

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Témouchent- Belhadj Bouchaib Faculté des Sciences et de
Technologie
Département d'Agroalimentaire



Projet de fin d'étude
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine : Sciences de la nature et la vie
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Ecologie végétale et environnement

Evaluation de la conformité de l'eau destinée à l'arrosage des espaces vert dans la région de Ain Témouchent

Présenté Par :

RAHMANE Aya

Devant le jury composé de :

BELHACINI Fatima	MCA	U. Ain Témouchent	Président
KHALFA Ali	MCA	U. Ain Témouchent	Examineur
BOUGHALEM Mostafia	Pr.	U. Ain Témouchent	Encadrant
BENKHAMALLAH Zahra	Doct	U. Ain Témouchent	Co-encadrante

Année Universitaire 2020/2021

Remerciement

Louange à Dieu, en premier et en dernier, pour Sa générosité et Sa bonté, pour Sa guidance dans les moments de doute, et pour Sa présence constante à mes côtés à chaque épreuve. Merci Seigneur, pour la force, la patience, et la lumière.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame Boughalem, ma directrice de mémoire, pour sa confiance, son accompagnement attentif, ses conseils précieux et son soutien tout au long de ce travail.

Mes remerciements sincères vont également à Madame Benkhamallah, mon co-encadrante, pour son suivi rigoureux, sa disponibilité, et l'intérêt constant qu'elle a porté à ce travail.

Je tiens à remercier chaleureusement Monsieur Amar Bensaber Kamel, chef du laboratoire, pour son accueil, son aide précieuse et les conditions favorables qu'il m'a offertes pour réaliser ce travail expérimental.

Un remerciement tout particulier à Monsieur Belkadi M. pour son soutien constant, ses encouragements et ses initiatives bienveillantes qui m'ont beaucoup aidée.

Je remercie aussi Monsieur Derbal Bouamama, chef de l'unité ADE, pour l'importance qu'il accorde sans réserve aux étudiants et à la recherche, et pour sa disponibilité constante à leur offrir aide et soutien sans hésitation.

Je remercie également les membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'évaluer ce travail, et pour leurs observations enrichissantes.

J'adresse mes remerciements les plus chaleureux à mes chers parents, pour leur amour, leurs prières, leur patience et leur soutien inconditionnel.

À toute ma famille et à mes amies proches, merci pour votre présence, votre écoute, et votre réconfort à chaque étape.

À toutes les personnes qui m'ont soutenue, de près ou de loin, par un mot, une prière, un geste, je vous dis merci du fond du cœur.

Dédicace

À mon cher père Abdelkader, source de force et de générosité,

À ma tendre mère Aïcha, source d'amour et de prières,

À mon frère et à ma sœur, mon soutien de chaque instant.

À mes amies proches : Bouchra, Chaïma, Najat et Badra

Merci pour votre amitié sincère, votre présence et vos sourires dans les moments difficiles.

À mon cousin Abdessamed, pour sa belle compagnie et sa compréhension profonde.

Je dédie également ce travail

à tous ceux qui portent en eux de grands rêves,

mais que les épreuves de la vie ont empêchés d'avancer.

Vous avez toute mon estime, mon admiration et mes pensées.

RESUME

Dans la commune d'Ain Témouchent, l'entretien des espaces verts urbains repose principalement sur l'utilisation d'eaux souterraines (puits) et d'eaux du réseau de distribution (eau du robinet). La qualité de l'eau destinée à l'irrigation représente un enjeu essentiel pour la santé des plantes et la durabilité des sols.

La présente étude a porté sur l'évaluation de deux sources d'eau utilisées pour l'arrosage du jardin Lalla Khadidja, relevant de l'APC de la ville. Les échantillons, prélevés à partir d'un puits et d'un point du réseau public, ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques et microbiologiques, avec une comparaison aux normes algériennes et internationales.

Les résultats ont montré que les deux types d'eau présentent une qualité microbiologique satisfaisante. Sur le plan physico-chimique, l'eau du robinet est globalement adaptée à l'irrigation, tandis que l'eau du puits révèle une teneur élevée en sels, pouvant affecter la fertilité du sol à long terme.

Cette étude met en évidence l'importance du suivi régulier de la qualité de l'eau d'irrigation dans les zones urbaines, afin d'assurer un développement végétal optimal et la préservation des sols.

Mots clés : Ain Témouchent, jardin Lalla Khadidja, qualité de l'eau, analyses physico-chimiques, analyses microbiologiques, irrigation, puits, eau du robinet.

الملخص:

في بلدية عين تموشنت، يُعتمد في سقي المساحات الخضراء الحضرية على مياه البئر والمياه العمومية. وتُعد جودة مياه الري عاملاً أساسياً في الحفاظ على صحة النباتات واستدامة التربة.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة المياه المستعملة في ري حديقة لالة خديجة التابعة لبلدية عين تموشنت، انطلاقاً من مصدرين: بئر مخصص للسقي وماء حنفي متصل بالشبكة العمومية. وقد شملت الدراسة تحاليل فيزيوكيميائية وميكروبيولوجية، ومقارنة النتائج بالمعايير الجزائرية والدولية.

أظهرت النتائج أن المياه المدروسة سليمة من الناحية الجرثومية. أما من الناحية الفيزيوكيميائية، فتُعد مياه الحنفية مناسبة للسقي بشكل عام، في حين تحتوي مياه البئر على نسبة مرتفعة من الأملاح، ما قد يؤثر سلْباً على خصوبة التربة عند الاستعمال المتكرر.

تبرز هذه الدراسة أهمية مراقبة نوعية مياه الري في الفضاءات الحضرية، بما يضمن نموًا نباتيًا سليمًا وحماية مستدامة للتربة.

الكلمات المفتاحية: عين تموشنت، حديقة لالة خديجة، جودة المياه، التحاليل الفيزيوكيميائية، التحاليل الميكروبيولوجية، الري، مياه البئر، مياه الحنفية.

SUMMARY

In the municipality of Aïn Témouchent, the irrigation of urban green spaces relies mainly on groundwater (wells) and tap water. The quality of irrigation water is a key factor for plant health and soil sustainability.

This study aims to assess the quality of two water sources used for irrigating the Lalla Khadidja Garden, which is managed by the local municipality (APC). Samples were taken from a well and a tap water point, and subjected to both physico-chemical and microbiological analyses. The results were compared against Algerian and international standards.

The analyses revealed that both water types are microbiologically safe. From a physico-chemical perspective, tap water was found to be generally suitable for irrigation. However, the well water contained elevated levels of salinity-related elements, which could impact soil fertility if used continuously over time.

This research highlights the importance of regular monitoring of irrigation water quality in urban areas to ensure optimal plant development and long-term soil health.

Keywords: Aïn Témouchent, Lalla Khadidja Garden, water quality, physico-chemical analyses, microbiological analyses, irrigation, well water, tap water



Table des matières

REMERCIEMENT

DEDICASE

RESUME

LISTE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAU

Liste des figures

INTRODUCTION

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1	Études antérieures sur la qualité de l'eau dans la région d'Ain Témouchent :.....	5
1.1	Cas de l'eau du barrage de Mekheissia :.....	5
1.2	Cas de l'eau d'élevage de poissons Ain Tolba :	9
1.3	Discussion des lacunes et les aspects :.....	16
2	Normes et réglementations en vigueur pour l'eau d'irrigation :.....	20
2.1	Normes et réglementations nationales et internationales :	20
2.2	Les critères de qualité de l'eau d'irrigation :.....	26
2.3	Discussion de l'importance de respecter ces normes pour garantir :	29
3	Impact de l'eau non conforme sur la végétation des espaces verts :.....	31
3.1	Les conséquences de l'utilisation d'une eau non conforme sur la végétation des espaces verts :.....	31
3.2	Les effets négatifs potentiels d'utilisation de l'eau non conforme dans l'irrigation :	33
3.3	L'importance de maintenir une qualité d'eau adéquate pour assurer la durabilité et la beauté des espaces verts :.....	36

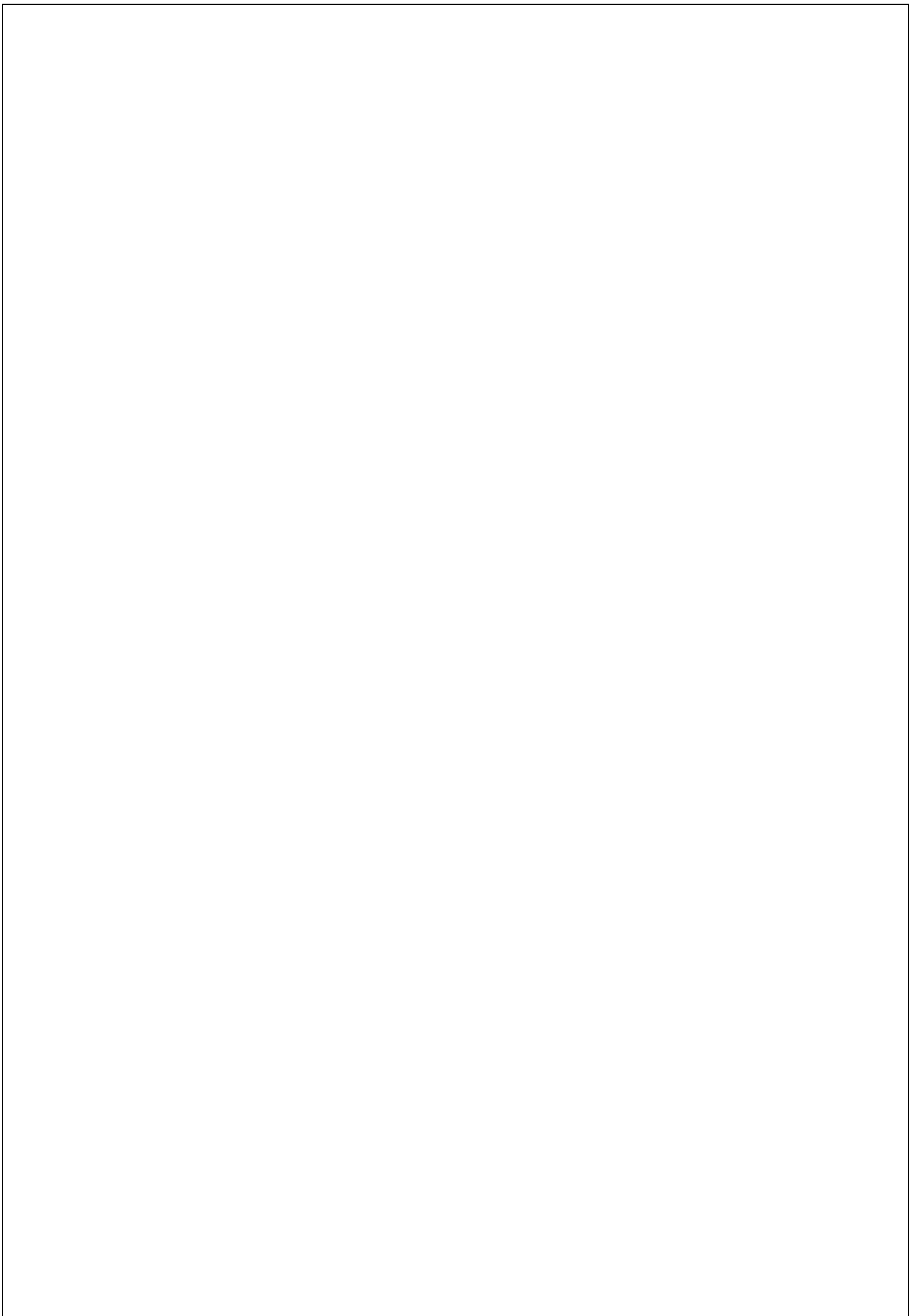
MATERIEL ET METHODE

1	Description de la wilaya d'Ain Témouchent	40
1.1	Situation géographique de la wilaya d'Ain Témouchent	40
1.2	Climat	42
1.3	végétation.....	42
1.4	.Les sources d'eau disponibles pour l'irrigation des espaces verts	43
1.5	Les caractéristiques géologiques :.....	43
1.6	Les caractéristiques hydrologiques :.....	44
1.7	.Population:	46
1.8	Situation bioclimatique :.....	48

2	Discription de la zone d'étude	50
2.1	La localisation de la zone d'étude :	51
2.2	La végétation existante.....	52
3	Collecte des échantillons d'eau :	57
3.1	.Objectif :.....	57
3.2	.Echantillonnage :	58
4	. Méthode d'analyse des paramètres de qualité de l'eau :	60
4.1	Analyse bactériologiques :	60
4.2	Analyse physicochimiques :	69
5	Critères d'évaluation de la conformité de l'eau d'irrigation :	76
5.1	Référentiels d'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation :	76
5.2	Comparaison des résultats analytiques avec les normes de référence :.....	76
DISCUSION		
1	Discussion et interprétation des résultats :	85
1.1	.Interprétation des résultats bactériologiques :	85
1.2	Interprétation des résultats physicochimiques :	85
2	. Implications sur l'utilisation de l'eau pour l'arrosage des espaces verts :	97
2.1	Qualité chimique et risque de salinisation des sols :.....	97
2.2	Impacts nutritionnels sur la croissance végétale :	97
2.3	Risques microbiologiques et sécurité sanitaire :.....	97
2.4	Influence saisonnière sur la qualité de l'eau :.....	97
3	Conclusion agronomique :	98
4	Limites de l'étude et perspectives de recherche futures :	98
4.1	Limites de l'étude :.....	98
4.2	Limitation spatiale :	98
5	Limitation temporelle :	98
5.1	Absence de normes nationales spécifiques :	98
5.2	Aucun lien direct avec le sol ou les plantes :	98
5.3	Analyse physico-chimique incomplète :	98
5.4	Recommandations pour les activités futures :	99
CONCLUSION GENERALE		101

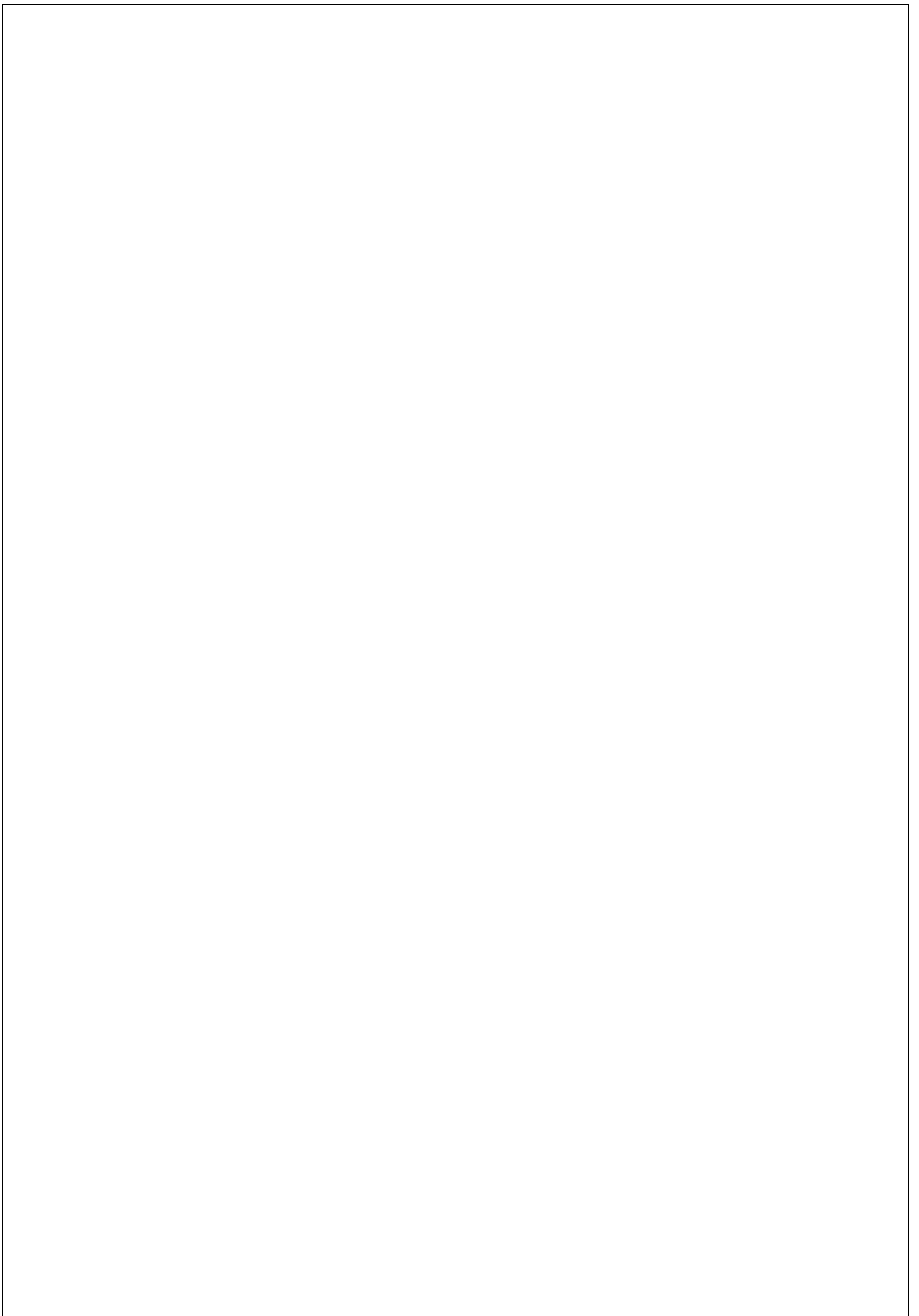
Liste des figures

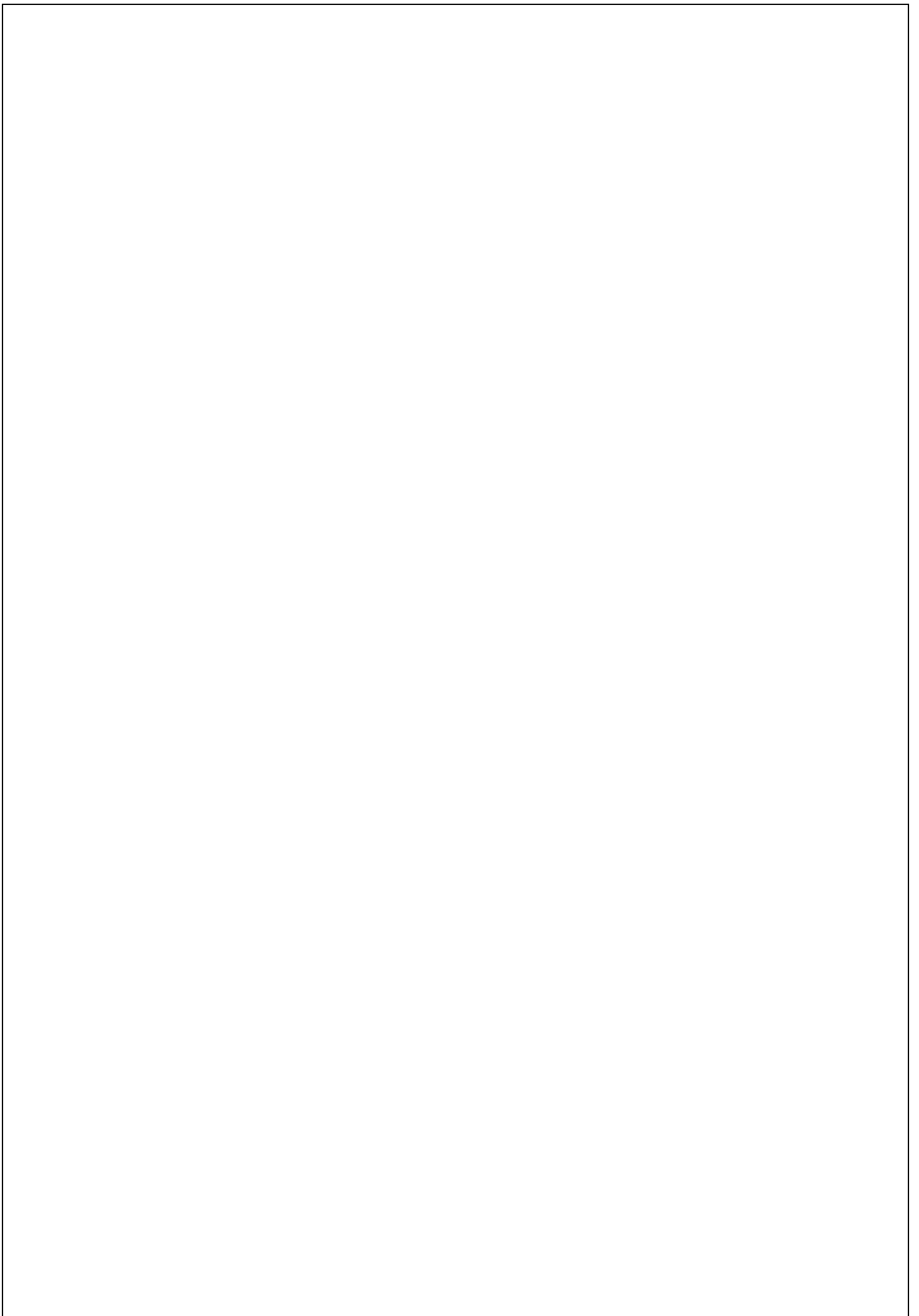
Figure 1 Carte de l'Algérie mettant en évidence Ain Témouchent	40
Figure 2 carte administrative de la province d'Ain Témouchent (DSA, 2021)	41
Figure 3 image satellitaire de la wilaya d'Ain Témouchent.....	41
Figure 4 pyramide des âges de la wilaya d'Ain Témouchent année 2022	47
Figure 5 Indicateur démographique de wilaya d'Ain Témouchent année 2022	48
Figure 6 Probabilité de précipitation quotidienne à Ain Témouchent 2024.....	49
Figure 7 Température moyenne à Ain Témouchent	49
Figure 8 Vitesse moyenne du vent à Ain Témouchent 2024.....	50
Figure 9 Entrée du parc Lalla Khadidja	51
Figure 10 Image satellitaire du parc public de l'APC de Ain Témouchent (Google earth)	52
Figure 11 Ficus retusa (Banian de Malaisie).....	53
Figure 12 cupressaceae (Cyprès méditerranéen, Cyprès commun ou cyprès d'Italie	53
Figure 13 myoporum laetum (Myopre _ Aebuste persistant)	54
Figure 14 justicia adhotoda (Noix de Mlabar)	54
Figure 15 Bougainvillea glabra (Bougainvillée glabre "Paper flower".....	55
Figure 16 pittosporaceae	56
Figure 17 Acanthus mollis (Acanthe molle).....	56
Figure 18 Phoenix dactylifera (palmier)	57
Figure 19 puis parc public Lalla Khadija de l'APC.....	59
Figure 20 Système de filtration sous vide utilisé pour l'analyse microbiologique des eaux (coliformes et streptocoques).....	62
Figure 21 Manipulation du filtre membrane avant l'ensemencement sur le milieu de culture	63
Figure 22 incubation des boîtes de pétri contenant les échantillons d'eau après filtration.....	64
Figure 23 étuve de marque BINDER utilisée pour l'incubation des milieux de culture à température contrôlée.....	64
Figure 24 boîtes de pétri identifiées contenant les milieux spécifiques pour la recherche des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux.....	65
Figure 25 Etape de filtration d'eau à l'aide du système de filtration sur membrane	67
Figure 26 Transfert de la membrane stérile dans une boîte de pétri sous condition aseptique	67
Figure 27 ajout du milieu viande de foie dans la boîte de pétri contenant la membrane filtrante	68
Figure 28 boîte de pétri hermétiquement fermée et étiquetée "ASR" prête pour l'incubation	68
Figure 29 : Histogramme représentatif des paramètres physicochimiques de l'eau de puits de jardin de Lalla Khadija - Ain Témouchent.....	90
Figure 30 Evolution mensuelle de la température dans l'eau de robinet (janvier – mai).....	91
Figure 31 Evolution mensuelle de pH dans l'eau de robinet (janvier – mai).....	91
Figure 32 Evolution mensuelle de la turbidité dans l'eau de robinet (janvier – mai).....	93
Figure 33 : Evolution mensuelle de la minéralisation dans l'eau de robinet (janvier – mai)....	93
Figure 34 evolution mensuelle des nitrites dans l'eau de robinet (janvier _ mai).....	95
Figure 35 : Evolution mensuelle de l'ammonium dans l'eau de robinet (janvier – mai).....	95
Figure 36 Evolution mensuelle du chlore résiduel dans l'eau de robinet (janvier – mai).....	96



Liste des tableaux

Tableau 1 méthode d'analyse bactériologique de l'eau du barrage de Mekheissa	6
Tableau 2 méthode d'analyse physico-chimiques de l'eau du barrage de Mekheissia.....	7
Tableau 3 résultat des analyses bactériologique de l'eau du barrage de Mekheissia	8
Tableau 4 résultat des analyses physicochimique de l'eau du barrage de Mekheissia	9
Tableau 5 méthode d'analyse bactériologique de l'eau d'élevage de poissons.....	11
Tableau 6 méthode d'analyse électrochimique de l'eau d'élevage de poisson	12
Tableau 7 méthode d'analyse physicochimique volumétrique de l'eau d'élevage de poisson	13
Tableau 8 résultat des analyses bactériologique de l'eau d'élevage de poisson	14
Tableau 9 résultat des analyses physicochimique de l'eau d'élevage de poissons.....	15
Tableau 10 normes algériennes de qualité des eaux destinées à l'irrigation	23
Tableau 11 paramètres microbiologiques.....	24
Tableau 12 Classification des eaux d'après leur PH.....	27
Tableau 13 quantité d'acide nécessaire pour réduire le ph de l'eau à 5.0.....	27
Tableau 14 degré relatif de dureté de l'eau selon la quantité de carbonate de calcium.....	Error!
Bookmark not defined.	
Tableau 15 niveaux de toxicité des ions les plus communs	29
Tableau 16 terre agricoles d'Ain Témouchent (DSA, 2005_2024).....	42
Tableau 17 répartition des oueds dans la wilaya d'Ain Témouchent.....	45
Tableau 18 évaluation des eaux recyclées (DRE)	46
Tableau 19 observation régional de la santé d'Oran (ORS Oran), bilan années ORS Oran 2022, INSP, 2022	47
Tableau 20 résultat d'analyse de l'eau puits et de robinet	76
Tableau 21 comparaison des résultat analytiques avec les normes de référence.....	77
Tableau 22 température de l'eau du robinet pendant la période d'étude	78
Tableau 23 pH de l'eau d'irrigation pour différents échantillon.	78
Tableau 24 valeur de la conductivité électrique (Ec) des échantillons d'eau du robinet durant la période d'étude	79
Tableau 25 concentration des nitrites dans l'eau du robinet a l'irrigation	79
Tableau 26 : Evolution des niveaux de NH ₄ ⁺ dans l'eau du robinet selon les mois.	80
Tableau 30 evolution mensuelle de la conductivité électrique dans l'eau de robinet (janvier_mai)	92
Tableau 33 evolution mensuelle des solides dissous totaux dans l'eau de robinet (janvier _ mai)	94





introduction

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

La région d'Ain Témouchent, située dans le nord-ouest de l'Algérie, accorde une importance croissante à la création et à l'entretien des espaces verts urbains, qui jouent un rôle essentiel dans l'amélioration du cadre de vie, la lutte contre les îlots de chaleur, et la valorisation écologique du tissu urbain. Parmi ces espaces, le jardin public Lalla Khadidja, relevant de l'Assemblée Populaire Communale (APC), constitue un exemple typique d'aménagement vert au cœur de la ville, et représente un point stratégique pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation dans un contexte local.

Ce jardin est alimenté en eau par deux sources principales : un puits foré et un branchement au réseau de distribution (eau de robinet). Dans un contexte de raréfaction des ressources hydriques et de pressions accrues sur les services urbains, il devient essentiel de s'interroger sur l'efficacité réelle de l'eau utilisée pour maintenir la santé et la vitalité de ces espaces verts.

Ainsi, deux interrogations majeures guident cette étude : les eaux utilisées pour l'arrosage du jardin Lalla Khadidja sont-elles conformes aux normes de qualité en vigueur, tant du point de vue physico-chimique que microbiologique ? Et cette qualité est-elle suffisante pour assurer un développement végétal durable, sans risque pour le sol ni pour les espèces ornementales ? Pour y répondre, l'étude repose sur des prélèvements d'échantillons d'eau effectués au niveau du puits et du robinet de la structure, suivis d'analyses réalisées dans deux laboratoires spécialisés : l'usine d'ARZEW (Oran) et un laboratoire relevant de l'ADE à Chabat El Leham.

Ces analyses ont permis de mesurer divers paramètres de qualité (pH, conductivité, sodium, chlorures, coliformes, streptocoques, etc.), qui ont été ensuite comparés aux normes établies par l'Organisation mondiale de la Santé et par la réglementation algérienne. À travers cette démarche, l'objectif est d'évaluer non seulement la conformité des eaux d'arrosage, mais également leur aptitude à répondre aux besoins physiologiques des plantes et à préserver la durabilité écologique du jardin.

Synthèse bibliographique

Introduction

Dans ce chapitre, nous passerons en revue les travaux antérieurs qui ont étudié la qualité de l'eau d'irrigation et effectué des analyses bactériologiques et physico-chimiques. Nous les examinerons afin d'identifier les points de ressemblance ou de différences avec notre travail d'analyses de l'eau d'irrigation d'espaces verts. De ce fait, nous allons mettre en évidence deux études antérieures, toutes deux ont étudiés les eaux d'irrigation. La première étude a été menée au niveau du barrage de Mekheissia, affilié à Sidi Ben Adda, et la seconde au niveau du bassin piscicole situé dans la commune d'Ain Tolba. Les deux études ont été réalisées à l'ouest du chef lieu de la wilaya d'Ain Témouchent.

1 Études antérieures sur la qualité de l'eau dans la région d'Ain Témouchent

1.1 Cas de l'eau du barrage de Mekheissia - TAIFOUR Mohamed :

Son travail de recherche vise à évaluer la qualité des eaux du barrage Mekheissia par le biais d'analyses bactériologiques et physico-chimiques. Ces analyses comprennent la recherche et le dénombrement des germes totaux (coliformes totaux, coliformes fécaux et *Escherichia coli*), ainsi que la mesure de paramètres physico-chimiques essentiels tels que la température, le pH, la conductivité électrique, la salinité, la turbidité et la dureté. Cette ressource hydrique naturelle doit être utilisée avec prudence, car elle n'est pas adaptée à l'irrigation de toutes les cultures.

A Les paramètres mesurés :

L'objectif de ces analyses vise à déterminer la qualité de l'eau du barrage Mekheissia en se référant aux normes nationales et internationales relatives à l'eau potable ou d'irrigation. À cet effet, des analyses bactériologiques et physico-chimiques ont été menées sur des échantillons prélevés du barrage. Une partie des analyses a été réalisée dans le laboratoire de biologie, comprenant la recherche des germes totaux, des coliformes totaux, des coliformes fécaux et d'*Escherichia coli*. L'autre partie, incluant la mesure de la température, du pH, de la conductivité, de la turbidité, des chlorures et de la dureté totale, a été effectuée au sein du laboratoire d'hydraulique du Centre Universitaire Belhadj Bouchaib.

B les méthodes d'analyses :

Synthèse bibliographique

- les paramètres bactériologiques :

Analyse	Méthode pratique	Incubation et lecture
Germes totaux	1 ml de l'échantillon a été réparti dans 6 boîtes de Pétri stériles (3 pour l'incubation à 37°C et 3 à 22°C). 1 ml de milieu PCA a été ajouté, mélangé doucement en mouvement circulaire, puis laissé à solidifier.	² (h
Coliformes totaux	1 ml de l'échantillon (dilution 10 ⁰) a été distribué dans 3 tubes contenant 9 ml de milieu BCPL concentré, avec tubes de Durham. 1 ml de dilution 10 ¹ dans 3 autres tubes avec BCPL dilué, et 1 ml de dilution 10 ² dans 3 tubes similaires. Tubes agités sans air dans Durham.	Les tubes ont été incubés à 37°C pendant 48 h.
Coliformes fécaux	À partir de chaque tube BCPL positif, un repiquage a été réalisé dans de l'eau peptonée sans indole, munie d'un tube de Durham, à l'aide d'une aiguille stérile.	Incubation à 44°C pendant 48 h. Le tube est positif en cas de croissance bactérienne, de gaz dans le Durham et de test à l'indole positif
Escherichia coli	2 à 3 gouttes de réactif de Kovac ont été ajoutées dans chaque tube positif.	Un anneau rouge ou rose à la surface indique la production d'indole par Escherichia coli.

Tableau 1 méthode d'analyse bactériologique de l'eau du barrage de Mekheissa

- Les paramètres physico-chimiques :

Synthèse bibliographique

Paramètre analysé	Méthode mesure	Résultats
Mesure de Ph	100 ml de l'échantillon sont placés dans un bécher. L'électrode du pH-mètre est immergée, puis la lecture est prise après stabilisation.	Échantillon 1: pH = 7,90 Échantillon 2: pH = 7,83
Température	L'électrode du thermomètre est immergée dans 100 ml d'échantillon dans un bécher. La valeur est notée après stabilisation.	Échantillon 1: T = 19,8 °C Échantillon 2 : T = 16,9 °C
Conductivité électrique	Verrerie rincée à l'eau distillée. Le conductimètre est rincé, puis immergé dans l'échantillon pour lecture de la conductivité.	Échantillon 1: CE = 3,33 mS Échantillon 2: CE = 3,23 mS
Turbidité	Mesurée en NTU à l'aide d'un turbidimètre qui envoie un faisceau lumineux à travers l'échantillon et compare la lumière transmise et réfléchi.	Échantillon 1: Turbidité = 41,2 NTU Échantillon 2: Turbidité = 43,7 NTU
Dureté totales (TH)	100 ml d'échantillon + 1 ml de tampon pH 10+4 gouttes de réactif Net. Titration avec EDTA (N/50) jusqu'au virage du rouge-violet au bleu. TH est calculée par : TH = volume ajouté x 10 mg/L	Formule: TH = volume ajouté x 10 mg/L (Résultats numériques non spécifiés dans le texte)

Tableau 2 méthode d'analyse physico-chimiques de l'eau du barrage de Mekheissia

C Les principaux résultats et conclusion :

- **Les analyses bactériologiques :**

Paramètre analysé	Résultat obtenu	Interprétation
Germes totaux	Nombre élevé (> 100 bactéries/ml)	Dépasse les normes de l'eau potable, mais reste acceptable pour l'eau d'irrigation
Coliformes totaux	210 bactéries/100 ml	Dépasse les normes OMS pour l'eau brute (100 bactéries/100 ml). Indique

Synthèse bibliographique

		une contamination d'origine fécale.
Coliformes fécaux	>120 bactéries/100 ml	Dépasse les normes algériennes et celles de l'OMS (absence exigée). Montre une contamination fécale due à l'écoulement des vallées chargées de déjections animales
Escherichia coli	>30 bactéries/100 ml	Présence importante d'E. coli, indiquant une contamination fécale récente liée au ruissellement des vallées vers le barrage.

Tableau 3 résultat des analyses bactériologique de l'eau du barrage de Mekheissia

- **Les analyses physico-chimiques :**

Paramètre	Valeur mesuré	Interprétation
pH	Moyenne : 7,90	Eau légèrement alcaline, reste dans les normes nationales (5,5-9). La baisse du pH peut être due au passage par des sols argilo-humiques
Température	19,8 °C (mesurée en avril)	Inférieure à la limite de 25°C. Température favorable à la croissance des micro-organismes
Conductivité	Moyenne: 3330 μ S/cm	Dépasse les normes OMS pour l'eau potable (1500 μ S/cm) et celles pour l'irrigation (3000 μ S/cm)
Turbidité	41,2 NTU	Dépasse les normes OMS (30 NTU). Due à l'instabilité de l'eau, inondations, eaux usées agricoles, argile et sable transportés par le vent et les crues
Dureté totale (TH)	TH = 90 mg/L; Ca ²⁺ = 58 mg/L; Mg ²⁺ = 30 mg/L	La dureté totale est dans les normes (<120 mg/L). Le calcium est acceptable, mais le

Synthèse bibliographique

		magnésium légèrement d'irrigation Provenance: roches.	dépasse la (25 mg/L). altération des roches.
--	--	---	---

Tableau 4 résultat des analyses physicochimique de l'eau du barrage de Mekheissia

Conclusion :

Cette étude a permis d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau brute du barrage de Mekheissia durant le mois d'avril 2019. Les résultats obtenus révèlent un pH légèrement alcalin et une température modérée, mais mettent en évidence des valeurs élevées de la conductivité électrique et de la turbidité, dépassant les seuils recommandés par les normes algériennes et celles de l'Organisation mondiale de la santé, tant pour l'eau potable que pour l'irrigation. Sur le plan bactériologique, la détection de coliformes fécaux et d'*Escherichia coli* atteste d'une contamination d'origine fécale, probablement liée aux rejets issus des activités d'élevage et à l'infiltration des eaux usées domestiques et industrielles le long des vallées avoisinantes.

Ces résultats soulignent une situation préoccupante quant à l'utilisation de cette ressource hydrique, notamment en termes de risques sanitaires pour les populations riveraines, particulièrement vis-à-vis des maladies à transmission hydrique telles que les infections diarrhéiques.

Pendant, malgré la pertinence des paramètres analysés, l'étude présente certaines limites méthodologiques notables. Elle ne prend pas en compte les ions majeurs tels que le calcium, le magnésium, le sodium, le chlorure et le sulfate, qui sont pourtant fondamentaux pour une évaluation approfondie de la salinité et, par conséquent, de la qualité de l'eau pour l'irrigation. L'absence de ces analyses restreint la portée de l'étude en matière de diagnostic environnemental, notamment en ce qui concerne les impacts potentiels à long terme sur les sols agricoles et la croissance des cultures.

1.2. Cas de l'eau d'élevage de poissons Ain Tolba - ROUIDI Ouafa :

Dans leur étude menée dans la région d'Ain Témouchent, les chercheurs ont évalué la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation, qui s'appuie principalement sur les eaux souterraines et les eaux de surface. L'étude a porté sur deux points principaux : le bassin piscicole et le puits d'approvisionnement, qui sont situés au sein de la ferme d'Ain Tolba dans la province d'Ain

Synthèse bibliographique

Témouchent. Les chercheurs ont basé leur évaluation sur la méthodologie recommandée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Les résultats de l'analyse ont montré que l'eau à ces deux points (le bassin et le puits) est de bonne qualité, ce qui peut améliorer le rendement des cultures agricoles et contribuer à élever leur qualité.

Cette partie vise à évaluer la qualité de l'eau d'un puits et d'un étang utilisés pour l'élevage de poissons tilapias rouges destinés à l'irrigation, à travers des analyses physico-chimiques et bactériologiques d'échantillons prélevés dans une exploitation agricole à Ain Tolba (Ain Témouchent) le 01/06/2021.

Le processus d'échantillonnage comprenait quatre échantillons : deux provenant de l'eau du puits et deux de l'eau du bassin. Chaque échantillon a été soumis à des analyses bactériologiques ou physico-chimiques.

A Les paramètres mesurés :

• Les analyses bactériologiques :

Des analyses bactériologiques ont été réalisées sur l'eau du bassin et du puits pour les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.

• Les analyses physico-chimique :

○ Analyses électrochimiques (partielles) :

Les mesures comprenaient le pH (pH), le Rh (potentiel d'oxydoréduction), la température, la conductivité électrique (CE), les solides dissous totaux (TDS), la salinité, la dureté totale et la turbidité.

○ Analyses physico-chimiques volumétriques :

Des titrages ont été effectués pour mesurer l'alcalinité totale (TA), l'alcalinité totale (TAC), le bicarbonate (HCO_3^-), les chlorures (Cl^-), la dureté totale (TH), le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}). Les analyses spectroscopiques comprenaient également la mesure de : sulfate (SO_4^{2-}), phosphate (PO_4^{3-}), nitrate (NO_3^-), nitrite (NO_2^-) et ammonium (NH_4^+). De plus, la teneur en chlore résiduel et total (Cl_2) ainsi que le taux de traitement de l'eau avec les produits utilisés ont été évalués.

Les analyses ont été réalisées au laboratoire Bouzidi situé à El Malah (Ain Témouchent).

B Les méthodes d'analyse utilisées :

• Les paramètres bactériologiques :

Synthèse bibliographique

Le test	Le support utilisé	Le but	Signe positif	confirmation
Détection des coliformes totaux	Méto de Durham + BCPL	Détection des coliformes totaux	Apparition de gaz + changement de couleur du milieu	Cultivé dans de l'eau peptonée + pépinière C°44
Confirmation de la présence d'E. coli	Eau peptonée + Kovacs	Confirmer la présence d'E. coli	Un anneau rouge apparaît à la surface	Production d'indole = E. coli
Détection des streptocoques	Centre Rothe	Stimuler la croissance de streptocoques fécaux	Aspect de la turbidité	Nous nous dirigeons vers le centre de Litsky pour confirmer
Confirmation de la présence de streptocoques fécaux	Litsky central	Confirmations de la présence de streptocoques fécaux	Turbidité ou masse violette au fond	-
Préparation des dilutions décimales	Eau stérilisée + pipette	Réduisez la concentration de l'échantillon pour analyse plus précise	-	Basé sur le tableau de statistiques de Mac Grady

Tableau 5 méthode d'analyse bactériologique de l'eau d'élevage de poissons

- **Les paramètres physico-chimiques :**
- ❖ **Analyses électrochimiques :**

Analyse	L'appareil	Unité	Méthode de mesure (abrégée)
Mesure de Ph	pH-mètre	-	Calibrer dans une solution à pH 7, puis mesurer l'échantillon après fixation
Mesure de la température	Thermomètre	°C	Immergez le thermomètre pendant 1 à 2 minutes, puis enregistrez la valeur
Conductivité électrique	Conductivimètre	µS/cm	Rincez l'appareil, immergez les électrodes d'agitation et enregistrez la lecture

Synthèse bibliographique

TDS	Appareil multistandard	Mg/l	Immerger les électrodes et enregistrer la valeur directement
Minéralisation	Calculé à partir de la conductivité	-	Valeur estimée de la conductivité électrique
Salinité	Calculé à partir de la conductivité	-	Varie en fonction de la quantité de sels dans l'échantillon
Oxygène dissous	Oxymètre /test de couleur	Ou % saturation mg/l	Mesure directe, détermine la qualité de l'eau pour les organismes

Tableau 6 méthode d'analyse électrochimique de l'eau d'élevage de poisson

❖ Analyses physico-chimiques volumétriques :

Analyse	Le principe	DéTECTEUR/outils	Unité/méthode d'expression
Calcium (Ca²⁺)	pH=une fois titré avec de l'EDTA 12/13 utilisation de l'indicateur Murexide	EDTA N/10 NaOH 2N Murexide	Convertir ensuite en mmol/L Mg/L
Magnésium (Mg²⁺)	pH=10 au titrage EDTA en utilisant l'ériochrome T	Solution tampon, 10/EDTA N Ériochrome	$T (Mg^{2+}) = \frac{V_EDTA}{10} \times 2,431$
Sodium et potassium (Na⁺,K⁺)	Mesure par spectromètre de flamme	Spectrophotomètre à flamme	Comparer avec la courbe d'étalonnage
Dureté totale (TH)	Mg ²⁺ et Ca ²⁺ titrés à l'aide d'ériochrome T EDTA	Solution tampon, 10/EDTA N Eriochrome T	$TH(^{\circ}F) = \frac{V_EDTA}{10} \times 10$
Titre alcalimétrique (TA)	Etalonner avec 50/HCl N en utilisant Phénolphtaléine	HCIN/50 Phénolphtaléine	Qualitatif : Présence ou absence de CO ₃ ²⁻
Titre alcalimétrique complet (TAC)	Titrage H ₂ SO ₄ avec de l'orange de méthyle	H ₂ SO ₄ N/50 Méthylorange	$TAC = (V - 0,5) \times F$

Synthèse bibliographique

Chlorures (Cl-)	Etalonnage de Mohr	AgNO ₃ N/10, K ₂ CrO ₄	$T(Cl-) = \frac{V_{AgNO_3}}{142} \times 142$ (mg/L)
Nitrates (NO₂-)	Réaction colorée et mesure à 543 nm	Sulfanilamide, N-1-naphtyléthylènediamine	mg/L (spectroscopie UV-Vis)
Nitrates (NO₃-)	Mesure spectrophotométrique après réaction avec Salicylate de sodium	NaOH, C ₇ H ₃ NaO, H ₂ SO ₄ , un spectre	mg/L
Sulfates (SO₄ 2-)	Mesure de la précipitation et de la turbidité du BaCl	Solution de fixation spectroscopique, BaCl	$[SO] = 5 \times$ lecture
Bicarbonates (HCO₃-)	Associé à TAC et TA	Même réactifs que le TAC	Ne pas mentionner indépendamment
SAR (Sodium Adsorption Ration)	Mg ²⁺ et Ca ²⁺ par rapport à Na ⁺	Résultats +Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	$DAS = \frac{Na}{\sqrt{[(Ca+Mg)/2]}}$

Tableau 7 méthode d'analyse physicochimique volumétrique de l'eau d'élevage de poisson

C Les principaux résultats et conclusion :

- Les analyses bactériologiques :

pointeur	Le résultat	Limite autorisée selon le journal officiel algérien (2012)	Interprétation	
Coliformes totaux	30/10 0 mil	Non spécifié (de préférence très faible)	Possible contamination organique mineure provenant des poissons ou du sol	Eau de bassin
	0	Non spécifié (de préférence (0))	Aucune contamination organique	Eau de puits

Synthèse bibliographique

Coliformes fécaux	3/100 mil	<1000 UFC/100 ml	Indique une contamination fécale récente, mais reste dans les limites	Ea u de bassin
	0	< 1 000 UFC/100 ml	Aucun signe de contamination fécale	Ea u de puits
Streptocoques fécaux	0	Absenc e	Il n'y a aucune contamination par des bactéries fécales provenant d'humains ou d'animaux	Ea u de bassin
	0	Absenc e	Totalement exempt de contamination fécale animale ou humaine	Ea u de puits
E. coli	3/100 mil	<1000 UFC/100 ml	Présent, mais à un rythme acceptable	Ea u de bassin
	0	< 1 000 UFC/100 ml	Non détecté	Ea u de puits

Tableau 8 :résultat des analyses bactériologique de l'eau d'élevage de poisson

- **Les analyses physico-chimiques :**

Paramètre	Le résultat	Conformité aux normes	Notes et explications
température	Dans les limites des valeurs d'irrigation acceptables	SEEE (2007) Oui	N'affecte pas les plantes ni le sol
Ph	Valeurs acceptables (environ 7-6)	Oui (Journal officiel algérien) 2012	Indique une eau modérée qui n'est ni excessivement acide ni excessivement alcaline
Conductivité électrique (CE)	Dans les limites des valeurs autorisées	OMS (2004) Oui	Indique une faible salinité, rendant l'eau adaptée à l'irrigation
Durité totale (TH)	Moyenne acceptable	Oui, normes algériennes (1992)	Produit par le passage de l'eau à travers les roches calcaires. Il ne présente pas de

Synthèse bibliographique

			menace pour les plantes
Alcalinité (TA) et (TAC)	TA = 0; TAC = Faible	Oui	Il n'y a pas d'alcali libre, seulement du bicarbonate. Bon pour l'irrigation
Calcium (Ca)	Dans les limites de la normale	Oui, normes algériennes (1992)	Un élément essentiel de l'eau issu des roches calcaires
Magnésium (Mg)	Dans les limites de la normale	Oui, normes algériennes (1992)	Pas de danger, ingrédiant courant dans eau naturelles
Sodium (Na)	Concentration acceptable	Oui, normes algériennes (1992)	À sa concentration actuelle, il ne provoque pas de salinité nocive
Potassium (K)	Faible	Oui, normes algériennes (1992)	Non dangereux, dépasse rarement 15 mg
Chlorures (Cl)	Faible	Oui, normes algériennes (1992)	À ce rythme, cela n'affecte pas le goût de l'eau et ne provoque pas de corrosion dans les tuyaux
Sulfates (SO₂)	Faible	Oui, normes algériennes (1992)	Il ne nuit ni au sol ni aux plantes
Bicarbonates (HCO₃)	Faible	SEEE (2007) Oui	Il n'est pas nocif et est inclus dans l'alcalinité temporaire
Nitrates (NO-3)	Faible	Oui, normes algériennes (1992)	Aucune contamination, convient à l'irrigation
Nitrates (NO-2)	Faible	Oui, normes algériennes (1992)	Aucun impact négatif sur les cultures
Indicateur SAR	Très bien toléré	Oui	L'eau convient à l'irrigation de toutes les cultures répertoriées telles que les tomates, le blé, les fruits, les légumineuses, etc

Tableau 9 résultat des analyses physicochimique de l'eau d'élevage de poissons

Conclusion :

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de l'étang de Tilapia rouge ainsi que des puits d'approvisionnement révèlent une qualité globalement satisfaisante pour l'irrigation, conformément aux normes recommandées. La salinité mesurée reste dans des limites acceptables, bien que son accumulation progressive puisse, à long terme, nuire à certaines cultures sensibles. La minéralisation relativement élevée de l'eau semble étroitement liée à la nature géologique du sol environnant ainsi qu'aux pratiques agricoles locales.

Par ailleurs, la composition ionique de l'eau est jugée adéquate, avec une faible contamination bactérienne et l'absence d'indicateurs clairs de pollution fécale, ce qui reflète la capacité d'auto-épuration du sol. Ces constats soulignent l'importance de la gestion durable de la qualité de l'eau pour soutenir la productivité agricole, tout en mettant en évidence le rôle positif de la pisciculture dans l'amélioration de la fertilité des sols et l'intégration des systèmes agroécologiques.

Néanmoins, malgré l'ampleur des paramètres analysés, l'étude présente une lacune notable : l'absence de mesure de la turbidité. Ce paramètre est pourtant essentiel dans l'évaluation de la qualité de l'eau, notamment en raison de son lien direct avec la concentration de matières en suspension ou organiques. Une turbidité élevée peut altérer la perméabilité des sols, provoquer le colmatage des systèmes d'irrigation goutte à goutte, et nuire indirectement à la santé des plantes. Son omission limite donc la portée de l'étude, particulièrement en ce qui concerne l'évaluation fine des risques physiques associés à l'utilisation de cette eau en agriculture.

1.3 Discussion des lacunes et les aspects :

A L'eau d'élevage de poissons :

- **Manque de turbidité :**

Les résultats des analyses physiques, chimiques et microbiologiques de l'eau de l'étang de tilapia rouge et des puits d'approvisionnement indiquent que la qualité de l'eau est satisfaisante pour l'irrigation, selon les normes recommandées. La salinité est dans des limites acceptables, bien qu'une utilisation à long terme puisse avoir un effet négatif sur certaines cultures. La minéralisation de l'eau est relativement élevée, en raison de la nature du sol

Synthèse bibliographique

environnant et des activités agricoles. L'eau a une composition ionique acceptable, une contamination bactérienne limitée et aucune preuve claire de contamination fécale, indiquant la capacité d'auto-épuration du sol. L'étude confirme l'importance de la qualité de l'eau dans le soutien de la production agricole et souligne le rôle de la pisciculture dans l'amélioration de la fertilité des sols et l'intégration des activités agricoles.

Bien que l'utilisation de l'eau des aquariums pour irriguer les cultures et les espaces verts soit très bénéfique et positive et génère un plus grand profit économique que l'irrigation avec de l'eau ordinaire, car elle fournit une fertilisation minérale et organique naturelle qui est bénéfique pour les plantes en raison de sa teneur en azote et en phosphore. Outre la valeur environnementale, il s'agit d'une agriculture propre avec des ressources en eau durables.

Cependant, il convient de noter que l'analyse de la turbidité de l'eau doit être effectuée lors de son utilisation à des fins d'irrigation, car elle affecte non seulement la croissance des plantes en termes d'érosion du sol, mais également en tant que mesure de la diffusion de la lumière dans la colonne d'eau en raison de la présence de matières en suspension, et indique la quantité de particules en suspension qu'elle contient. Plus la turbidité est élevée, plus la transparence de l'eau est faible. Lorsque la turbidité augmente considérablement, surtout après les premières pluies, l'eau perd sa capacité à soutenir une grande variété de plantes et d'organismes aquatiques, en raison du blocage de la lumière du soleil, ce qui réduit la photosynthèse. Les matières en suspension absorbent également la lumière du soleil, ce qui augmente la température de l'eau et réduit la concentration d'oxygène dissous, ce qui peut causer des dommages, voire la mort, à certains organismes aquatiques.

Par conséquent, l'analyse de la valeur de l'oxygène dissous seule ne remplace pas l'analyse de la turbidité. Malgré les résultats satisfaisants obtenus dans cette expérience, soit 8,1 mg/L, dans l'eau du bassin, la quantité de matières en suspension telles que les bactéries, l'argile et les matières organiques,... obstrue les systèmes d'irrigation lorsqu'elle augmente et affecte directement les propriétés du sol et la qualité et la pureté de l'eau.

B L'eau de barrage de Mekheissia :

- **Manque de salinité :**

La salinité mesure le pourcentage de sels dans l'eau et exprime plus précisément le nombre total d'ions dissous dans l'eau. Les ions sont des atomes ou des molécules qui portent une charge électrique positive ou négative. Les ions chlorure sont souvent utilisés comme

Synthèse bibliographique

indicateur de salinité, mais d'autres ions y contribuent également, tels que le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le carbonate et le bicarbonate.

Cela est directement lié à la concentration de sels dissous dans l'eau d'irrigation, car toutes les sources d'eau d'irrigation contiennent des niveaux de sels qui peuvent être nocifs. Lorsque l'eau s'évapore ou est absorbée par les plantes par transpiration, la plupart de ces sels restent dans le sol. S'ils ne sont pas éliminés de la zone racinaire, ils s'accumuleront au fil du temps, entraînant une salinisation du sol et une augmentation de la pression osmotique autour des racines, ce qui entrave l'absorption d'eau par la plante. Ces sels peuvent également provoquer des brûlures et des dommages aux racines, ce qui ralentit ou arrête la croissance de nombreuses cultures, partiellement ou complètement.

Dans cette étude, le niveau de salinité du barrage de Mekheissia utilisé pour l'irrigation n'a pas été analysé, malgré sa grande importance en tant qu'élément de base pour déterminer la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation des espaces verts et assurer sa sécurité et sa durabilité à long terme.

- **Manque de chlorure :**

Le chlorure est un anion naturel présent dans diverses sources d'eau, notamment les eaux de surface et souterraines telles que les puits, l'eau de mer et même l'eau de pluie et l'eau du robinet. Il est souvent associé à des sels tels que le chlorure de sodium et le chlorure de potassium, et fait également partie des solides dissous totaux (TDS) dans les processus chimiques. Le chlorure est utilisé dans un certain nombre de produits chimiques qui contribuent à ses niveaux dans l'eau. Outre les sources naturelles d'eaux souterraines et de rejet d'eaux de surface, il existe d'autres sources de chlorure dans l'eau, notamment les roches salines, le ruissellement de surface des zones agricoles et les eaux usées provenant de diverses activités industrielles.

Bien que le chlorure soit essentiel à la croissance des plantes en petites quantités, des niveaux élevés de chlorure entraînent une augmentation des solides dissous dans l'eau, nécessitant un traitement pour prévenir les dommages potentiels et réduire l'accumulation. Les effets négatifs des concentrations élevées de chlorure comprennent la pollution de l'eau, les risques pour la santé et l'altération de la croissance des plantes, ce qui est critique dans l'agriculture lorsque cette eau est utilisée pour l'irrigation. Le chlorure affecte également la

Synthèse bibliographique

qualité des produits agricoles en altérant leur goût et peut également provoquer la corrosion des métaux, permettant aux métaux toxiques de s'infiltrer dans l'eau.

Ces problèmes peuvent être réduits en utilisant des systèmes de traitement de l'eau, tels que l'osmose inverse, la distillation ou les filtres à échange d'ions. Bien que le chlore soit un micronutriment essentiel, une accumulation excessive de chlore dans les tissus foliaires entraîne des symptômes connus sous le nom de « brûlure des feuilles », où des taches brunes ou des zones mortes se forment sur les marges des feuilles, les pointes ou entre les nervures des feuilles. Dans certains cas, le tissu peut perdre sa couleur et apparaître blanc pâle au lieu d'une brûlure traditionnelle.

Dans cette étude, qui a été menée au niveau du barrage de Mekheissia à Ain Témouchent, aucune analyse n'a été réalisée pour mesurer la teneur en chlorure dans l'eau utilisée pour l'irrigation, sans qu'il soit nécessaire de rappeler son extrême importance pour la sécurité des plantes irriguées par cette eau. Ne pas effectuer une analyse aussi importante ne fournit pas une raison claire pour ne pas la faire, et l'ignorer peut entraîner des conséquences désastreuses, comme cela s'est produit auparavant au stade Oucief Omar 2012/2014, où après l'installation du gazon naturel pour rénover le stade, les ouvriers ont été surpris après un certain temps de découvrir la mort de tout le gazon. Après l'intervention de Son Excellence le Gouverneur d'Ain Témouchent pour connaître les causes du problème, il a été révélé plus tard que le gazon était irrigué par les ouvriers avec de l'eau du robinet, qui s'est avérée plus tard contenir un pourcentage élevé de chlore, ce qui a conduit à ce problème, qui à son tour a causé un problème financier en raison de pertes matérielles. C'est pourquoi une petite station d'épuration a été spécifiquement affectée au traitement des eaux utilisées pour irriguer le gazon situé dans le stade.

Par conséquent, des éléments importants tels que la salinité et le chlore ne doivent pas être négligés et leurs niveaux doivent être analysés, en particulier lorsqu'ils sont utilisés à des fins importantes telles que l'irrigation.

- **Des analyses complémentaires sont nécessaires pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation:**

Bien que les analyses effectuées incluaient des indicateurs de base tels que le pH, la température, la conductivité électrique (CE), la turbidité et la dureté totale, ces données restent insuffisantes pour évaluer de manière exhaustive l'adéquation de l'eau d'irrigation, notamment

Synthèse bibliographique

d'un point de vue chimique. Certains éléments essentiels qui jouent un rôle direct dans l'action sur le sol et les plantes, tels que le sodium (Na^+), le calcium (Ca^+), le magnésium (Mg^+), le potassium (K^+), en plus du chlore (Cl^-), du nitrate (NO_3^-), du sulfate (SO_4^-) et du bicarbonate (HCO_3^-), n'ont pas fait l'objet d'analyses détaillées. De plus, certains indicateurs importants tels que le taux d'absorption du sodium (SAR) n'ont pas été calculés malgré leur importance dans la détermination de l'effet de l'eau sur la structure du sol. Ces résultats sont donc préliminaires et nécessitent une analyse plus approfondie pour garantir une évaluation précise et des recommandations agricoles appropriées.

Conclusion :

Toutes les expériences menées dans l'étang à poissons et dans le bassin versant pour évaluer la qualité de l'eau et déterminer son aptitude à l'irrigation ont été utiles et complètes. Des analyses microbiologiques et physicochimiques ont été réalisées pour les deux zones et la conclusion a été tirée que les deux sont adaptées à l'irrigation et peuvent être utilisées en toute sécurité pour irriguer les espaces verts.

Cependant, des lacunes ont été constatées dans les analyses qui devaient être effectuées et ne doivent pas être ignorées, en particulier dans un sujet sensible comme l'irrigation, car l'absence d'analyse de la turbidité dans l'expérience en aquarium et d'analyse de la salinité et du chlore dans le barrage d'Al-Mekheissia ne peut être ignorée et il est nécessaire de noter l'importance de mener des analyses complètes lors de l'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation.

2 Normes et réglementations en vigueur pour l'eau d'irrigation :

2.1 Normes et réglementations nationales et internationales :

Les normes relatives à l'eau d'irrigation jouent un rôle essentiel pour garantir la durabilité agricole et la qualité des produits alimentaires, en particulier compte tenu des multiples sources d'eau utilisées (eaux souterraines, eaux de surface et eaux recyclées) qui varient dans leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Le respect de ces normes réduit les risques sanitaires et environnementaux causés par l'utilisation d'une eau

Synthèse bibliographique

inadaptée et préserve la fertilité des sols et la sécurité des cultures. Il est donc urgent d'établir des normes précises et contraignantes, tant au niveau local que mondial.

L'Algérie a élaboré un cadre législatif réglementant la qualité de l'eau d'irrigation dans le cadre de sa stratégie de protection des ressources en eau, malgré les difficultés de mise en œuvre sur le terrain.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a établi des directives strictes visant à garantir la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation. Ces recommandations reposent sur une évaluation rigoureuse des risques sanitaires et environnementaux, et fixent des seuils de sécurité destinés à limiter la présence de contaminants microbiologiques et chimiques dans les eaux destinées à l'agriculture

L'étude et la comparaison de ces normes permettent de mieux comprendre leur importance et de soutenir les efforts visant à parvenir à un système agricole durable, respectueux de l'environnement et de la santé publique.

A Nationale :

L'eau d'irrigation représente une ressource stratégique essentielle pour améliorer la sécurité alimentaire et le développement agricole, en particulier dans les environnements semi-arides comme l'Algérie. Avec la pression croissante sur les ressources en eau traditionnelles en raison du changement climatique et de la surconsommation, il est devenu prioritaire d'établir des contrôles stricts pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation, tant naturelle que traitée. Ces contrôles visent à protéger la santé publique, à préserver la fertilité des sols, à garantir des produits agricoles sains et durables et à protéger les ressources environnementales de la dégradation. Dans ce contexte, l'Algérie s'oriente vers l'élaboration d'un système législatif compatible avec ses conditions environnementales et agricoles spécifiques, garantissant une utilisation durable et rationnelle des ressources en eau dans l'agriculture.

En Algérie, l'irrigation est réglementée par un ensemble de lois et de décrets visant à assurer une utilisation efficace et durable des ressources en eau. Parmi les principales réglementations nationales figurent :

- Loi n° 05-12 du 28 Jomada Ethania 1426, correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau : cette loi définit toutes les bases de la gestion des ressources en eau, y compris la mise en place de mécanismes institutionnels pour une gestion intégrée. Elle précise également les modalités d'exploitation et de protection de ces ressources, en interdisant l'utilisation des eaux

Synthèse bibliographique

usées non traitées pour l'irrigation. De plus, elle encourage leur réutilisation de manière sûre et durable afin de répondre aux besoins de la société.

- Décret exécutif n° 220-11 du Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011: ce décret exécutif inclut l'octroi de la concession pour l'utilisation des ressources en eau ou l'élimination des sels et des minéraux des eaux salines, qui peuvent être utilisées pour l'irrigation des cultures afin de réduire la pression sur les eaux souterraines et de surface douces. Le décret impose l'obligation de vérifier la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation en surveillant ses analyses physico-chimiques et bactériologiques afin de garantir sa sécurité pour les sols et les cultures.

- Article 12 : Le titulaire de la concession doit s'assurer que l'eau fournie répond aux normes de qualité définies par la réglementation en vigueur, quelles que soient les caractéristiques de l'eau brute.

-L'ouverture et l'accréditation des laboratoires d'analyse de la qualité des eaux ont été réglementées par le décret exécutif n° 02-68 du 6 février 2002.

-La détermination des modalités de tarification de l'eau destinée à l'usage agricole, ainsi que les tarifs associés, a été prévue par le décret n° 14-05 du 9 janvier 2014.

	Paramètres	Unité	Concentration maximale admissible
Physiques	pH	--	6.5<pH<8.5
	MES	Mg/l	30
	CE	Ds/m	3
	Infiltration le	Ds/m	
	SAR=0-3 CE		0.2
	3-6		0.3
	6-12		0.5
Chimiques	12-20		1.3
	20-40		3
	DBO5	Mg/l	30
	DCO	Mg/l	90
Chimiques	CHLORURE(Cl)	Meq/l	10
	AZOTE (NO3-N)	Mg/l	30

Synthèse bibliographique

	Bicarbonate (HOC3)	Meq/l	8.5
Eléments toxiques	Aluminium	Mg/l	20.0
	Arsenic	Mg/l	2.0
	Béryllium	Mg/l	0.5
	Bore	Mg/l	2.0
	Cadmium	Mg/l	0.5
	Chrome	Mg/l	1.0
	Cobalt	Mg/l	5.0
	Cuivre	Mg/l	5.0
	Cyanures	Mg/l	0.5
	Fluor	Mg/l	15.0
	Fer	Mg/l	20.0
	Phénols	Mg/l	0.002
	Plomb	Mg/l	10.0
	Lithium	Mg/l	2.5
	Manganèse	Mg/l	10.0
	Mercure	Mg/l	0.01
	Molybdène	Mg/l	0.05
	Nickel	Mg/l	2.0
	Sélénium	Mg/l	0.02
Vanadium	Mg/l	1.0	
Zinc	Mg/l	10.0	

Tableau 10 normes algériennes de qualité des eaux destinées à l'irrigation

Source : (journal officiel de la république algérienne n*41)

GROUPE DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFE/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/1) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinées à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0.1

Synthèse bibliographique

Arbres fruitiers (1) Cultures et arbustes fourrages (2) Cultures céréalières. Cultures industrielles (3) Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFE/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6)	Pas de norme recommandée	Pas de norme recommandée

Tableau 11 paramètres microbiologiques

Source : (journal officiel de la république algérienne n*41)

B Internationale :

• Définition de l'organisation :

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) est une agence spécialisée des Nations Unies chargée de la santé publique mondiale. Fondée en 1948, dont le siège est à Genève, en Suisse, elle est l'organisme international de référence en matière de santé.

• Les tâches de l'organisation :

Le mandat de l'OMS comprend l'établissement de normes de santé mondiales, l'orientation de politiques fondées sur des données probantes, la fourniture d'un soutien technique aux pays et le suivi et l'analyse des tendances internationales en matière de santé afin d'améliorer la santé de la population.

• Préoccupation pour la qualité de l'eau :

L'Organisation mondiale de la santé attache une grande importance à la qualité de l'eau dans tous les usages, y compris l'agriculture, en raison de son impact direct sur la santé publique. Cet intérêt est devenu particulièrement important avec le besoin croissant d'utiliser des eaux usées traitées à la lumière des défis environnementaux et de la rareté des ressources en eau.

• Directives sur l'eau :

Depuis sa première publication en 1989, puis jusqu'à sa révision en 2006, l'OMS a établi des lignes directrices pour la réutilisation des eaux usées traitées. Ces lignes directrices s'appuient sur une analyse quantitative des risques pour déterminer les limites acceptables pour les contaminants microbiologiques et chimiques.

• Les objectifs de ces principes :

Synthèse bibliographique

Ces principes visent à réduire les risques sanitaires liés à l'utilisation de l'eau traitée, tels que la transmission de virus et de bactéries ou l'accumulation de produits chimiques dans le sol et les cultures, assurant ainsi la protection de la santé humaine et la sécurité de la production agricole.

- **Vers la durabilité :**

Cette approche scientifique reflète l'engagement de l'OMS à équilibrer la protection de la santé publique et la promotion de la durabilité des ressources en eau, en réglementant les pratiques de réutilisation de l'eau conformément aux normes sanitaires internationalement reconnues.

Paramètres physico-chimiques	
Salinité totale (STD) en mg/l	7680
Conductivité électrique (CE) en mS/cm à 25 °C	12
Le SAR = 0-3 et CE =	<0.2
Le SAR = 3-6 et CE =	<0.3
Le SAR = 6-12 et CE =	<0.5
Le SAR = 12-20 et CE =	<1.3
Le SAR = 20-40 et CE =	<3
Ions toxiques (affectant les cultures sensibles)	
Sodium (Na) en mg/l	
Irrigation en surface (SAR)	9
Irrigation par aspersion	69
Chlorure (Cl) en mg/l	
Irrigation en surface	350
Irrigation par aspersion	105
Bore (B) en mg/l	3
Effets divers (affectant les cultures sensibles)	
Température (°C)	35
Ph	6.5 à 8.4
Matières en suspension en mg/l	
Irrigation gravitaire	2000
Irrigation par aspersion localisée	100
Azote nitrique (N-NO₃-) en mg/l	30
Bicarbonate (HCO₃-) irrigation par aspersion en mg/l	518
Sulfates (SO₄²⁻) en mg/l	250

Synthèse bibliographique

Parameters bactériologiques	
Califormes fécaux	1000/100 ml*
Salmonelle	Absence dans 5 l
Vibron cholérique	Absence dans 450 ml

Aucune source spécifiée. Source : Organisation mondiale de la santé (OMS)

2.2 Les critères de qualité de l'eau d'irrigation :

La qualité de l'eau d'irrigation est un facteur clé pour améliorer la productivité des cultures, maintenir la fertilité des sols et protéger l'environnement. Les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agglomérats) et sa perméabilité, sont fortement influencées par la qualité des ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation. Par conséquent, l'évaluation de la qualité de l'eau repose sur une combinaison de facteurs chimiques et physiques qui déterminent son aptitude à l'usage agricole, et cette qualité peut être déterminée plus précisément par une analyse chimique en laboratoire. Vous trouverez ci-dessous les facteurs les plus importants à prendre en compte pour déterminer la qualité de l'eau en agriculture.

A . Caractéristiques physico-chimiques :

- **La température :**

La température de l'eau est un facteur important lorsqu'elle est utilisée pour irriguer les espaces verts, car elle affecte sa capacité à dissoudre et à transporter les nutriments et les gaz nécessaires à la croissance des plantes. L'eau chaude, par exemple, augmente la solubilité de certains produits chimiques, ce qui peut affecter l'absorption des nutriments par le sol. Les températures élevées peuvent également altérer l'équilibre du sol et affecter le confort et les racines des plantes, en particulier dans les environnements chauds.

- **La conductivité électrique :**

La conductivité électrique (CE) Est une expression numérique de la capacité une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par mètre (ms /cm) à 20 °C. Une conductivité élevée traduit, soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée qu'elle soit naturelle ou due à des rejets salins (Afri -Mehennaoui,1998).

- **Risque de pH :**

Synthèse bibliographique

Le pH (Potentiel Hydrogène) de l'eau affecte la solubilité des sels minéraux. Le pH de l'eau d'irrigation doit être compris entre 5,5 et 6,5, car c'est la plage où la plupart des éléments nutritifs sont disponibles. En effet, il influence la forme et la disponibilité de ces éléments dans l'eau d'irrigation. Le profil acido-basique du sol dépend du pH.

pH<5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approché => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

Tableau 12 Classification des eaux d'après leur PH

• **Risque de salinité:**

Dans la plupart des pays, l'eau utilisée pour l'approvisionnement municipal est l'eau ayant la meilleure qualité disponible et elle est habituellement de faible salinité. Cependant, en conditions de pénurie en eau, la salinité peut être un problème. Elle constitue un critère important dans l'eau d'irrigation, car un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol et provoque des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau. Ces conditions provoquent une sécheresse physiologique. Même si le sol semble avoir beaucoup d'humidité, les plants flétrissent parce que les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration (**Harivandi, 1999**).

La salinité est mesurée par la conductivité électrique (EC) exprimé en dS/m ou mS/cm, ou par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/L.

➤ **Le SAR ou la teneur en sodium :**

La salinité de l'eau dépend principalement de la concentration de certains sels, tels que le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le sodium (Na), le chlorure (Cl), les sulfates (SO₄) et les bicarbonates (HCO₃). Lorsque la salinité est élevée, la concentration en ions dans l'eau augmente, ce qui entrave la capacité des plantes à absorber l'eau et les éléments minéraux essentiels à leur croissance. Dans les cas extrêmes, une salinité excessive peut endommager les racines, entraînant leur détérioration ou leur brûlure.

Le sodium est un élément hautement soluble qui déplace le calcium et le magnésium, affectant ainsi la perméabilité du sol, ce qui donne des sols très durs et cohésifs qui deviennent plus résistants à l'eau et moins aérés. Le DAS est calculé comme suit :

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2}}}$$

➤ 9<SAR : Conduit à la destruction des sols (très mauvaise qualité).

Synthèse bibliographique

- $6 < \text{SAR} < 9$: (Mauvaise qualité) Problèmes de perméabilité du sol.
- $3 < \text{SAR} < 6$: (Bonne qualité) Problème mineur d'accumulation de sodium.
- $0 < \text{SAR} < 3$: (très bonne qualité).

• Chlorure (Cl⁻) :

En plus des effets du sodium, le chlorure peut causer des dommages lorsqu'il est présent en grande quantité dans l'eau d'irrigation, en particulier lorsqu'il est utilisé par irrigation par aspersion. Des concentrations élevées de chlorure dans l'eau d'irrigation provoquent des brûlures des feuilles, ce qui réduit la capacité de la plante à effectuer la photosynthèse et nuit même à la croissance des fruits et des plantes.

• Alcalinité et la dureté :

La dureté de l'eau correspond à la concentration en ions calcium et de magnésium, exprimée en parties par million (ppm) de CaCO₃. Une dureté élevée peut entraîner des dépôts de carbonate de calcium dans les canalisations ou les équipements, causant ainsi des obstructions. Pour éviter la précipitation du calcium, le pH de l'eau doit être maintenu en dessous de 7. Le tableau ci-dessous montre la quantité d'acide nécessaire pour abaisser le pH de l'eau jusqu'à 5.0, uniquement à titre indicatif pour l'évaluation de l'alcalinité. Toutefois, pour éviter les dépôts de calcium, il est généralement suffisant de maintenir le pH de dessous de 7.

Echantillon	pH Initial de l'eau	Alcalinité (ppm de CaCO ₃)	Quantité d'acide nécessaire en ml de NH ₂ SO ₄
A	9.3	71	1.2
B	8.3	310	6.0

Tableau 13 quantité d'acide nécessaire pour réduire le PH de l'eau à 5.0

L'alcalinité représente la capacité tampon de l'eau, c'est-à-dire sa capacité à neutraliser les acides. Elle dépend principalement de la concentration en ions bicarbonate (HCO₃⁻), carbonate (CO₃⁻²), et parfois hydroxyde (OH⁻), et s'exprime en ppm de CaCO₃.

• Le cas du Fer²⁺ :

Le fer ne pose pas de problèmes car il est soluble, mais en présence de bactéries du fer, il se transforme en fer trivalent Fe³⁺ et devient insoluble, ce qui entraîne la formation d'une substance gélatineuse brune collante qui provoque le colmatage du réseau d'irrigation. L'eau utilisée en agriculture ne doit pas contenir plus de 0,5 mg/L de fer.

• Concentration en éléments qui peuvent être toxiques :

Certains éléments présents dans l'eau d'irrigation peuvent être directement toxiques pour les cultures, notamment lors de l'utilisation de systèmes d'arrosage. Le sodium, le chlorure et le bore sont les ions toxiques les plus courants. Le bore est toxique à des niveaux supérieurs à 1 mg/L, car il entraîne l'accumulation de toxines dans les cultures sensibles.

Synthèse bibliographique

Niveaux de toxicité pour des ions spécifiques (meq/L)			
	Bore	Chlore	Sodium
Nul	< 1	1 – 3	> 3
Léger à modéré	< 4	4 – 10	> 10
Sévère	< 3	3- 9	> 9

Tableau 14 niveaux de toxicité des ions les plus communs

Source : Robert Morris and Dr. Dale Devitt, « Sampling and interpretation of landscape irrigation water », University of Nevada.

B Qualité bactériologique :

L'eau d'irrigation utilisée dans les espaces verts (parcs, jardins, etc.) peut contenir des agents pathogènes dangereux pour la santé, notamment en cas de contact direct avec les plantes. Pour garantir la sécurité du public, cette eau doit respecter les normes canadiennes : moins de 100 E. coli fécaux, moins de 1 000 coliformes totaux, et un contrôle des streptocoques fécaux. Leur présence indique une contamination fécale pouvant révéler des pathogènes comme Salmonella, E. coli, Campylobacter et Cryptosporidium.

Ces microorganismes peuvent survivre longtemps et leur concentration augmente après la pluie, d'où l'importance d'une surveillance régulière.

2.3 Importance de respecter ces normes pour garantir :

A La santé des plantes :

L'utilisation d'une eau d'irrigation de haute qualité contribue à prolonger la durée de vie des infrastructures agricoles vitales. C'est parce que les éléments physiologiques et bactériens présents dans l'eau sont essentiels au métabolisme et à la photosynthèse. Il faut donc prêter attention à la concentration de ces éléments en effectuant des tests répétés sur l'eau d'irrigation utilisée pour s'assurer de sa conformité aux normes de qualité requises (**Ostrosvich & Zarra, 2019**)

La qualité de l'eau affecte la disponibilité de tous les nutriments dans l'eau dont la plante a besoin pour croître et remplir ses fonctions vitales, telles que la photosynthèse, car c'est le principal facteur responsable de la composition des cellules végétales et de leur structure cellulaire, ce qui améliore la force des graines et leur permet de résister au vent et de calculer leur position par rapport au soleil pour effectuer le processus de photosynthèse des feuilles. L'utilisation d'une eau d'irrigation de bonne qualité contribue également à accélérer la

Synthèse bibliographique

croissance et à maintenir la santé des plantes en améliorant la capacité de la plante à absorber les nutriments dont elle a besoin dans l'eau plus efficacement et à un degré approprié, en bénéficiant ainsi. **(Ostrovich & Zarra, 2019)**

Améliorer la relation entre les plantes et le sol et améliorer la qualité du sol, ce qui se reflète dans la qualité et la productivité des cultures, car l'utilisation d'une eau d'irrigation appropriée affecte le sol et la santé des micro-organismes qu'il contient en améliorant le cycle des nutriments pour une meilleure croissance des plantes, car la qualité de l'eau affecte la durabilité du sol, sa qualité et sa capacité à remplir efficacement ses fonctions en raison de ses propriétés biologiques, chimiques, physiques et perméables. Il favorise la croissance et la diversité des plantes et des animaux en fournissant un environnement sain pour divers éléments tels que l'eau, les nutriments, l'énergie et l'air, ce qui augmente sa fertilité. L'eau d'irrigation affecte également la composition du sol en améliorant sa capacité à stocker l'eau et les nutriments et à mieux les distribuer, ce qui renforce la force des racines et la dureté du sol et le protège de l'érosion. **(Le guide de permaculture, s.d.)**

Le respect des normes de qualité de l'eau et son utilisation à des concentrations raisonnables, notamment en salinité, protègent le sol de l'accumulation de sel et préviennent sa détérioration. L'utilisation d'une eau d'irrigation appropriée aide grandement les agriculteurs à prévenir la propagation de maladies nocives dans leurs champs, qui peuvent entraîner d'énormes pertes de récoltes. En assurant une bonne qualité de l'eau d'irrigation, vous assurez également une bonne qualité des récoltes, ce qui confère qualité et durabilité à l'agriculture. **(FAO, s.d.)**

B La protection de la santé publique :

Les normes de qualité de l'eau d'irrigation jouent un rôle essentiel dans la protection de la santé publique lorsqu'elle est utilisée pour irriguer les espaces verts tels que les jardins et les parcs, car ces espaces constituent des zones d'interaction directe et continue entre les humains et l'environnement végétal. L'utilisation d'une eau propre et saine garantit que les sols et les plantes qui sont en contact quotidien avec les résidents, en particulier les enfants et les personnes âgées, ne sont pas contaminés, limitant ainsi la propagation de maladies liées à l'eau, telles que les intoxications causées par des parasites (comme la giardia et les ténias) et des bactéries (comme E. coli et la salmonelle). **(Foote et al., 2018)**

L'irrigation avec de l'eau non contaminée empêche également l'accumulation de métaux lourds dans le sol et les plantes, protégeant ainsi les travailleurs de l'entretien paysager

Synthèse bibliographique

d'une exposition chronique à ces éléments nocifs et réduisant le risque d'empoisonnement ou de problèmes respiratoires et cutanés résultant d'un contact direct avec des plantes ou un sol contaminé. (Nama & Singh, 2022).

D'autre part, le maintien de la qualité de l'eau d'irrigation dans ces zones contribue à améliorer la qualité de l'air et à réduire les causes d'allergies et de maladies chroniques, ce qui a un impact positif sur la santé physique et mentale des citoyens. Les espaces verts sont un pilier fondamental des villes saines, et leur durabilité et leur sécurité commencent par la garantie de la sécurité de l'eau d'irrigation qui y est utilisée

C La durabilité des écosystèmes :

Le respect des normes de qualité de l'eau permet non seulement de protéger la richesse végétale et la santé publique, mais aussi de préserver les ressources en eau et d'assurer leur survie et leur durabilité pour les générations futures. Cela permet à son tour de préserver la richesse végétale et la santé publique. On constate donc que le respect de ces normes joue un rôle majeur pour assurer la durabilité et la stabilité de l'écosystème, le protéger de l'extinction et préserver la biodiversité. (OCDE, 2012).

Maintenir la propreté de l'environnement et ainsi prévenir de nombreuses maladies, notamment celles transmises par l'eau et la propagation des infections.

Atteindre la durabilité agricole, préservant ainsi l'équilibre environnemental et les écosystèmes généraux et améliorant leur durabilité à long terme.

3 Impact de l'eau non conforme sur la végétation des espaces verts :

L'eau non conforme est toute eau qui ne répond pas à des normes définies par des organisations nationales. Elle est définie par des niveaux élevés des contaminants tels que de salinité, de métaux lourds, de sodicité, des agents pathogènes ainsi que des produits chimiques, Outre la présence de contaminants chimiques, microbiologiques, minéraux ou une modification des propriétés physiques telles que la température et le pH, tous qui ne respectent les valeurs limites affectant la qualité de l'eau et peuvent nuire la santé des plantes et sols et la rendent impropre aux usages agricoles.

3.1 Conséquences de l'utilisation d'une eau non conforme sur la végétation des espaces verts :

Synthèse bibliographique

A Conséquences directes :

L'utilisation d'eau non conforme aux normes d'irrigation pour irriguer les plantes et les espaces verts entraîne un certain nombre d'effets négatifs sur la croissance et la santé des plantes. Les effets les plus marquants sont une mauvaise germination des graines, un retard de croissance, des dommages aux feuilles et même la mort des plantes. Cette eau de mauvaise qualité perturbe l'équilibre biologique du sol, diminuant le nombre de micro-organismes bénéfiques, tels que les bactéries fixatrices d'azote, provoquant une carence en nutriments essentiels ainsi que le jaunissement et l'affaiblissement des feuilles. À mesure que l'activité fongique diminue, la capacité des racines à absorber le phosphore et d'autres éléments essentiels est réduite. L'excès de salinité ou la présence de polluants dans l'eau provoque un stress hydrique qui affecte négativement la transpiration et la photosynthèse, réduit l'efficacité de l'absorption de la lumière et des nutriments et conduit à une croissance lente ou retardée. Les feuilles se déforment également et brunissent en raison des dommages causés aux protéines et aux enzymes dans les cellules, ce qui accélère la mort de la plante. Ces conditions affaiblissent le système immunitaire de la plante, la rendant plus vulnérable aux maladies et aux parasites. Parallèlement, l'accumulation de sel provoque la brûlure des extrémités des feuilles, signe évident de la détérioration de la santé des plantes résultant de l'utilisation d'une eau d'irrigation inappropriée.

B Conséquences indirect :

La qualité de l'eau d'irrigation affecte indirectement les plantes en modifiant les propriétés physiques et chimiques du sol, ce qui a un impact négatif sur la croissance et la productivité des plantes. Lorsque l'eau contenant de fortes concentrations de calcium et de magnésium est utilisée avec des bicarbonates, des précipitations de carbonate de calcium (chaux) se produisent dans le sol, ce qui entraîne une diminution de la perméabilité du sol à l'eau et de la rétention d'humidité, transformant le sol en une masse sèche et solide. L'accumulation de sels dissous, en particulier d'ions sodium, empêche la plante d'absorber suffisamment d'humidité du sol, même lorsque l'eau est disponible en grande quantité. L'accumulation excessive de sodium provoque la dispersion des particules d'argile et la flottaison de la matière organique (humus) à la surface du sol, ce qui entraîne l'obstruction des pores et une altération de la circulation de l'eau et de l'air dans le sol, en particulier dans les sols à grains fins, les rendant impropres à la germination.

Synthèse bibliographique

L'irrigation répétée avec de grandes quantités d'eau de mauvaise qualité conduit à la formation de couches solides et imperméables qui empêchent l'eau de s'infiltrer dans les couches plus profondes. Cela favorise le dépôt de particules fines et augmente l'épaisseur des couches imperméables, aggravant le problème de mauvaise aération et de mauvaise répartition de l'eau dans le sol. L'accumulation de métaux lourds tels que l'arsenic, le plomb et le mercure est l'un des effets indirects les plus dangereux. Ces éléments toxiques stimulent la production de composés secondaires nocifs au sein de la plante, qui entravent la division cellulaire et la croissance des racines, provoquant des déformations des racines, entraînant une mauvaise croissance, de petites feuilles et une production réduite.

3.2 Les effets négatifs potentiels d'utilisation de l'eau non conforme dans l'irrigation :

A Sur la croissance de la plante :

Une mauvaise qualité de l'eau d'irrigation affecte directement la croissance des plantes par l'accumulation de polluants chimiques tels que les sels, les métaux lourds, les nitrates, les phosphates et le chlore, ce qui entrave l'absorption des nutriments nécessaires à la croissance des racines, des tiges et des feuilles. Une salinité élevée dans l'eau d'irrigation réduit la capacité de la plante à absorber les nutriments du sol et, dans les cas graves, peut provoquer une érosion des racines, affaiblissant sa structure et limitant son développement. L'augmentation de la concentration en sel dans le sol augmente également la pression osmotique de l'eau du sol, empêchant les racines d'absorber suffisamment d'eau et conduisant à ce que l'on appelle la sécheresse physiologique, où les plantes se fanent malgré la disponibilité de l'humidité. **(Harivandi, 1999).**

Comme le souligne **Harivandi (1999)**. « L'excès de sels dans le sol augmente la pression osmotique de l'eau et empêche les racines d'absorber l'eau, provoquant une sécheresse physiologique. Même avec un sol très humide, les plantes flétrissent car les racines n'absorbent pas suffisamment l'eau perdue par évaporation et transpiration. » D'autre part, la présence de certains métaux lourds en concentrations élevées dans l'eau d'irrigation, tels que le plomb, le cadmium, l'argent, le mercure et l'uranium, entrave la croissance des plantes en raison de leur nature insoluble. Cela contraste avec certains minéraux essentiels en petites quantités, comme le cuivre, le zinc, le fer, le manganèse et le molybdène, qui contribuent à la croissance lorsqu'ils sont présents dans des proportions équilibrées.

Synthèse bibliographique

“Le cadmium est un élément lourd largement répandu. Il est hautement toxique dans les écosystèmes et se classe au rang des troisième en termes de danger après le mercure et le plomb aucun bénéfice spécifique du cadmium n'a encore été prouvé la vie des plantes supérieures, alors que les fonctions végétales commencent imprudemment lorsque sa concentration dépasse 3 mg/kg de matière sèche. Cet article est fortement enclin à le lien avec le soufre g réside ici dans son danger de destruction les protéines cellulaires, ainsi que leur grande capacité à se combinant avec des composés oxygénés et azotés, provoquant cela provoque une perturbation de l'équilibre oxydatif au sein des cellules.Ce minéral entre en compétition avec le calcium.Le rôle de la cellule dans le transport des enzymes cellulaires voie des kinases, donc cela provoque des perturbations dans la transmission des instructions temporelles. Pour les vecteurs cadmium, aucun porteur n'a encore été identifié.Il est spécialisé pour le cadmium à l'intérieur de l'usine, mais il est certains chercheurs affirment que tous les porteurs de fer sont du Fe.Le zinc (Zn) transporte le cadmium, mais dans une moindre mesure. moins, car il a été prouvé que le transporteur zNT1 est spécialisé dans le transportLe Zn transporte le cadmium mais avec moins d'efficacité. Ceci explique la faible croissance des racines due à l'influence de cadmium lorsqu'il est exposé à des concentrations élevées le cadmium détruira les hypothèques des plantes. des tâches telles que les auxines et les ghrélines (Gibbérellines) et d'autres qui jouent un rôle dans le transport la régénération cellulaire, cependant, le cadmium stimule l'accumulation de ABA et éthylène téréphtalate (E) dans racines des plantes causant des dommages à la croissance des parties verdissent des plantes car l'éthylène empêche l'expansion l'ABA amène les cellules situées entre elles à imprimer la croissance des plantes contre stress hydrique causé par une mauvaise absorption des racines.”(Eidane, 2022).

L'absorption de grandes quantités de polluants par une eau d'irrigation de mauvaise qualité contribue à la croissance de microbes nocifs dans les tissus végétaux, entraînant une phytotoxicité. L'uranium est un exemple frappant de métal lourd qui devient toxique lorsque ses concentrations dépassent les limites acceptables. Bien que les plantes aient besoin de très petites quantités d'uranium et d'autres ions tels que le chlorure et le sodium pour leur croissance, leur présence à des concentrations supérieures à 1 partie par million peut entraîner des accumulations toxiques chez les plantes sensibles. Les symptômes de toxicité à l'uranium chez les plantes herbacées se manifestent par un jaunissement des marges, des extrémités et parfois des nervures des feuilles, suivi d'une chute prématurée des feuilles. Chez les arbres, la toxicité commence par le jaunissement des feuilles, puis leur brunissement puis leur noircissement, entraînant la mort des pétioles et des petites branches. Dans les cas avancés,

Synthèse bibliographique

l'accumulation excessive d'uranium provoque la fissuration de l'écorce et la formation de tissus liégeux anormaux, ce qui peut entraîner la mort de la plante entière. La toxicité de l'aleurone est également un effet potentiel de l'utilisation d'une eau d'irrigation inadaptée. Elle se produit lorsque la concentration de cet élément dans l'eau dépasse environ 0,5 à 1 partie par million, provoquant des déséquilibres physiologiques qui affectent la croissance normale des plantes. (Naji, 2024).

B Sur la santé de la plante :

L'eau d'irrigation transporte les bactéries qu'elle contient et les transfère d'une plante à une autre :

- **Transfert des agents pathogènes directement à la plante :**

L'eau d'irrigation polluée ou non conforme aux normes internationales d'irrigation contient des concentrations très élevées ou faibles d'ions toxiques et d'autres polluants qui nuisent à la santé des plantes. Lorsque la plante est irriguée, l'eau d'irrigation transporte ces bactéries et les transfère d'une plante à l'autre, infectant les feuilles, les tiges et les racines, provoquant des maladies.

- **Améliorer les conditions propices à la croissance fongique :**

L'augmentation de l'humidité autour des plantes est le résultat de problèmes de perméabilité du sol et de capacité d'absorption des racines et de la propagation de bactéries anaérobies pathogènes telles qu'Erwinia.

Les problèmes de perméabilité du sol entraînent une suffocation des racines, ce qui entraîne un manque d'oxygène, les rendant plus sensibles aux maladies fongiques telles que la pourriture des racines, ce qui crée un environnement propice à la croissance de champignons tels que la fusariose et le mildiou. (Hiragate, s.d.).

Exemples de maladies fongiques et bactériennes résultant d'une eau d'irrigation contaminée :

- Maladies fongiques : fusariose, pourriture des racines, mildiou, Pythium.
- Maladies bactériennes : chancre bactérien, pourriture molle, tache bactérienne des feuilles.
- **Multiplier la résistance naturelle de la plante :**

Synthèse bibliographique

La présence de fortes concentrations de salinité et de métaux lourds, en plus d'autres polluants dans l'eau d'irrigation, peut affaiblir le système immunitaire de la plante, la rendant plus vulnérable aux infections bactériennes et fongiques.

- **Sur la résilience de la plante :**

La résilience des plantes est considérablement affectée lorsque l'on utilise une eau d'irrigation de mauvaise qualité, car l'augmentation des concentrations de sel, en particulier de sodium, entraîne ce que l'on appelle le stress salin. Ce type de stress augmente la pression osmotique dans les cellules végétales, entraînant l'accumulation de sodium à des niveaux toxiques. Cela perturbe l'équilibre ionique et affecte négativement les fonctions physiologiques de la plante, affaiblissant sa capacité à s'adapter à des conditions environnementales difficiles. Divers polluants contribuent également à stimuler la production de radicaux libres au sein des cellules, causant des dommages aux composants cellulaires sensibles tels que les acides nucléiques, les protéines et les lipides, et entraînant une diminution de l'efficacité de la plante à répondre aux stress environnementaux. (LUU, 2020).

D'autre part, la détérioration de la perméabilité du sol résultant d'une mauvaise qualité de l'eau contribue à réduire la disponibilité de l'eau pour les plantes, créant un stress hydrique qui affecte directement l'efficacité de la photosynthèse. Cela est dû à la faiblesse des systèmes enzymatiques au sein des plastes, responsables de la réalisation des étapes de la photosynthèse, ce qui réduit la capacité de la plante à s'adapter aux changements environnementaux continus et lui fait perdre sa flexibilité naturelle. (Agronomie, 2023).

3.3 Importance de maintenir une qualité d'eau adéquate pour assurer la durabilité et la beauté des espaces verts :

L'eau est l'une des ressources les plus importantes pour la croissance des plantes, car elle est le composant de base des tissus végétaux et par lequel les nutriments sont transférés dans le sol et la plante. La qualité de l'eau d'irrigation est donc un élément important à prendre en considération pour garantir la beauté et la durabilité des espaces verts. Les effets de la qualité de l'eau sur la beauté et la durabilité des espaces verts résident dans :

Évitez le jaunissement, la déformation ou la mort des plantes en raison d'un arrosage avec une eau d'irrigation inadaptée.

Synthèse bibliographique

Améliore la qualité de l'air et réduit les températures ambiantes, car l'eau propre favorise une croissance saine des plantes, les rendant plus tolérantes aux conditions environnementales telles que la sécheresse et les températures élevées. **(Pauline Huvet, 2024).**

Prolonger la durée de vie des plantes en utilisant une eau conforme aux normes et exempte de polluants, ce qui protège la plante de l'exposition aux maladies et aux ravageurs et augmente sa capacité à y résister. **(FAO, 1976).**

Le rôle de la qualité de l'eau dans la cohésion des sols et des plantes fait que les espaces verts agissent comme des barrières naturelles contre l'ensablement et la désertification. **(FAO, 1976).**

Améliorer la biodiversité en permettant aux plantes saines de fournir un habitat et un environnement propices aux insectes et aux oiseaux bénéfiques, ce qui contribue à maintenir la durabilité des plantes et des animaux locaux. **(Le guide de la permaculture, s.d.)**

La croissance harmonieuse des arbres et des herbes rehausse la beauté des jardins et des parcs, créant un bel espace extérieur qui se fond dans l'environnement et est conforme aux principes de durabilité. **(Amin, 2024)**

Enfin, on peut dire qu'une gestion efficace des ressources en eau est essentielle pour préserver la beauté et la durabilité des espaces verts, en particulier à la lumière des défis environnementaux actuels tels que le changement climatique et la pénurie d'eau douce. Par conséquent, maintenir la qualité de l'eau d'irrigation n'est pas seulement une nécessité environnementale ; c'est un investissement dans l'avenir des espaces verts, garantissant un environnement sain et sa survie pour les générations futures.

MATERIEL ET METHODES

1 Description de la wilaya d'Ain Témouchent

1.1 Situation géographique de la wilaya d'Ain Témouchent

Née du dernier découpage administratif en 1985, la wilaya de Ain Témouchent, limitée au nord-est par la wilaya d'Oran, au nord-ouest par la mer méditerranée, au sud-est par la wilaya de Sidi Bel Abbés et au sud-ouest par celle de Tlemcen, elle occupe une superficie d'environ 2 377 km², caractérisée par une destination paysanne d'une superficie totale de 504584 hectares, est une région à vocation essentiellement agricole avec une superficie agricole totale de 203 264 Ha, dont 180 994 Ha sont des terres cultivables (près de 90% de la superficie totale)(DSA, 2020).

- **Limites géographiques de la wilaya d'Ain Temouchent:**
 - Au nord, par la mer Méditerrané et la wilaya d'Oran.
 - Au sud, par les wilayas de Tlemcen et Sidi Bel Abbes.
 - A l'ouest, par la mer Méditerranée et la wilaya de Tlemcen.
 - A l'est, par les wilayas d'Oran et Sidi Bel Abbes

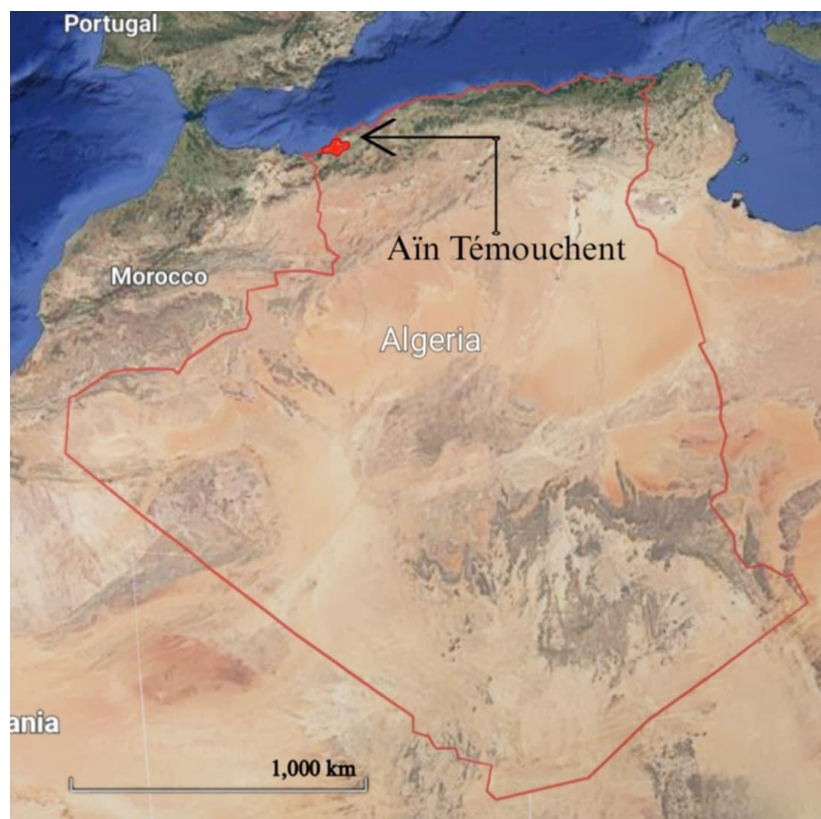


Figure 1 Carte de l'Algérie mettant en évidence Ain Témouchent

MATEREL ET METHODES



Figure 2 carte administrative de la province d'Ain Témouchent (DSA, 2021)

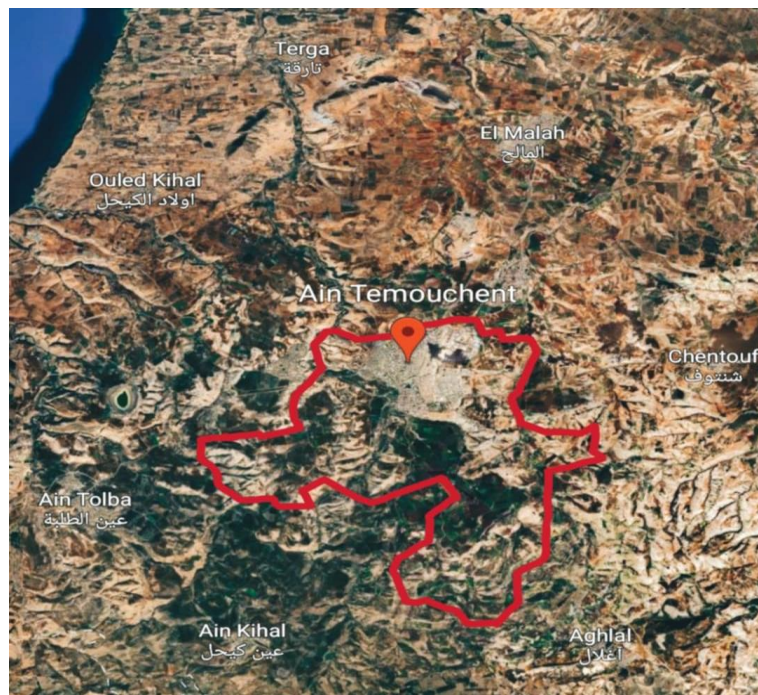


Figure 3 image satellitaire de la wilaya d'Ain Témouchent

MATEREL ET METHODES

1.2 Climat

La Wilaya d'Ain Témouchent se caractérise par un climat méditerranéen, un été chaud et un hiver tempéré et une pluviométrie irrégulière qui varie entre 300 et 500 mm/an (**ANIREF, 2020**).

La faiblesse et l'irrégularité des précipitations influent directement sur le milieu physique et l'activité économique basée essentiellement sur l'agriculture (**ANIREF, 2020**).

1.3 végétation

La zone d'étude est principalement agricole, avec de grandes superficies plantées principalement de céréales, en plus de vignes et de divers arbres fruitiers.

La superficie forestière de la wilaya est de 29 592 Ha composée de forêts, de maquis et de broussailles avec un taux de couverture forestière de l'ordre de 12% (**Ministère de l'intérieur, 2025**)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
4	180,184	180,994	180,994	180,994	180,994	180,994	180,994
4	203,584	251,467	250,505	251,341	251,467	251,467	251,467
5	111,689	114,760	116,600	115,500	116,700	115,850	113,200
2	37,158	109,303	113,921	81,280	97,223	103,427	105,994
	8,212	9,173	9,183	10,638	11,951	12,010	9,600
	11,067	11,118	11,205	11,444	11,578	9,000	9,712
	11,557	12,625	11,892	11,847	12,700	12,672	13,196

Tableau 15 : terre agricoles d'Ain Témouchent (DSA, 2005_2024)

A Les cultures dominantes

Céréales : avec une moyenne de 100 000 Ha

Légumes secs : avec une moyenne de 10 000 Ha

L'Arboriculture : avec une moyenne de 20 000 Ha

Maraichage : avec une moyenne de 10 000 Ha (DSA, 2025)

B Répartition géographique :

Les zones littorales et les plaines côtières : Elles sont particulièrement adaptées à la culture des agrumes, de l'olivier et des légumes.

Les zones montagneuses : Elles sont idéales pour l'oléiculture et la culture de la vigne, ainsi que pour l'élevage.

Les zones irriguées : dans les vallées et les zones proches des rivières, les cultures de céréales et de légumes sont très développées grâce à l'irrigation(DSA, 2025).

1.4. Les sources d'eau disponibles pour l'irrigation des espaces verts

La disposition d'un réseau hydrographique est liée en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région au cours des temps géologiques. La disposition du relief et l'abondance des roches imperméables ont combiné leurs effets et ont permis la naissance d'un réseau hydrographique très ramifié (Bouchenafa, 1995)

Le secteur agricole dans cette région demande une quantité d'eau de l'ordre 491h m³/an, les ressources en eau superficielles et souterraines est de l'ordre 517h m³/an, puisque le prélèvement d'aquifère consiste par exploitation des eaux souterraines atteint de 312 h m³ /an da prélèvement total. Alors en l'horizon de 2020 et par considéré les statistiques, la région pourrait atteindre de 1603h m³/an de la demande en eau total sachant le déficit hydrique qui témoins cette région (MRE, 2008).

1.5 Les caractéristiques géologiques :

Sur le plan géologique, la région d'Ain Témouchent est située dans la zone externe de la chaîne alpine. Les grands traits géologiques sont marqués par des terrains autochtones d'une part et des terrains allochtones d'autre part, les formations (vers le littoral) sont très variées et complexes. On ne retrouve les terrains quaternaires anciens qu'au niveau de la wilaya d'Ain temouchent caractérisés par des grès marins anciens du Calabrien dans la partie est. Dans la région de Béni Saf, les déformations anciennes et actuelles et les activités volcaniques ont préservé une grande mosaïque de formations des plus anciennes vers les plus récentes. Les formations du Jurassique et du Miocène constituent les principaux dépôts à l'ouest de Béni

Safroches volcaniques constituent les formations dures caractérisant les grandes falaises surplombant directement la mer. L'orographie du bassin de la Tafna est marquée par un relief ancien (chaîne du Skhouna), par des vallées et plateaux formés principalement de sédiments du Miocène et par le massif volcanique qui couvre une grande superficie. (Anonyme, 2010).

A Le relief :

Le relief de la wilaya d'Aïn Témouchent se compose de trois unités morphologiques principales, selon le Plan d'Aménagement de la Wilaya.

- **Les plaines intérieures :**

Les plaines d'Aïn Témouchent-El Amria et les plaines de Matlaa, abritent environ 51% de la population. Ces zones sont constituées de plaines et de collines fertiles, s'étendant entre la Sebkhia d'Oran et les pentes nord des monts Tessala.

- **La bande côtière :**

Qui fait partie de la chaîne de montagnes Tell, est habitée par 24 % de la population. Il comprend le bloc côtier de Beni Saf, le plateau d'Ouled Boujemaa et le golfe de Bouzeggar.

- **La région montagneuse :**

La région montagneuse abrite 25% de la population, est constituée du terrain accidenté des Traras orientaux, des hautes collines de Berkash et des monts Tessala, qui atteignent une hauteur de 923 mètres à Jebel Bouhanche.

1.6 Les caractéristiques hydrologiques :

A I.6.1. Les ressources en eau superficielles :

- **Barrages :**

Les ressources en eau sont transférées de la province de Tlemcen, Tafna en raison de la situation stratégique de la province d'Aïn Témouchent :

Béni-Behdal : Ce barrage est situé à 28km à vol d'oiseau au sud-ouest de Tlemcen et, à 110km au sud-ouest de la wilaya d'Aïn Témouchent sur l'oued Tafna, il a été mis en service en 1947, Ce barrage a une capacité de 65 millions de m. Ces eaux d'une salinité comprise entre 0.35 et 0.65g/l, sont destinées actuellement à l'alimentation de la ville d'Oran une partie alimente la wilaya d'Aïn Témouchent, qui donne un volume actuel de 21 049 m³/J (D.R.E Aïn Témouchent, 2013).

Basse Tafna (Dzioua) : Elle est située au nord-ouest de l'Algérie, s'étendant sur 150 km dans la wilaya de Tlemcen.

- **Les oueds :**

MATEREL ET METHODES

Des précipitations irrégulières (entre 300 et 500 m/an) et des températures anormales pour la saison provoquent un climat semi-aride, qui assèche la plupart des vallées.

La répartition des oueds et leurs capacités sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

Dénomination	Localité	Capacité m3
Oued sidiameur	Ouled elkihal	1.430.000
Oued kola	Hassana	520.000
Oued michemiche	Aghlal	300.000
Oued mekhaissia	Sidi ben adda	300.000
Oued Ainguemal	Aghlal	240.000
Oued bouguedra	El malah	404.000
Oued sekkane	Ain tolba	547.000
Oued bendjelloul	Souk el tenine	962.000
Oued ouledazzouz	Sidi ouriache	110.000
Oued sidihadouche	Ain kihal	2.960.000

Tableau 16 répartition des oueds dans la wilaya d'Ain Témouchent

Source : (D.R.E Ain Témouchent , 2015).

En plus de :

Oued Chaabat : Plusieurs autres Chaabat traversent la commune avant d'aller rejoindre l'Oued Sennane accentuant ainsi la topographie très accidentée de la commune. (**Evhydal, 2012**).

Wadi Senan : Il entoure Ain Temouchent par l'ouest. Le Wadi Senan prend sa source dans les montagnes de Tessala au sud et se dirige vers le nord le long de la route nationale n° 2 en direction du sud-est. La vallée passe à proximité des abords d'Ain Témouchent. Après l'avoir dépassé, elle change de direction vers l'ouest en direction de la zone de Sidi Benada, puis tourne vers le nord où elle rencontre la vallée du Mellah. Il continue son cours jusqu'à ce qu'il se jette dans la mer au bord de Tirga.

B Ressources en eau souterraines

- **Les puits et forages**

Les eaux souterraines de la région d'Ain Témouchent constituent une excellente source d'eau pour les habitants de la région, tant pour boire que pour irriguer les espaces verts. Le forage de puits est essentiel pour répondre à tous les besoins en eau agricole et potable. La région d'Ain Témouchent bénéficie quotidiennement de 5 000 mètres cubes d'eau souterraine.

- **Station d'épuration et traitement**

MATEREL ET METHODES

La province d'Ain Témouchent dispose de 9 stations d'épuration avec une production estimée à 21 632 m³.

ville	V	Estimation 2002		Estimation 2010		Estimation 2020	
		Popu lation	Vo lume recyclé (Mm ³ /an)	Popu lation	Vo lume recyclé (Mm ³ /an)	Popu lation	Vo lume recyclé (Mm ³ /an)
.T	A	58 294	2	64 949	2.8	70 433	3

Tableau 17 évaluation des eaux recyclées (DRE)

1.7 .Population:

La wilaya d'Ain Témouchent compte à fin 2019 une population de 432.353 habitants avec une densité de 182 hab/Km².

Une concentration de la population est enregistrée au niveau d'Ain Témouchent et Béni-Saf avec respectivement 1.076 Hab/Km² et 803 Hab/Km² et à un degré moindre au niveau des communes situées sur l'important axe routier ORAN -TLEMCEM à savoir EL MALAH (308) - EL AMRIA (280) - HASSI EL GHELLA (230) - AIN TOLBA (226) . Cette répartition fait ressortir un fort taux de concentration de la population au niveau des A.C.L (81%). Par contre, en zone éparsée de la Wilaya est estimée à 11 % du total. La répartition par sexe selon l'estimation arrêtée au 31/12/2019 a donné 50,53 % du sexe masculin et 49,47 % du sexe féminin, soit une légère domination du sexe masculin. L'extrême jeunesse de la population de la Wilaya avec 34% ayant moins de 20 ans et 54% ayant moins de 35 ans (population juvénile)(interieur.gov.dz)

Wilaya d'Ain Témouchent	Masculin	Féminin	Total
	227 188	222 379	449 567

MATEREL ET METHODES

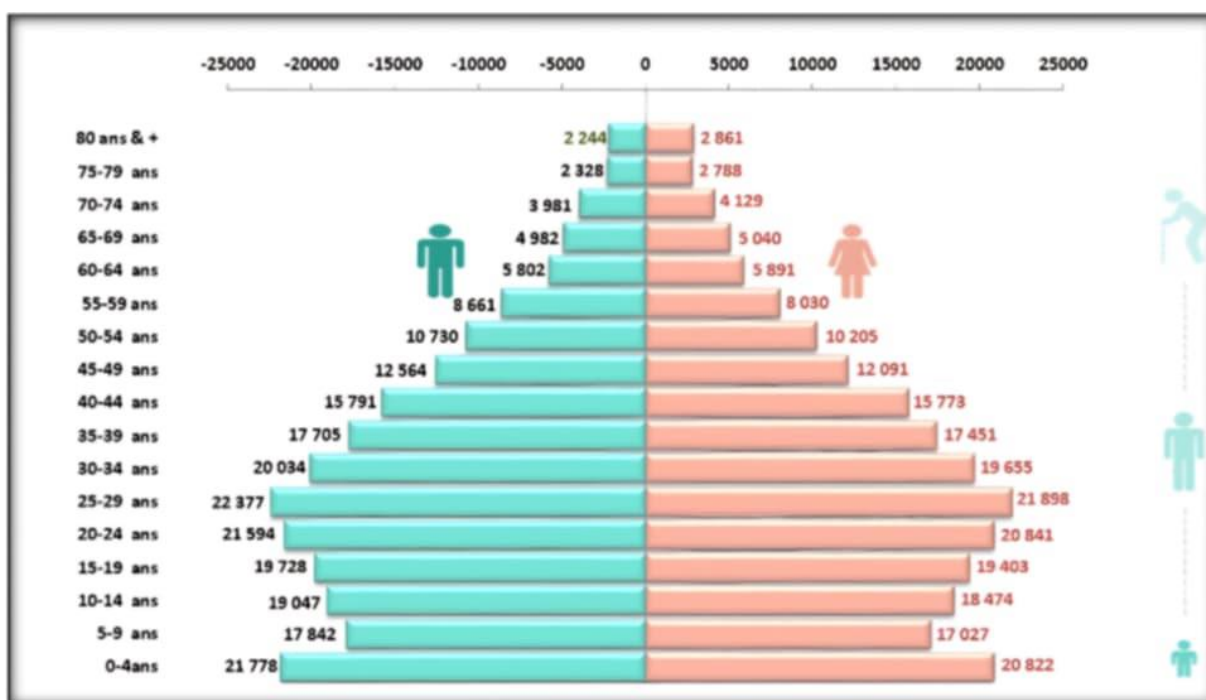


Figure 4pyramide des âges de la wilaya d'Ain Témouchent année 2022

Population	449 567
Nombre Total de femmes en âge de procréer	127 112
Naissance Vivantes	7 459
Décès tout âge	2 842
Décès moins d'un lan	125
Taux de Fécondité Générale	60
Taux de Natalité	16,7
Taux de Mortalité Infantile	16,8
Taux d'accroissement Naturel	10,3
Taux de Mortalité	6,4

Tableau 18 observation régionale de la santé d'Oran (ORS Oran), bilan années ORS Oran 2022, INSP, 2022

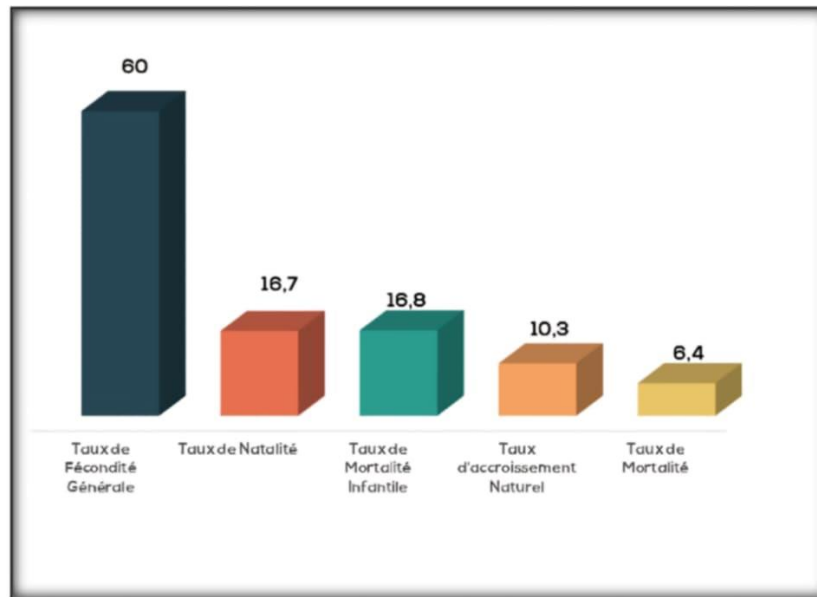


Figure 5 Indicateur démographique de wilaya d'Ain Témouchent année 2022

1.8 Situation bioclimatique :

A Les précipitations d'Ain Témouchent :

Le facteur hydrique global que constituent les précipitations est le principal responsable des conditions de vie et donc de la répartition des grandes séries de végétations. Les précipitations et les températures, facteurs climatiques majeurs, restent les seuls paramètres qui bénéficient d'une mesure quasi-régulière depuis le début de siècle. (BOUAZZA, 2021).

Ain Témouchent se caractérise par des étés chauds et des hivers doux, ce qui crée un climat sec qui entraîne des précipitations irrégulières. Par conséquent, cette région connaît de grandes fluctuations saisonnières des taux de précipitations. La répartition moyenne des précipitations est la suivante :

- Le long de la côte : 300 mm/an.
- Plaines subtidales : 400 à 500 mm/an.
- Altitudes de Tsala : plus de 500 mm/an.

MATEREL ET METHODES

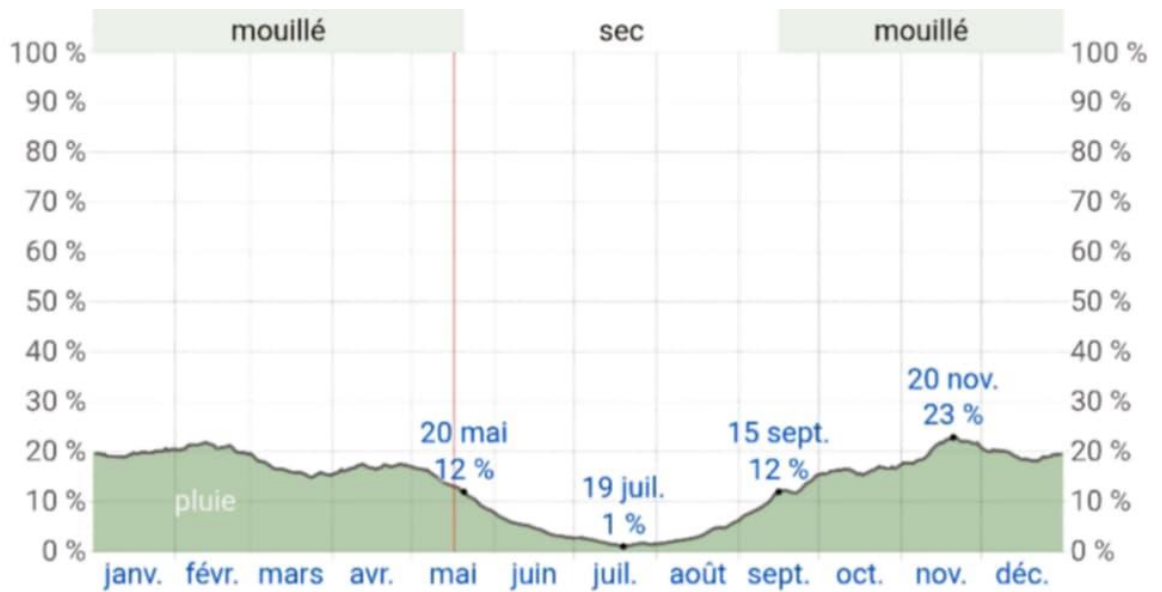


Figure 6 : Probabilité de précipitation quotidienne à Ain Témouchent 2024

B Température d'Ain Témouchent :

La saison chaude à Ain Témouchent s'étend de fin juin à mi-septembre, avec des températures maximales dépassant les 28°C. Août est le mois le plus chaud, avec une moyenne de 30°C le jour et 20°C la nuit.

La saison froide dure de fin novembre à fin mars, avec des températures maximales descendant en dessous de 18°C. Janvier est le mois le plus froid, avec une moyenne comprise entre 6°C et 15°C.

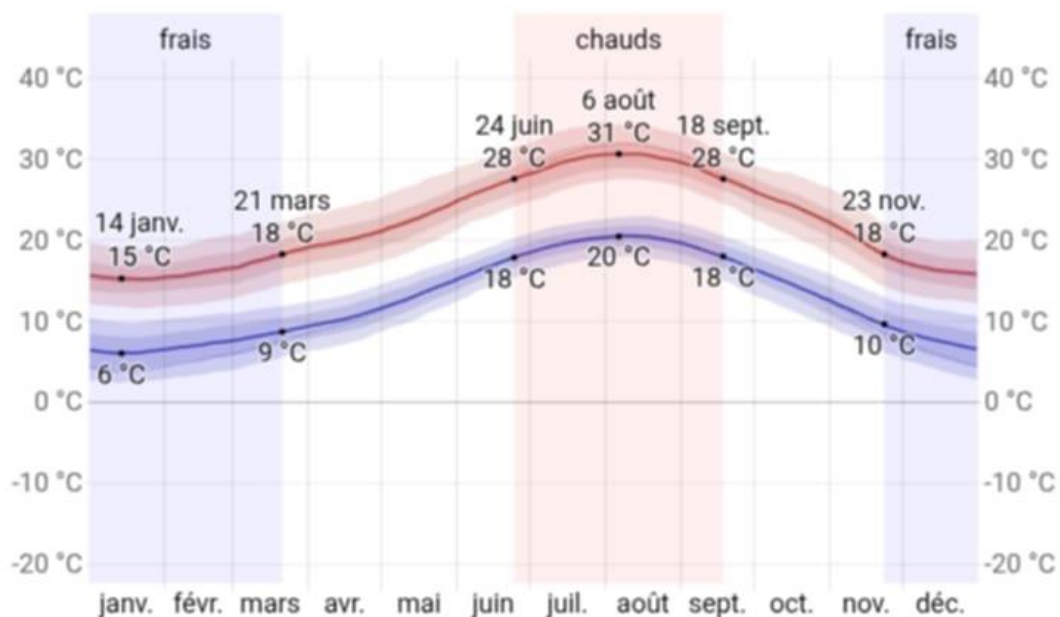


Figure 7 Température moyenne à Ain Témouchent

C Le vent :

La vitesse du vent à Ain Temouchent varie considérablement tout au long de l'année. La période les plus venteux durs environ 6,5 mois, de début novembre à mi-mai, avec des vitesses de vent moyennes dépassant 15,1 km/h. Février est le mois le plus venteux, avec une moyenne de 17,2 km/h. La période la plus calme s'étend de la mi-mai au début novembre, août étant le mois le plus calme avec une moyenne de 12,9 km/h.

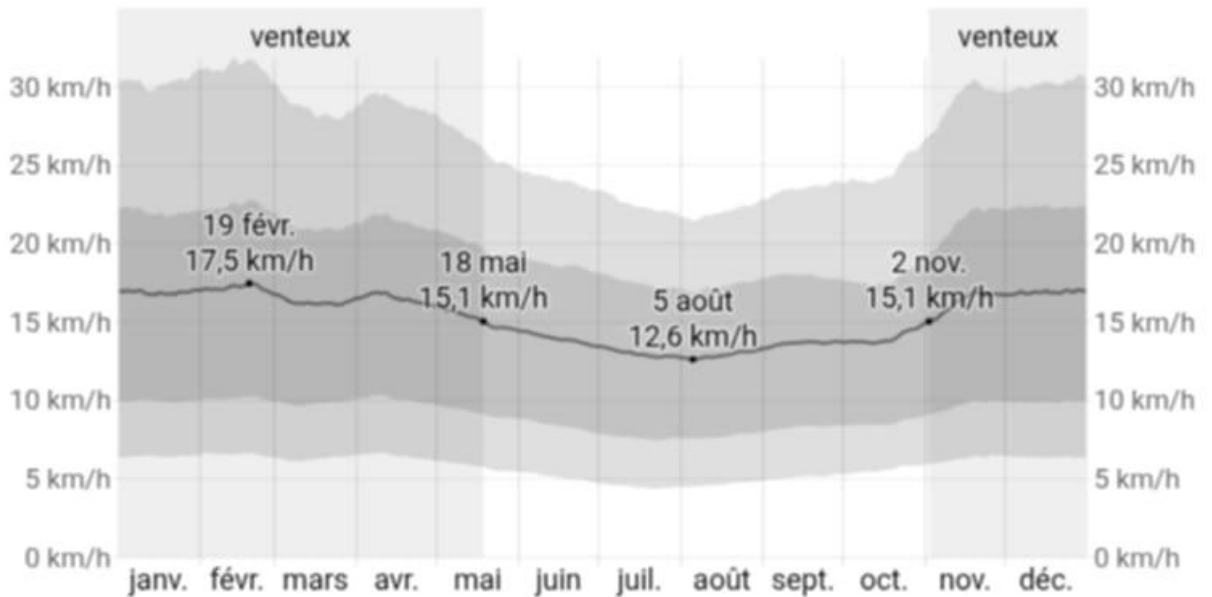


Figure 8 Vitesse moyenne du vent à Ain Témouchent 2024

2 Description de la zone d'étude

Le parc a ouvert le 08/12/2022 avec une superficie estimée à 17 690 M² le Parc comprend un théâtre en plein air, deux fontaines, des espaces verts avec de l'herbe naturelle, en plus des arbres de plus de 100 ans, en plus des kiosques commerciaux, le processus d'appel d'offres était tel que nous avons écrit à la Direction des biens de l'État pour réévaluer le prix d'ouverture afin de relancer le processus d'appel d'offres via les portefeuilles de vente (APC, 2022).

Le parc public est considéré comme l'un des plus grands espaces récréatifs d'Ain Témouchent en raison de son emplacement stratégique au centre-ville. Il a été créé en 1951 et est en activité depuis lors.



Figure 9 Entrée du parc Lalla Khadidja

2.1 La localisation de la zone d'étude :

Le parc public est situé au centre d'Ain Témouchent, à côté de la mosquée Sayyida Khadija, qui entoure la rue Aissat Idir au nord, et la route n° N108 au sud à côté du siège de la municipalité d'Ain Témouchent, et la rue 1er Mai à l'est en face du stade Lahmar Sghir et à l'ouest la rue Raho Qada et le C.N.E.P.



Figure 10 Image satellitaire du parc public de l'APC de Ain Témouchent (Google earth)

2.2 La végétation existante

Selon l'APC, le caroubier, le darrow, l'olivier et le gazon naturel (dans les espaces verts), en plus des fleurs et des rosiers ornementaux, font partie des espèces végétales les plus populaires cultivées dans les jardins et les espaces verts. Cela est dû à des études et des expériences sur le terrain qui indiquent le choix de ces espèces car elles ne dépendent pas de grandes quantités d'eau

Selon **Mr B. Abdelhakim, Mr T. R. Mohamed, 2023**, Ce jardin est considéré comme l'un des espaces verts les plus importants de la ville d'Ain Témouchent, car il se distingue par sa remarquable diversité végétale, il contient 36 espèces de plantes, réparties entre 25 familles végétales différentes.

Les images suivantes incluent les espèces de plantes les plus importantes trouvées dans le jardin, avec leurs noms scientifiques ;



Figure 11 Ficus retusa (Banian de Malaisie)



Figure 12 cupressaceae (Cyprès méditerranéen, Cyprès commun ou cyprès d'Italie)



Figure 13 :myoporum laetum (Myopre _ Aebuste persistent)

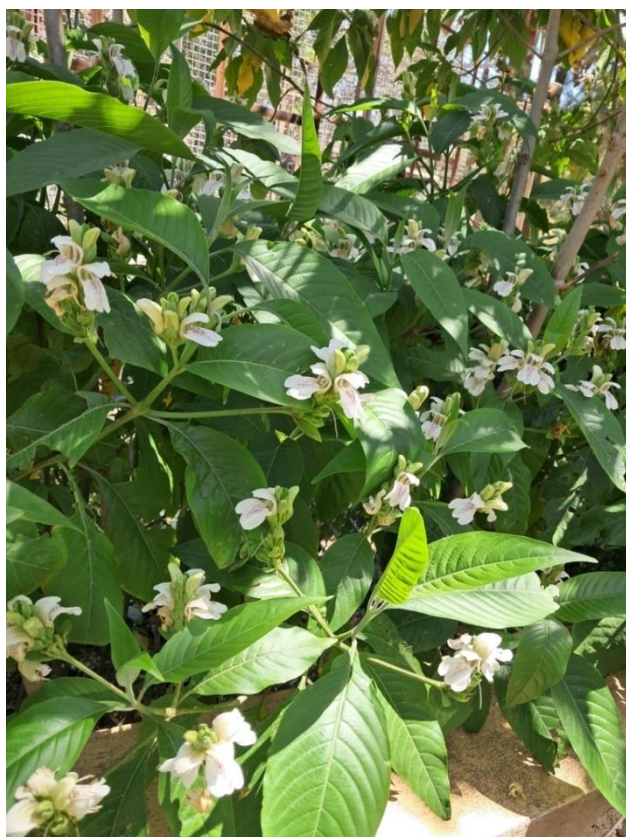


Figure 14 justicia adhotoda (Noix de Mlabar)



Figure 15: Bougainvillea glabra (Bougainvillée glabre "Paper flower")



Figure 16 pittos porcaea



Figure 17Acanthus mollis (Acanthe molle)



Figure 18 Phoenix dactylifera (palmier)

3 Collecte des échantillons d'eau :

3.1.Objectif :

Cette étude vise à évaluer la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation en analysant les propriétés physico-chimiques et biologiques (bactériologiques) de l'eau, afin de déterminer sa conformité aux normes nationales et internationales pour l'eau d'irrigation. Pour atteindre cet objectif, des échantillons d'eau ont été prélevés selon des protocoles approuvés et des analyses de laboratoire précises ont été effectuées, permettant de porter un jugement scientifique objectif quant à la pertinence de cette eau pour l'irrigation.

Le parc Lalla Khadija, affilié à la municipalité (APC), a été choisi comme site d'étude, compte tenu de sa dépendance à différentes sources d'eau pour l'irrigation des espaces verts. L'étude comprenait l'analyse de six échantillons d'eau : le premier échantillon a été prélevé dans un puits traditionnel utilisé pour l'irrigation des jardins, tandis que les cinq échantillons ont été prélevés dans le réseau d'eau du robinet, qui est parfois utilisé pour l'irrigation bien qu'il soit destiné à la consommation humaine.

Il convient de noter que la source de l'eau du robinet n'est pas toujours uniforme, car elle varie en fonction des saisons et des conditions climatiques. Durant certaines périodes, le réseau s'appuie sur des sources naturelles comme les eaux de surface, tandis que durant les

périodes de sécheresse ou de faibles précipitations, l'eau naturelle est mélangée à l'eau traitée pour répondre aux besoins.

3.2.Echantillonnage :

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'échantillon d'eau provenant du puits situé au niveau du jardin ont été effectuées au laboratoire d'Oran (Usine d'ARZEW) en date du 8 mai 2025. En ce qui concerne les analyses des eaux de robinet, elles ont été réalisées au laboratoire relevant de l'Algérienne des Eaux (ADE) de la commune de Chaabet El Ham, durant la période allant du 7 janvier au 20 mai 2025, et ont porté sur cinq échantillons distincts.

A Prélèvement :

- **Les sites de prélèvement :**

Le premier échantillon a été prélevé le 13 avril 2025, dans un puits situé au parc Lalla Khadija à Ain Témouchent. Cette ancienne source d'eau remonte à l'époque coloniale et a été réhabilitée en 2021 par la municipalité. Le puits a une profondeur d'environ 15 mètres, un niveau d'eau de 8 mètres et une capacité de pompage de 4 litres par seconde. Selon la municipalité et les employés du parc, l'eau de ce puits est utilisée pour irriguer diverses plantes et est considérée comme adaptée à cet usage.



Figure 19 puits parc public Lalla Khadija de l'APC

Des échantillons d'eau du robinet ont été prélevés dans le réseau d'eau du robinet du parc de janvier à mai 2025. Cette eau est considérée comme propre à la consommation humaine selon les normes sanitaires approuvées et est également utilisée pour irriguer les espaces verts du parc.

- **Les méthodes de prélèvement :**

Les échantillons ont été collectés manuellement dans des bouteilles en plastique propres et hermétiquement fermées d'un litre. Les biberons ont été lavés et nettoyés plusieurs fois à l'eau du robinet et ont également été partiellement stérilisés en les exposant au soleil pendant une période de temps suffisante et en évitant tout contact direct avec l'intérieur des récipients, afin de garantir qu'ils étaient exempts de tout contaminant ou élément susceptible d'affecter les résultats des tests.

Chaque bouteille a été étiquetée de manière claire avec les informations suivantes : le type d'eau (puits ou robinet), le lieu de prélèvement, la date et l'heure du prélèvement, ainsi que le code de l'échantillon.

- 1 prélèvement pour l'eau de puits (1 prélèvement pour les analyses physico-chimiques et l'autre pour les analyses bactériologiques)
- 5 prélèvements pour l'eau de robinet (5 prélèvements pour les analyses physico-chimiques et 5 pour les analyses bactériologiques)

B Transport et stockage des échantillons :

Afin de préserver l'intégrité physico-chimique et microbiologique des échantillons, ceux-ci ont été immédiatement placés dans une glacière isotherme contenant des accumulateurs de froid, maintenant une température comprise entre +4°C et +8°C durant le transport.

Les analyses bactériologiques ont été réalisées dans un délai maximal de 6 heures après le prélèvement, tandis que les analyses physico-chimiques ont été effectuées dans un délai ne dépassant pas 24 heures, conformément aux bonnes pratiques de laboratoire.

4 . Méthode d'analyse des paramètres de qualité de l'eau :

4.1 Analyse bactériologiques :

Les tests bactériologiques visent à garantir que l'eau d'irrigation est exempte de contaminants bactériens pouvant présenter un risque pour l'environnement ou la santé publique, notamment lors de l'utilisation d'eau non traitée ou contaminée.

Toutes les analyses bactériologiques réalisées dans le cadre de cette étude ont été réalisées à l'aide de la technologie de filtration membranaire, qui est l'une des méthodes de référence précises pour la détection de divers types de bactéries dans l'eau, conformément aux normes approuvées pour l'analyse des eaux destinées à l'irrigation des espaces verts.

Une série d'analyses a été menée pour déterminer les propriétés bactériologiques de l'eau, notamment les suivantes :

- Recherche des coliformes totaux.
- Recherche des coliformes fécaux.
- Recherche des streptocoques totaux.
- Recherche des streptocoques fécaux.
- Recherche d'E coli.
- Recherche des ASR : Anaérobies Sulfito-Réducteurs.

A Matériel utilisé pour les analyses bactériologiques (coliformes, streptocoques, E. coli, ASR) :

- **Matériel de filtration sur membrane :**

- Unité de filtration sous vide (porte-filtre en inox ou en verre)
- Pompe à vide
- Membranes filtrantes stériles (\varnothing 47 mm, porosité 0,45 μ m)
- Entonnoir stérile pour filtration
- Pinces stériles pour manipuler les membranes
- Support de filtration (manifold)

- **Matériel de culture:**

- Boîtes de Pétri stériles
- Milieux de culture spécifiques, selon le type de bactérie :
 - TTC (avec gélose lactosée) → Coliformes totaux, coliformes fécaux et Escherichia coli
 - Slanetz & Bartley → Streptocoques totaux et streptocoques fécaux
 - Gélose Viande Foie (VF) → Bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

- **Matériel de manipulation stérile :**

MATEREL ET METHODES

- Gants en nitrile
- Blouse de laboratoire
- Boîte de pétri avec couvercle
- Alcool 70% pour la désinfection
- Lames et pinces stériles
- **Instruments de mesure et incubation :**
- Binder – Incubateur
- Pipettes graduées stériles
- Étuves d'incubation réglées à :

37 °C :

- Coliformes totaux (TTC)
- Streptocoques totaux et streptocoques fécaux (Slanetz & Bartley – première incubation)
- ASR (Viande Foie – première incubation)

44 °C :

- Coliformes fécaux et Escherichia coli (TTC – deuxième incubation)
- Streptocoques fécaux (gélose BEA – deuxième incubation)
- ASR (Viande Foie – deuxième incubation)

B Méthode recherche des coliformes totaux et fécaux :

● **Objectif :**

Détection de bactéries coliformes par filtration membranaire, en comptant les colonies apparaissant sur un milieu solide après incubation.

● **Matériel et équipement :**

- Support de collecteur de filtration
- Membrane filtrante de 0,45 micron de diamètre de pores
- Pompe à vide (unité de filtration submersible)
- bec Bunsen
- Pinces stériles
- Milieu de culture gélosé TTC ou ENDO
- Échantillon d'eau
- eau distillée stérile
- Incubateur à $36 \pm 2^\circ\text{C}$

● **Coliformes totaux :**

● **Mode opératoire :**

La recherche des coliformes totaux a été effectuée par la technique de filtration sur membrane, en utilisant le milieu TTC (Tergitol 7 avec TTC). Un volume de 100 ml d'eau a été filtré à travers une membrane stérile de 0,45 μm . Après filtration, la membrane est déposée aseptiquement sur une boîte de Pétri contenant le milieu TTC. L'incubation est réalisée à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures.

Ce milieu permet la mise en évidence des bactéries lactose-positives par une coloration spécifique des colonies.

MATEREL ET METHODES



Figure 20 Système de filtration sous vide utilisé pour l'analyse microbiologique des eaux (coliformes et streptocoques)

- **Lecture :**

Après incubation, aucune colonie caractéristique des coliformes totaux n'a été observée sur la membrane filtrante. Cela indique une absence de bactéries lactose-positives capables de provoquer la coloration jaune ou jaune orangé typique sur le milieu TTC.

- **Coliformes fécaux :**

- **Mode opératoire :**

La recherche des coliformes fécaux a été réalisée en utilisant la technique de filtration sur membrane sur milieu TTC (Tergitol 7 avec TTC) (Voir Figure 20). Un volume de 100 ml d'eau a été filtré à travers une membrane stérile de 0,45 μm de porosité. La membrane a ensuite été déposée aseptiquement sur une boîte de Pétri contenant le milieu TTC. L'incubation a été effectuée à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures, température sélective pour les bactéries d'origine fécale.

Ce milieu permet la détection des bactéries lactose-positives, en particulier celles qui résistent à cette température élevée, caractéristiques des coliformes fécaux.

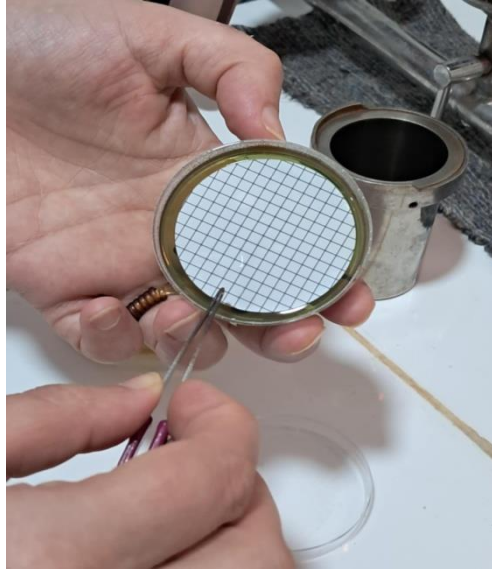


Figure 21 Manipulation du filtre membrane avant l'ensemencement sur le milieu de culture

- **Lecture :**

Après incubation à 44°C, aucune colonie caractéristique des coliformes fécaux n'a été observée sur la membrane filtrante.

Cela indique une absence de bactéries thermo-tolérantes lactose-positives, typiques des coliformes d'origine fécale.

C Méthode recherche des streptocoques totaux et fécaux :

- **Objectif :**

L'objectif de cette analyse est de rechercher et de dénombrer les streptocoques totaux et les streptocoques fécaux (ou entérocoques intestinaux) dans les eaux destinées à l'arrosage, afin d'évaluer leur conformité microbiologique. Ces bactéries indicatrices sont utilisées pour détecter une éventuelle contamination d'origine fécale humaine ou animale.

- **Matériel et équipement :**

- Entonnoir gradué en acier inoxydable
- Filtres membranes stériles (porosité 0,45 µm)
- Pompe à vide
- Pincettes stériles à bouts arrondis
- Milieu de culture Slanetz and Bartley
- Gélose BEA (Bile Esculine Azoture)
- Incubateurs réglés à 36 ± 2 °C et 44 ± 0,5 °C
- Eau distillée stérile
- Bec Bunsen

- ❖ **Streptocoques totaux :**

- **Mode opératoire :**

Un volume de 100 ml d'eau a été filtré à travers une membrane stérile de 0,45 µm (Voir Figure 21). La membrane a ensuite été déposée aseptiquement sur une boîte de Pétri contenant le milieu sélectif Slanetz and Bartley. L'incubation a été effectuée à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 heures.

MATEREL ET METHODES



Figure 22 incubation des boites de pétri cintentant les echantillons d'eau après filtration



Figure 23 etuve de marque BINDER utilisée pour l'incubation des milieux de culture à température contrôlée

Ce milieu permet l'isolement des streptocoques totaux en révélant les colonies caractéristiques par leur couleur rouge à marron.

- **Lecture :**

Après incubation, aucune colonie caractéristique (rouge, marron ou rose) n'a été observée sur le milieu. Le résultat est donc négatif, indiquant l'absence de streptocoques totaux dans l'échantillon, exprimé comme 0 UFC/100 ml.

- ❖ **Streptocoques fécaux :**

MATEREL ET METHODES

- **Mode opératoire :**

La membrane utilisée précédemment a été transférée aseptiquement sur une gélose BEA préchauffée à 44 °C. Cette gélose a été incubée à $44 \pm 0,5$ °C pendant 2 heures. Ce test permet de confirmer l'identité des entérocoques intestinaux par leur capacité à hydrolyser l'esculine, ce qui provoque une coloration noire des colonies. (Voir Figure 22).



Figure 24 boîtes de pétri identifiées contenant les milieux spécifique pour la recherche des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux

- **Lecture :**

Après incubation sur gélose BEA, aucune coloration noire n'a été observée, ce qui indique une absence d'entérocoques intestinaux dans l'échantillon analysé. Le résultat est donc négatif, exprimé comme 0 UFC/100 ml.

D Méthode recherche d'Escherichia coli (E coli) :

- **Objectif :**

Déterminer si les colonies sont des E. coli par leurs caractéristiques biochimiques.

- **Matériel et équipement :**

- membrane préalablement filtrée
- Centre TTC ou ENDO
- Incubateur à 42 ± 2 °C
- Milieu contenant du tryptophane (pour déterminer la production d'indole)
- Réactif de Kovac
- tubes à essai stériles

- **Mode opératoire :**

MATEREL ET METHODES

La détection d'Escherichia coli a été réalisée par la méthode de filtration sur membrane, en utilisant un milieu sélectif TTC (Tergitol 7 avec TTC) (Voir Figure 20). Un volume de 100 ml d'eau a été filtré à travers une membrane stérile de 0,45 µm de porosité (Voir Figure 21). La membrane a ensuite été déposée aseptiquement sur une boîte de Pétri contenant le milieu TTC. L'incubation a été effectuée à $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures, température favorable à la croissance des bactéries thermo-tolérantes. L'identification biochimique d'E. Coli est complétée par un test d'indole, permettant de confirmer la présence de souches capables de dégrader le tryptophane.

- **Lecture :**

Après incubation à 44°C , aucune colonie présentant les caractéristiques d'Escherichia coli n'a été détectée. Les tests à l'oxydase et à l'indole se sont révélés négatifs, indiquant l'absence d'E. Coli dans l'échantillon analysé. Le résultat est donc négatif, exprimé comme 0 UFC/100 ml

E Méthode recherche des ASR (réducteurs de sulfites anaérobies :

- **Objectif :**

Cette méthode vise à rechercher et à dénombrer avec précision les spores de bactéries anaérobies sulfato-réductrices (ASR), en particulier les Clostridium sulfito-réducteurs, dans l'eau destinée à la consommation humaine. La présence de ces spores est considérée comme un indicateur important d'une contamination ancienne, étant donné leur capacité à survivre pendant de longues périodes dans des conditions environnementales difficiles grâce à leur formation de spores.

- **Matériel et équipement :**

- Tube filtrant métallique stérile
- Membrane de filtration stérile à pores de 0,2 micron
- Pompe à vide
- Pinces stériles pour le transfert de membranes
- Eau stérile ou échantillon d'eau
- Boîte de Pétri stérile
- Milieu de culture : Viande Foie (VF)
- Bain-marie pour ajuster la température du milieu à $47 \pm 1^{\circ}\text{C}$
- Dispositif de chauffage pour chauffer l'échantillon à 75°C (en cas d'utilisation d'un milieu VF)
- Bec Bunsen.

- **Mode opératoire :**

Les bactéries anaérobies réductrices de sulfate (ASR) ont été détectées à l'aide d'une technique de filtration sur membrane, où le tube filtrant et la membrane ont été stérilisés avec une flamme de brûleur Bunsen puis refroidis avec de l'eau stérile.

MATEREL ET METHODES



Figure 25 Etape de filtration d'eau à l'aide du système de filtration sur membrane

Une membrane de 0,2 μm de diamètre de pores a été placée dans l'appareil de manière aseptique et 100 ml de l'échantillon ont été filtrés sous vide.

La membrane a été transférée dans une boîte de Pétri, en veillant à ce que son côté en maille adhère au fond sans bulles d'air.



Figure 26 Transfert de la membrane stérile dans une boîte du pétri sous condition aseptiques

Environ 18 ml de milieu Viande Foie décongelé refroidi à $47 \pm 1^\circ\text{C}$ ont été versés dessus.

MATEREL ET METHODES



Figure 27 ajout du milieu viande de foie dans la boîte de pétri contenant la membrane filtrante

Étant donné que le milieu VF ne contient pas d'inhibiteurs pour les espèces non sporulées, l'échantillon a été préchauffé à 75 °C pendant 15 minutes pour éliminer les formes végétatives. Une fois le milieu solidifié, les plateaux ont été incubés à l'envers dans un incubateur à $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 20 ± 4 h puis à 44 ± 4 h pour terminer la croissance.

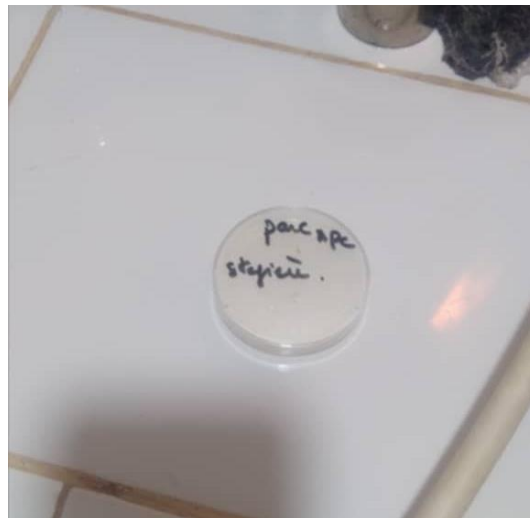


Figure 28 boîte de pétri hermétiquement fermée et étiquetée "ASR" prête pour l'incubation

- **Lecture :**

Après la première (20 ± 4 h) et la deuxième (44 ± 4 h) périodes d'incubation sur milieu Viande Foie, aucune colonie noire caractéristique de bactéries anaérobies sulfato-réductrices

(ASR) n'a été enregistrée. Aucun changement de couleur du milieu ni formation de halos noirs n'a été observé, indiquant l'absence d'activité de réduction du sulfate en sulfure de fer (FeS). Par conséquent, les résultats de la détection des spores ASR dans l'échantillon d'eau étaient négatifs, indiquant l'absence de contamination microbienne ancienne de ce type dans l'eau analysée.

4.2 Analyse physicochimiques :

Les analyses physicochimiques sont des tests de laboratoire utilisés pour déterminer les propriétés physiques (telles que la température, la turbidité, la conductivité) et chimiques (telles que la concentration en ions et en minéraux) de l'eau, et sont essentielles pour évaluer sa qualité.

Les analyses physicochimiques visent à vérifier que l'eau répond aux normes d'irrigation et à détecter les éléments susceptibles de nuire au sol ou aux plantes, notamment la salinité, l'accumulation de sel et les métaux lourds.

A Mesure de pH :

La valeur du pH de l'échantillon d'eau est déterminée à l'aide d'un pH-mètre après l'avoir étalonné avec des solutions tampons (tampons) de pH connu (7,00 et 10,00). L'échantillon est placé dans un bécher propre et l'électrode de l'appareil y est immergée après l'avoir rincée à l'eau distillée. La lecture du pH est enregistrée directement sur l'écran de l'appareil à une température de 25°C, garantissant ainsi que la valeur est stable avant de l'enregistrer.

- **Lecture :**

Echantillon du puits : 7,38

Echantillon du robinet : 8,58 / 8,24 / 8,57 / 8,36 / 8,05

B Mesure de la température :

La température de l'échantillon d'eau a été mesurée à l'aide d'un thermomètre en verre précis. L'échantillon a été placé dans un bécher propre, puis le thermomètre a été immergé dans l'eau sans toucher les parois du bécher. Après avoir attendu quelques minutes que la lecture se stabilise, la température a été enregistrée directement pour éviter les fluctuations de température causées par l'environnement extérieur.

- **Lecture :**

Echantillon du robinet : 14 / 15 / 20,1 / 20,8 / 24,6 °C

C Mesure de la conductivité électrique (EC) :

La conductivité électrique de l'échantillon d'eau a été mesurée à l'aide d'un conductimètre équipé d'une électrode spéciale. Après avoir étalonné l'appareil à l'aide de solutions standards (1000 et 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$), l'échantillon a été placé dans un bécher propre et l'électrode a été immergée dans la solution sans toucher les parois du récipient. L'appareil a été allumé et la valeur de conductivité a été enregistrée à 25 °C, l'appareil corrigeant

MATEREL ET METHODES

automatiquement la température. La valeur de conductivité reflète la concentration d'ions dans l'eau, ce qui permet d'évaluer la qualité de l'eau et le degré de pollution.

- **Lecture :**

Echantillon du puits : 2,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Echantillon du robinet : 1190 / 930 / 1469 / 881 / 1220 $\mu\text{S}/\text{cm}$

D Mesure de la turbidité :

La turbidité de l'échantillon d'eau a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre HACH 2100N. Après avoir étalonné l'instrument avec des solutions standard de formazine (0,1, 20, 200 et 4000 NTU), l'échantillon a été laissé atteindre la température ambiante puis bien mélangé. L'échantillon a été versé dans un tube spécial et inséré dans l'appareil, en évitant toute bulle d'air ou impureté sur les parois. La turbidité est directement enregistrée en NTU et reflète la présence de matières insolubles dans l'eau telles que l'argile, les algues et les particules fines, ce qui aide à évaluer la qualité et la transparence de l'eau.

- **Lecture :**

Echantillon du robinet : 1,43 / 1,86 / 0,57 / 1,08 / 0,75 NTU

E Mesure de calcium :

La teneur en calcium (Ca^{2+}) a été déterminée par titrage complexométrique à l'EDTA, selon une méthode standardisée applicable aux eaux douces dont la concentration en calcium est comprise entre 2 et 100 mg/L. Le principe repose sur la formation d'un complexe stable entre les ions calcium (Ca^{2+}) et l'EDTA en milieu alcalin (pH 12-13), en présence de l'indicateur murexide, qui vire du rose au violet à la fin du titrage. Un volume de 50 mL d'échantillon a été alcalinisé à l'aide de 2 mL de NaOH (2 N), puis titré avec une solution d'EDTA 0,01 M jusqu'au changement de couleur. La concentration en calcium a été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$= \frac{\text{Ca}^{2+} \quad \text{C}_1 + \text{V}_1 + \text{A} + \text{Fc} + 1000 + \text{F}}{\text{V}_0}$$

Où :

- C_1 : concentration, exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0,01
- V_0 : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai, soit 50ml
- V_1 : est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage.

MATEREL ET METHODES

- **A** : est la masse atomique du calcium (40,08 g)
- **Fc** : facteur de correction du titre
- **F** : facteur de dilution.

- 1000 : pour convertir de g/L en mg/L

- **Lecture :**

Echantillon du puits : 134,800 mg/L

F Mesure de magnésium :

La teneur en magnésium(Mg^{2+}) a été déterminée par titrage complexo-métrique à l'EDTA selon la norme ISO 6059. Un volume de 50 ml d'eau à analyser est prélevé, puis tamponné à pH 10 à l'aide d'une solution tampon ammoniacale. Quelques gouttes de l'indicateur noir ériochrome T sont ajoutées, formant un complexe de couleur rose avec les ions magnésium présents en solution. La solution est ensuite titrée avec une solution standardisée d'EDTA à 0,01 mol/l jusqu'au virage de la couleur du rose au bleu, indiquant la complexation complète des ions magnésium. La concentration en magnésium est calculée à partir du volume d'EDTA consommé lors du titrage, en appliquant le facteur de conversion approprié.

La teneur en magnésium est calculée par la formule :

$$[Mg^{2+}] = \frac{V_{EDTA} \times C_{EDTA} \times 24.3}{V_{A\acute{e}chantillon}}$$

Où:

- V_{EDTA} = Volume d'EDTA consommé (en mL)
- C_{EDTA} = Concentration de la solution EDTA (mol/L)
- **24.3** = Masse équivalente de magnésium (g/mol)
- $V_{A\acute{e}chantillon}$ = Volume d'échantillon utilisé (en mL)

Le résultat est en mg/L ou ppm

- **Lecture :**

Echantillon du puits : 64,050 mg/L

G Mesure de chlorure :

La détermination des chlorures(Cl^-) a été réalisée par la méthode de Mohr. Un volume de 25 ml d'eau est titré par une solution de nitrate d'argent (AgNO_3 N/10) en présence de quelques gouttes de chromate de potassium (K_2CrO_4 à 10 %) comme indicateur. Le point final du titrage est marqué par l'apparition d'une coloration rougeâtre persistante. La teneur en chlorures est calculée par la formule :

$$T [\text{Cl}^-] = V(\text{AgNO}_3) \times 142 \text{ (mg/l)}$$

Le résultat est donné directement en mg/L

- **Lecture :**

Echantillon du puits : 261 mg/L

H Mesures des carbonates et bicarbonates:

La teneur en carbonates (CO_3^{2-}) et bicarbonates (HCO_3^-) a été déterminée par titrage acido-basique en deux étapes successives. Un volume précis d'eau à analyser est prélevé, puis titré à l'aide d'un acide fort (HCl 0,1 N), en présence de deux indicateurs successifs.

D'abord, quelques gouttes de phénolphtaléine sont ajoutées : la disparition de la teinte rose marque la neutralisation des carbonates. Ensuite, du méthyle orange est introduit ; le changement de couleur du jaune à l'orange-rouge indique la neutralisation des bicarbonates restants. Les volumes d'acide consommés permettent de calculer les concentrations respectives en CO_3^{2-} et HCO_3^- .

- **Lecture :**

Echantillon du puits :

- Carbonate : 00
- Bicarbonate : 3,60 méq/L

I Salinité totale :

L'analyse de la salinité totale a été réalisée à l'aide d'un conductimètre électrique, car la salinité est directement liée à la conductivité électrique de l'eau. L'appareil est pré-étalonné avec une solution standard pour garantir des résultats précis. L'électrode a été immergée dans les échantillons d'eau à analyser et la lecture a été enregistrée en $\mu\text{S/cm}$ ou dS/m .

MATEREL ET METHODES

Cette valeur reflète la concentration de sels dissous dans l'échantillon et est utilisée pour évaluer l'aptitude de l'eau à l'irrigation selon la classification de la FAO.

- **Lecture :**

Echantillon du puits : 1,6 g/L

J SAR – Sodium Adsorption Ration :

La valeur SAR a été déterminée par analyse chimique des concentrations des principaux cations : Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Un spectromètre d'absorption atomique à flamme a été utilisé pour mesurer la concentration de cations dans chaque échantillon.

Après analyse, la valeur SAR a été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2}}}$$

Cet indicateur donne une idée du risque d'accumulation de sodium dans le sol et de son effet sur la perméabilité à l'eau et à l'air des sols agricoles.

- **Lecture :**

Echantillon du puits : 6,63 mg/L

K Mesure des solides dissous totaux (TDS):

Pour mesurer le TDS, un compteur TDS numérique a été utilisé. Le TDS est mesuré en mg/L (ou ppm) et détermine la quantité de sels et de minéraux dissous dans un échantillon d'eau. L'appareil a été nettoyé et calibré avec une solution de référence avant utilisation. La sonde a ensuite été immergée dans l'échantillon pendant quelques secondes et la lecture a été enregistrée immédiatement.

Cet indice reflète la salinité de l'eau et permet d'évaluer son effet sur les plantes, notamment les plantes sensibles au sel.

- **Lecture :**

Echantillon du robinet : 666,4 / 520,8 / 822,6 / 493,36 / 683,2 mg/L

L Minéralisation :

Analyse de minéralisation Le concept de minéralisation fait référence à la teneur totale en sels minéraux de l'eau. Elle est évaluée indirectement en combinant les résultats du TDS et

MATEREL ET METHODES

de l'EC, avec des ions métalliques déterminés par chromatographie ionique ou spectrophotomètre lorsqu'ils sont disponibles.

Cette analyse permet de comprendre comment la qualité de l'eau est affectée par la présence de minéraux tels que le sodium, le calcium, le magnésium, les sulfates et le chlore, qui peuvent entraîner une salinisation des sols à long terme.

- **Lecture :**

Echantillon du robinet : 1011,5 / 697,5 / 1248,6 / 660,75 / 1037 mg/L

M .Mesure des ions ammonium :

Nous avons analysé l'ion ammonium (NH_4^+) dans l'eau en utilisant la méthode colorimétrique. Nous avons prélevé 40 ml de l'échantillon, ajouté 4 ml du premier réactif et 4 ml du deuxième réactif, puis complété le volume à 50 ml avec de l'eau distillée. Après une heure et demie d'attente, un colorant bleu-vert est apparu, indiquant la présence d'ions ammonium. L'intensité de la couleur a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 655 nm, ce qui a permis de déterminer la concentration dans l'échantillon.

- **Lecture :**

Echantillon du robinet : 0,03 / 00 / 00 / 00 / 00 mg/L

N .Mesure des ions potassium :

Pour détecter l'ion potassium (K^+), nous avons prélevé 1 ml de l'échantillon et l'avons ajouté à 5 ml d'un réactif spécifique au potassium. Le mélange a été placé dans une cellule en verre et bien agité, puis nous avons attendu 5 minutes. Le résultat a ensuite été lu à l'aide d'un spectrophotomètre, où le changement de couleur reflète la concentration dans l'échantillon.

- **Lecture :**

Echantillon du puits : 19,94 mg/L

O .Mesure des ions nitrites :

L'ion nitrite (NO_2^-) a été détecté à l'aide d'une méthode colorimétrique. Nous avons pris 10 ml de l'échantillon et y avons ajouté un indicateur de nitrite, qui réagit avec lui pour former une couleur rose. Après quelques minutes d'attente, une couleur rose est apparue indiquant la présence de nitrite dans l'échantillon. L'intensité de la couleur a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 543 nm, où l'intensité d'absorption permet de déterminer avec précision la concentration.

- **Lecture :**

MATEREL ET METHODES

Echantillon du robinet : 0,1 / 00 / 00 / 00 / 00 mg/L

P .Mesure des ions sodium :

La concentration en ions sodium (Na⁺) a été mesurée à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique à flamme. Nous avons préparé l'échantillon, l'avons dilué selon les besoins, puis l'avons introduit dans l'appareil où le sodium émet un rayonnement lumineux caractéristique dont l'intensité est mesurée. Le résultat a été comparé à une courbe de pré-étalonnage pour déterminer la concentration réelle d'un ion dans l'échantillon, en mg/L.

- **Lecture :**

Echantillon du puits : 374,7 mg/L

Q .Mesure le chlore résiduel:

Pour détecter le chlore résiduel, nous avons utilisé la méthode DPD bien connue. Des comprimés ou une solution de DPD sont ajoutés à 10 ml d'échantillon, où le chlore réagit avec le réactif pour former une couleur rose-rouge. Après une minute, l'intensité de la couleur résultante a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 515 nm. Une courbe d'étalonnage prête à l'emploi a été utilisée pour calculer avec précision la concentration résiduelle de chlore.

- **Lecture :**

Echantillon du robinet : 0,5 / 0,3 / 0,4 / 0,7 / 0,5 mg/L

Conclusion :

Les analyses physiques, chimiques et microbiologiques effectuées sur des échantillons d'eau de puits et d'eau du robinet ont donné des résultats qui permettent d'évaluer leur conformité aux normes approuvées pour l'utilisation de l'eau à des fins d'irrigation.

Ces résultats ont révélé des variations dans la qualité de l'eau selon la source, soulignant la nécessité d'une surveillance minutieuse et périodique de chaque type d'eau afin de réduire les risques sanitaires et environnementaux associés à sa réutilisation.

Ces données fournissent une base scientifique pour guider les décisions liées à la gestion des ressources en eau selon une approche durable qui prend en compte la sécurité environnementale et la santé publique.

5 Critères d'évaluation de la conformité de l'eau d'irrigation :**5.1 Référentiels d'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation :**

L'évaluation repose sur des paramètres clés tels que le pH, la conductivité électrique, la salinité, ainsi que la concentration de certains ions (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , PO_4^{3-}). L'aspect microbiologique est également pris en compte à travers la recherche de coliformes fécaux et d'E, etc... Coli. Les résultats sont interprétés selon les normes algériennes et les recommandations de l'OMS pour juger de la qualité de l'eau destinée à l'arrosage des espaces verts.

5.2 Comparaison des résultats analytiques avec les normes de référence :**A Analyse des résultats bactériologiques :**

Les analyses microbiologiques réalisées sur l'ensemble des échantillons ont donné des résultats négatifs, indiquant l'absence de toute contamination d'origine biologique. Cette absence ne justifie pas une comparaison avec les normes, les paramètres recherchés n'ayant pas été détectés.

Paramètres	Eau de puits	Eau de robinet	Normes
Coliformes totaux /100ml	Absence	Absence	Non recommandé
Coliformes fécaux /100ml	Absence	Absence	<1000 CFU /100ml
Streptocoques D/50ml	Absence	Absence	Non recommandé
E. Coli en UFC /100ml	Absence	Absence	<1000 CFU /100ml

Tableau 19 résultat d'analyse de l'eau puits et de robinet

- **Normes : journal officiel algérien du 02/10/2012 d'eau d'irrigation.**

L'analyse bactériologique des échantillons d'eau, réalisée pour les deux sources (puits et robinet), a montré des résultats négatifs pour tous les germes testés, à savoir : les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et totaux, Escherichia coli, ainsi que les anaérobies sulfite-réductrices (ASR).

Ces résultats indiquent une absence totale de contamination d'origine fécale ou organique dans toutes les analyses effectuées. Le protocole utilisé (filtration membranaire et milieux de culture sélectifs) permet une détection fiable même à faible concentration.

Par conséquent, ces résultats traduisent une bonne qualité microbiologique de l'eau analysée, répondant aux critères de potabilité microbiologique fixés par les normes nationales et internationales.

B .Analyse des résultats physicochimiques :

MATEREL ET METHODES

Les valeurs mesurées sont comparées aux limites fixées par les normes afin de vérifier la conformité de l'eau. Cette étape permet d'identifier les paramètres dépassant les seuils admissibles et d'évaluer leur impact potentiel sur l'environnement et les végétaux.

Le tableau ci-dessous présente les paramètres évalués, accompagnés des valeurs limites retenues comme références pour cette comparaison.

c .Eau de puits :

Détermination	Résultat	Normes	
		Normes algériennes	Norme de l'OMS
pH	7,38	6.5<pH<8.5	6.5<pH<8.4
Conductivité électrique	2,5	3	12
Bicarbonates	3,60meq/l=219,6mg/l	8.5meq/l	518mg/l
Chlorures (cl-)	261mg/l=7,352meq/l	10meq/l	350mg/l
Sodium (Na+)	374,7mg/l=16,29meq/l	200mg/l	Pas de valeur guide
Potassium (K+)	19,94mg/l=0,51meq/l	20 mg/l	Pas de valeur guide
Magnésium (Mg+)	64,05mg/l=5,338meq/l	150 mg/l	Pas de valeur guide
Calcium (Ca+)	134,8mg/l=6,74meq/l	200 mg/l	Pas de valeur guide
S.A.R	6,63mg/l	<12	<12
Salinité totale	1,6g/l=1600mg/l	Pas de valeur guide	7680 mg/l

Tableau 20 :comparaison des résultat analytiques avec les normes de référence

- **Analyse des paramètres :**

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'échantillon d'eau de puits ont montré que toutes les valeurs mesurées étaient dans les limites admissibles selon les normes algériennes et les normes de l'Organisation mondiale de la santé, indiquant une qualité acceptable de l'eau d'irrigation.

Il a été constaté que la concentration en sodium a atteint 374,7 mg/L, une valeur qui dépasse la limite admissible fixée par les normes algériennes de 200 mg/L. Cet excès est un indicateur de niveaux élevés de sodium dans les eaux souterraines, ce qui peut refléter les effets potentiels de l'accumulation de sel, de l'intrusion d'eau de mer ou des eaux usées riches en sodium. Bien que la conductivité électrique (2,5) et l'absorptivité du sodium (SAR = 6,63)

MATEREL ET METHODES

soient restées dans des niveaux acceptables, la concentration élevée en sodium doit être prise en considération en raison de ses effets cumulatifs sur le sol et les cultures.

D .Eau de robinets :

- **Analyse de température :**

Température °C	Résultat	Normes	
		Normes algériennes	Norme de l'OMS
Echantillon 1	14	25°	35°
Echantillon 2	15		
Echantillon 3	20,1		
Echantillon 4	20,8		
Echantillon 5	24,6		

Tableau 21 :température de l'eau du robinet pendant la période d'étude

- **Analyse :**

En comparant les résultats de température avec les normes approuvées, nous constatons que toutes les valeurs enregistrées durant la période étudiée sont restées dans des limites acceptables, aussi bien selon les normes algériennes que celles de l'Organisation mondiale de la santé. Cela indique la stabilité thermique relative de l'eau du robinet et son absence d'exposition à des sources de chaleur non naturelles ou à des conditions environnementales qui affectent négativement sa qualité.

- **Analyse de potentiel hydrogène (pH) :**

Tableau 22 pH de l'eau d'irrigation pour différents échantillon.

Ph	Résultat	Normes	
		Normes algériennes	Norme de l'OMS
Echantillon 1	8.58	6.5<pH<8.5	6.5<pH<8.4
Echantillon 2	8.24		
Echantillon 3	8.57		
Echantillon 4	8.36		
Echantillon 5	8.05		

MATEREL ET METHODES

Analyse :

Les valeurs mesurées se situent toutes dans la plage permise par les normes algériennes, ce qui indique une alcalinité modérée compatible avec l'irrigation selon les critères nationaux. Cependant, deux échantillons (8.58 et 8.57) dépassent légèrement la limite supérieure fixée par l'OMS (8.4), ce qui pourrait indiquer une tendance à l'alcalinité élevée, surtout si cette tendance se confirme sur le long terme.

- **Analyse de conductivité électrique (EC) :**

Conductivité électrique	Résultat	Normes	
		Normes algériennes	Norme de l'OMS
Echantillon 1	1190	3dS/m = 3000µs/cm	12dS/m = 12000µs/cm
Echantillon 2	930		
Echantillon 3	1469		
Echantillon 4	881		
Echantillon 5	1220		

Tableau 23 : valeur de la conductivité électrique (Ec) des échantillons d'eau du robinet durant la période d'étude

- **Analyse :**

Toutes les valeurs mesurées de la conductivité électrique sont largement inférieures aux seuils fixés par les normes algériennes et celles de l'OMS. Cette faible à modérée concentration en sels dissous indique que l'eau est bien adaptée à l'irrigation des espaces verts. Une conductivité modérée ne présente généralement pas de risque de salinisation des sols ni de toxicité pour les plantes, ce qui est favorable pour une utilisation durable dans un contexte agricole ou paysager.

- **Analyse de nitrites (NO-2) :**

Tableau 24 : concentration des nitrites dans l'eau du robinet à l'irrigation

Nitrites	Résultat	Normes	
		Normes algériennes	Norme de l'OMS
Echantillon 1	0.1	0.2	Pas de valeur guide

MATEREL ET METHODES

Echantillon 2	00		
Echantillon 3	00		
Echantillon 4	00		
Echantillon 5	00		

- **Analyse :**

Les concentrations mesurées en nitrites dans les différentes analyses varient entre 0 et 0,1 mg/L, ce qui reste inférieur à la limite fixée par les normes algériennes (0,2 mg/L). L'OMS ne fixe pas de seuil spécifique pour les nitrites dans l'eau d'irrigation, mais leur présence en faible quantité est généralement considérée comme non préoccupante. Par conséquent, les résultats obtenus indiquent une qualité d'eau satisfaisante sur le plan de la contamination par les nitrites, ce qui ne représente aucun risque pour les plantes, les sols ou l'environnement dans les espaces verts.

- **Analyse de l'ammonium (NH₄⁺) :**

tableau 25 : Evolution des niveaux de NH₄⁺ dans l'eau du robinet selon les mois.

Ammonium	Résultat	Normes	
		Normes algériennes	Norme de l'OMS
Echantillon 1	0.03	0.5	Pas de valeur guide
Echantillon 2	00		
Echantillon 3	00		
Echantillon 4	00		
Echantillon 5	00		

- **Analyse :**

La concentration en ammonium mesurée dans l'eau du robinet varie entre 0 et 0,03 mg/L. Ces valeurs sont nettement inférieures à la limite maximale autorisée par les normes algériennes, qui est fixée à 0,5 mg/L. Aucune norme spécifique n'est établie par l'OMS pour l'eau destinée à l'irrigation en ce qui concerne l'ammonium. Ces résultats indiquent une absence de pollution ammoniacale significative, ce qui est favorable pour la santé des plantes et la stabilité chimique du sol.

- **Analyse des paramètres sans référentiels normatifs :**

Certains paramètres physico-chimiques tels que les solides dissous totaux (TDS), la minéralisation, la turbidité et le chlore résiduel libre (Cl_2) ont été mesurés dans les échantillons d'eau du robinet. Cependant, aucune valeur limite spécifique n'est définie dans les normes algériennes ni dans les recommandations de l'OMS pour l'irrigation des espaces verts.

L'absence de référentiels normatifs ne signifie pas nécessairement que ces paramètres sont sans importance. Au contraire, ils peuvent influencer la qualité globale de l'eau, la santé du sol et la croissance des plantes à long terme. Ainsi, bien que leur dépassement ne puisse pas être formellement évalué, il est recommandé de surveiller régulièrement ces paramètres et d'interpréter leurs valeurs à la lumière des données scientifiques disponibles ou de normes utilisées dans d'autres pays à titre indicatif.

- ❖ **Discussion sur l'importance des critères de qualité de l'eau pour la sécurité des plantes, des sols et de l'environnement dans les espaces vert :**

Les résultats globaux des analyses des échantillons d'eau de puits et d'eau de robinet révèlent une conformité générale avec les normes en vigueur, à l'exception de quelques dépassements ponctuels. Certains paramètres n'ont pas pu être comparés en l'absence de références normatives précises.

Bien que certains micro-organismes jouent un rôle important dans la fertilité des sols et la décomposition de la matière organique, les organismes indicateurs étudiés dans cette analyse, tels que les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques, E. coli et l'ASR, ne sont pas considérés comme des bactéries bénéfiques pour les plantes ou les sols agricoles. Sa présence est plutôt généralement associée à une contamination fécale provenant des humains ou des animaux, ce qui représente un risque potentiel pour la santé, que ce soit par le sol ou par les produits agricoles. Par conséquent, l'absence de ces bactéries dans les échantillons d'eau est considérée comme un indicateur de la pureté et de la pertinence microbiologique de l'eau.

Selon les paramètres physicochimiques :

- La température influence la solubilité de l'oxygène dans l'eau ainsi que l'activité microbienne dans le sol, ce qui a un impact direct sur la santé des plantes et leur capacité à absorber les nutriments.
- Le pH joue un rôle déterminant dans la biodisponibilité des éléments nutritifs. Dans les échantillons analysés, deux valeurs ont dépassé la limite maximale fixée par l'OMS (8,4), atteignant 8,58 et 8,57. Ce dépassement, bien que modéré, peut entraîner des conséquences notables sur la santé des plantes. Un pH trop élevé peut en effet réduire la solubilité et l'absorption de micronutriments essentiels comme le fer, le manganèse et le zinc, provoquant des carences nutritionnelles, même si ces éléments sont présents

MATEREL ET METHODES

dans le sol. Il peut aussi inhiber l'activité des micro-organismes bénéfiques du sol, perturbant les processus de décomposition de la matière organique et de fixation de l'azote, ce qui, à long terme, altère la structure chimique du sol et compromet la qualité des eaux souterraines.

Cependant, lorsque le pH reste dans la plage optimale (généralement entre 6,5 et 8,4), il favorise l'équilibre chimique du sol, améliore la disponibilité des nutriments et soutient l'activité biologique bénéfique. Maintenir un pH adéquat est donc essentiel pour assurer une croissance végétale saine, préserver la fertilité du sol, et garantir un environnement durable dans les espaces verts.

- La conductivité électrique (CE), qui reflète la concentration en sels dissous, s'est maintenue dans des niveaux modérés, sans risque immédiat de salinisation ni de toxicité ionique. Cette condition est généralement favorable à la croissance des plantes, car une certaine quantité de sels minéraux est nécessaire au bon fonctionnement des processus physiologiques. Une CE modérée peut aussi indiquer un bon équilibre minéral dans l'eau, contribuant à la disponibilité des nutriments essentiels sans compromettre la structure du sol ni affecter négativement les organismes bénéfiques qu'il abrite.

Ces paramètres jouent chacun un rôle crucial dans la santé du sol et des plantes :

- Le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}) contribuent à la stabilité de la structure du sol et renforcent la résistance des plantes au stress. Le potassium (K^+) est essentiel pour la photosynthèse et la régulation hydrique des végétaux.
- Les bicarbonates (HCO_3^-) aident à maintenir l'équilibre du pH dans le sol.
- Tandis que les chlorures (Cl^-), à faibles concentrations, participent à l'activation enzymatique et à l'osmo-régulation chez les plantes.
- Le SAR (Sodium Adsorption Ratio), en restant modéré, garantit que le sodium n'interfère pas de manière excessive avec l'absorption des autres cations par le sol.
- Quant à la salinité totale, lorsqu'elle est maintenue à un niveau faible à modéré, elle ne représente pas un risque pour la croissance végétale, ce qui permet une utilisation durable de l'eau à des fins d'irrigation.
- Cependant, la concentration en sodium atteint 374,7 mg/L, dépassant ainsi le seuil recommandé fixé à 200 mg/L. Ce dépassement soulève une préoccupation particulière, car le sodium en excès peut entraîner une détérioration de la structure du sol, en réduisant sa perméabilité et en provoquant sa dispersion. Il peut également nuire à l'absorption de l'eau par les racines des plantes, ce qui affecte la croissance végétale et la productivité. Toutefois, lorsqu'il est présent à des niveaux maîtrisés, le sodium peut participer au maintien de l'équilibre osmotique et jouer un rôle mineur dans certains processus métaboliques. La gestion de l'irrigation avec une telle eau nécessite donc des précautions, notamment par un suivi régulier des sols et l'adoption de techniques agricoles compensatoires.

MATEREL ET METHODES

En résumé, bien que l'eau de ce puits soit dans l'ensemble adaptée à l'irrigation, la teneur élevée en sodium constitue un facteur limitant important qui doit être surveillé afin de préserver la durabilité des sols et la santé des plantes.

À de faibles doses, ces composés azotés peuvent même jouer un rôle bénéfique pour le sol et les plantes :

- L'ammonium, par exemple, est une forme d'azote directement assimilable par les plantes, contribuant à leur croissance et au développement de leur feuillage.
- Quant aux nitrites, bien que leur présence soit habituellement transitoire dans les cycles de l'azote, leur détection à de très faibles concentrations peut témoigner d'une activité biologique normale et équilibrée dans le sol, sans signe de surcharge organique.

Bien qu'il n'existe pas de normes réglementaires précises pour certains paramètres tels que les solides dissous totaux (TDS), la minéralisation, la turbidité et le chlore résiduel libre (Cl_2), la surveillance de ces paramètres reste essentielle en raison de leur importance dans l'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation.

- L'indicateur TDS reflète le niveau de sels et de matières dissoutes dans l'eau, dont l'accumulation peut affecter la structure du sol et l'équilibre ionique à long terme, même s'ils ne sont pas directement toxiques.
- L'eau minérale représente la richesse naturelle en éléments minéraux de l'eau, qui peuvent contribuer positivement à nourrir le sol et les plantes si elles restent dans des limites équilibrées.
- La turbidité, quant à elle, est un indicateur de la présence de matières en suspension ou de polluants organiques. Une faible turbidité est un signe de pureté de l'eau, permettant à la lumière de pénétrer le sol et de maintenir l'équilibre biologique.
- Quant au chlore résiduel libre (Cl_2), bien qu'il soit principalement utilisé comme désinfectant, sa présence en faibles concentrations est une chose positive ; Il contribue à réduire la contamination bactérienne de l'eau sans nuire aux micro-organismes bénéfiques du sol, préservant ainsi sa fertilité et contribuant à soutenir l'écosystème agricole.

Ainsi, bien que les résultats soient globalement conformes, la surveillance du pH reste primordiale afin de garantir une croissance végétale optimale, la préservation de la fertilité des sols, et la durabilité écologique des espaces verts irrigués par cette eau.

La prise en compte régulière de ces paramètres, même ceux non régis par des normes explicites, est essentielle pour la gestion durable de l'environnement urbain

Résultats et discussion

RESULTAT ET DISCUSSION

1 Discussion et interprétation des résultats :

1.1. Interprétation des résultats bactériologiques :

L'absence de germes pathogènes dans les deux types d'eau peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

A L'eau de puits :

La source étant naturelle, il est probable que le puits soit profond, bien protégé de la surface, et éloigné de toute source de pollution fécale (eaux usées, animaux, etc.). De plus, la température modérée du printemps (avril) freine la prolifération microbienne, surtout en l'absence d'apports organiques récents.

B L'eau du robinet :

Les résultats négatifs peuvent être attribués à un bon traitement préalable, notamment la chloration. Toutefois, puisque cette eau est parfois mélangée à de l'eau naturelle, la qualité peut varier selon la source dominante au moment du prélèvement. Les températures modérées des mois de janvier à mai (entre 14 °C et 24 °C) limitent également le développement des bactéries, ce qui renforce la stabilité microbiologique.

Conclusion :

Les résultats indiquent que les deux types d'eau présentent une qualité microbiologique satisfaisante et peuvent être considérés comme adaptés à l'irrigation, notamment pour les espaces verts, tant que cette qualité est maintenue dans le temps.

1.2 Interprétation des résultats physicochimiques :

A Eau de puits :

• Potentiel hydrogène (pH) :

PH = 7,38 – valeur modérée

• Raisons de cette valeur :

- Une valeur de pH de 7,38 indique un milieu équilibré entre acidité et alcalinité, ce qui est idéal pour la croissance de la plupart des plantes.
- Cette valeur est probablement due à un équilibre naturel entre les carbonates (CO_3^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-) dans les eaux souterraines.
- Au printemps, les températures sont douces et la décomposition organique ne se produit pas aussi rapidement qu'en été, ce qui signifie une production moindre d'acides organiques.
- De plus, l'absence de fortes pluies durant cette période empêche les sels de se dissoudre ou de modifier la composition chimique de l'eau, ce qui contribue à maintenir la stabilité du pH.

Conclusion :

RESULTAT ET DISCUSSION

Le ressort aide à stabiliser le pH à un niveau idéal, rendant l'eau adaptée à l'arrosage des plantes.

- **Conductivité électrique (CE) :**

CE (Conductivité électrique) = 2,5 mS/cm – Conductivité modérée

- **Raisons de cette valeur :**

- Cette valeur indique une concentration modérée de sels dissous dans l'eau, ce qui signifie que l'eau n'est pas trop salée.
- La principale source de ces sels est la composition géologique naturelle du sol et de la roche, et n'est pas le résultat de la pollution ou de l'activité humaine.
- Au printemps, l'évaporation est relativement faible, ce qui réduit la concentration en sel par rapport à l'été.
- Les pluies légères saisonnières peuvent également jouer un rôle dans le maintien d'un niveau de salinité modéré en diluant partiellement la concentration en sel.

Conclusion :

Le climat doux du printemps contribue à stabiliser la conductivité électrique à une valeur adaptée à l'usage agricole.

- **Chlorure (Cl-) :**

Chlorures = 261 mg/L – valeur modérée

- **Raisons de cette valeur :**

- La concentration en chlorure se situe dans des niveaux acceptables, selon les normes algériennes (7,352 meq/L < 10 meq/L) et l'Organisation mondiale de la santé (261 mg/L < 350 mg/L).
- La source de ces ions est souvent naturelle, résultant de la dissolution de sels de chlorure dans le sol ou d'anciennes infiltrations d'eau salée.
- Le chlorure est un élément chimiquement stable et n'est pas grandement affecté par les changements saisonniers ou de température.
- Le printemps ne montre pas d'effet clair sur sa concentration, car il n'y a pas de fortes pluies qui pourraient provoquer un lessivage important du sol, ni d'évaporation intense qui entraînerait une concentration en sel.

Conclusion :

La valeur est modérée et normale, et il n'y a pas d'effet direct du printemps sur la concentration en chlorure.

- **Bicarbonates (HCO₃⁻) :**

Bicarbonates (HCO₃⁻) = 219,6 mg/L – valeur faible à modérée

RESULTAT ET DISCUSSION

- **Raisons de cette valeur :**

- La concentration en bicarbonate reflète un équilibre naturel entre l'acidité et l'alcalinité des eaux souterraines.
- L'absence de pluies acides ou de pollution industrielle explique l'absence d'excès d'acidité qui consomme les bicarbonates.
- Les roches calcaires de la région dissolvent progressivement les bicarbonates, maintenant ainsi leur concentration dans l'eau.
- Au printemps, le débit des eaux souterraines augmente légèrement en raison de l'humidité, sans être excessif, ce qui contribue à prévenir l'accumulation de bicarbonate et à maintenir son équilibre.

Conclusion :

Le printemps aide à stabiliser la concentration en bicarbonate et favorise son équilibre sans accumulation ni perte notable.

- **Sodium (Na⁺) :**

Sodium = 374,7 mg/L – Élevé.

- **Raisons de cette valeur :**

- La composition géologique de la région joue un rôle majeur, car l'eau peut également traverser des roches riches en sodium telles que le schiste (schistes sodiques) ou certains types de gisements de quartz et de sel.
- Il peut y avoir une accumulation historique de sels dans les couches supérieures du sol en raison de mauvais drainage naturel du sol ou le manque de renouvellement des eaux souterraines dans la zone, ce qui conduit à l'accumulation de sodium sans dilution.
- D'un point de vue saisonnier, bien que le printemps soit caractérisé par des températures modérées, il est :
 - Un hiver avec peu de précipitations avant l'échantillonnage peut entraîner un manque de « lavage » naturel du sol, conduisant à une accumulation de sels dans les couches superficielles.
 - La faible infiltration d'eau douce au printemps (par rapport à l'automne) limite la capacité de dilution.

Conclusion :

La concentration élevée en sodium est principalement attribuée à la nature géologique et à l'histoire hydrologique de la région, tandis que le printemps ne fournit pas de conditions suffisantes pour la lixiviation du sel, ce qui contribue à sa concentration élevée continue.

- **Potassium (K⁺) :**

Potassium (K⁺) = 7,8 mg/L – Modéré

RESULTAT ET DISCUSSION

▪ Raisons de cette valeur :

- La valeur est modérée, ce qui est normal car le potassium :
- Il est rapidement absorbé par la plante.
- Il se lie au sol et ne se dissout pas facilement.
- Il provient de roches telles que le feldspath qui fondent lentement.
- Au printemps :
 - La consommation de plantes est élevée.
 - Il n'y a pas de fortes pluies pour emporter le sol.

Conclusion :

La valeur est modérée et son influence sur le printemps est limitée en raison de l'équilibre entre consommation et fonte lente.

• Magnésium (Mg+) :

Magnésium = 64,05 mg/L – modéré

▪ Raisons de cette valeur :

- Dissolution de roches calcaires et dolomitiques, riches en magnésium.
- Le magnésium n'est pas largement utilisé par les plantes, il reste donc stable dans l'eau.
- Au printemps : aucun impact direct, car la fonte géologique se poursuit tout au long de l'année.

Conclusion :

La valeur est modérée et est davantage attribuée à la composition de la roche qu'aux conditions saisonnières.

• Calcium (Ca+) :

Calcium = 134,8 mg/L – modéré.

▪ Raisons de cette valeur :

- Dissolution de roches calcaires réparties dans les zones géologiques.
- Le calcium est commun dans les eaux souterraines et bénéfiques pour les plantes, mais il n'est pas utilisé très rapidement.
- Au printemps :
 - Il n'y a pas de fortes pluies qui pourraient affecter son niveau.
 - La dissolution géologique est en cours, donc la valeur reste stable.

Conclusion :

La valeur est modérée, résultant des roches de la zone, et il n'y a pas de relation claire entre la saison du printemps et sa hausse ou sa baisse.

RESULTAT ET DISCUSSION

- **Rapport d'adsorption du sodium (SAR) :**

SAR = 6,63 - Modéré à élevé.

- **Raisons de cette valeur :**

- Les critères considèrent que les valeurs inférieures à 3 sont totalement sûres, tandis que les valeurs comprises entre 3 et 9 représentent un risque moyen.
- Les concentrations élevées de sodium (374,7 mg/L) par rapport aux concentrations de calcium (134,8 mg/L) et de magnésium (64,05 mg/L) sont la principale raison du SAR élevé.
- Le manque de lessivage naturel du sol au printemps, surtout si l'hiver a été pluvieux, conduit à l'accumulation de sodium sans un équilibre adéquat avec le calcium et le magnésium.

Conclusion :

La valeur SAR qui s'élève à 6,63 est due à un excès de sodium par rapport aux autres éléments alcalins et reflète un équilibre ionique imparfait qui pourrait affecter la fertilité future du sol.

- **Salinité totale :**

Salinité totale = 1600 mg/L – modérée.

- **Raisons de cette valeur :**

- La salinité totale reflète la somme des sels dissous, notamment : le sodium, le calcium, le magnésium, le chlorure et le bicarbonate.
- La valeur est dans les normes acceptables (bien inférieure à la limite de l'OMS : 7680 mg/L).
- Le printemps est souvent modéré en termes d'évaporation, il n'y a donc pas autant de concentration en sel qu'en été.
- Cependant, elle reste affectée par la composition du sol et des roches riches en sel, surtout si le drainage de l'eau dans la zone est mauvais.

Conclusion :

La salinité est modérée et reflète une géologie riche en sel plutôt qu'un effet saisonnier, ce qui rend l'eau relativement adaptée à l'irrigation avec une surveillance continue.

RESULTAT ET DISCUSSION

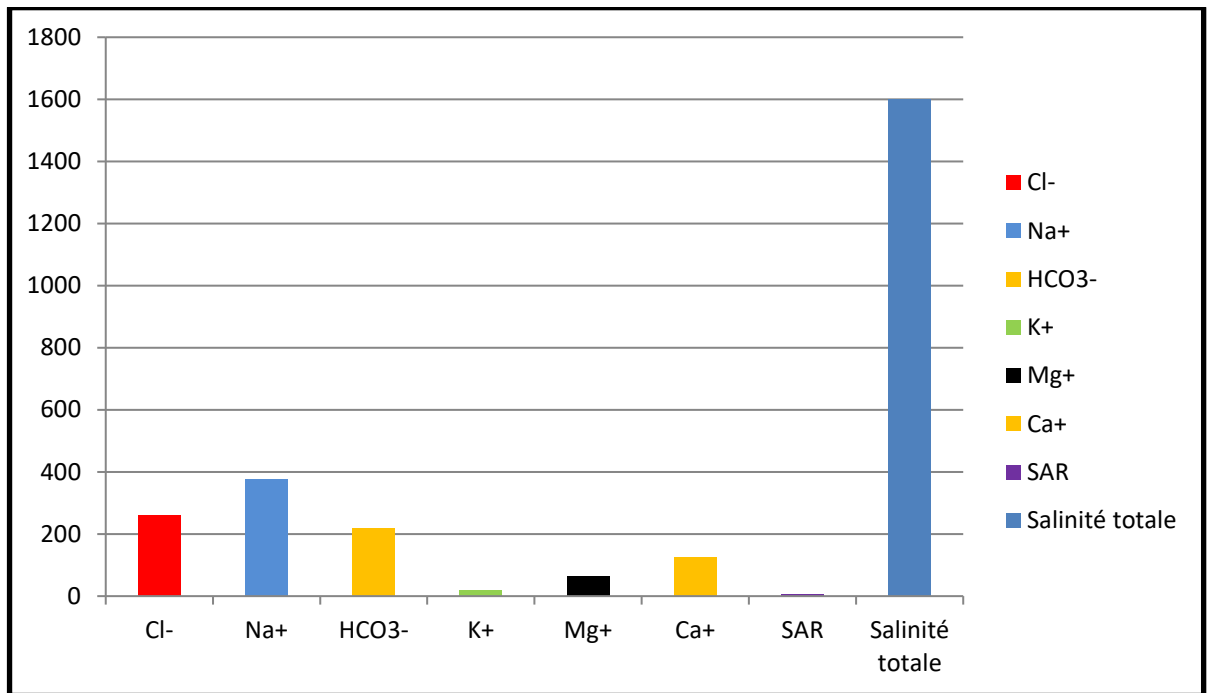


Figure 29 : Histogramme représentatif des paramètres physicochimiques de l'eau de puits de jardin de Lalla Khadija - Ain Témouchent.

Conclusion :

Les résultats de l'analyse de l'eau de puits indiquent qu'elle est adaptée à une utilisation en irrigation, car la plupart des paramètres physico-chimiques se situent dans des limites acceptables. Cependant, une concentration élevée en sodium et en SAR peut présenter un risque modéré pour la fertilité du sol en cas d'utilisation à long terme. Il est donc recommandé de surveiller et d'améliorer périodiquement le drainage du sol pour éviter l'accumulation de sel.

B Eau de robinets :

- **Température °C :**

Température (14°C – 24,6°C) – gradient saisonnier naturel

- **Raisons des valeurs :**

Température L'augmentation progressive de 14°C en janvier à 24,6°C en mai reflète les changements climatiques saisonniers. Cette hausse est due à l'augmentation des températures à mesure que le printemps commence et que l'été approche, ce qui est un schéma naturel.

Conclusion :

RESULTAT ET DISCUSSION

Les valeurs sont dues aux conditions météorologiques saisonnières et ne représentent pas de risque pour l'utilisation de l'eau pour l'irrigation.

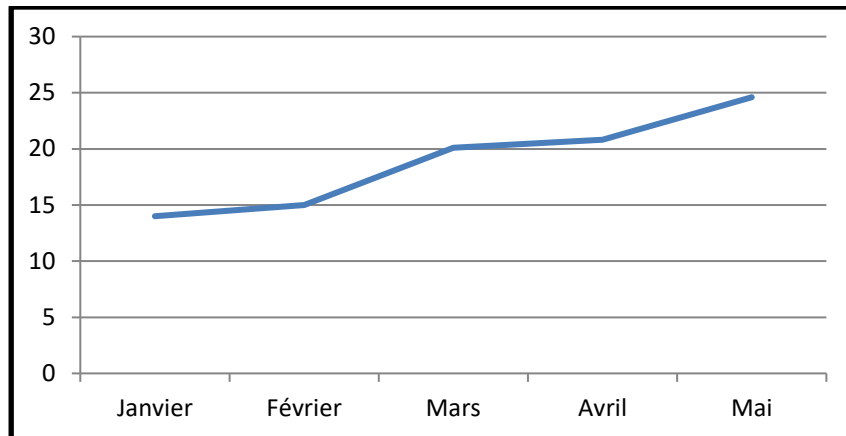


Figure 30 Evolution mensuelle de la température dans l'eau de robinet (janvier – mai)

- **Potentiel hydrogène (pH) :**

PH (8,58 à 8,05) – Légèrement basique

- **Raisons des valeurs :**

Les valeurs sont légèrement élevées certains mois, notamment janvier et mars, et cela est lié à une diminution de l'activité microbienne et à une production réduite d'acide organique en hiver, ainsi qu'à la présence possible de carbonates et de bicarbonates dans l'eau.

Conclusion :

La légère augmentation du pH est causée par la composition de l'eau et les conditions hivernales, et n'affecte pas significativement l'agriculture

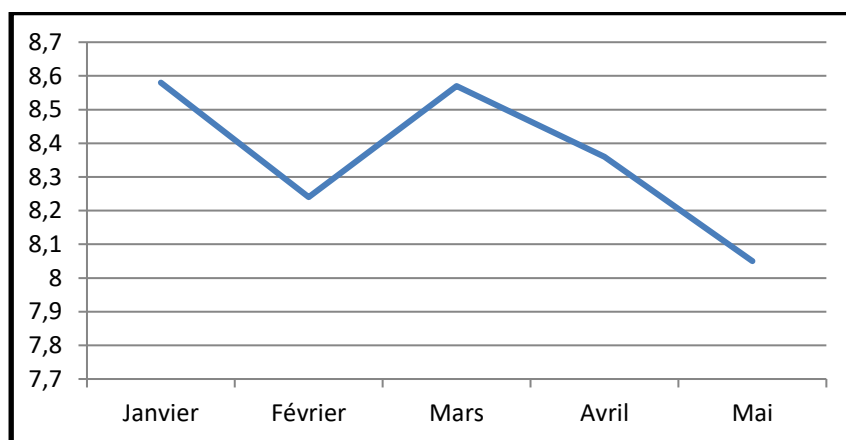


Figure 31 Evolution mensuelle de pH dans l'eau de robinet (janvier – mai)

RESULTAT ET DISCUSSION

- **Conductivité électrique (CE) :**

CE (881 à 1469 $\mu\text{S}/\text{cm}$) – Conductivité modérée

- **Raisons des valeurs :**

La fluctuation des valeurs reflète le changement de concentration en sel en fonction des précipitations et de l'évaporation. La diminution en avril (881 $\mu\text{S}/\text{cm}$) peut être due à la dilution de l'eau par la pluie, tandis que l'augmentation en mars (1469 $\mu\text{S}/\text{cm}$) peut refléter une stagnation temporaire ou une dissolution des sels.

Conclusion :

Le changement est lié au climat saisonnier, et il n'y a aucune indication d'une salinité excessive qui pourrait entraver l'irrigation.

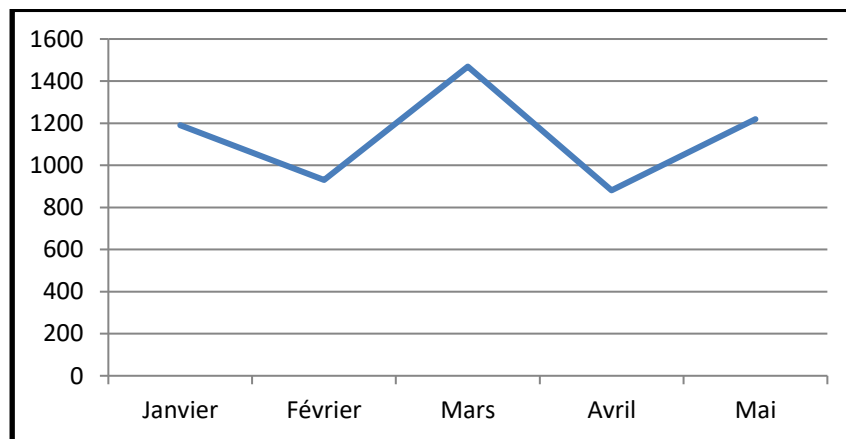


Tableau 26 evolution mensuelle de la conductivité électrique dans l'eau de robinet (janvier_mai)

- **Turbidité :**

Turbidité (0,57 à 1,86 NTU) – Faible.

- **Raisons des valeurs :**

La différence entre 0,57 et 1,86 NTU peut être due à des changements dans le réseau de distribution, à des fuites mineures ou au nettoyage du réservoir. Pas de relation claire avec la saison.

Conclusion :

Le changement est technique et non climatique, et une faible turbidité n'affecte pas la qualité de l'irrigation.

RESULTAT ET DISCUSSION

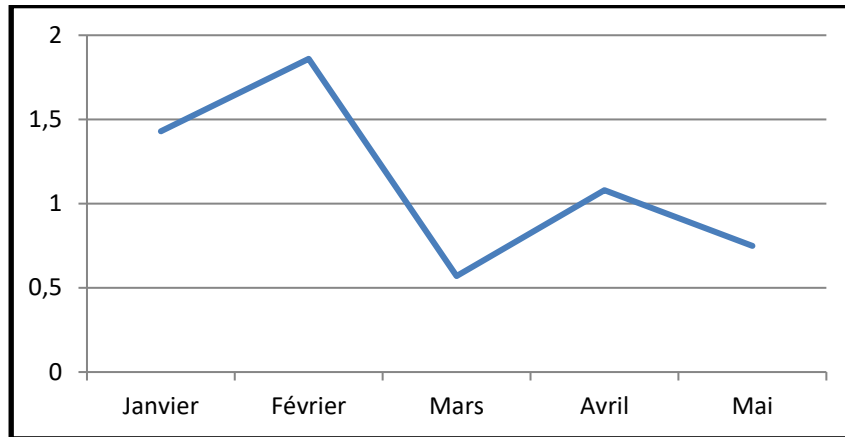


Figure 32 Evolution mensuelle de la turbidité dans l'eau de robinet (janvier – mai)

- **Minéralisation:**

Minéralisation (660,75 à 1248,6 mg/L) – Modérée

- **Raisons des valeurs :**

Les valeurs varient de 660,75 à 1248,6 mg/L et représentent les sels minéraux totaux dissous. L'augmentation marquée en mars (1248,6 mg/L) peut être attribuée à une diminution relative des précipitations et à une augmentation de la concentration en sel, tandis que la diminution en avril (660,75 mg/L) peut indiquer un renouvellement de l'eau ou l'influence d'une nouvelle eau moins minéralisée.

Il n'existe pas de normes officielles, mais les valeurs restent dans des limites acceptables pour l'irrigation.

Conclusion :

La minéralisation est modérée et adaptée à l'irrigation sans effet néfaste sur le sol ou les plantes.

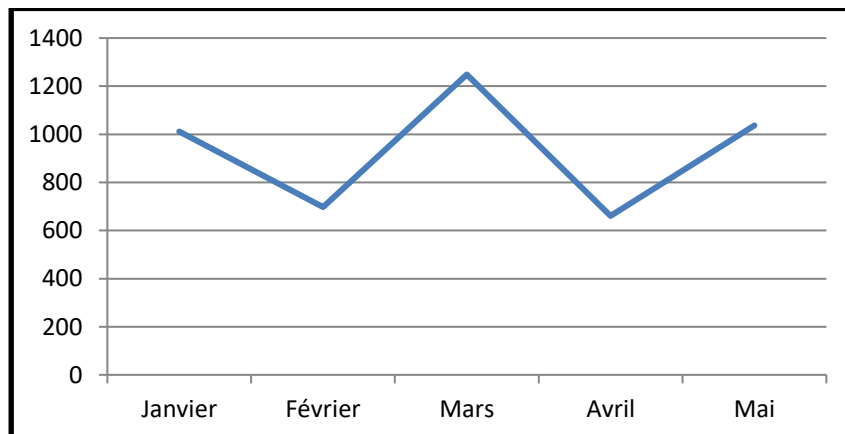


Figure 33 : Evolution mensuelle de la minéralisation dans l'eau de robinet (janvier – mai)

RESULTAT ET DISCUSSION

- **TDS (solides dissous totaux) :**

TDS (solides dissous totaux) = entre 493,36 et 822,6 mg/L – Niveau modéré à faible.

- **Raisons des valeurs :**

Les valeurs variaient de 493,36 à 822,6 mg/L, ce qui se situe dans la plage acceptable pour l'eau d'irrigation. Ces valeurs reflètent la concentration de sels dissous tels que le chlorure, le sodium, le calcium...

De légères différences entre les mois peuvent être liées à la source d'eau ou au taux d'évaporation. Il n'existe pas de normes algériennes ou OMS pour l'irrigation, mais les valeurs restent modérées.

Conclusion :

Le TDS est modéré et ne présente pas de risque pour les plantes, ce qui rend l'eau relativement adaptée à l'irrigation.

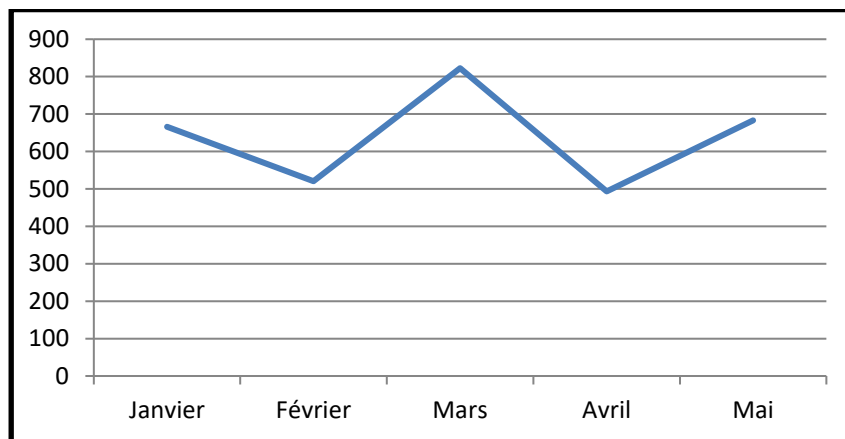


Tableau 27 evolution mensuelle des solides dissous totaux dans l'eau de robinet (janvier _ mai)

- **Nitrates (NO_2^-):**

Nitrite (NO_2^-) = entre 0,0 et 0,1 mg/L – Très faible.

- **Raisons des valeurs :**

La présence de 0,1% en janvier et sa disparition ultérieure peuvent être dues à une légère fuite d'engrais ou d'eaux usées, suivie d'une amélioration de la qualité de l'eau par la suite.

Conclusion :

Apparition temporaire en hiver, mais ne présentant pas de réel danger.

RESULTAT ET DISCUSSION

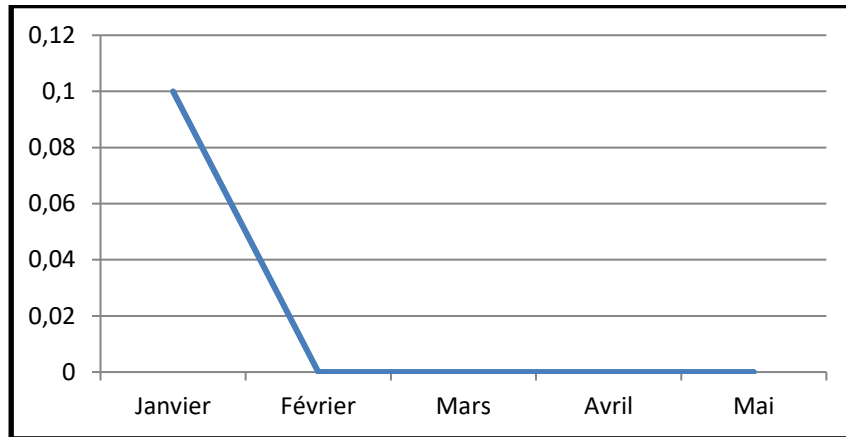


Figure 34 evolution mensuelle des nitrites dans l'eau de robinet (janvier _ mai)

- **Ammonium (NH_4^+) :**

Ammonium (NH_4^+) = entre 0,00 et 0,03 mg/L – Très faible.

- **Raisons des valeurs :**

Un faible pourcentage n'est apparu qu'en janvier (0,03), probablement en raison d'une faible activité biologique hivernale, qui ralentit la décomposition de l'ammonium en nitrate.

Conclusion :

Effet hivernal limité et non inquiétant.

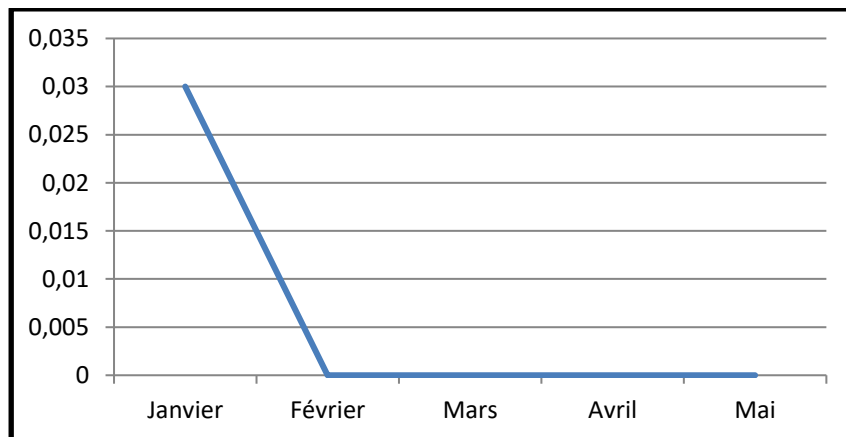


Figure 35 :Evolution mensuelle de l'ammonium dans l'eau de robinet (janvier – mai)

- **Chlore résidu (Cl_2) :**

Chlore résiduel (Cl_2) = entre 0,3 et 0,7 mg/L – dans la plage idéale.

- **Raisons des valeurs :**

RESULTAT ET DISCUSSION

La fluctuation des valeurs entre 0,3 et 0,7 reflète les différents processus de stérilisation effectués par la station d'épuration selon les besoins.

Conclusion :

Le changement est le résultat du traitement et non un effet saisonnier, et n'affecte pas l'agriculture à ces niveaux.

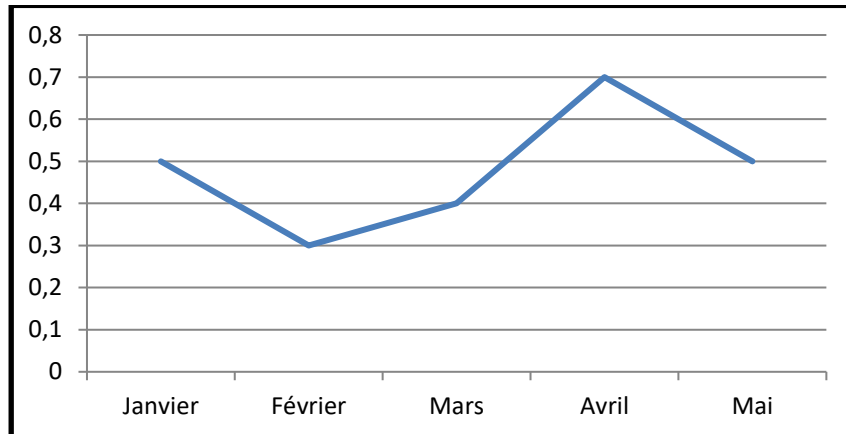


Figure 36 Evolution mensuelle du chlore résiduel dans l'eau de robinet (janvier – mai)

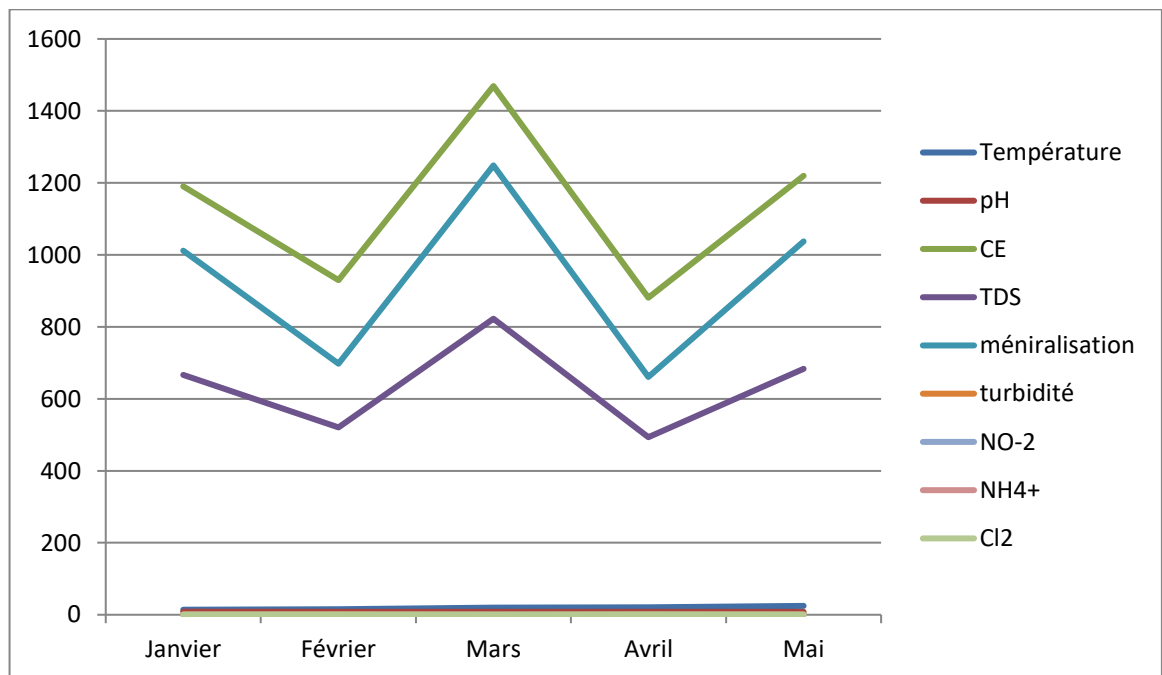


Figure 37 Evolution mensuelle des paramètres de l'eau du robinet (janvier – mai)

Conclusion :

L'eau du robinet étudiée est relativement adaptée à l'irrigation, à condition de poursuivre un suivi régulier, notamment en période de transition climatique, pour assurer le maintien de la qualité de l'eau et la santé du sol et des plantes.

2 . Implications sur l'utilisation de l'eau pour l'arrosage des espaces verts :

2.1 Qualité chimique et risque de salinisation des sols :

Les analyses montrent une salinité totale modérée pour les deux types d'eau, ce qui convient à la majorité des espèces végétales utilisées dans les espaces verts. Toutefois, l'eau de puits présente une teneur élevée en sodium (Na^+) ainsi qu'un SAR (Sodium Adsorption Ratio) supérieur à la normale, ce qui indique un risque réel de dispersion des particules d'argile dans le sol.

Conséquence sur le sol :

- Diminution de la perméabilité et de l'aération du sol.
- Réduction de la capacité d'infiltration de l'eau.
- Risque de compactage progressif, surtout en sols lourds.

2.2 Impacts nutritionnels sur la croissance végétale :

Les éléments essentiels comme le calcium, le magnésium, le potassium et les bicarbonates sont présents à des concentrations modérées, ce qui favorise un bon équilibre nutritif. Cependant, la teneur très faible en nitrates (NO_3^-) et ammonium (NH_4^+), particulièrement dans l'eau de robinet, indique une valeur agronomique limitée en termes d'azote.

Conséquence sur les plantes :

- Besoin d'un complément en fertilisation azotée.
- Absence de déséquilibres majeurs si les apports sont contrôlés.

2.3 Risques microbiologiques et sécurité sanitaire :

Les résultats d'analyse bactériologique montrent une absence totale de contamination (coliformes, E. coli, streptocoques, ASR), ce qui garantit une eau sûre pour l'arrosage, même dans les espaces verts publics.

Conséquence sur l'environnement :

- Pas de risque de contamination des sols ou des nappes.
- Préservation de la flore microbienne bénéfique du sol.

2.4 Influence saisonnière sur la qualité de l'eau :

Les valeurs des paramètres chimiques de l'eau de robinet présentent des variations entre janvier et mai, principalement liées à :

- La température (allant de 14 à 24,6 °C).
- La variation des apports en eau de surface et eau traitée.
- Le taux d'évaporation relativement faible au printemps.

Conséquence :

RESULTAT ET DISCUSSION

- Moins de concentration en sels en début d'année.
- Léger enrichissement minéral vers mai dû à la hausse des températures.

3 Conclusion agronomique :

Dans l'ensemble, les deux types d'eau sont globalement adaptées à l'arrosage des espaces verts, à condition de :

- Surveiller la teneur en sodium et le SAR dans les eaux de puits.
- Adapter la fertilisation pour compenser le faible apport azoté.
- Maintenir une surveillance régulière en période chaude pour éviter l'accumulation des sels.

4 Limites de l'étude et perspectives de recherche futures :

4.1 Limites de l'étude :

Bien que cette étude ait fourni une importante base de données préliminaire sur la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation des espaces verts à Ain Témouchent, certains aspects ont limité son exhaustivité, que nous résumons comme suit :

4.2 Limitation spatiale :

Les analyses ont été limitées à seulement deux sources (un puits et l'eau du robinet) au sein d'un même parc, ce qui ne permet pas de généraliser les résultats à l'ensemble de la région ni de comparer entre plusieurs sites aux conditions hydrogéologiques différentes.

5 Limitation temporelle :

Un seul échantillon d'eau de puits a été prélevé au printemps, tandis que les analyses de l'eau du robinet ne couvraient que cinq mois (de janvier à mai), ce qui empêche une évaluation complète de l'impact des changements saisonniers, en particulier pendant les saisons d'été et d'automne, lorsque l'évaporation et la demande d'irrigation atteignent leur maximum.

5.1 Absence de normes nationales spécifiques :

Il n'existait pas de normes nationales détaillées et officiellement approuvées pour évaluer la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation des espaces verts, ce qui limitait les comparaisons avec les normes relatives à l'eau potable ou les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé, qui pouvaient ne pas refléter les caractéristiques environnementales et agricoles spécifiques de la région.

5.2 Aucun lien direct avec le sol ou les plantes :

Aucun essai sur le terrain n'a été réalisé pour évaluer l'impact direct de cette eau sur le sol ou la végétation du jardin, ce qui limite la possibilité de déduire avec précision son impact agricole.

5.3 Analyse physico-chimique incomplète :

RESULTAT ET DISCUSSION

Bien que l'étude se soit appuyée sur un ensemble d'analyses physico-chimiques de base pour évaluer la qualité de l'eau, elle n'incluait pas tous les critères nécessaires qui permettraient d'avoir une vision complète et précise des spécifications de l'eau, notamment en termes d'oligo-éléments, de composés organiques ou d'indicateurs de pollution industrielle et agricole. Cette lacune peut limiter la capacité à interpréter pleinement l'impact à long terme de l'eau sur le sol et les plantes, et souligne la nécessité d'élargir la portée des analyses dans les études futures.

5.4 Recommandations pour les activités futures :

Afin d'améliorer la précision et la portée des recherches futures, les suggestions suivantes sont suggérées :

a) Suivi saisonnier complet :

Comprend toutes les saisons, en particulier l'été, afin de suivre les changements climatiques et leur impact sur la composition de l'eau.

b) Étendre l'étude à d'autres sites urbains et ruraux :

Prélever des échantillons dans différents puits et parcs de l'État pour obtenir un aperçu comparatif et complet.

c) Développer ou adapter les normes nationales :

Il est essentiel que les autorités compétentes élaborent un référentiel normatif algérien pour l'eau d'irrigation urbaine qui prenne en compte les spécificités de chaque région.

d) Comprend des tests agronomiques in situ :

Sur les plantes et le sol, pour déterminer l'adéquation de cette eau en termes de productivité végétale et d'impact environnemental à long terme.

e) Intègre une analyse plus large des contaminants :

Tels que les métaux lourds, les champignons ou les résidus de pesticides, pour évaluer de manière exhaustive la qualité de l'eau d'irrigation.

Conclusion générale

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE

Cette étude constitue une contribution scientifique à l'évaluation de la qualité des eaux destinées à l'irrigation des espaces verts urbains, à travers l'analyse d'échantillons d'eau de puits et d'eau du robinet utilisés pour l'arrosage du jardin Lalla Khadidja, situé dans la commune d'Ain Témouchent. Une approche analytique combinant des analyses physico-chimiques et microbiologiques a été adoptée, avec une comparaison des résultats aux normes nationales et internationales en vigueur.

Les analyses microbiologiques ont révélé que les deux sources offrent une eau de qualité sanitaire satisfaisante, sans présence d'indicateurs de contamination bactérienne. Cela s'explique par la profondeur et la bonne protection du puits contre les pollutions superficielles d'une part, et par l'efficacité du traitement, notamment la chloration, appliqué à l'eau du robinet d'autre part. Les conditions climatiques modérées durant la période d'échantillonnage ont également limité le développement microbien.

Sur le plan physico-chimique, les résultats ont montré que l'eau du robinet présente un bon équilibre global, la rendant adaptée à l'irrigation, bien qu'un léger penchant vers l'alcalinité ait été observé. Celui-ci ne constitue pas un danger immédiat pour les plantes, mais nécessite une surveillance, surtout lors des périodes de transition climatique. En revanche, l'eau du puits a révélé une concentration élevée d'un élément contribuant à la salinité, ce qui pourrait, à long terme, affecter la fertilité des sols en cas d'usage prolongé, même si les paramètres mesurés restent globalement dans les seuils acceptables.

Au vu de ces résultats, on peut conclure que les eaux utilisées pour l'arrosage du jardin sont globalement conformes aux normes établies, tant sur le plan microbiologique que pour la majorité des paramètres physico-chimiques. L'eau du robinet apparaît comme une option sûre pour une irrigation régulière, tandis que l'eau du puits nécessite un suivi plus fréquent, notamment pour prévenir l'accumulation de sels et ses effets à long terme sur les sols et les végétaux.

Cette étude met en évidence l'importance du contrôle de la qualité des eaux destinées à l'irrigation en milieu urbain, particulièrement face aux défis environnementaux et climatiques croissants. Elle constitue également une contribution scientifique à la documentation de la situation actuelle des eaux d'irrigation dans la région, et ouvre la voie à des recherches futures portant sur les interactions entre la qualité de l'eau, la santé des plantes et des sols, et l'efficacité des stratégies de gestion durable des espaces verts communaux.

Référence bibliographique

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- ADE, Ain Témouchent. (2010). Algérie des eaux Ain Témouchent.
- **Afri-Mehennaoui, F. Z. (1998)**. Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'oued Kébir-Rhumel et ses principaux affluents [Thèse de magister, Université de Constantine].
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [ANSES]. (2009, 14 janvier). Réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage ou l'irrigation.

<https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX-Ra-EauxUsees.pdf>
- Agronomie.info. (2023). Le stress hydrique : mécanismes et effets sur la photosynthèse et la perméabilité du sol. Agronomie.info. Consulté le 26 juin 2025, depuis
<https://agronomie.info/fr/le-stress-hydrique/>
- Amin, Y. I. (29 octobre 2024). Les espaces verts aux Émirats : des bienfaits multiples qui renforcent la durabilité environnementale et la qualité de vie. Agence de presse des Émirats (WAM). Consulté le 26 juin 2025, depuis
<https://wam.ae>
- ANIREF. (2020). Agence nationale d'intermédiation foncière de la wilaya d'Aïn Témouchent.
- APC, A. (2022). Plan municipal vert. Les projets achevés les plus importants sur la commune de l'Ain Témouchent au titre de l'année 2022, P(03/08/14/20/24/31).
- **BELLAHOUEL, A., & TOUTA REZOUG, M. (2023)**. Analyse et diagnostic des espaces verts urbains : cas du jardin public de l'APC d'Aïn Témouchent [Mémoire de master, Institut des Sciences et de la Technologie].
- **Bentayeb, A. (2019)**. Le reboisement [Rapport de fin de stage, Conservation des forêts d'Aïn Témouchent].
- **BOUAROUDJ, S. (2012)**. Évaluation de la qualité des eaux d'irrigation [Mémoire de master, Université Mentouri Constantine].
- **BOUAZZA, A. (2021)**. Contribution à l'étude de la végétation urbaine de la ville.

<http://dspace.univ-tlemcen.dz/>

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- **Bouchenafa, L. (1995).** Problématique d'aménagement d'une zone littorale par une approche cartographique : cas des communes de Ghazaouet, Souahlia et Souk Tlata [Mémoire d'ingénieur, Université de Tlemcen].
- Bureau de Mise à Niveau de l'Agriculture Irriguée [BMNAI]. (2018). Ébauche de révision des normes de qualité des eaux usées à l'irrigation.
<https://www.scribd.com/document/394452554>
- **COUTURE, I. (2004, 18 mai).** Analyse d'eau pour fin d'irrigation [MAPAQ, Montérégie-Est].
<https://www.agrireseau.net/petitsfruits/documents/analyse%20eau.pdf>
- CRAAQ. (2003). Guide de production des annuelles en caissettes (p. 313).
- DATASTREAM. (s. d.). Salinité.
<https://datastream.org/fr-ca/guide/salinite>
- DRE (Direction des Ressources en Eaux de la Wilaya Ain Témouchent), Ain Témouchent, 2015
- DRE (Direction des Ressources en Eaux de la Wilaya Ain Témouchent), Ain Témouchent, 2013
- DSA (Direction des services agricoles). (2021). Bilan de la campagne d'irrigation de l'année 2019/2020.
<http://www.dsa-aintemouchent.dz>
- **EL HANI, O. (2018).** Analyses physico-chimiques de l'eau d'irrigation – Contribution à la mise en place de la norme ISO 17025:2017 [Projet de fin d'études, Université Mohamed Premier, Al Hoceima].
- FAO. (1976 rév. 1). Facteurs agronomiques – qualité de l'eau: salinité, infiltration et toxicité. In Bulletin d'irrigation et de drainage n°29 (p. A. FAO. Consulté le 26 juin 2025
- Foote, R. B., Vyas, S., Singh, R., Shrestha, A., & Clasen, T. (2018). Impact de l'agriculture urbaine irriguée par des eaux usées sur l'incidence des diarrhées à Ahmedabad, Inde. International Journal of Hygiene and Environmental Health
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.005>
- **Harivandi, M. A. (1999).** Interpreting turfgrass irrigation water test result. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
- Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. (2005, 4 septembre). N° 60.
- Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. (2011, 19 juin). N° 34.
- Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. (2012, 15 juillet). N° 41.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Le guide de la permaculture. (s.d.). Impacts de l'irrigation sur la biodiversité du sol en permaculture et comment les gérer. Consulté le 26 juin 2025, depuis

<https://permakoolture.com/impacts-de-lirrigation-sur-la-biodiversite-du-sol-en-permaculture-et-comment-les-gerer/>

- Lenntech. (s. d.). Qualité de l'eau d'irrigation – critères et paramètres.

<https://www.lenntech.fr>

- Lenntech. (s. d.). Risque de certains ions toxiques dans l'eau d'irrigation.

<https://www.lenntech.com.pt/aplicacoes/irrigacao/risco-de-ioes-toxicos-na-agua-de-irrigacao.htm>

- LUU Doan Trung. (17 septembre 2020). Comment les plantes supportent-elles un régime salé ? Encyclopédie de l'environnement.

<https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/comment-plantes-supportent-regime-sale/>

- **Mazen Nassour & Tawil, G. (2021).** Effet de l'irrigation avec les eaux usées des étangs à poissons sur la croissance et la floraison de *Matthiola incana* en culture protégée. Tishreen University Journal - Basic Sciences Series, (3).

<https://journal.tishreen.edu.sy/index.php/bioscnc/article/view/456>

- **Mohamed, A. E. (2010, janvier).** Chlorine and plant health. Faculté d'Agriculture – Université de Mansoura.
- Mon parcours handicap. (s. d.). OMS – Organisation mondiale de la Santé.

<https://www.monparcourshandicap.gouv.fr/glossaire/oms>

- Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire. (2025, mai). Monographie de la wilaya d'Ain Témouchent.
- Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire. (2025, mai). Monographie de la wilaya d'Ain Témouchent – Potentialités.
- Ministère du Tourisme et de l'Artisanat. (2025, mai). Présentation de la wilaya d'Ain Témouchent.
- **Morris, R., & Devitt, D. (2014, 19 octobre).** Sampling and interpretation of landscape irrigation water. University of Nevada Cooperative Extension.
- Nama, T., & Singh, A. (2022). Effets de l'irrigation avec une eau de qualité marginale sur l'accumulation de certains métaux lourds dans le sol et les cultures vivrières. Sustainability,

<https://doi.org/10.3390/su14031067>

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Normes de qualité des eaux destinée à l'irrigation. (2004). Organisation mondiale de la Santé (OMS).
- Observation régionale de la santé d'Oran. (2022). Bilan Année ORS Oran 2022. Institut National de Santé Publique.
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 1985-86.
 - Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (2012). Qualité de l'eau et agriculture : un défi pour les politiques publiques. Série Études de l'OCDE sur l'eau. Paris : OCDE.

<https://doi.org/10.1787/9789264121119-fr>

- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (s.d.). Qualité de l'eau et production agricole : maîtrise de la salinité et prévention de l'accumulation de sel dans les sols. In Water Quality for Agriculture, chapitre 2.4–2.4.2. Consulté le 26 juin 2025, depuis

<https://www.fao.org/4/t0234e/T0234E01.htm>

- **Ostrovich, T., & Zarra, T. (2019).** La qualité de l'eau d'irrigation : perspective contemporaine et impacts sur les cultures et la santé humaine. Water, 11(7), 1482.

<https://doi.org/10.3390/w11071482>

- **Naji, D. M. (2024, 2 mai).** Les métaux lourds, leur toxicité et leurs effets sur les organismes vivants, Annajah.net.
- **Pauline Huvet. (24 mai 2024).** Le végétal, l'allié de l'eau par nature. Construction21 / Valhor. Consulté le 26 juin 2025, depuis

<https://www.construction21.org/france/articles/h/le-vegetal-l-allie-par-nature.html>

- PURE AQUA. (s. d.). Élimination de la turbidité de l'eau.

<https://ar.pureaqua.com/turbidity-water-treatment/>

- PURE AQUA. (s. d.). Élimination du chlorure de l'eau.

<https://ar.pureaqua.com/chloride-removal-from-water/>

- Qualité de l'eau d'irrigation et atténuation des risques liés à la santé des aliments. (2022). Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise, Ontario.
- **ROUIDI, O. (2021).** Évaluation bactériologique et physico-chimiques de la qualité de l'eau d'élevage de poissons destinée à l'irrigation [Mémoire de master, Université de Belhadj Bouchaib].
- **Saâdoun, M., & Belkacem, A. K. (2012, janvier).** La protection législative de la stratégie de l'État algérien dans la gestion de sa richesse en eau. Cahiers de la politique et du droit, (6), 75.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- SAB spa. (s. d.). La qualité de l'eau pour l'irrigation.
<https://www.sabspa.com>
- Secrétariat d'État auprès du Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. (2002). Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.
https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-1836-norme-marocaine-2002-irrigation.pdf
- **SNOW, R. A., SHOUP, D. E., SCHOONOVER, R. F., MARTIN, D. R., & WAGNER, T. (2018).** Effects of turbidity on prey selection and foraging rate of hatchery-reared tiger muskellunge [Oklahoma State University].
https://agriculture.okstate.edu/departments-programs/natural-resource/research/natural-resource-labs/shoup-fisheries-management-and-fisheries-ecology-lab/site-file/documents/publications/snow_et_al-2018-turbidity-effects-tiger-musky-feeding.pdf
- **TAIFOUR, M. (2019).** Étude de la qualité de l'eau du barrage Mekheissia (Ain Témouchent) [Mémoire de master, Université de Belhadj Bouchaib].
- **Theirry DUFOURCQ, & Denis CABOULET. (2016).** Qualité de l'eau et entretien du système d'irrigation. ANIVIN de France, Institut français de la vigne et du vin.
- TIDJMA. (s. d.). Turbidité – Glossaire.
<https://www.tidjma.tn/ar/glossary/o-g-turbidity-9982/>
- Treating irrigation water, ornamental production. (s. d.). Texas A&M University.
<https://aggie-horticulture.tamu.edu/ornamental/greenhouse-management/treating-irrigation-water/>
- Water Rangers. (s. d.). Qu'est-ce que la qualité de l'eau ? Huit caractéristiques clés.
<https://waterrangers.com>
- Weather Spark. (2025, mai). Météo moyenne à Ain Témouchent, Algérie tout au long de l'année.