coliformes apparaissent sous forme de colonies violettes.

Les boîtes sont ensuite incubées à 37 °C pendant 24 heures afin de favoriser le développement des coliformes totaux.

Parallèlement, une seconde membrane est incubée à 44 °C pour la même durée, ce qui permet de détecter spécifiquement les coliformes fécaux, en particulier les souches thermotolérantes d'*E. Coli*, considérées comme de bons indicateurs de contamination fécale récente.

Cette approche combinée permet ainsi une évaluation fiable et précise de la qualité microbiologique de l'eau potable analysée.

II.9.2 Recherche des streptocoques fécaux

La détection et le dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau destinée à la consommation humaine ont été réalisés selon la méthode de filtration sur membrane.

Cette méthode consiste à filtrer un volume défini d'eau de 100 mL à travers une membrane stérile de porosité 0,45 µm, permettant de retenir les bactéries présentes dans l'échantillon.

La membrane est ensuite placée sur un milieu gélosé spécifique appelé milieu Slanetz-Bartley, qui favorise la croissance sélective des streptocoques fécaux tout en inhibant la plupart des autres microorganismes. Les boîtes de culture sont incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

À l'issue de l'incubation, les colonies suspectes peuvent être repiquées sur un milieu de confirmation, tel que le Bile Esculine Agar (BEA), afin d'identifier avec certitude les streptocoques fécaux.

La présence de ces bactéries se manifeste par l'apparition de colonies de couleur rouge, marron ou rose sur le milieu Slanetz-Bartley. Après repiquage sur le milieu BEA, certaines colonies peuvent prendre une teinte noirâtre.

II.9.3 Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs

La détection des Clostridium sulfito-réducteurs a été réalisée selon une méthode normalisée permettant d'identifier et de compter les spores thermostables de ces bactéries, utilisées comme indicateurs d'une contamination fécale ancienne.

Un volume de 100 mL d'eau est filtré à travers une membrane stérile de porosité 0,2 µm, en utilisant un système de filtration composé d'un entonnoir gradué en acier inoxydable et d'une pompe à vide. Lorsqu'elles sont présentes dans l'échantillon, les spores de Clostridium sont retenues à la surface de la membrane.

Celle-ci est ensuite transférée à l'aide de pinces stériles sur une boîte de Pétri contenant un milieu gélosé spécifique la viande de foie. Ce milieu permet de mettre en évidence la capacité des Clostridium sulfito-réducteurs à réduire les sels de sulfite en sulfure de fer, ce qui entraîne l'apparition de colonies de couleur noire ou gris foncé après 48 heures d'incubation.

II.10 Contrôle de stérilité

Afin d'éviter toute contamination microbienne pendant les analyses, un contrôle rigoureux de la stérilité du matériel a été effectué avant toute manipulation.

La stérilisation du matériel (verrerie, anse de Pasteur, pipettes, pince, boîtes de Pétri, etc.) a été réalisée selon les méthodes appropriées : passage à la flamme du bec Bunsen, stérilisation au bain-marie, utilisation d'un four Pasteur ou d'un autoclave, en fonction des contraintes techniques et de la nature des éléments utilisés.

II.11 Traitement statistique des données

Dans cette étude, des réplicas ont été fait pour chaque paramètre, un traitement statistique a été appliqué aux données expérimentales relatives aux paramètres physico-chimiques et bactériologiques (notamment la conductivité électrique, la température, la turbidité et la concentration en éléments métalliques). L'utilisation d'un outil informatique de calcul statistique a permis de caractériser la distribution de ces paramètres via le calcul des indicateurs centraux (moyennes) les minima et maxima.

CHAPITRE III : Résultats et discussion

Ce chapitre est consacré à la présentation des résultats de notre étude, structurée en trois phases méthodologiques distinctes mais complémentaires, offrant une vision globale du sujet. Nous commencerons par les résultats issus du questionnaire.

III.1 Resultats du questionnaire

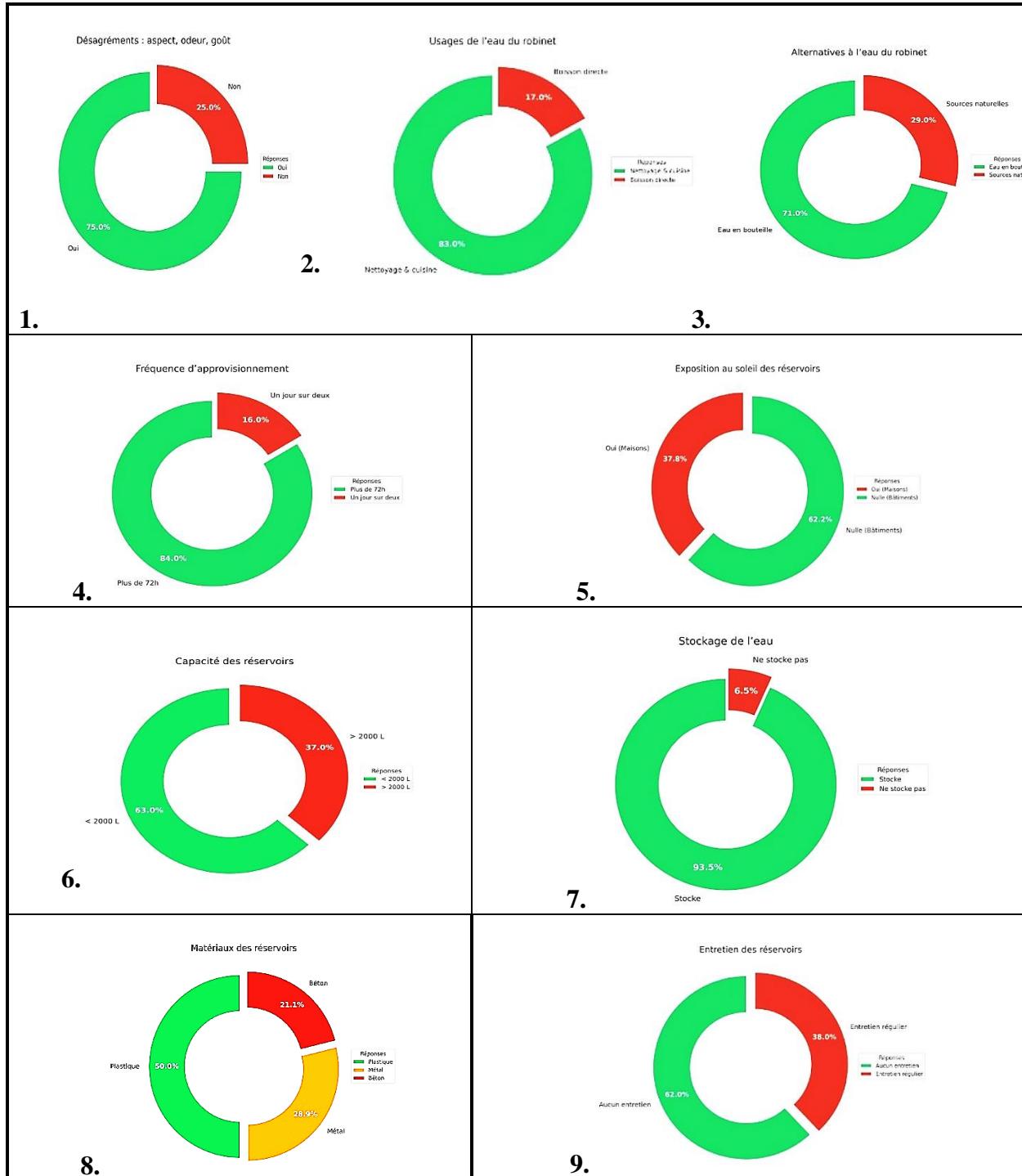


Figure 14 Les résultats pertinents de l'enquête sur les pratiques d'utilisation et de stockage de l'eau dans la zone d'étude

- **III.2 l'eau stockée**

Afin d'évaluer la qualité de l'eau distribuée par le réseau public, une série d'analyses physico-chimiques, microbiologiques, ainsi que de dosage des métaux et d'autres composants a été réalisée sur des échantillons d'eau stockée, prélevés chez les particuliers dans trois communes. Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 10 Les résultats des analyses physicochimiques de l'eau stockée

	Paramètres	Seuils	Ech 01	Ech 02	Ech 03	Ech 04	Ech 05
Physico-chimiques	pH	6,5 - 9	7,5	7,3	6,8	8,1	7
	Turbidité (NTU)	5	1,14	1,28	3,72	2,63	3,9
	Conductivité (μ S/cm)	2800	1240	1247	1289	1238	1299
	Température (°C)	20,1	21	20,7	20	20	22
	Ammonium (mg/l)	0,5	0*	0*	0,1	0*	0,1
	Nitrites (NO ₂ -) (mg/l)	0,2	0*	0*	0*	0*	0*
	Nitrates (NO ₃ -) (mg/l)	50	1,02	1,43	1,96	1,83	2,02
	Chlorures (mg/l)	500	224	224,1	248,2	223,1	239
	Dureté totale	500	374	362,9	394	372,2	3
	Chlore résiduel (1)	--	0,2	0,1	0	0	0
	Chlore résiduel (4)	--	0	0,1	0,4	0,1	0

* : valeur non détectée ; ** : valeur recommandée.

Tableau 11 Les résultats des analyses des métaux et d'autres composants de l'eau

	Paramètres	Seuils	Ech 01	Ech 02	Ech 03	Ech 04	Ech 05
Métaux (mg/l)	Aluminium	0.2	0.023	0.021	0.045	0.018	0.013
	Argent	0.1	0*	0*	0*	0*	0*
	Cadmium	0.003	0*	0*	0*	0*	0*
	Chrome	0.05	0.017	0.016	0.020	0.013	0.009
	Cuivre	2	0*	0*	0*	0*	0*
	Nickel	0.07	0.022	0.024	0.105	0.019	0.010
	Plomb	0.01	0.100	0.102	0.111	0.109	0.102
	Zinc	5	0*	0*	0*	0*	0*
	Fer	0.3	0.061	0.052	0.072	0.047	0.039
	Potassium	12	0*	0*	0*	0*	0*
INM	Magnésium	50**	48.7	48.3	49.5	52.2	53.4
	Fluorures	1.5	0.805	0.875	0.851	0.853	0.848
CO	Phénol	0.1	0.062	0.062	0.067	0.060	0.052

INM : Ions Non Métalliques ; CO : Composés organiques

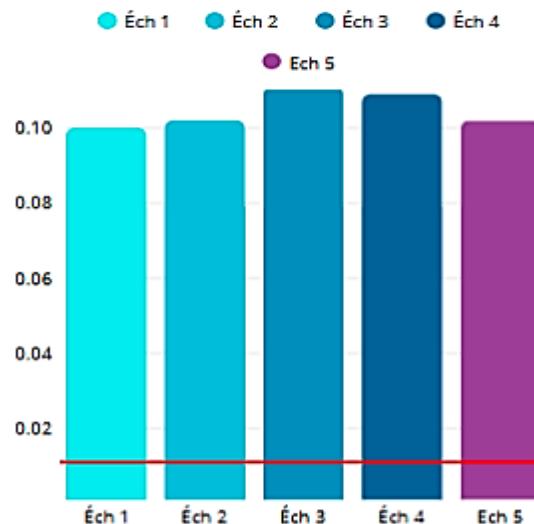


Figure 15 Analyses de plomb et de manganèse dans l'eau de stockage

Tableau 12 Les résultats des analyses Bactériologiques de l'eau stockée.

Paramètres		Seuils	Minimum	Maximum	Moyenne
Bactériologie (UFC/100ml)	les coliformes totaux	0	0	0	0
	les coliformes fécaux	0	0	0	0
	Les clostridium	0	0	0	0
	Les streptocoques	0	0	0	0

➤ Les analyses physico-chimiques réalisées sur les cinq échantillons d'eau stockée prélevés dans des réservoirs domestiques indiquent une qualité globalement satisfaisante. Toutefois, certains paramètres révèlent des écarts qui méritent une attention particulière.

Le pH est globalement conforme aux normes de potabilité, mais l'échantillon 3 présente une valeur proche de la limite inférieure recommandée (6,8), traduisant une légère acidité. Cette caractéristique est préoccupante dans le cas d'un réservoir métallique, car elle peut accroître la corrosivité de l'eau. Ce phénomène pourrait être lié à un renouvellement insuffisant de l'eau, induisant un temps de séjour prolongé, propice à la dégradation de certaines caractéristiques physico-chimiques.

La turbidité, paramètre influençant directement l'efficacité des traitements de désinfection, est restée dans les limites acceptables (< 1 NTU) pour les échantillons 1 et 2. En revanche, les échantillons 3 (3,72 NTU), 4 (2,63 NTU) et 5 (3,90 NTU) présentent des valeurs nettement supérieures, indiquant une possible dégradation de la qualité de l'eau en lien avec les conditions de stockage. Une turbidité élevée peut favoriser la formation de biofilms dans les réservoirs et les canalisations, protégeant certaines bactéries des agents désinfectants, comme l'ont souligné (Rodier et al. 2005).

Les dépassements observés peuvent s'expliquer par des facteurs spécifiques à chaque réservoir. Pour l'échantillon 3, une faible consommation d'eau associée à une grande capacité de stockage entraîne une stagnation prolongée. Dans le cas de l'échantillon 4, le réservoir en béton, bien que de capacité similaire, est alimenté par un foyer de 17 personnes, ce qui devrait théoriquement limiter la stagnation. Toutefois, un entretien insuffisant pourrait être à l'origine

de la turbidité élevée. Enfin, pour l'échantillon 5, la durée de séjour prolongée (un mois) semble être le facteur principal expliquant la turbidité élevée.

Selon Khelil (2006), une turbidité dépassant 0,4 NTU peut réduire considérablement l'efficacité des désinfectants, les particules colloïdales agissant comme des barrières protectrices contre les agents oxydants.

La conductivité électrique varie de 1228 à 1248 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour la majorité des échantillons, traduisant une minéralisation modérée. Toutefois, les échantillons 3 (1289 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et 5 (1299 $\mu\text{S}/\text{cm}$) affichent des valeurs légèrement supérieures, tout en restant conformes aux seuils réglementaires.

La température de l'eau, mesurée entre 20 et 22 °C, reflète l'influence des conditions ambiantes sans présenter de risques particuliers.

Les concentrations en ammonium, nitrites et nitrates sont faibles et conformes aux normes de potabilité. L'ammonium est indétectable dans la majorité des cas, vraisemblablement en raison de concentrations inférieures au seuil de détection. Les échantillons 3 et 5 montrent une concentration de 0,1 mg/L, bien inférieure à la limite admissible. Les nitrates varient entre 1,02 et 2,02 mg/L, et les nitrites sont totalement absents, traduisant une absence de pollution d'origine organique ou d'infiltration d'effluents azotés.

Les chlorures varient entre 223,1 et 248,2 mg/L, tandis que la dureté totale se situe entre 362,9 et 394,0 mg/L. Ces valeurs, bien qu'indicatives d'une minéralisation modérée à éléver, demeurent conformes aux normes en vigueur.

Le chlore résiduel libre, essentiel pour prévenir la prolifération microbienne durant le stockage, est présent à une concentration conforme (0,2 mg/L) uniquement dans l'échantillon 1 les autres échantillons (2 à 5) présentent des concentrations insuffisantes (0,1 mg/L ou 0 mg/L), ce qui pourrait s'expliquer par un temps de séjour trop long et/ou un manque d'entretien des réservoirs. La présence de chlore combiné (chlore 4) suggère une consommation du désinfectant actif au contact de matières organiques ou minérales, ce qui réduit son efficacité et peut générer des sous-produits potentiellement nocifs.

L'analyse des métaux révèle des concentrations conformes pour la majorité des éléments analysés (aluminium, argent, cadmium, chrome, cuivre, zinc, fer, nickel, potassium, phénol). Toutefois, les concentrations en plomb dépassent largement la norme de 0,01 mg/L dans tous

les échantillons, avec des valeurs allant de 0,100 à 0,111 mg/L. Ce dépassement constitue un risque sanitaire majeur, notamment pour les enfants et les femmes enceintes (Edwards & Dudi, 2004) L'origine probable de cette contamination est la corrosion de canalisations anciennes ou de soudures au plomb, étant donné que ce dépassement est observé indépendamment du matériau, de la capacité ou de l'exposition des réservoirs, suggérant une contamination en amont de stockage.

➤ Les analyses bactériologiques révèlent l'absence de coliformes totaux, de coliformes fécaux, de *Clostridium* et de streptocoques fécaux dans l'ensemble des échantillons, indiquant une qualité microbiologique satisfaisante au moment du prélèvement. Toutefois, l'absence ou la faible concentration en chlore résiduel libre dans plusieurs réservoirs, combinée à un

manque d'entretien régulier, constitue un facteur de risque potentiel pour une éventuelle recontamination, notamment en cas de stagnation prolongée de l'eau. Dans ce contexte, une surveillance périodique ainsi que l'adoption de bonnes pratiques de maintenance sont indispensables pour garantir la pérennité de cette qualité microbiologique. Ces résultats sont en accord avec les observations de (Boudefa et Zermane, 2019), qui soulignent l'efficacité du traitement au chlore mis en œuvre au niveau de la station de pompage comme principal facteur expliquant la bonne qualité sanitaire de l'eau distribuée. Ainsi, les échantillons analysés peuvent être considérés comme microbiologiquement sûrs et adaptés à la consommation humaine, sous réserve du maintien des conditions de stockage et de désinfection.

III.3 L'eau du robinet de distribution

Cette section présente les résultats détaillés de l'analyse physicochimique, microbiologiques et le dosage des métaux et d'autres composants de l'eau du robinet, obtenus suite à un suivi hebdomadaire rigoureux effectué sur une période d'un mois.

Tableau 13 Les résultats des analyses physicochimiques, métaux et d'autres composants de l'eau du robinet.

Paramètres	Seuils	Minimum	Maximum	Moyenne
pH	6,5-9	7,1	8	7,55
Turbidité (NTU)	5	0,71	2,3	1,505
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2800	1228	1248	1238
Température ($^{\circ}\text{C}$)	20,1	19,8	22,1	20,95
Ammonium (mg/l)	0,5	0	0,1	0,05
Nitrites (NO_2^-) (mg/l)	0,2	0*	0*	0
Nitrates (NO_3^-) (mg/l)	50	1,4	1,82	1,61
Chlorures (mg/l)	500	220	224,1	222,05
Calcium (Ca^{2+}) (mg/l)	200	85	89	87
Dureté totale	500	370	382	376
Chlore résiduel (1)	0,5	0,1	0,2	0,15
Chlore résiduel (4)	***	0,1	0,4	0,25

Physico-chimie

Tableau 14 Les résultats des analyses des métaux et d'autres composants de l'eau du robinet

	Seuils	Minimum	Maximum	Moyenne	Seuils
Métaux (mg/l)	Aluminium	0,2	0,03	0,042	0,036
	Argent	0,1	0*	0*	0*
	Cadmium	0,003	0*	0*	0*
	Chrome	0,05	0,017	0,017	0,017
	Cuivre	2	0*	0*	0*
	Nickel	0,07	0,037	0,037	0,037
	Plomb	0,01	0,150	0,154	0,152
	Zinc	5	0*	0*	0*
	Fer	0,3	0,290	0,291	0,2905
	Manganèse	0,05	0,5	0,5	0,5
INM	Fluorures	1,5	0,750	0,766	0,758
CO	Phénol	0,1	0,062	0,062	0,062

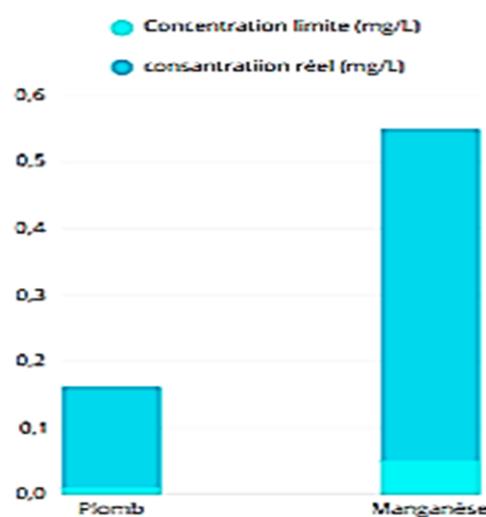


Figure 16 Analyses de plomb et de manganèse dans l'eau du robinet.

Tableau 15 Les résultats des analyses bactériologiques de l'eau de robinet

Paramètres		Seuils	Minimum	Maximum	Moyenne
Bactériologie (UFC/100ml)	Les coliformes totaux	0	0	0	0
	Les coliformes fécaux	0	0	0	0
	Les clostridium	0	0	0	0
	Les streptocoques	0	0	0	0

➤ Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les échantillons d'eau prélevés directement sur le réseau de distribution montrent une conformité générale aux normes de potabilité en vigueur.

Le pH, compris entre 7,1 et 8,0, indique une eau neutre à faiblement alcaline, favorable à la stabilité chimique du réseau et à une désinfection efficace.

La turbidité varie de 0,71 à 1,3 NTU. Bien que les échantillons restent proches de la valeur limite recommandée (1 NTU), certains dépassent légèrement ce seuil, ce qui peut indiquer la présence de matières en suspension susceptibles d'abriter des microorganismes ou d'interférer avec le chlore.

La conductivité électrique, oscillant entre 1228 et 1248 µS/cm, traduit une minéralisation modérée de l'eau, conforme aux caractéristiques physico-chimiques des eaux de distribution. La température, quant à elle, varie entre 19,8 et 22,1 °C, influencée par les conditions ambiantes et le temps de séjour dans le réseau. Des températures élevées peuvent, dans certains cas, favoriser la croissance bactérienne ou altérer les qualités organoleptiques de l'eau (Rodier et al. 2005).

Les concentrations en ammonium sont faibles (0 à 0,1 mg/L), ce qui indique l'absence de dégradation organique récente. Les nitrites sont indétectables (0*), probablement en raison d'une concentration inférieure au seuil de détection du spectrophotomètre. Leur absence témoigne de l'efficacité des étapes de nitrification et de traitement. Les nitrates, quant à eux, varient entre 1,40 et 1,82 mg/L, largement en dessous du seuil réglementaire (50 mg/L), ce qui reflète une bonne protection des ressources contre la pollution d'origine agricole ou domestique.

Les teneurs en chlorures (220 à 224,1 mg/L), en calcium (85,0 à 89,0 mg/L) et la dureté totale (370 à 382,0 mg/L exprimée en CaCO_3) sont conformes aux normes en vigueur. Cette minéralisation est jugée équilibrée : elle contribue à la stabilité chimique de l'eau, améliore son goût et permet de prévenir à la fois la corrosion (eau trop douce) et l'entartrage (eau trop dure). La présence de calcium et de magnésium, en particulier, est bénéfique pour la santé humaine.

Le chlore libre résiduel (chlore 1) est détecté dans tous les échantillons, avec des concentrations compatibles avec les recommandations ($\geq 0,1$ mg/L), garantissant la désinfection continue au sein du réseau.

En revanche, la détection de chlore combiné (chlore 4) indique que du chlore a réagi avec des substances organiques ou azotées, formant des composés comme les chlorémies. Ces sous-produits de désinfection, bien que moins efficaces, peuvent altérer la qualité sensorielle de l'eau (goût chloré, odeur métallique) et entraîner la formation de trihalométhanes (THM), potentiellement toxiques à long terme. Leur présence souligne l'importance de maîtriser la charge organique en amont et d'assurer un renouvellement régulier de l'eau (Richardson, 2007).

➤ Les analyses des métaux montrent que les concentrations en fluorures, argent, cadmium, chrome, cuivre, nickel, zinc, fer, potassium, aluminium, magnésium et phénol sont conformes aux normes de qualité en vigueur, excluant une contamination significative par ces éléments.

En revanche, certains métaux lourds présentent des dépassements préoccupants :

Le plomb atteint 0,152 mg/L, soit 15 fois la limite maximale admissible (0,01 mg/L) et le manganèse affiche une concentration de 0,5 mg/L, dépassant de dix fois la norme recommandée (0,05 mg/L). Ces excès ne semblent pas provenir de la ressource ou de l'usine de traitement, puisque les analyses en sortie de station respectent les seuils. Ils sont vraisemblablement liés à des phénomènes de corrosion interne des canalisations du réseau de distribution. L'utilisation de tuyaux en plomb, ou de soudures. Ce taux inquiétant a été enregistré en 2018 à Jijel par Leghouchi et Balli. En effet, les analyses faites par spectrométrie d'absorption atomique montrent des concentrations en plomb qui varient entre 73 et 459 $\mu\text{g/L}$, bien au-dessus des normes de l'OMS (10 $\mu\text{g/L}$) et de l'Algérie (50 $\mu\text{g/L}$), posant un risque sanitaire majeur.

Le taux de manganèse enregistré (0,5mg/l) est 10 fois plus important que la norme, ce qui confirme la théorie probable de l'état de dégradation et la qualité du réseau hydrique. Aussi, plusieurs taux importants ont été enregistré dans le Nord-Est du pays que ce soit pour les eaux souterraines (Bouchemal et Achour, 2015) et de surface (Bendjama et al, 2014 ; Bougerira et Hani, 2012). Ceci pourrait indiquer une forte teneur de ce métal dans la roche de cette région. De plus que les conditions physico-chimiques de l'eau (pH, dureté, conductivité) peuvent également accentuer cette dissolution.

➤ Les analyses microbiologiques révèlent une absence totale de coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et Clostridium perfringens, confirmant l'efficacité des traitements de désinfection appliqués en station. L'eau analysée présente donc une excellente qualité bactériologique au moment du prélèvement.

III.3 Comparaison de la qualité l'eau du robinet et celle de l'eau embouteillée

Cette section compare la qualité de l'eau du robinet avec celle de deux marques d'eau les plus commercialisées et appréciées par les consommateurs. Cette comparaison a traité spécifiquement sur le profil nutritionnel et l'apport en minéraux essentiels qui souvent est affiché dans l'étiquetage des bouteilles et nos données précédemment relevées. Le tout est regroupé dans le tableau suivant. L'objectif étant d'éclairer les consommateurs sur les bénéfices réels de chaque option.

Tableau 16 Profil nutritionnel et l'apport en minéraux essentiels pour l'eau embouteillée et l'eau du robinet

Marque	pH	Résidus secs	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	HC0 ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
IFRI	7,2	380	99	24	2,1	26,5	72	68	15	>0,02
ARWA	7,29	206	54,16	2,64	2	164,70	10	4	9	<0,01
Eau de robinet	7,5	713	85,0	45,5	0*	139	220	208	1,4	0*

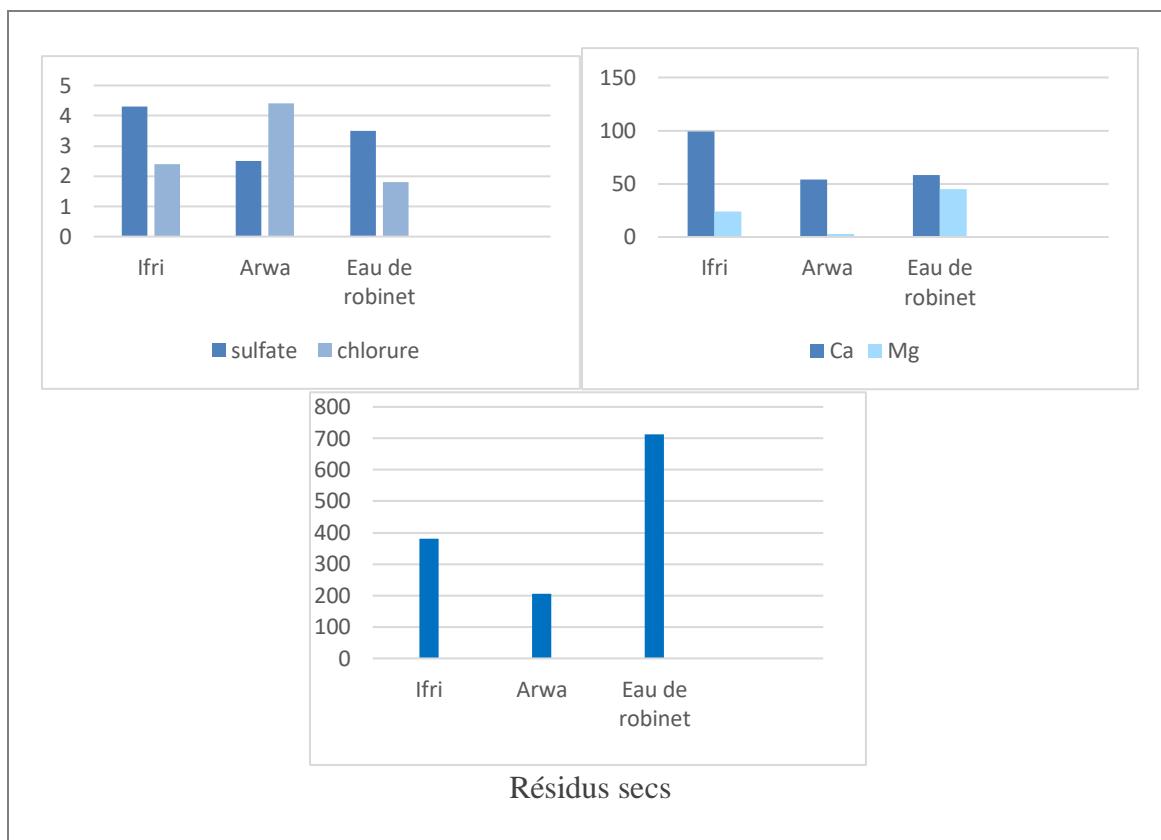


Figure 17 Illustration graphique des résultats de comparaison des paramètres eau de bouteille.

➤ L'analyse comparative des eaux montre des différences notables dans leur composition minérale :

L'eau de robinet se distingue par sa richesse en minéraux, avec un résidu sec élevé de 713 mg/L, ce qui indique une eau fortement minéralisée. Elle se distingue par sa richesse en calcium (85 mg/L) et en magnésium (45,5 mg/L), deux minéraux essentiels pour la santé des os et du système nerveux. Elle contient également une quantité importante de bicarbonates (139 mg/L), utiles pour tamponner l'acidité de l'eau et contribuer à l'équilibre acido-basique dans l'organisme. Avec un résidu sec élevé (713 mg/L), En revanche, elle est très riche en chlorures (220 mg/L) et en sulfates (208 mg/L), ce qui peut influencer son goût et le rendre plus marqué. Enfin, présente des teneurs très faibles en nitrates et en nitrites, ce qui indique qu'elles ne posent aucun risque sanitaire.

Concernant l'eau minérale IFRI, elle se caractérise par une minéralisation relativement faible, avec un résidu sec de 380 mg/L, ce qui lui confère une légèreté appréciée et un goût agréable. Elle contient une quantité modérée de calcium (99 mg/L), bénéfique pour la santé osseuse, tandis que sa teneur en magnésium (24 mg/L) reste modérée. Cette eau se distingue

également par une faible concentration en chlorures (72 mg/L) et en sulfates (68 mg/L), ce qui contribue à sa douceur et à son goût équilibré. Par ailleurs, sa teneur en bicarbonates (26,5 mg/L) lui permet de jouer un rôle important dans la régulation de l'acidité corporelle en tamponnant l'acidité de l'eau. Enfin, les nitrates sont présents en faible quantité (15 mg/L) et les nitrites sont quasi absents ($> 0,02$ mg/L), garantissant ainsi une bonne qualité sanitaire.

L'eau de source ARWA se caractérise par une minéralisation très faible, avec un résidu sec de seulement 206 mg/L, ce qui en fait une eau légère et pure. Sa teneur en calcium (54,16 mg/L) reste modérée, tandis que celle en magnésium (2,64 mg/L) est très basse. Elle est particulièrement riche en bicarbonates (164,70 mg/L), ce qui lui confère une grande capacité à réguler l'acidité, plus encore que l'eau de robinet. De plus, elle contient très peu de chlorures (10 mg/L) et de sulfates (4 mg/L), ce qui explique son goût doux et naturel. Enfin, comme l'eau de robinet, elle est très faible en nitrates (9 mg/L) et en nitrites ($< 0,01$ mg/L), ce qui en fait une eau très sûre à la consommation.

✓ En définitive, les résultats obtenus confirment que chaque type d'eau présente une signature qualitative propre : l'eau du robinet respecte, dans l'ensemble, les références réglementaires physico-chimiques et microbiologiques. Toutefois, en présence de cross-connexions, de sections de conduite corrodées ou de matériaux contenant du plomb et du manganèse, cette même eau peut devenir inadaptée pour les populations à risques (nourrissons, femmes enceintes, personnes immunodéprimées), qu'il convient alors d'orienter vers des sources mieux sécurisées.

Ces constats soulignent la nécessité de :

- ✓ Moderniser les infrastructures (renouvellement accéléré des conduites, instrumentation en ligne, matériaux inertes) ;
- ✓ Renforcer la performance des stations de traitement (STEP) par un suivi continu des métaux trace et des sous-produits de désinfection ;
- ✓ Optimiser la gestion du réseau de distribution (sectorisation, contrôle de pression, recherche active de fuites).

Parallèlement, une sensibilisation accrue des usagers aux bonnes pratiques de stockage et d'entretien des réservoirs domestiques est indispensable pour préserver la qualité de l'eau au point d'usage. Enfin, une gouvernance intégrée, intercommunale et participative de la ressource hydrique apparaît incontournable pour garantir, à l'échelle de la région de Constantine, un accès durable, sûr et équitable à l'eau potable pour l'ensemble des citoyens.

Conclusion et perspectives

Conclusion

Au terme de cette étude, il ressort clairement que la qualité de l'eau potable distribuée à Constantine répond globalement aux normes physico-chimiques et microbiologiques recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ainsi qu'aux réglementations nationales. Les analyses effectuées sur l'eau du réseau montrent une bonne conformité concernant les paramètres tels que le pH, la turbidité, la conductivité, ainsi que les concentrations en nitrates, nitrites et chlorures. De plus, les résultats microbiologiques indiquent une absence totale de bactéries indicatrices de contamination fécale, ce qui traduit un bon niveau de contrôle sanitaire au niveau de la production et de la distribution.

Cependant, certains paramètres nécessitent une vigilance accrue. En particulier, des dépassements ont été observés pour certains métaux lourds comme le plomb (0,152 mg/L) et le manganèse (0,5 mg/L), dépassant les seuils admissibles respectifs de 0,01 mg/L et 0,05 mg/L. Ces contaminations semblent liées à la corrosion des canalisations anciennes ou des raccords contenant ces éléments, ce qui souligne l'importance d'un entretien régulier et éventuellement d'un renouvellement des réseaux de distribution vieillissants.

Par ailleurs, l'étude menée sur l'eau stockée domestiquement a montré que, bien que la qualité initiale de l'eau soit satisfaisante, sa conservation dans des conditions inadaptées (type de matériau, durée prolongée, température ambiante) peut altérer certains paramètres, notamment la turbidité et la présence éventuelle de biofilm bactérien. Ainsi, même si les analyses microbiologiques restent globalement négatives, il est essentiel de sensibiliser les usagers à des pratiques optimisées de stockage pour préserver la qualité de l'eau jusqu'à son point d'utilisation.

Enfin, une enquête complémentaire menée sur les perceptions et comportements des consommateurs vis-à-vis de l'eau du robinet a mis en lumière un déficit de confiance chez une partie de la population, souvent lié à des critères organoleptiques (goût, odeur, aspect). Ce constat appelle à une communication transparente entre les gestionnaires de la ressource hydrique et les usagers, afin de clarifier les enjeux liés à la qualité de l'eau et de promouvoir une consommation rationnelle et sécurisée.

En somme, cette recherche contribue à une meilleure compréhension des facteurs influençant la qualité de l'eau potable à différents stades de son cycle de sa distribution à son stockage domestique. Elle met également en évidence la nécessité d'une approche intégrée impliquant

à la fois les autorités sanitaires, les gestionnaires de réseau et les citoyens, pour garantir une eau sûre, accessible et durable pour tous.

Références bibliographiques

- Ayad, M. (2017). *Les eaux naturelles et leur caractérisation* [Rapport interne/Document non publié].
- Bendjama, K., Bougeriba, N., Hani, A., Chettibi, R., & Lounici, H. (2014). Qualité chimique des eaux de surface en Algérie. *Annales de l'Université de Béjaïa* , 12(3), 44–50. <https://doi.org/10.7202/1031660ar>
- Bensaoula, M., Kherief, A., & Bouzida, M. (2007). *Utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation et les besoins domestiques* [Rapport technique/Document non publié].
- Berne, F., & Jean, F. (1991). *Étude sur les éléments minéraux présents dans l'eau et leur rôle dans la santé humaine* [Rapport technique/Document non publié].
- Bouchemal, M., & Achour, S. (2015). Contamination métallique des eaux souterraines dans le Nord-Est algérien. *Revue des Sciences de l'Eau* , 28(1), 87–95. <https://doi.org/10.7202/1031660ar>
- Boudefa, S., & Zermane, F. (2019). *Évaluation de la qualité microbiologique de l'eau potable dans la région de Constantine* [Mémoire de Master, Université Mentouri].
- Boeglin, J.-C. (2001). *Caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface* [Rapport technique/Document non publié].
- Bougeriba, N., & Hani, A. (2012). Caractérisation hydrochimique des eaux de surface dans le bassin versant de la Seybouse. *Hydrological Sciences Journal* , 57(5), 912–925. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.692162>
- Degremont. (2005). *Traité des eaux – Techniques et applications pour les eaux potables et usées* . Lavoisier.
- Edwards, M., & Dudi, A. (2004). Role of temperature and chlorine residual in lead dissolution from lead oxide solids. *Environmental Science & Technology* , 38(1), 11–17. <https://doi.org/10.1021/es035098y>
- Elimelech, M., & Phillip, W. A. (2011). The future of seawater desalination: Energy, technology, and the environment. *Science* , 333(6043), 712–717. <https://doi.org/10.1126/science.1200488>
- Emerson, D., Fleming, E. J., & McBeth, J. M. (2010). Iron-oxidizing bacteria: An environmental and genome perspective. *Annual Review of Microbiology* , 64, 561–583. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.112408.134208>
- Farch, H. (2014). *Caractéristiques de l'eau minérale et de source* [Rapport technique/Document non publié].
- ISO. (1985). *ISO 7888:1985 Water quality — Determination of electrical conductivity* . International Organization for Standardization.
- KHÉLIL, M. (2006). Impact de la turbidité sur la désinfection de l'eau. *Journal de l'Hydrologie* , 2(3), 45–52.

- Leghouchi, E., & Balli, N. (2018). Assessment of Lead and Cadmium in Groundwater Sources Used for Drinking Purposes in Jijel (northeastern Algeria). *Global NEST Journal* , 20(2), 123–130. <https://doi.org/10.30955/gnj.002747>
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- Paul, E. (1998). *Qualité chimique de l'eau potable : Effets des chlorures sur la santé* [Rapport technique/Document non publié].
- Richardson, S. D. (2007). Environmental mass spectrometry: Emerging contaminants and current issues. *Analytical Chemistry* , 79(12), 4295–4306. <https://doi.org/10.1021/ac070945g>
- Rodier, J. (1996). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, pollution, contrôle, décisions* . Dunod.
- Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2005). *L'eau : analyse et résultats* . Dunod.
- Sarn, M., O'Reilly, K., & Dillingham, R. (2014). Effectiveness of point-of-use chlorination products in inactivating Escherichia coli (E. coli) in drinking water: Results from laboratory testing. *Water Quality Research Journal* , 49(1), 45–53.
- Ayad, W. (2017). *Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harroch (Wilaya de Skikda)* [Thèse de doctorat en microbiologie appliquée, Université Badji Mokhtar-Annaba].
- Bentounes, A. H. (2017). *Étude de la qualité microbiologique de l'eau potable et l'eau des puits de la wilaya de Mostaganem* [Mémoire de Master, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Mostaganem].
- Berne, F. (1972). *Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière* . Édition TECHNIP.
- Boeglin, J.-C. (2001). Propriétés des eaux naturelles. *Technique de l'ingénieur* , traité environnement, G 1110.
- Bœglin, J.-C. (2006). *Traité des eaux destinées à la consommation humaine* . Lavoisier Tec & Doc.
- Bouchemal, M., & Hammoudi, A. C. (2019). *Analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de Hammam Debegh* [Mémoire de Master, Option : Hydraulique Urbaine]. Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi.
- Boualem, R. (2009). Contribution à l'étude de la qualité des eaux des barrages. *Article de recherche* , p. 20–33.
- Degrémont. (2005). *Mémento technique de l'eau* . Lavoisier SAS. Lexique technique de l'eau, Paris (10^e éd.).
- Desjardins, R. (1997). *Le traitement de l'eau* . Édition de l'école polytechnique de Montréal.

- Drever, J. I. (1997). *The Geochemistry of Natural Waters* (3rd ed.). Prentice Hall.
- Degrémont, S. (2005). *Mémento technique de l'eau* . Lavoisier SAS. Paris (10^e éd.).
- Fletcher, T. D., et al. (2015). *Stormwater harvesting and reuse* . Elsevier.
- Hamed, M., Guettache, A., & Bouamer, L. (2012). *Étude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba (Bechar)* [Mémoire de fin d'étude, Ingénieur d'état en Biologie]. Université de Bechar.
- ISO. (1985). *ISO 7888:1985 Water quality — Determination of electrical conductivity* . International Organization for Standardization.
- Kettab, H. A. (1992). *Hydraulique urbaine* . Office des Publications Universitaires, Alger.
- Manz, W. (2007). [Référence incomplète – supprimée ou vérifier les détails]
- Merouani, M., & Bouguedah, A. (2013). *Étude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla*.
- Mokeddem, O., & Ouddane, B. (2005). *Effets dose-dépendants du fluorure dans l'eau sur la santé dentaire*.
- Olivaux, Y. (2007). *La nature de l'eau* . Ed. Marco Pietteur. France.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2000). *Directives de qualité pour l'eau de boisson* (Vol. 2) (2^e éd.). <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- Pascale, S., Kapnick, S. B., Delworth, T. L., & Cooke, W. F. (2020). Increasing risk of another Cape Town “Day Zero” drought in the 21st century. *Proceedings of the National Academy of Sciences* , 117(47), 29495–29503.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2009144117>
- Popkin, B. M., D'Anci, K. E., & Rosenberg, I. H. (2010). Water, hydration, and health. *Nutrition Reviews* , 68(8), 439–458. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00304.x>
- Ramade, F. (2002). *Éléments d'écologie : écologie appliquée* (4^e éd.). Dunod.
- Rodier, J. (1996). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer* (8^e éd.). Dunod.
- Schuddeboom, J. (1993). *Nitrates et nitrites dans les denrées alimentaires* . Éditions du Conseil de l'Europe, Strasbourg.
- Stumm, W., & Morgan, J. J. (1996). *Aquatic Chemistry* (3rd ed.). Wiley.
- World Commission on Dams. (2000). *Dams and development: A new framework for decision-making* . Earthscan.

Annexe

Partie 1 : Profil sociodémographique

1.1 Commune de résidence

Objectif : Identifier la commune de résidence des répondants.

- Constantine : 14 %
- El Khroub : 34%
- Ain Smara : 52%

1.2 Taille du foyer

Selon type d'habitation

Un immeuble :

- 5 à 6 personnes : 62 %

Une grande maison :

- Plus de 6 personnes : 80 %
-

Partie 2 : Perception de la qualité de l'eau du robinet

2.1 Évaluation globale de la qualité de l'eau du robinet

Objectif : Apprécier la qualité globale perçue de l'eau du robinet.

- Très bonne : 2 %
- Bonne : 10 %
- Moyenne : 33 %
- Mauvaise : 37 %
- Très mauvaise : 15 %

2.2 Aspects problématiques perçus

Objectif : Identifier les aspects jugés problématiques (goût, odeur, couleur, dépôts).

- Goût désagréable : 56 %
 - Odeur forte ou désagréable : 23 %
 - Couleur trouble ou anormale : 12%
-

Partie 3 : Usages de l'eau du robinet

3.1 Usages de l'eau du robinet

Objectif : Explorer les usages quotidiens de l'eau du robinet.

- Cuisine : 90 %
- Hygiène personnelle : 95 %
- Lavage vaisselle/vêtements : 85 %
- Arrosage/jardin : 15 %
- Boisson : 15 %

3.2 Recours à des sources alternatives pour la consommation

Objectif : Identifier les alternatives utilisées pour la consommation.

- Eau en bouteille : 71 %
- Puits ou source naturelle : 29 %

3.3 Dépenses et marques d'eau en bouteille

Objectif : Analyser les dépenses mensuelles et les préférences en matière d'eau embouteillée.

- Moins de 500 DA : 20 %
- Entre 500 et 1000 DA : 35 %
- Entre 1000 et 2000 DA : 30 %
- Plus de 2000 DA : 15 %

Marques préférées : Ifri GUEDILA Nestle pure life arwa

Partie 4 : Habitudes de stockage de l'eau en réservoir

4.1 Taux d'équipement et capacité des réservoirs

Objectif : Identifier si les foyers disposent d'un réservoir et sa capacité.

- Utilisent un réservoir : 93,5 %

Capacité :

- 500–1000 litres : 46 %
- Plus de 1000 litres : 37 %

- Moins de 500 litres : 17 %

4.2 Raisons du stockage

Objectif : Comprendre pourquoi les ménages stockent de l'eau.

- Coupures fréquentes : 60 %
- Faible pression d'eau : 20 %
- Prudence face aux risques de pénurie : 15 %
- Confiance limitée envers la qualité de l'eau : 5 %

4.3 Temps de séjour et matériaux des réservoirs

Objectif : Identifier le temps de conservation et le type de matériau utilisé.

Matériaux :

- Plastique (PVC) : 50 %
- Métal : 28,1 %
- Béton : 21,9 %

Temps de conservation :

- Moins de 2 jours : 20 %
- 2 à 4 jours : 46%
- 5 à 7 jours : 25 %
- Plus d'une semaine : 9%

4.4 Emplacement des réservoirs

Objectif : Savoir où sont situés les réservoirs.

- Maisons individuelles :
 - Extérieur exposé au soleil : 51 %
 - Intérieur : 20 %
- Immeubles :
 - Intérieur : 72 %

4.5 Influence du matériau et problèmes liés au stockage

Objectif : Identifier les effets du matériau sur la qualité de l'eau.

- Goût modifié : 40 %
- Développement d'algues/bactéries : 30 %
- Dépôts/odeurs : 25 %
- Aucun problème : 5 %

4.6 Entretien et nettoyage des réservoirs

Objectif : Vérifier les pratiques d'entretien des réservoirs.

- Entretien régulier : 41 %
- Jamais entretenu : 59 %

4.7 Différences perçues entre eau du robinet directe et eau stockée

Objectif : Identifier les différences perçues entre l'eau fraîchement puisée et celle stockée.

- Goût différent : 48 %
- Odeur modifiée : 28 %
- Couleur trouble : 24 %

Partie 5 : Satisfaction générale et gestion de l'eau

5.1 Satisfaction générale vis-à-vis du service SEACO

Objectif : Mesurer la satisfaction globale des citoyens concernant la qualité et la distribution de l'eau.

- Très satisfait(e) : 10 %
- Satisfait(e) : 25 %
- Neutre : 20 %
- Insatisfait(e) : 30 %
- Très insatisfait(e) : 15 %

5.2 Perceptions de la transparence des autorités

Objectif : Évaluer la perception de la communication des autorités sur les problèmes d'eau.

- Oui : 25 %
- Non : 50 %
- Parfois : 20 %

- Je ne sais pas : 5 %

5.3 Améliorations souhaitées

Objectif : Identifier les attentes des citoyens concernant les améliorations à apporter.

- Meilleure qualité de l'eau : 28 %
- Distribution plus régulière : 32 %
- Contrôle accru de la qualité : 42 %

Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation : Cas de la région de Constantine**Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Écologie Fondamentale et Appliquée.**

L'accès à l'eau potable est essentiel au développement humain, notamment dans les zones à urbanisation rapide comme Constantine, qui subit une pression croissante sur ses ressources. Cette étude analyse le système d'alimentation en eau potable de Constantine et de ses périphéries (El Khroub, Ain Smara) en recueillant d'abord les réclamations des usagers auprès de la SEACO, puis à travers une enquête sur les habitudes de consommation, la fréquence d'approvisionnement et la perception de la qualité de l'eau.

Les travaux ont porté sur la qualité de l'eau du robinet et des réservoirs domestiques, avec des prélèvements réalisés dans diverses conditions de stockage. Pendant un mois, des analyses physico-chimiques, microbiologiques et de métaux lourds ont été effectuées sur des échantillons prélevés au robinet et dans les réservoirs. Les résultats montrent une qualité microbiologique globalement satisfaisante, sans contamination fécale, mais révèlent des dépassements préoccupants pour certains paramètres chimiques.

Par ailleurs, les conditions de stockage domestique influencent la qualité de l'eau après distribution : la stagnation, le manque d'entretien des réservoirs et l'exposition au soleil favorisent la prolifération microbienne et altèrent ses caractéristiques. La comparaison avec l'eau embouteillée met en évidence des différences de goût et de composition minérale, l'eau du robinet étant plus riche en calcium et magnésium, tandis que l'eau embouteillée se caractérise par un goût neutre et une faible minéralisation. Ces différences influencent les choix des usagers et soulignent la nécessité d'une gestion intégrée de la qualité de l'eau potable.

Mots-clefs : Eau potable, qualité de l'eau, protocoles analytiques, réseau de distribution, Constantine, SEACO.

Laboratoires de recherche : Laboratoire de la SEACO

(U Constantine 1 Frères Mentouri).

Présidente : **Sahli Leila** **Pr.** **U. Constantine 1 Frères Mentouri**

Encadrante : **Cheriti Oumnya** **MC(B)** **U. Constantine 1 Frères Mentouri**

Examinateur : **Touati Laid** **Pr.** **U. Constantine 1 Frères Mentouri**

Date de soutenance : 26/06/2025

