

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية
Université de Ghardaïa

N° d'enregistrement
/...../...../...../...../.....



كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الري والهندسة المدنية
Département Hydraulique et Génie Civil

Mémoire
Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine: Sciences et Technologies

Filière: Hydraulique

Spécialité: Hydraulique urbaine

**Evaluation de la qualité des eaux de drainage dans les
périmètres agricoles à El-Menia et potentiel de traitement
pour leur réutilisation en irrigation.**

Soutenue publiquement le/...../...2025.....

Par
safa imane

Devant le jury composé de:

Amieur rekia	Examinateur	Université de Ghardaïa
Oulednaoui Noureddin	Président	Université de Ghardaïa
BOUTELLI Med Hicham	Encadreur	Université de Ghardaïa

Année universitaire 2023/2024

Remerciement

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Tout d'abord, merci à mes chers parents, ma mère et mon père, pour leur amour inconditionnel et leur soutien constant. Vous avez été ma source de force et d'inspiration.

Merci également à mes frères pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de mes études.

Je tiens aussi à remercier chaleureusement l'ensemble de mes enseignants, depuis mes premières années d'étude jusqu'à aujourd'hui. Chacun d'eux a laissé une empreinte dans mon parcours et a participé à ma formation, tant humaine que scientifique. Leur engagement et leur dévouement ont joué un rôle essentiel dans mon évolution.

Un remerciement spécial à ma professeure encadrante «BOUTELLI Med Hicham» pour ses précieuses orientations, sa patience et sa confiance en mes capacités.

Enfin, merci à «Nessibi Oum Keltoum» et à tous ceux qui m'ont aidé et soutenu, de près ou de loin.

Votre aide a été déterminante pour ce succès.

Du fond de mon cœur, merci à tous.

Safa Imane

Dédicaces

"وآخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين"

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات والحمد لله الذي وفقني وأعنى حتى بلغت هذا اليوم

"اهدي تخرجى وثمرت جهدي إلى "أمى تاج راسى

وإلى "قرة عيني المرحوم أمى" وإلى إخوتي: (حسين، محمد، عبد الكريم)

أنتم السند الأكبر والدعم الذي لا يخفت نوره وإلى كل أقربائي بدون إستثناء وكما أهديه أيضاً إلى خالي نور الدين وإلى

من شاركني دعائه خالي أحمد

(أسأل الله الكريم الفرج عنك) وإلى من كانوا ينتظرو هذا النجاح بنات خالاتي: (المرحومة

مروة)(منار، سارة، أية، ...إلخ) وإلى قريبي الغالية (راضيا) وصديقات الدرب ورفقات المشوار الدراسي:

زهراء، روميسة، شيماء، فاطمة، نادية ق، نادية بن،

جمانة، صبرينة، نسمية، بآية، ربيحة، علياء، صفاء، مباركة، منيرة، بودية، أحلام، خولة، ميسو، هاجر، سارة، ضاوية، ستي، كلثوم، هد

ى، صفاء، لمياء، زهراء، زينب...إلخ)

وكل من ساندني ولو بكلمة فمكأنكم بالقلب لainسني كلكم جمیعاً كنتم جزء من هذا النجاح أسائل الله أن يجعل هذا التخرج بداية خيراً لي في حياتي ويوافقني لما فيه من صلاح ديني ودنياً وأن يرزقني القدرة على رد الجميل لكل من كان

له فضل علي

Safa Imane

2025

TABLE DES MATIERES

Dédicaces

Remerciement

Résumé

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale 01

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1.Généralité sur les eaux	03
I.1.1. Ressources hydriques naturelles	03
I.1.1.1. Eaux superficielles	03
I.1.1.2 Eaux souterraines	04
I.2.Nappe phréatique	04
I.2.1. Remontée de la nappe phréatique	04
I.2.1.1. Principales causes de la remontée des eaux	05
I.2.1.2. Impact de la remontée et la salinisation des eaux phréatiques sur les palmeraies	06
I.2.1.2.1. Dégradation des palmeraies	06
I.2.2.2.2. Dégradation de sol et baisse de rendement par une forte salinité	06
I.3.Salinisation	06
I.4.Drainage	07
I.4.1. Eaux de drainage	07
I.5.Pollutions des eaux	08
I.5.1. Les sources de la pollution	08
I.5.1.1. La pollution ponctuelle	08
I.5.1.2. La pollution diffuse	08
I.5.2. Les types de la pollution	08
I.5.3. Les principaux polluants des eaux	09
I.5.3.1. Les matières en suspension	09
I.5.3.2. La polluant organique	09
I.5.3.3. Les matières fertilisantes	09
I.5.3.4. Les polluants métalliques et les polluants chimiques persistants	09
I.5.3.5. Les sels minéraux	10

I.5.3.6. La pollution microbiologique	10
I.6.Conséquences de la pollution	10
I.7.Les roseaux	10
I.7.1. Le Roseau Des Étangs	10
I.8.Études similaires en zones arides ou sahariennes	11

CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Description de la zone d'étude	12
II.1.1. Localisation géographique et régional	12
II.1.2. Contexte socio-économique	13
II.1.2.1. La démographique	13
II.1.2.2 Agriculture	13
II.1.3 La géomorphologie	13
II.1.3.1 La géomorphologie régionale	13
II.1.3.2 La géomorphologie locale	13
I.3.3 La topographie	14
II.1.4 Le réseau hydrographique	14
II.1.4.1 La vallée de l'oasis	14
II.1.4.2 Le lac	14
II.1.5 La géologie régionale	15
II.1.6 La géologie locale	15
II.1.7 La description lithostratigrphique	15
II.1.7.1 L'albien	15
II.1.7.2 Le vraconien	17
II.1.7.3 Le cénomanien	17
II.1.7.3.1 cénomanien inférieur	17
II.1.7.3.2 cénomanien supérieur	18
II.1.7.4 Le turonien	18
II.1.7.5 Le sénonien	18
II.1.7.6 Le quaternaire	18
Conclusion	21

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODE

III.1. Généralité	22
III.1.1. Prélèvement et échantillonnage	22
III.1.2. Difficultés rencontrées lors du prélèvement	22

III.2. Matériels utilisés	23
III.2.1. Mode de travail	23
III.2.2. Les paramètres physico-chimiques	25
III.2.2.1. Le PH (potentiel hydrogène)	25
III.2.2.2. La conductivité électrique	26
III.2.2.3. La température	27
III.2.2.4. La demande chimique en oxygène (DCO)	27
III.2.2.5. Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO ₅)	29
III.2.2.6. Matières En Suspension (MES)	29
III.2.2.7. La turbidité	30
III.2.2.8. Filtration par sable	30
Conclusion	31

CHAPITRE IV: RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1 Introduction	32
IV.2 Étude granulométrique du sable	32
IV.2.2 Résultats granulométrique	33
IV.3 Présentation des résultats	34
IV.4.3 Discussion	37
IV.4.3 Discussion des résultats	37
IV.4.3.1 Turbidité	37
IV.4.3.2 Matières en suspension (MES)	38
IV.4.3.3 DCO et DBO ₅	38
IV.4.3.5 Nitrates (NO ₃ ⁻)	38
IV.4.4 Optimisation du système de filtration sur sable de dune	38
IV.4.4.1 Analyse comparative des scénarios testés	38
IV.4.4.2 Discussion des performances	39
IV.4.5 Conclusion	40
CONCLUSION GENERALE	41

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
II.1	Situation géographique de la wilaya d'El Meniaa	12
II.2	Carte topographique de la région d'El-Goléa (source; ANRH Ghardaïa)	14
II.3	Coupe géologique et stratigraphique verticale de la région El-Goléa – Djafou (Oued Ourgla). (AIAD Walid, 2019)	16
II.4	Carte géologique simplifiée du Sahara septentrional. (Ahmed Hamel, 2020)	17
II.5	Carte géologique local d'El-Goléa. (REBBOUH Ayoub, 2003)	19
II.6	Corrélation entre les points du sondage	20
II.7	Corrélation entre les points du sondage	20
III.1	Fossé principal de drainage situés dans la cuvette d'El-Meniaa (wilaya de Ghardaïa, sud de l'Algérie).	24
III.2	L'outil de prélèvement une bouteille	24
III.3	pH mètre	26
III.4	filtration par sable	31
IV.1	Courbe granulométrique simulée	33
IV.2	Variation de la Turbidité de l'eau selon l'épaisseur de la couche de sable	34
IV.3	Variation de la conductivité de l'eau selon l'épaisseur de la couche de sable	35
IV.4	Variation du TDS de l'eau en fonction de l'épaisseur de la couche filtrante du sable	35
IV.5	Variation de l'azote de l'eau selon l'épaisseur de la couche de sable	35
IV.6	Variation du DCO de l'eau selon l'épaisseur de la couche de sable	36
IV.7	Variation du DBO_5 de l'eau selon l'épaisseur de la couche de sable	36
IV.8	Variation des MES de l'eau selon l'épaisseur de la couche de la filtration	37

LISTE DES ABREVIATIONS

pH : Potentiel d'hydrogène.	
DCO : Demande chimique en oxygène	[mg/L]
MES : Matières en suspension	[mg/L]
DBO : Demande biochimique en oxygène.	[mg/L]
WWG : Eaux usées domestiques épurées par les plantes	
STEP : Station d'épuration des eaux usées	
FAO : Food and Agriculture Organization	
OMS (WHO) : Organisation mondiale de la santé (World Health Organization)	
S.A.T : Surface agricole totale	[ha]
S.A.U : Surface agricole utile	[ha]
Vraconien : Formation géologique argileuse imperméable	
Albien : Formation géologique sableuse, gréseuse et argileuse	
ANRH : Agence nationale des ressources hydriques	
GIS : Groupe d'intervention scientifique (si nécessaire selon le contexte)	
TDS : Total Dissolved Solids (Solides dissous totaux)	[mg/L]
CE / EC : Conductivité électrique (Electrical Conductivity)	[μ S/cm] ou [mS/cm]
DPAT : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire	
DSA : Direction des Services Agricoles	
Pt : Platine (électrodes de conductimètre)	
GIS : Groupe d'intervention scientifique	
cc : coefficient de courbure	
cu : coefficient d'uniformité	
Ec : Conductimètre de laboratoire	
1/S : constante de l'élément de mesure	
MVS : Matières volatiles en suspension	[mg/L]
M0 : masse du filtre avant filtration	[g]
m1 : masse du filtre après filtration	[g]
d10 : diamètre effectif (taille en dessous de laquelle 10 % des grains passent).	
d30 : diamètre médian partiel.	
d60 : diamètre correspondant à 60 % passant.	

Résumé :

Cette étude vise à évaluer la qualité des eaux de drainage issues des périmètres agricoles d'El-Menia et à analyser leur potentiel de traitement pour une réutilisation en irrigation. Les objectifs principaux sont : caractériser physico-chimiquement ces eaux, identifier les principaux paramètres de pollution et tester l'efficacité d'un système de filtration à différentes profondeurs (30 cm, 60 cm, 90 cm). La démarche scientifique adoptée comprend : prélèvement des échantillons, analyses de la turbidité, de la conductivité électrique, et des nutriments, suivi d'une filtration expérimentale. Les résultats montrent une réduction significative des polluants : la turbidité diminue de 121 NTU à 5 NTU et la conductivité électrique de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 1804 $\mu\text{S}/\text{cm}$ après traitement. Ces résultats confirment que la filtration constitue une solution simple et efficace pour améliorer la qualité des eaux de drainage en vue de leur réutilisation agricole.

Mots-clés :

Eaux de drainage, filtration, qualité, réutilisation agricole, traitement durable.

Abstract:

This study aims to assess the quality of drainage water from agricultural areas in El-Menia and to evaluate its treatment potential for reuse in irrigation. The main objectives are to characterize the water physico-chemically, identify major pollution parameters, and test the efficiency of a filtration system at different depths (30 cm, 60 cm, 90 cm). The scientific approach includes sampling, analysis of turbidity, electrical conductivity, and nutrient content, followed by experimental filtration. The results show a significant reduction in pollutants: turbidity decreased from 121 NTU to 5 NTU, and electrical conductivity dropped from 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ to 1804 $\mu\text{S}/\text{cm}$ after treatment. These findings confirm that filtration is a simple and effective solution to improve the quality of drainage water for agricultural reuse.

Keywords:

Drainage water, filtration, water quality, agricultural reuse, sustainable treatment

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة مياه الصرف الزراعي في مناطق المنسية وتحليل إمكانيات معالجتها لإعادة استخدامها في الري. الأهداف الرئيسية هي: توصيف المياه فيزيائياً وكمياً، تحديد مؤشرات التلوث الرئيسية، واختبار فعالية نظام الترشيح على أعمق مختلفة (30 سم، 60 سم، 90 سم). تتضمن المنهجية العلمية المعتمدة: جمع العينات، تحليل العكارة، التوصيلية الكهربائية، والمعذيات، متبوعاً بتجربة الترشيح. أظهرت النتائج انخفاضاً ملحوظاً في الملوثات: العكارة انخفضت من 121 وحدة NTU إلى 5 وحدات، والتوصيلية الكهربائية من 2500 ميكروسيمنز/سم إلى 1804 ميكروسيمنز/سم بعد المعالجة. تؤكد هذه النتائج أن الترشيح يعد حلًّا بسيطاً وفعلاً لتحسين جودة مياه الصرف لإعادة استخدامها في الزراعة.

الكلمات المفتاحية:

مياه الصرف، الترشيح، جودة المياه، إعادة الاستخدام الزراعي، معالجة مستدامة.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

Dans les régions arides et sahariennes, la gestion durable des ressources en eau constitue l'un des défis majeurs pour le développement agricole et socio-économique. La rareté des précipitations, combinée à une évapotranspiration potentielle très élevée, engendre une pression considérable sur les nappes phréatiques, qui représentent la principale source d'approvisionnement en eau dans ces zones.

À El-Menia, région oasiennne du Sahara algérien, l'agriculture irriguée occupe une place centrale dans le système de production, mais elle repose presque exclusivement sur des eaux souterraines. Cette forte dépendance, conjuguée à l'expansion des périmètres irrigués, entraîne une surexploitation des nappes et une dégradation progressive de la qualité de l'eau disponible, notamment par salinisation, remontée des sels et accumulation de polluants liés aux pratiques agricoles (Bouarfa, 2018).

Dans ce contexte marqué par un stress hydrique croissant, l'identification de solutions alternatives permettant d'assurer la durabilité de l'agriculture saharienne devient une priorité stratégique.

Parmi les options envisagées à l'échelle internationale, la réutilisation des eaux non conventionnelles, en particulier des eaux de drainage agricole, suscite un intérêt croissant (FAO, 2010 ; FAO, 2020). Ces effluents sont générés par le lessivage des sols irrigués et se caractérisent par une qualité intermédiaire : moins pollués que les eaux usées domestiques, mais contenant toutefois des concentrations notables en sels dissous, en matières en suspension (MES), en polluants organiques biodégradables (DBOs, DCO) et parfois en contaminants microbiologiques (Ayers & Westcot, 1985 ; WHO, 2006).

Leur rejet sans traitement approprié peut aggraver la salinisation des sols, réduire la productivité agricole et menacer la qualité des nappes phréatiques, tandis que leur valorisation maîtrisée pourrait constituer une ressource complémentaire précieuse pour l'irrigation (Hammani et al., 2017 ; WHO, 2017).

Pour rendre ces eaux réutilisables, différentes technologies de traitement existent, allant des procédés avancés comme l'osmose inverse et les membranes, aux méthodes plus simples et accessibles telles que la filtration lente (Ben Kmicha, 2025). Dans les régions sahariennes, où les ressources financières, techniques et énergétiques sont limitées, la priorité est donnée aux procédés peu coûteux, faciles à mettre en œuvre et exploitant des matériaux locaux (Akkouche & Messaoudene, 2021). C'est dans ce cadre que le sable de dune, disponible en abondance à El-Menia, apparaît comme un matériau filtrant naturel prometteur. Sa texture

INTRODUCTION GENERALE

fine et sa distribution granulométrique offrent une capacité de rétention mécanique efficace des particules, tandis que sa surface spécifique favorise le développement d'un biofilm microbien contribuant à l'élimination biologique de la matière organique et des pathogènes (Abou-Elela et al., 2016). Ainsi, la filtration lente sur sable représente une solution potentiellement adaptée aux conditions locales, combinant simplicité technique, faible coût et efficacité épuratoire.

La problématique de cette recherche s'inscrit donc dans la perspective suivante : comment valoriser les eaux de drainage agricole d'El-Menia par un procédé de traitement durable, peu coûteux et adapté aux conditions sahariennes, tel que la filtration lente sur sable de dune, afin de les rendre aptes à une réutilisation sécurisée en irrigation ? Autrement dit, il s'agit de déterminer si l'exploitation d'un matériau local, largement disponible, peut contribuer à l'amélioration de la qualité des eaux de drainage et, par conséquent, à la préservation des ressources en eau dans un contexte de stress hydrique.

Les objectifs poursuivis dans ce travail sont multiples. Il s'agit d'abord de caractériser le sable de dune d'El-Menia sur le plan granulométrique afin d'évaluer ses propriétés filtrantes. Ensuite, l'étude vise à analyser l'efficacité de ce matériau dans la réduction des paramètres de pollution classiques des eaux de drainage, tels que la turbidité, les MES, la DCO, la DBO₅, la salinité et les coliformes. Différents scénarios expérimentaux seront simulés, notamment en faisant varier l'épaisseur de la couche filtrante, afin d'évaluer leur impact sur les performances épuratoires. Les résultats obtenus seront comparés aux recommandations internationales établies par la FAO (2010, 2020), l'OMS (2006, 2017) et les travaux de référence en matière de qualité des eaux pour l'irrigation(Couffignal, 2021).

Enfin, cette recherche ambitionne de proposer des pistes d'optimisation et d'intégration de ce procédé dans les périmètres agricoles d'El-Menia, contribuant ainsi à une gestion plus durable et circulaire de l'eau dans les zones sahariennes.

En somme, ce travail s'inscrit dans une démarche visant à démontrer que la valorisation d'un matériau naturel et local, le sable de dune, peut constituer une réponse concrète et durable aux défis posés par la rareté de l'eau dans les régions sahariennes, en transformant une contrainte les eaux de drainage en une ressource précieuse pour l'agriculture.

CHAPITRE I :

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE:**I.1. Généralité sur les eaux :**

La terre est l'unique planète du système solaire, dont la surface est recouverte de grandes quantité d'eau à l'état liquide environ 70 %. L'eau existe dans les trois états, liquide, solide et gaz. (B. Clausg et P. Robert ;2001)

L'eau est un élément essentiel à la vie, représentant environ 70 % du poids du corps humain. Elle est utilisée dans de nombreux domaines vitaux, comme la boisson, l'hygiène personnelle, l'entretien de la maison et les loisirs. Elle est également utilisée dans les procédés industriels, l'irrigation des cultures et l'abreuvement du bétail.

I.1.1. Ressources hydriques naturelles :

Les humains dépendent généralement de deux sources principales de ressources naturelles pour répondre à leurs besoins en eau, que ce soit pour produire de l'eau propre à la consommation humaine ou pour l'utiliser dans diverses activités industrielles et agricoles.

- Les eaux superficielles ou de surface (rivière, fleuve et lacs...)
- Les eaux souterraines

L'eau à l'état naturel, qu'elle soit de surface ou souterraine, n'est pas complètement pure; c'est un milieu vivant qui absorbe rapidement divers éléments lorsqu'elle traverse ou s'écoule dans les milieux avec lesquels elle entre en contact.

Ces éléments sont présents dans l'eau des bassins sous vide, sauf dans le gazebo, qu'ils soient solides ou liquides. Ils présentent également une nature organique, issue d'organismes vivants ou de décomposition, ou une nature minérale, prouvée par des substances inorganiques.

I.1.1.1. Eaux superficielles :

La surface regroupe les masses d'eau qui circulent ou sont stockées à la surface des continents. L'origine peut être double : ces problèmes peuvent être liés aux précipitations, privant ainsi les nappes d'autres sources d'un avantage. Ce sont les plus belles choses du monde qui, de manière rafraîchissante, offrent aux visiteurs une grande importance (Guinaldo, 2020).

Ceci est adapté à une utilisation dans les zones où l'eau maintient l'interface eau-atmosphère en mouvement, ce qui favorise les changements de regard et de température dans l'environnement aérien, et le remplace par un effet général notable.

Hors de la circulation, elle peut également être stockée dans des réservoirs naturels (étangs et lacs) ou dans d'autres lieux artistiques (retenues, barrages). Ces plans d'eau endommagent une surface changeante sous l'effet de la pression atmosphérique immobile, un outil qui peut être modifié et installé simultanément (O'Keeffe, 2024).

Il s'agit d'une ressource facilement accessible mais malheureusement fragile et vulnérable, la pollution la rendant souvent impropre à l'utilisation en l'absence d'un traitement préalable. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains par-traversés l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (O₂, N₂, CO₂). (M. Goudjil et S. Bencheikeh; 2011).

I.1.1.2 Eaux souterraines :

Celles qui n'impliquent pas d'évaporation et ne retournent pas au passé en raison du processus avancé dans le sol et le sous-sol. Elles s'accumulent également dans ce que l'on appelle les eaux souterraines.

La pénétration, la circulation, le séjour de l'eau dans les terrains dépendent à la fois de leur nature, de leur structure élémentaire et des dispositions relatives des diverses couches géologiques. Parmi les paramètres de structure, citons : la répartition granulométrique, -la porosité, la perméabilité. (M. Goudjil et S. Bencheikeh ;2011)

I.2.Nappe phréatique :

On désigne sous le nom de nappe phréatique les aquifères superficiels dont la profondeur n'excède pas les 50 mètres. Ces nappes sont partout présentées au Sahara dans les dépressions ou les vallées (BOUCHEMAL, 2017).

La formation de cette nappe dans les terrains poreux résulte du simple blocage de l'infiltration des eaux pluviales, des eaux de ruissellement et des eaux d'irrigation par une couche de sol imperméable suffisamment étendue (BOUCHEMAL, 2017).

La surface libre de cette nappe s'élève et redescend pendant l'année.

Sur la qualité d'une nappe en régime de tarissement ou de rabattement lorsque le niveau de la surface libre diminue progressant au fil du temps, traduisant une perte d'eau due à des avancées, à l'évaporation ou à un déficit d'alimentation.

L'occupation des couches du sol agricole par une nappe phréatique superficielle et excessivement saline est néfaste pour le sol (problème de perméabilité) et pour la croissance des plantes (risques d'asphyxie et de toxicité).

I.2.1. Remontée de la nappe phréatique :

La région de El Meniaa, certains bassins agricoles connaissent une remontée de la nappe phréatique, conséquence d'une utilisation excessive de l'eau d'irrigation et de l'absence de systèmes de drainage efficaces. Cette remontée entraîne d'importantes infiltrations d'eau dans

les couches superficielles du sol. Cette remontée engendre de multiples problèmes, notamment la salinisation des sols, une baisse de la productivité des cultures et des menaces pour la durabilité des ressources en eau. La maîtrise de ce phénomène nécessite l'amélioration des techniques d'irrigation, le renforcement des réseaux de drainage et une surveillance constante du niveau des eaux souterraines (ROMARIC, 2018).

I.2.1.1. Principales causes de la remontée des eaux :

Dans la région de El Meniaa , les oasis et les palmiers connaissent un déclin progressif connu sous le nom de palmérisation , qui est le résultat de plusieurs facteurs environnementaux et humains qui impactent négativement la santé et la productivité des palmiers.

Parmi les raisons les plus importantes de la détérioration des oasis de El Meniaa, on peut citer (Naoui & Hanafi, 2018):

- **L'élévation du niveau des eaux souterraines:** entraîne **la salinisation des sols** et l'étouffement des racines des palmiers.
- **Manque d'opérations d'entretien et de renouvellement:** comme la négligence de la taille régulière et de la pollinisation des palmiers.
- **L'utilisation excessive et irrationnelle de l'eau d'irrigation:** notamment par les méthodes traditionnelles, contribue à **la saturation du sol** et à la détérioration de sa structure.
- **La propagation de maladies et de parasites:** tels que **le foreur du palmier** et **les champignons** , résulte de programmes de surveillance de la santé des palmiers peu performants.
- **L'étalement urbain et l'expansion chaotique:** au détriment des espaces oasiens.

Cette détérioration menace l'équilibre environnemental et économique de la région, étant donné que les palmiers dattiers constituent une ressource essentielle pour les populations locales et jouent un rôle important dans la protection des sols et la réduction de la désertification.

Pour protéger cet écosystème traditionnel, il est essentiel d'adopter des programmes de conservation durables qui incluent l'amélioration des techniques d'irrigation, la restauration des réseaux de drainage et la lutte contre les ravageurs à l'aide de méthodes biologiques modernes (Naoui & Hanafi, 2018).

I.2.1.2. Impact de la remontée et la salinisation des eaux phréatiques sur les palmeraies :**I.2.1.2.1. Dégradation des palmeraies :**

Actuellement, les palmeraies sont confrontées à de nombreux problèmes, notamment des catastrophes majeures liées aux conditions naturelles de la région, notamment la morphologie du terrain, l'intense évaporation et la salinité des eaux de mer. Je mentionnerai également une importante zone de palmiers, soulignant les pratiques culturales, l'insuffisance et l'inadéquation des méthodes d'irrigation. L'utilisation de ces facteurs, combinée à un excès d'eau et à des profondeurs importantes pour l'irrigation par submersion, entraîne une importante remontée de la nappe phréatique (BOUCETTA, 2018).

La région de la nappe phréatique, dans la région d'El-Menia, connaît actuellement une situation susceptible d'avoir des conséquences rapides sur l'environnement, notamment sur les palmiers traditionnels. Cette élévation excessive de la nappe, résultant du système d'irrigation par submersion et drainage, provoque une accumulation d'eau dans le sol (salinisation) et nuit à la croissance des palmiers.

Ce phénomène perdure depuis longtemps en raison des activités agricoles de la région. (B. Bousnoubra et al. 2019).

I.2.2.2. Dégradation de sol et baisse de rendement par une forte salinité :

La présence fréquente de sels et d'eaux salées rend le drainage indispensable. En effet, lorsque la solution initiale non salée est irriguée avec une eau enrichie en minéraux, elle accumule des quantités croissantes de produits importés. En l'absence d'un système de drainage efficace ou dans sa fonction principale, cette accumulation conduit à la salinisation d'eau.

I.3. Salinisation :

La salinisation est l'accumulation de liquides dissous dans le sol, un phénomène accentué à El-Meniaa par l'utilisation des eaux minérales du sud, l'irrigation excessive sans drainage et l'évaporation prolongée, dans le cadre de la dégradation des liquides et de la perte de productivité agricole (FAO 2018).

D'après CHEVERRY (1989), la salinisation du sol est le résultat de la salinisation des eaux de la nappe et des sols auparavant, atténuée par la situation topographique des parcelles, par la texture filtrante des sols et la qualité de l'eau, et par l'intervention des activités de l'homme, en trois façons spécifiques:

a)- Irrigation : les eaux d'irrigation sont fortement chargées en sels, conduisant à une salinisation des terres (Rechachi, 2017).

b)- Fumure : l'utilisation des engrais chimiques, des fumiers et des amendements qui contiennent beaucoup des sels, à des concentrations élevées, peut créer ou aggraver le problème de salinité (MASMOUDI, 2023).

I.4.Drainage :

Le drainage selon le FAO, est une technique de suppression naturelle ou artificielle des excès d'eau souterraine et de surface et des sels dissous dans les terres afin d'améliorer la production agricole (BENAKCHA, 2024).

Dans le cas du drainage naturel, l'excès d'eau s'évacue des champs jusqu'aux lacs, marécages, fleuves et rivières. Dans un système artificiel, l'excès d'eau souterraine ou de surface est éliminé par des canalisations souterraines ou de surface (KHALED & FATEH, 2021).

Le drainage pour objectif :

- D'évacuer l'excès d'eau de pluie par les drains de surface qui recueillent essentiellement l'écoulement de surface.
- De contrôler la profondeur de la nappe et de lessiver les sels dans la rhizosphère;
- De transporter l'eau récupérée dans les drains secondaires jusqu'à collecteur;
- De transporter l'eau des collecteurs jusqu'à l'exutoire du système ou au site d'évacuation.

À **El-Menia**, l'eau de drainage présente également une forte salinité, ce qui rend indispensable la mise en place d'un réseau de drainage efficace pour évacuer les eaux de percolation. L'absence de tels réseaux et d'exutoires adaptés favorise l'accumulation des sels dans le sol, entraînant une augmentation progressive de la salinité et une dégradation de la fertilité des terres agricoles.

I.4.1. Eaux de drainage :

Il s'agit des eaux de lessivage récupérées après l'irrigation grâce à un système de drainage. Les pollutions issues des activités agricoles sont de nature variée :

- **Apports en nitrates et phosphates** provenant des engrais, qui atteignent les eaux de surface par lessivage des sols perméables. Ces éléments minéraux favorisent la prolifération des algues, entraînant un phénomène d'eutrophisation nuisible aux poissons et à la faune aquatique.

- **Introduction de pesticides chlorés ou phosphorés**, ainsi que de désherbants et d'insecticides, dans les eaux.
- **Dans les régions viticoles**, apport de sulfates de cuivre et de composés arsenicaux utilisés pour protéger les vignes.
- **Dans les zones désertiques**, le principal problème reste la salinité élevée des eaux de drainage.

Les eaux usées, quant à elles, contiennent une grande variété d'éléments polluants provenant des usages domestiques, des activités industrielles et agricoles, ainsi que du ruissellement des eaux pluviales (Mohamed Mustapha, 2024).

I.5. Pollutions des eaux :

On appelle pollution de l'eau toute modification défavorable chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants qui consomment cette eau. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée, il y a en général des consciencieusement sur leur santé. La pollution de l'eau peut aussi rendre l'eau inutilisable pour l'usage désiré (ABDERRAHIM, 2020).

I.5.1. Les sources de la pollution :

On distingue deux sources de pollutions :

I.5.1.1. La pollution ponctuelle :

Elle est formée de rejets localisés, plus ou moins abondants relativement faciles identifier. Chronique ou accidentelle, cette pollution est provoquée par des déversements domestiques, urbains, agricoles ou industriels peu ou non traités (Merine, 2024).

I.5.1.2. La pollution diffuse :

Elle est due au lessivage et à l'érosion plus ou moins rapide et accusée des sols. Différentes substances sont entraînées vers les nappes et les rivières tel que les hydrocarbures, les métaux lourds, les pesticides. Cette pollution peut s'étendre sur de grandes surfaces. Elle est difficile à identifier et donc difficile à maîtriser (Merine, 2024).

I.5.2. Les types de la pollution :

- **La pollution chimique** : Les pesticides (produits phytosanitaires)
- **La pollution physique** : telle que pollution radioactive.
- **La pollution biologique** : Elle est liée à de micro-organismes (bactéries, virus...)

- **La pollution thermique** : des usines utilisant l'eau comme liquide de refroidissement (Merine, 2024).

I.5.3. Les principaux polluants des eaux :

I.5.3.1. Les matières en suspension :

Les matières en suspension sont constituées de fines particules présentes naturellement dans l'eau des rivières, comme le plancton, les débris végétaux ou les minéraux. Elles peuvent également provenir de sources polluantes d'origine humaine, comprenant des substances organiques et minérales. Leur présence excessive réduit la transparence de l'eau (turbidité), ce qui impacte négativement l'équilibre biologique des cours d'eau (Alaeddine & Setitra, 2024).

I.5.3.2. La polluant organique :

Certains rejets contiennent des matières organiques. Ces polluants sont biodégradables : ils peuvent être transformés en eau et en CO₂ par des micro-organismes (bactéries, algues). Mais cette biodégradation consomme de l'oxygène, qui ne sera donc plus disponible pour la faune aquatique (poissons, crustacés...). C'est pourquoi l'on mesure souvent la par la " demande biologique en oxygène" (DBO), autrement dit la quantité d'oxygène qui sera consommée par des micro-organismes pour sa biodégradation. On mesure également la " demande chimique en oxygène" (DCO), c'est à dire la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder tout ce qui peut l'être par voie chimique. (M. LAOUAR;2012)

I.5.3.3. Les matières fertilisantes :

Une concentration excessive d'azote et de phosphore dans les cours d'eau favorise les maladies prolifératives, ce qui empêche la pénétration de la lumière et consomme une grande partie de la dissipation d'oxygène (phénomène d'eutrophie). Cette forme de pollution empêche les principaux effets de l'usage domestique, et certains rejets industriels entraînent également l'utilisation de chargeurs pour d'autres applications dans d'autres cultures (Ben Idir & Mebrek, 2021).

I.5.3.4. Les polluants métalliques et les polluants chimiques persistants :

Certains polluants chimiques, comme les pesticides, présentent une forte persistance et résistent à la dégradation chimique et biologique. Associés aux métaux lourds (plomb, mercure, cadmium, cuivre, zinc, nickel, chrome...), ils constituent une catégorie de polluants particulaires nocifs. Une fois absorbés par les plantes ou les animaux domestiques, les polluants

s'accumulent et un pollen se concentre progressivement dans la chaîne alimentaire (Lamari & Yousfi, 2020).

I.5.3.5. Les sels minéraux :

Les minéraux, tels que les chlorures ou les sulfates de calcium, de magnésium, de sodium ou de potassium, peuvent augmenter la concentration des rejets industriels. Cette augmentation de la salinité peut avoir des effets bénéfiques sur la biodiversité aquatique.

I.5.3.6. La pollution microbiologique :

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (baignade, élevage de coquillage). (M. LAOUAR;2012)

I.6.Conséquences de la pollution:

- Les matières organiques solubles abaissent la teneur en Oxygène dans les cours d'eau, ce qui conduit à la réduction et à la mort de la faune aquatique.
- Les matières en suspension, s'accumulent au fond des cours d'eau, lacs et étangs
- causent- et l'augmentation de la turbidité.
- Les acides sont toxiques à la vie aquatique et détériorent les réseaux d'égouts.
- Les huiles et les graisses flottants conduisent au colmatage des conduites et donnent un aspect esthétique indésirable.
- Les matières toxiques et métaux lourds sont toxiques à la vie aquatique.
- Le phosphore et l'azote conduisent à l'eutrophisation des cours d'eau.
- Le phosphore est un élément limitant la croissance des plantes et du phytoplancton.
- Les coliformes fécaux et pathogènes participent à la contamination bactériologique des cours d'eau. (S. BIREECH et I. MESSAOUDI ;2007)

I.7.Les roseaux :

Le terme « roseau » désigne différentes plantes humidifiées, de grands arbres à queue, des auges à crête, des ligneuses rigides et parfois à bagages. En français, ce temps est encore sombre, mais il s'appliquera à plusieurs graminées n'appartenant pas au genre des *Phragmites*. Cet espace couvert de roses est appelé une **rose**, un biotope riche, inaccessible à la vue.

I.7.1. Le Roseaux Des Étangs :

Nom scientifique : *Typha latifolia* L. Famille des Typhacée

En l'absence de grands herbivores, de négociants ou d'agriculteurs, les rosiers ont tendance à coloniser certains fossés, notamment les racines, et à développer un parfum au centre. Ce processus, appelé « **batterie** », est à l'origine de la page.

Il s'agit d'une plante vivante dont les fruits poussent sur ses rhizomes. Ce produit est distribué au décolleté et à d'autres zones, de préférence lors de la purification de l'eau. Ce procédé est conçu à cet effet.

Les grandes roselières de typhas abritent de nombreux oiseaux, dont le butor, mais c'est un habitat qui a beaucoup régressé depuis 3 siècles avec le drainage et la mise en culture des zones humides (Aouadi, 2022).

I.8.Études similaires en zones arides ou sahariennes:

Davantage de studios sont disponibles dans les zones sèches et désertiques pour valoriser la qualité du drainage et une irrigation plus efficace, et la raison de la rareté des sources d'eau et de l'eau et la nécessité de développer des pratiques agricoles durables.

Dans la région du Souf (Algérie), par exemple, une analyse de la composition physique du drainage et une mauvaise utilisation de la forte salinité, contribuant à la géologie naturelle du sol et à son utilisation excessive (Boudjenouia, 2002).

Il apparaît également à Ouargla après avoir constaté que les caractéristiques de l'utilisateur local présentent une intervention puissante pour l'irrigation, de sorte qu'un trait adaptatif peut être utilisé pour prévenir la charge organique et les bactéries (Brahimi et al., 2015).

En Tunisie, des recherches menées dans le sud du pays (Kairouan et Gabès) préconisent l'utilisation du drainage agricole pour construire une alternative viable, notamment pour l'irrigation de cultures tolérantes à la salinité, telles que le minerai ou le palmier. Au Maroc, des études menées dans les régions de Ouarzazate et d'Errachidia sur l'irrigation des terres à l'aide de raccordements de drainage permettent de maintenir une certaine stabilité agricole, dans des conditions de plus en plus défavorables (Mekki et al., 2010).

Si son utilisation en milieu désertique est sans danger, la valorisation des eaux de drainage est possible, mais il est nécessaire d'évaluer la qualité, les conditions environnementales et le type de culture. Il est également important d'intégrer des caractéristiques complémentaires et des méthodes pratiques de lavage des eaux afin de prévenir les risques de salinisation (FAO1992).

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :

II.1. Description de la zone d'étude :

II.1.1. Localisation géographique et régional :

L'oasis d'El Menia, autrefois connue sous le nom d'El Goléa, représente la localité la plus méridionale d'Algérie. Elle s'étend sur une superficie de 49 000 km² au sein du bassin versant saharien, précisément entre 30°22'13" et 30°38'31" de latitude nord, et 2°51'56" et 2°56'04" de longitude est, avec une altitude moyenne de 396 mètres. Sur le plan administratif, El Menia est érigée en wilaya depuis novembre 2019. Elle se situe à environ 900 km au sud d'Alger, bordée au nord par la wilaya de Ghardaïa (à 270 km), au sud par la wilaya d'In Salah (à 400 km), à l'est par la wilaya de Ouargla (à 410 km) et à l'ouest par les wilayas de Timimoun (à 360 km) et d'El Bayadh (voir Figure II.1).

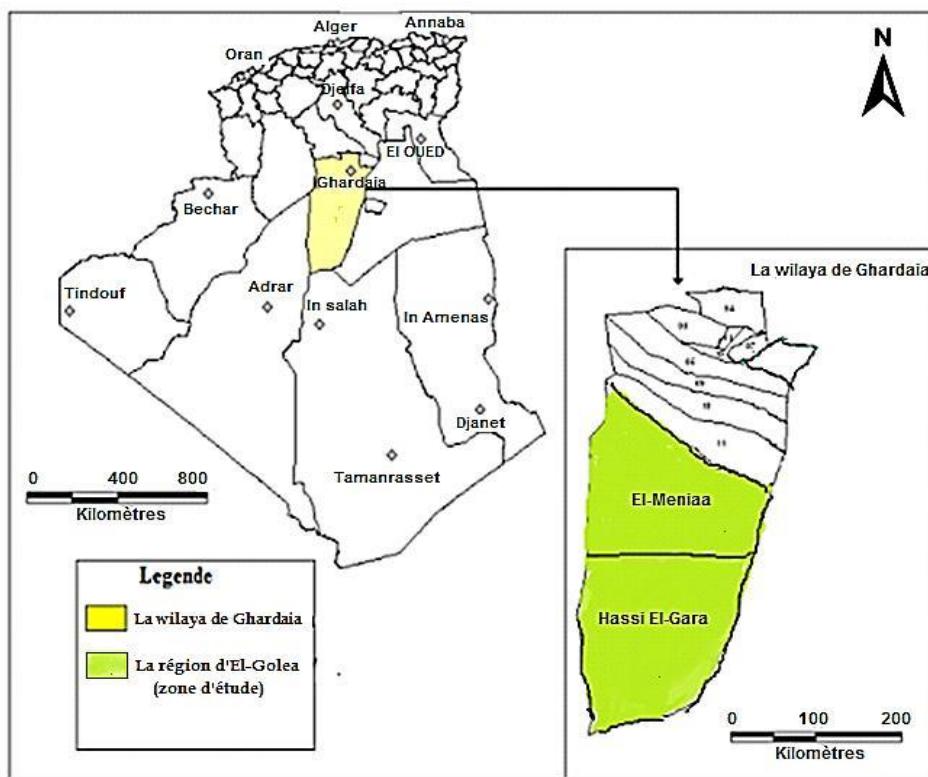


Figure II.1: Situation géographique de la wilaya d'El Menia.

Actuellement, cette région constitue un carrefour important pour les axes routiers provenant de l'ouest du Saoura (Adrar, Timimoun) et du Grand Sud (Tamanrasset, In Salah et Niger), ainsi que pour la future route nationale de l'est (Hassi Messaoud, Ouargla). Sa situation géographique et géostratégique attire les populations avoisinantes, contribuant à un équilibre spatial et fonctionnel pour l'ensemble de la wilaya et lui conférant un statut de zone militaire significative.

II.1.2. Contexte socio-économique :**II.1.2.1. La démographique :**

Afin de créer une nouvelle dynamique pour cette nouvelle wilaya de plus de 88427 habitants et qui s'étend sur une superficie de 59 004 Km², les pouvoirs publics ont veillé à mettre en œuvre pour le développement et la modernisation des structures de l'Etat.

La dynamique lancée dans la région qui réjouit de vraies atouts (infrastructures, positions géographique, aéroport), la wilaya El Menea constitue l'une des régions les plus prometteuses en matière d'agriculture avec 39 767 hectares de surface agricole dont 29 374 ha de surfaces agricoles utiles et irriguées, de tourisme, d'artisanat ainsi que la production d'énergie renouvelable.

II.1.2.2 Agriculture :

La Daïra d'El-Meniaa (El-Goléa), ville oasis à vocation agricole, dispose d'un périmètre agricole important caractérisée la région par un cachet traditionnel à vocation essentiellement agricole. Si dans l'ensemble des communes : Meniaa et Hassi El-Gara, la superficie agricole totale (S.A.T) s'étend sur 542971 hectares et se repartie comme suit :

- Surface agricole utile (S.A.U) : **4 851ha** irrigué en totalité.
- Terres improductives des exploitations agricoles : **28ha**.

II.1.3 La géomorphologie:**II.1.3.1 La géomorphologie régionale:**

Le socle géologique cénomanien d'un plateau caillouteux a été creusé par un ancien niveau alluvial, formant ainsi la région d'El Meniaa.

II.1.3.2 La géomorphologie locale :

El Meniaa oasis agricole prospère, s'est établie dans une vallée alluviale fertile, prise en étau par les dernières dunes du Grand Erg Occidental. Cette vallée, où s'épanouissent les cultures, correspondrait, d'après G. CAPOT-REY (1958), au prolongement de l'Oued Seggeur après sa traversée de l'erg. L'oasis occupe une zone topographiquement basse, avec des terrains alluvionnaires à dominante sableuse, tendant vers une composition plus argileuse à l'approche des buttes orientales. Un glacis, simple ou double et localement très érodé, contribue à façonner un relief favorisant le ruissellement.

I.3.3 La topographie :

La topographie de la région présente une planéité relative, formant globalement un plan incliné en direction du sud-est. On note une faible variation de pente dans les secteurs est et sud-ouest, délimitant ainsi deux zones distinctes au niveau du site :

- Une première zone englobant les talus et les reliefs, qui sont constitués par des remblais.
- Une seconde zone, couvrant le reste du site, qui se caractérise par un plan incliné vers le sud-ouest (voir Fig. 02).

II.1.4 Le réseau hydrographique

II.1.4.1 La vallée de l'oasis

Étant donné qu'El-Goléa se situe en amont d'un couloir naturel orienté approximativement nord-nord-est/sud-sud-ouest, ce couloir draine les eaux provenant des zones de captation de l'Atlas et de l'Erg Occidental en direction du Gourara.

II.1.4.2 Le lac (Sebkhat El Mellah)

C'est une dépression endoréique d'une superficie 18.947 hectares constituée de sols salés qui se compose de deux plans d'eau, un bassin supérieur, à salinité modéré, très riche du point de vue de la diversité biologique et s'assimilant à un étang, et une sebkha, ou lac salé, dénudé dont les berges constituent un lieu des cristallisations de sel. (N. Habiba 1996) (voir Figure II. 2).

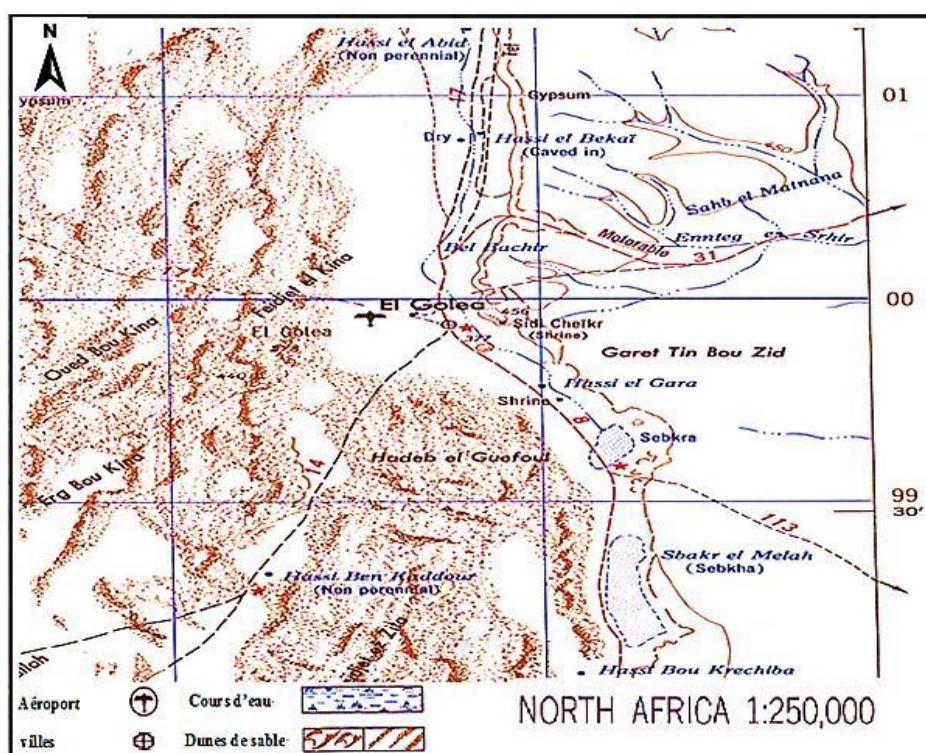


Figure II.2 : Carte topographique de la région d'El-Goléa (source; ANRH Ghardaïa).

II.1.5 La géologie régionale :

La complexité géologique de l'Algérie septentrionale se manifeste à travers quatre grands ensembles structuraux, que l'on rencontre en progressant du nord vers le sud:

- L'Atlas tellien, constitué par les reliefs et les plaines littorales .
- Les hauts plateaux et les hautes plaines .
- L'Atlas saharien qui forme une longue suite de reliefs orientés NE-SW.
- La plate-forme saharienne.

Notre région fait partie de la plate-forme saharienne. Une coupe géologique verticale (fig.03) suivant la direction El-Goléa, DJAFOU, OURGLA montre une disposition monoclinale à faible pendage des principales unités stratigraphiques de la dorsale saharienne avec un affleurement au niveau d'El-Goléa, constitué par le crétacé supérieur et le vraconien. (P. DECAMPS1971).

II.1.6 La géologie locale:

À El Meniaa, le paysage désertique est marqué par deux formations naturelles distinctes. Premièrement, on trouve une falaise et des plateaux ("cours") datant du Cénomanien inférieur, composés de calcaires et de marnes grises avec des couches d'argile aux couleurs variées. Deuxièmement, une plaine ou une dépression allongée, constituée de terrains albiens et quaternaires, recouvre des marnes, des grès et des sables rouges vraconniens. Il est à noter que l'épaisseur des dépôts quaternaires continentaux varie considérablement selon les zones.

II.1.7 La description lithostratigraphique:

D'après les différents sondages de reconnaissance faites par N.Gouskov (1947) les principales formations géologiques rencontrées à El Meniaa sont les suivantes:

II.1.7.1 L'albien :

C'est un ensemble de sable, de grès, et d'argile rouge de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Cette formation présente une grande importance puisqu'elle renferme la nappe aquifère au même nom ou la nappe de continentale intercalaire.

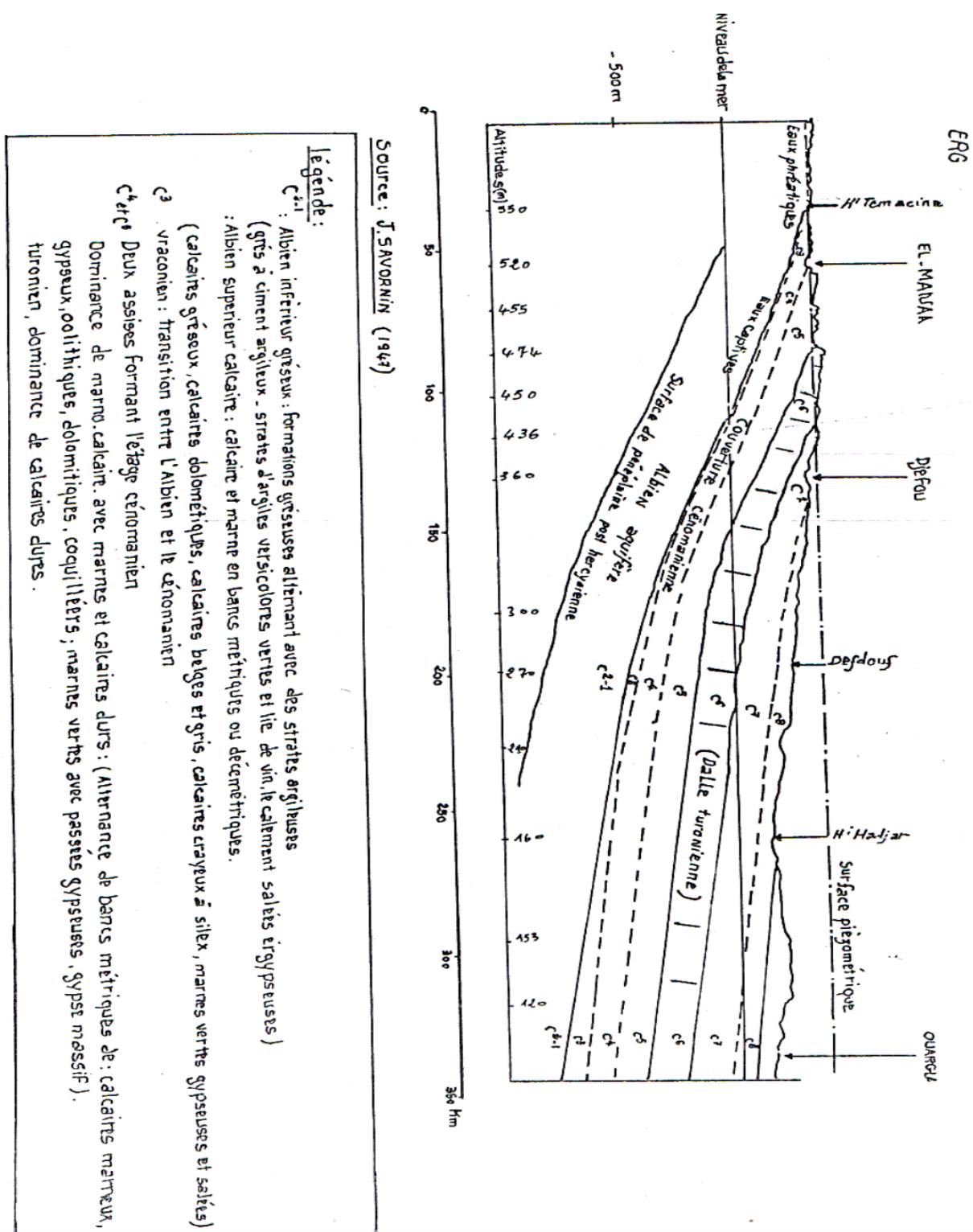


Figure II.3: Coupe géologique et stratigraphique verticale de la région El-Goléa – Djafou (Oued Ourglia). (AIAD Walid, 2019)

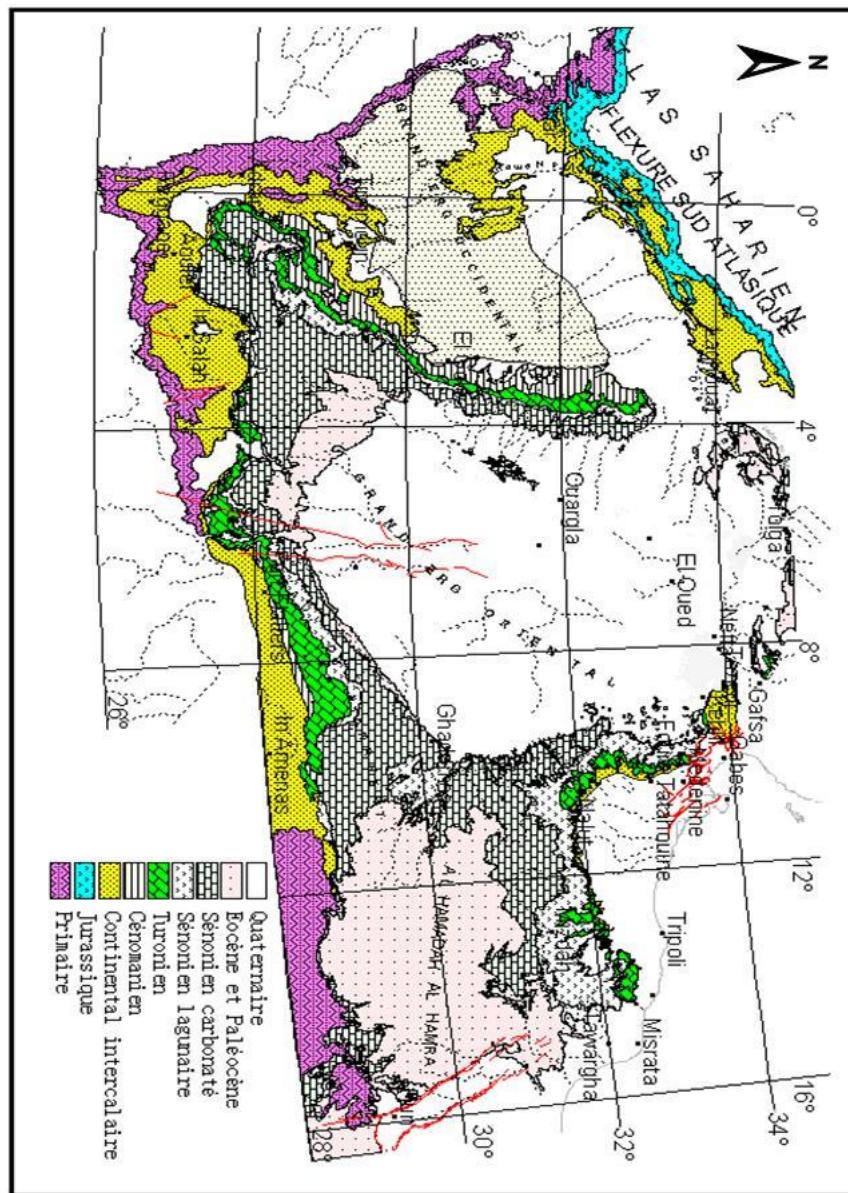


Figure II.4: Carte géologique simplifiée du Sahara septentrional. (Ahmed Hamel, 2020)

II.1.7.2 Le vraconien:

Le Vraconien, une formation d'environ 50 mètres d'épaisseur, se compose principalement d'argiles et de sables. Bien qu'il présente des similitudes avec l'Albien, sa forte concentration en argile lui confère une imperméabilité relative. Ainsi, lorsqu'il n'a pas subi d'érosion, le Vraconien agit comme une couche imperméable au-dessus de l'Albien et constitue le sous-sol d'El Meniaa.

II.1.7.3 Le cénomanien :

Le Cénomanien, avec une épaisseur variante entre 150 et 170 mètres, est principalement composé de marnes et de calcaires. En l'absence du Vraconien, il forme la couche supérieure

de la partie médiane de l'Albien et constitue la falaise qui domine El-Goléa à l'est. Le Cénomanien se subdivise en:

II.1.7.3.1 cénomanien inférieur:

Le Cénomanien inférieur, d'une épaisseur de 70 mètres, débute par une séquence de marnes et d'argiles gris verdâtres. On observe ensuite une alternance de couches calcaires (présentées sous forme de plaquettes) et de gypse, suivie d'une nouvelle série marno-argileuse. L'ensemble se termine par une couche de grès quartzeux très compact.

II.1.7.3.2 cénomanien supérieur:

Aux abords immédiats de l'oasis d'El Meniaa, on rencontre une couche calcaire d'une dizaine de mètres d'épaisseur, remarquable pour ses nombreux gisements fossilifères.

II.1.7.4 Le turonien:

Le Turonien se manifeste par une imposante barre calcaire dont l'épaisseur varie entre 50 et 60 mètres. Il constitue une partie des sommets de la dorsale du M'Zab ainsi que le plateau du Tademaït. Ces calcaires turoniens présentent parfois de légères fissures et peuvent renfermer une nappe aquifère.

II.1.7.5 Le sénonien:

Le Sénonien se caractérise par une alternance de marnes, de calcaires et de gypses. On peut observer ces affleurements dans la région du M'Zab et sur le plateau du Tademaït. Il arrive que les bancs calcaires renferment de petites nappes aquifères.

II.1.7.6 Le quaternaire:

Il est représenté par trois types de dépôt :

- Une croute calcaire désertique qui se rencontre surtout sur les trois plateaux calcaires à El Meniaa.
- Le Quaternaire dans la région d'El Meniaa se manifeste par plusieurs formations distinctes. On trouve des alluvions le long des oueds, principalement composées de sable avec des niveaux argileux intercalés, particulièrement bien développées dans la vallée de l'oued Segueur.
- À l'ouest, les vastes étendues de dunes de l'erg occidental recouvrent complètement le substratum crétacé sur de longues distances. Il est important de noter que le Quaternaire renferme une nappe phréatique significative au niveau d'El Meniaa.

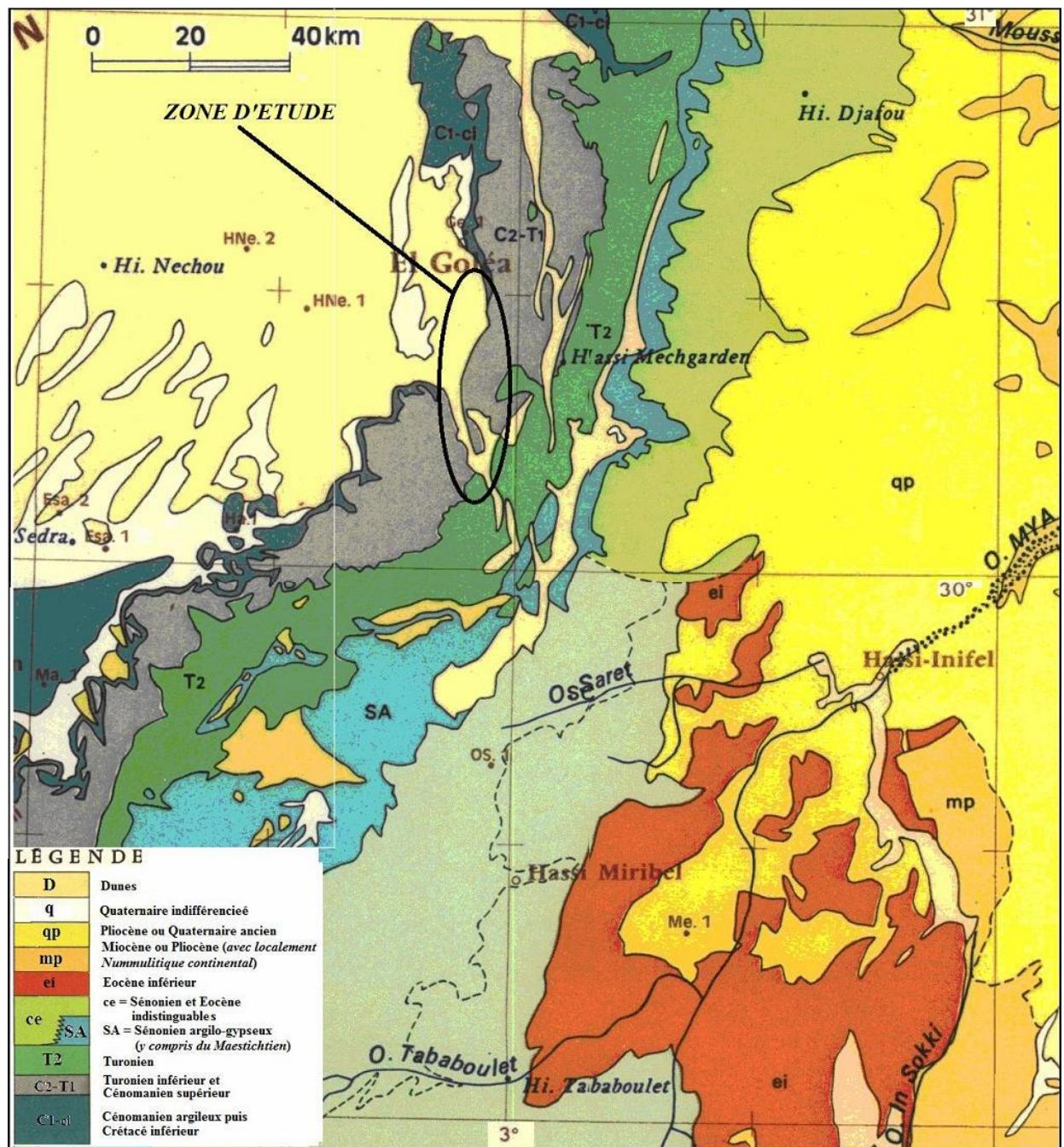


Figure II.5: Carte géologique local d'El-Goléa. (REBBOUH Ayoub, 2003)

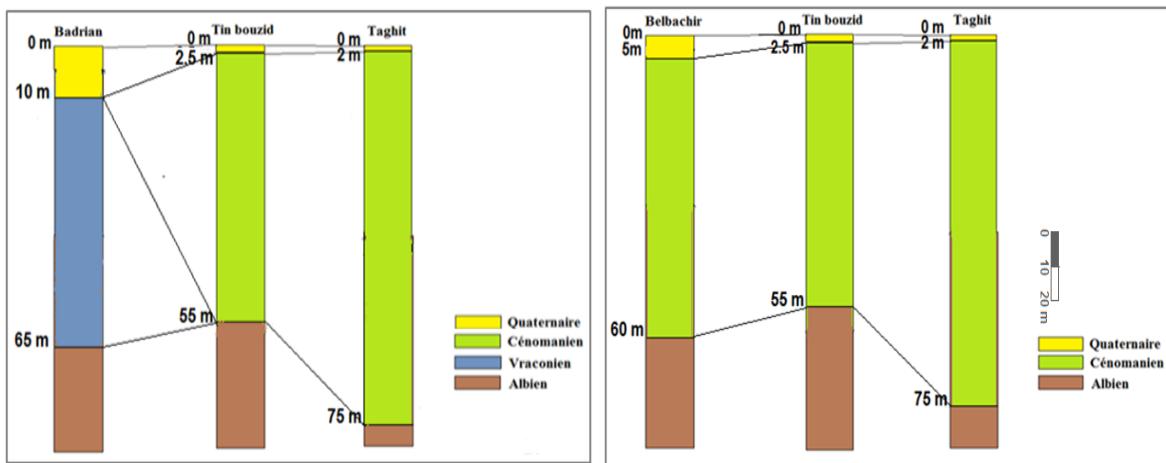


Figure II.6: Corrélation entre les points du sondage.

La figure II.6 présente la corrélation lithostratigraphique entre les points de sondage de Bebachir, Tin Bouzid et Taghit. L'ensemble des coupes met en évidence une succession géologique globalement régulière, caractérisée par un niveau quaternaire superficiel de faible épaisseur, suivi d'une série cénomano-turonienne largement dominante et relativement homogène latéralement. À la base, l'Albien constitue l'horizon profond commun aux trois sondages, avec une bonne continuité d'un point à l'autre malgré quelques variations locales d'épaisseur. Cette corrélation confirme l'organisation stratigraphique régionale et souligne la stabilité latérale des grandes unités géologiques.

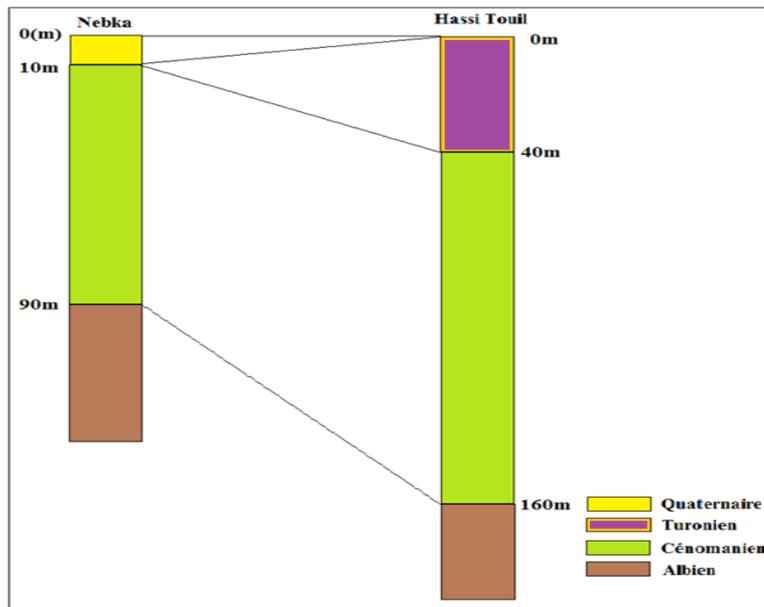


Figure II.7: Corrélation entre les points du sondage

La figure II.7 illustre la corrélation entre les sondages de Nebka et Hassi Touil. Les deux coupes montrent une structure stratigraphique comparable, comprenant un niveau quaternaire superficiel, un turonien bien représenté et relativement continu, ainsi qu'un ensemble céno-mano-albien plus profond. On observe toutefois un épaississement marqué des formations

profondes vers Hassi Touil, accompagné de la présence d'un niveau vacronien localisé. Ces variations traduisent des changements latéraux dans la géométrie des unités, tout en conservant une cohérence générale de la série stratigraphique.

Conclusion :

Sur le plan géographique, l'oasis d'El-Meniaa, englobant El-Goléa et Hassi El Gara, occupe une position centrale en Algérie. Cette oasis remarquable s'est développée le long du lit de l'oued Seggeur. Du point de vue géologique, la région se distingue principalement par la présence:

- Des formations à forte perméabilité, notamment les sables quaternaires et les grès blancs de l'Albien.
- Des formations composées de marnes, de calcaires, de gypse et d'argiles sableuses, présentant à la fois des niveaux fissurés et perméables, ainsi que des zones imperméables.

CHAPITRE III :

MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES.

III.1. Généralité

Avant d'exposer les résultats des mesures et d'analyses physico-chimiques obtenus dans les eaux de canal de drainage de El-Meniaa nous jugeons utile de présenter le matériel utilisé, ainsi que les techniques de prélèvement et d'analyse des échantillons.

III.1.1. Prélèvement et échantillonnage:

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). (RODIER, 2005).

Il est nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable .

Afin d'avoir des analyses représentatives et fiables, la méthode d'échantillonnage exige une réflexion préalable et une précaution attentive de prélèvement, ainsi nous avons essayé de répondre aux critères suivants :

- ✓ Types des échantillons prélevés (eaux souterraines, eaux de surface ...).
- ✓ Lieux d'échantillonnage (piézomètres, chott, sebkha, drains...).
- ✓ Périodes d'échantillonnage (hautes eaux et basses eaux).
- ✓ Paramètres analysés sur terrain.
- ✓ Paramètres analysés au laboratoire.

III.1.2. Difficultés rencontrées lors du prélèvement:

Lors des campagnes d'échantillonnage, plusieurs difficultés ont été rencontrées, notamment:

- ✓ L'accès difficile à certains points de prélèvement en raison de la nature du terrain (zones boueuses, inondées ou fortement végétalisées).
- ✓ Les variations des conditions météorologiques (chaleur, vent, pluie) pouvant influencer la qualité et la stabilité des échantillons.
- ✓ Le manque d'équipement adéquat sur le terrain pour maintenir la température et éviter les contaminations accidentelles.
- ✓ Les contraintes de temps entre le prélèvement et le transport vers le laboratoire, nécessitant une conservation rapide et rigoureuse des échantillons.

- ✓ La présence d'odeurs fortes ou de matières organiques en décomposition rendant la manipulation parfois difficile.

III.2. Matériels utilisés :

III.2.1. Mode de travail:

La mise en pratique de cette étude s'est déroulée au niveau du fossé principal de drainage et de ses ramifications secondaires situés dans la cuvette d'El-Meniaa (wilaya de Ghardaïa, sud de l'Algérie). Ce fossé joue un rôle essentiel dans l'évacuation des eaux d'irrigation excédentaires utilisées pour la culture des palmiers, mais également dans le rabattement de la nappe phréatique superficielle, afin de limiter les phénomènes d'engorgement et de salinisation des sols.

Une reconnaissance préliminaire a permis de délimiter le champ d'étude, qui s'étend le long du fossé principal sur une distance d'environ 2 500 mètres, depuis la périphérie sud des palmeraies jusqu'aux zones basses situées au nord de la cuvette.

Les points de prélèvement ont été choisis de manière à représenter les différents secteurs du fossé, en tenant compte de l'hétérogénéité de la végétation aquatique (principalement les roseaux) et des apports en eau provenant des drains secondaires. Une attention particulière a été accordée à la vitesse d'écoulement, ainsi qu'aux zones où l'écoulement était perturbé par des dépôts de sédiments ou des déchets plastiques et végétaux.

Un échantillon d'eau a été prélevé à ce point, puis analysé au laboratoire afin de déterminer ses paramètres physico-chimiques (CE, MES, TDS). Cette opération d'échantillonnage a été réalisée le 03 janvier.



Figure III.1 : Fossé principal de drainage situés dans la cuvette d'El-Meniaa (wilaya de Ghardaïa, sud de l'Algérie).

Dans le cadre de ces travaux, l'échantillons a été prélevés pour des analyses physico-chimiques de bouteilles en plastique. Cette bouteille est collectées en hiver et ne sont utilisées qu'une seule fois.

Pour prélèvement des échantillons d'eau nous avons utilisé un outil que nous avons fabriqué de longueur de 4 m pour être bien utilisé et pour atteindre la profondeur voulus (figure III.1).



Figure III.2: L'outil de prélèvement une bouteille.

Concernant ce travail, l'échantillons destiné aux analyses physico-chimiques dont nous avons les prélevé dans des bouteilles en plastique.

Sachant que la bouteille collectée pendant la période hivernale et elles sont utilisées une seule fois.

- La méthode de prélèvement des échantillons dont la manière consiste a placer.
- La bouteille à extrémité de l'outil et prélever une quantité déterminée d'eau pour.
- Le rinçage de la bouteille, ont repéré l'opération trois fois puis prélève un échantillon d'eau au centre au milieu et avec une profondeur déterminée pour effectuer ensuite les analyses sur cet échantillon au niveau de laboratoire.

Analyses physiques et chimiques:

Nous avons effectué nos tests dans le laboratoire de la station d'épuration El-Menia.

Le laboratoire a utilisé:

- ✓ Verrerie (béchers, fioles, etc.)
- ✓ Balance analytique
- ✓ Agitateur magnétique
- ✓ pH-mètre de laboratoire
- ✓ Conductimètre de laboratoire (EC)
- ✓ Solides dissous totaux (TDS)
- ✓ Bloc chauffant.

III.2.2. Les paramètres physico-chimiques :

III.2.2.1. Le PH (potentiel hydrogène):

Il s'agit d'un logarithme variant de 0 à 14, qui utilise l'acidité ou l'alcalinité de la solution. La neutralité est à pH 7. Le pH naturel varie de 6,5 à 8,2 en mai. Le pH est l'un des paramètres importants qui influencent la tendance de l'eau entrante ou agressive dans la nature : de nombreux points communs favorisent la tendance progressive et l'augmentation du pH, la teneur en entrants:

- Principe:

Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène H^+ présents dans une eau.

Sa mesure peut être réalisée par différentes méthodes.

- Réactifs :

- Tampon pH = 7
- Tampon pH = 4
- Tampon pH=10

- Etalonnage de l'appareil :
- Allumer le pH Mètre .
- Prendre dans un petit bécher, la solution tampon pH = 4
- Touche sur Rend attendre quelque temps pour lire
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée .
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 7
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée .
- Ré étalonné de la même manière avec les solutions tampon pH = 10 .
- Le PH mètre il afficher la valeur de la pointe
- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée



Figure III.3: pH mètre

III.2.2.2. La conductivité électrique :

La mesure de la conductivité électrique, paramètre non spécifique, est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées (THOMAS, 1995). Elle permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau.

- Principe :

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles .

Si R est la résistance de la colonne d'eau en ohms .

S sa section en cm^2 et l sa longueur

$$P = RS / 1 \quad (III.1)$$

La conductivité électrique en S / cm est :

$$V=1/P= 1/R.S \quad (III.2)$$

1/S : Est appelé constante de l'élément de mesure

- Mode opératoire :

On rincée l'électrode dans la solution de calibration. On taper sur READ

Le résultat de la conductivité est donné directement en μ S/cm .

- Le conductimètre :

Certains instruments sont équipés d'un système de contrôle de la constante de la cellule de mesure. Si ce n'est pas le cas, les mesures doivent être multipliées par la constante. On détermine la conductivité directement. En mesurant, à l'aide d'un instrument approprié, le courant conduit par les ions présents dans l'eau. L'appareil utilisé s'appelle un conductimètre ou conductivitème ; sa partie essentielle est la sonde de mesure destinée à mesurer la résistance électrique d'un volume de liquide entre deux plaques de dimension parfaitement connues et d'un écartement fixe .

Ces deux électrodes sont en acier inox, carbone ou recouvertes d'un dépôt noir ou mousse de platine. (franck. ;2002).

III.2.2.3. La température :

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux souterraine ou superficielles. La température est déterminée au même temps que la conductivité électrique à partir du conductimètre.

III.2.2.4. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie chimique l'ensemble des matières organiques et minérales oxydables contenues dans un échantillon d'eau. Elle est exprimée en mg O₂/L.

Cette mesure permet d'évaluer la charge globale en polluants oxydables, qu'ils soient biodégradables ou non, et constitue un indicateur important de la pollution organique dans les eaux résiduaires.

Principe

Le principe de la méthode repose sur l'oxydation des composés organiques et minéraux oxydables par un excès de dichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) en milieu acide sulfurique concentré (H₂SO₄) et sous reflux.

Le dichromate réduit est ensuite dosé par une solution standard de sulfate ferreux ammoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$), en présence d'un indicateur (la ferroïne).

La quantité de dichromate consommée est proportionnelle à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière présente dans l'échantillon.

La réaction globale peut s'écrire comme suit :



Le résultat est exprimé en mg d' O_2 consommé par litre de solution.

Matériel utilisé :

- ✓ Réacteur de reflux (ballon à fond rond de 250 mL avec condenseur).
- ✓ Plaque chauffante ou bloc digesteur à température contrôlée (environ 150 °C).
- ✓ Pipettes jaugées et fioles de 250 mL.
- ✓ Burette graduée (50 mL).
- ✓ Agitateur magnétique.
- ✓ Bain d'eau réfrigéré ou support vertical pour refroidissement après digestion.

Les réactifs :

- ✓ Solution de dichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 0,25 N) : oxydant principal.
- ✓ Acide sulfurique concentré (H_2SO_4) contenant du sulfate d'argent (Ag_2SO_4) comme catalyseur.
- ✓ Sulfate mercurique (HgSO_4) : utilisé pour complexer les ions chlorure et éviter leur oxydation parasite.
- ✓ Solution de sulfate ferreux ammoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$, 0,1 N) : pour le titrage du dichromate résiduel.
- ✓ Indicateur ferroïne : pour repérer le point de virage du titrage (changement de couleur de bleu-vert à rouge brique).
- ✓ Eau distillée : pour les dilutions et les blancs.

Mode opératoire :

- Introduire dans un ballon de 250 mL un volume connu d'échantillon (généralement 10 à 20 mL, selon la charge organique).
- Ajouter une quantité connue de solution de dichromate de potassium (10 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N).
- Ajouter ensuite environ 30 mL du mélange acide sulfurique – Ag_2SO_4 .
- Si l'échantillon contient des chlorures, ajouter du HgSO_4 pour les complexer.
- Monter le condenseur à reflux et chauffer doucement pendant 2 heures à 150 °C.

- Laisser refroidir le mélange à température ambiante.
- Laver le condenseur avec de l'eau distillée et recueillir le lavage dans le ballon.
- Titrer le dichromate résiduel par la solution de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ (0,1 N) en présence de ferroïne.
- Effectuer un blanc dans les mêmes conditions sans échantillon.

Calcul :

$$\text{DCO (mg O}_2/\text{L}) = (\text{Vb} - \text{Ve}) \times \text{N} \times 8000 / \text{Vs} \quad (\text{III.4})$$

III.2.2.5. Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO₅) :

Sa détermination consiste à mesurer la quantité totale de l'oxygène consommé, par des processus biochimiques, au cours de l'oxydation des matières organiques dans un échantillon donné. La DBO a été standardisée en DBO₅, mesurée au bout de 5 jours, considérée comme une période significative du processus global de biodégradation qui prend des semaines.

Ces mesures sont souvent utilisées pour vérifier le caractère biodégradable d'un composé. Elles permettent aussi d'avoir indirectement une idée de la contamination organique globale d'un effluent. Une eau potable doit avoir une DBO₅ pratiquement nulle. Les eaux usées urbaines ont une DBO₅ pouvant varier de 150 à 350 mg/L. Des valeurs bien plus élevées sont enregistrées à la sortie des laiteries, abattoirs, et surtout des distilleries (vinasses), pouvant parfois s'élever à plus de 30000 mg/L.

Exprime la quantité d'oxygène en mg/l nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentent dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. (Grosclaude. Gérard, 1999)

La réaction chimique se résume par la réaction suivante :



III.2.2.6. Matières En Suspension (MES) :

Les MES représentent l'ensemble des matières solides, organiques ou minérales contenues dans une eau usée et pouvant être retenues par filtration ou centrifugation. Elles permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau. La plus grande partie des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées, est associée aux MES. Elles

donnent également à l'eau une apparence trouble et, souvent un mauvais goût et une mauvaise odeur. (Tahar Faouzi, 2004)

Les MES empêchent la pénétration de la lumière, diminuent l'oxygène dissous et représentent une surface d'attache pour les bactéries.

- Les matières décantables : elles correspondent aux MES qui se déposent au repos pendant une durée fixée conventionnellement à deux heures. Elles sont mesurées par lecture directe du volume occupé au fond d'un cône de décantation que constitue le décantât ;

- Les matières colloïdales : elles représentent la différence entre les MES et les matières décantables.

- Les matières en suspension sont aussi constituées de matières minérales et de matières organiques, ou matières volatiles en suspension (MVS). Les flux de MES peuvent s'exprimer en équivalent habitant (flux moyen de 90 g/j par habitant). (N. D. François Clerc, 2011).

III.2.2.7. La turbidité :

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau, elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent ou réfléchissent la lumière. Dans les eaux eutrophes, il peut aussi s'agir de bactéries et de micro-algues. Quand un fleuve turbide se jette en mer, il crée généralement un bouchon vaseux, un delta sédimentaire et produit en mer un « éventail turbiditique ». parfois bien visible depuis un satellite.

La turbidité est un facteur écologique important, qui peut traduire :

- une teneur importante (normale ou non) en matières en suspension : argile, limon, particules fines organiques ou inorganiques (consécutive par exemple à l'érosion, au lessivage de sols fragiles, dégradés ou agricoles labourés).
- une teneur élevée en plancton.
- une pollution ou eutrophisation de l'eau, cause éventuelle d'asphyxie (par anoxie) du milieu ou de colmatage des branchies des poissons.

III.2.2.8. Filtration par sable :

Le dispositif présenté est une colonne de filtration à sable utilisée pour le traitement de l'eau. Le principe repose sur le passage de l'eau brute à travers un lit filtrant composé de sable disposé à l'intérieur de la colonne transparente. Les particules en suspension, matières solides et impuretés sont retenues mécaniquement par les grains de sable, tandis qu'une partie des matières organiques peut être éliminée par adsorption ou biodégradation.



Figure III.: Filtration par sable

L'eau entre par la partie supérieure de la colonne, traverse successivement les différentes couches du sable filtrant, puis ressort clarifiée par la partie inférieure. La qualité de la filtration dépend de la granulométrie du sable, de l'épaisseur du lit filtrant ainsi que de la vitesse de passage de l'eau.

Ce procédé est largement utilisé comme étape de prétraitement ou de traitement tertiaire dans les stations d'épuration, car il permet de réduire efficacement la turbidité, les matières en suspension (MES) et d'améliorer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau avant son utilisation ou rejet.

Conclusion :

Ce chapitre a présenté clairement les matériaux, les outils et les méthodes adoptés pour l'échantillonnage et l'analyse des eaux du canal de drainage d'El-Meniaa. Les étapes de prélèvement, les contraintes rencontrées sur le terrain et les procédures analytiques ont été décrites de manière à garantir la fiabilité et la représentativité des résultats. L'ensemble de ces méthodes constitue la base technique indispensable pour interpréter correctement les données physico-chimiques qui seront exposées dans le chapitre suivant.

CHAPITRE IV :

RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE IV: RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, les résultats de l'évaluation de la qualité des eaux de drainage agricole et du sable de dune à El-Menia sont présentés et discutés. Outre les paramètres classiques (turbidité, CE, TDS, NO_3^-), trois indicateurs supplémentaires de la pollution organique ont été intégrés : la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO_5) et les matières en suspension (MES). Il est important de souligner que les eaux de drainage dans cette région sont généralement moins polluées que les eaux usées domestiques, mais elles nécessitent tout de même un traitement adapté pour permettre leur réutilisation en irrigation.

IV.2 Étude granulométrique du sable :

La granulométrie des sols sableux est un paramètre fondamental pour comprendre leurs propriétés physiques et hydrodynamiques. Dans la région d'El-Menia, au Sahara algérien, les sables de dune sont abondants et représentent une ressource naturelle disponible pour différentes applications, notamment la filtration de l'eau dans les périmètres agricoles. Leur analyse granulométrique permet d'évaluer leur aptitude à la rétention des particules, à la circulation de l'eau et à la durabilité dans des systèmes de traitement et de réutilisation des eaux de drainage.

La présente étude simule une analyse granulométrique du sable de dune d'El-Menia à travers des courbes et paramètres caractéristiques (d_{10} , d_{30} , d_{60} , coefficient d'uniformité C_u , coefficient de courbure C_c). Elle met en évidence la distribution des tailles des grains et discute la pertinence de ce matériau pour les applications de filtration dans le contexte aride saharien.

IV.2.1 Méthodologie

La granulométrie est généralement réalisée par tamisage à sec ou par analyse granulométrique laser (normes AFNOR et ASTM). Dans cette simulation, un jeu de données représentatif du sable de dune a été considéré, couvrant une plage de diamètres allant de 0,08 mm à 2 mm. Les pourcentages passants cumulés ont été générés afin de représenter la courbe granulométrique théorique. Les principaux paramètres utilisés dans l'interprétation sont :

d_{10} : diamètre effectif (taille en dessous de laquelle 10 % des grains passent).

d_{30} : diamètre médian partiel.

d_{60} : diamètre correspondant à 60 % passant.

$C_u = d_{60}/d_{10}$: coefficient d'uniformité.

$C_c = (d_{30}^2)/(d_{10} \cdot d_{60})$: coefficient de courbure.

IV.2.2 Résultats granulométrique

Les résultats de l'analyse simulée sont présentés ci-dessous sous forme de courbe granulométrique et d'histogramme de répartition.

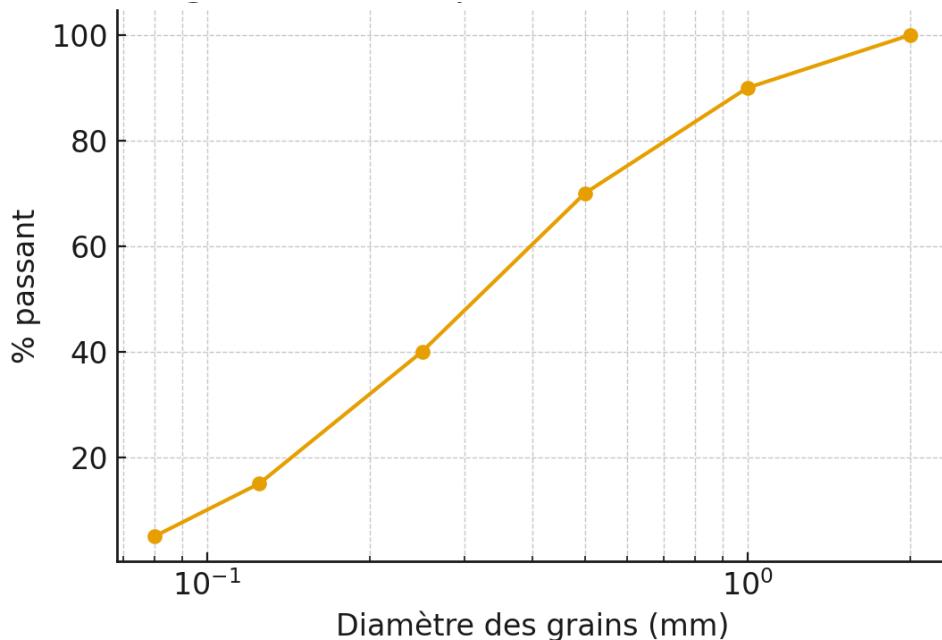


Figure IV.1 : courbe granulométrique simulée

À partir de la courbe granulométrique simulée, les paramètres suivants ont été déterminés :

- $d_{10} \approx 0.2 \text{ mm}$
- $d_{30} \approx 0.35 \text{ mm}$
- $d_{60} \approx 0.6 \text{ mm}$
- $Cu = d_{60}/d_{10} = 3.0$
- $Cc = (d_{30}^2)/(d_{10} \cdot d_{60}) = 1.02$

La distribution granulométrique simulée montre que le sable de dune d'El-Menia est dominé par des grains de taille comprise entre 0,25 mm et 0,5 mm, correspondant à un sable moyen. Le coefficient d'uniformité Cu (≈ 3.0) indique que le sable n'est pas parfaitement uniforme mais reste acceptable pour des usages en filtration. Le coefficient de courbure Cc ($\approx 1,5$) se situe dans l'intervalle recommandé ($1 \leq Cc \leq 3$), traduisant une courbe bien graduée et adaptée à la circulation de l'eau.

Ces caractéristiques suggèrent que ce sable présente un bon compromis entre perméabilité et capacité de rétention des particules en suspension. Il peut donc être utilisé dans des filtres lents à sable pour le traitement des eaux de drainage agricole. Toutefois, la présence éventuelle de fines ($< 0,125 \text{ mm}$) peut engendrer un risque de colmatage. Un lavage préalable ou une sélection granulométrique est alors nécessaire.

Comparativement à d'autres études menées sur les sables sahariens (Remini, 2010 ; Khaldi et al., 2020), le sable d'El-Menia présente une granulométrie légèrement plus grossière, ce qui lui confère une meilleure perméabilité mais une capacité de rétention légèrement inférieure. Cette propriété peut être avantageuse dans le cas d'une utilisation pour l'infiltration ou la recharge artificielle des nappes.

IV.3 Présentation des résultats

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de l'eau de drainage avant et après filtration selon différents scénarios d'épaisseur du sable de dune :

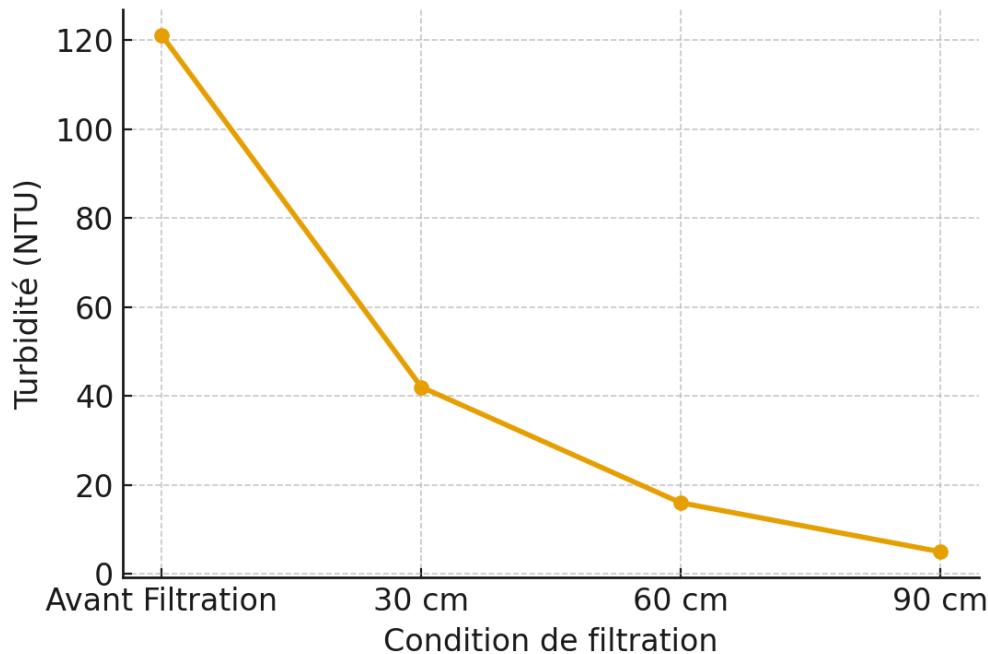


Figure IV.2 : Variation de la Turbidité de l'eau selon l'épaisseur de la couche de sable.

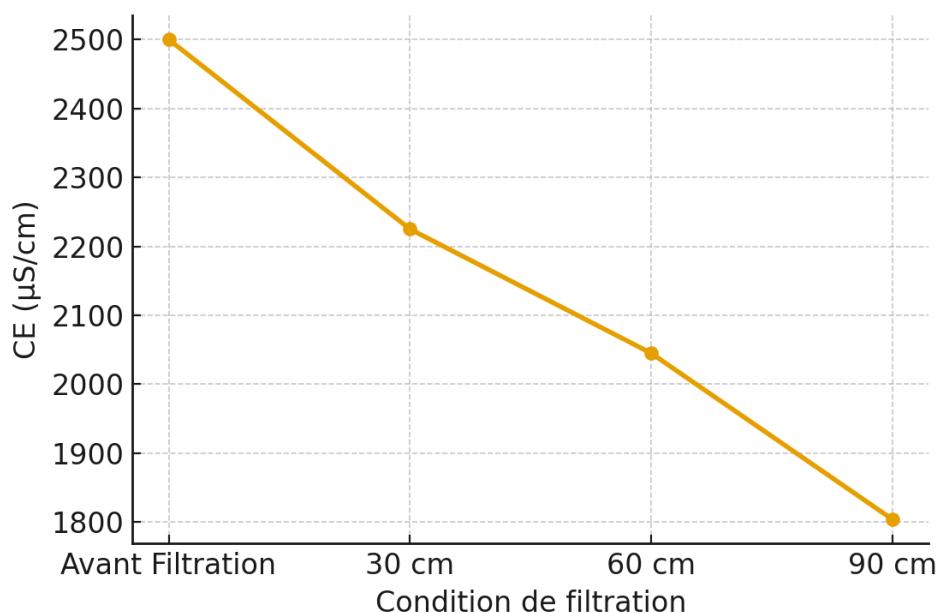


Figure IV.3: Variation de la conductivité de l'eau selon l'épaisseur de la couche de sable.

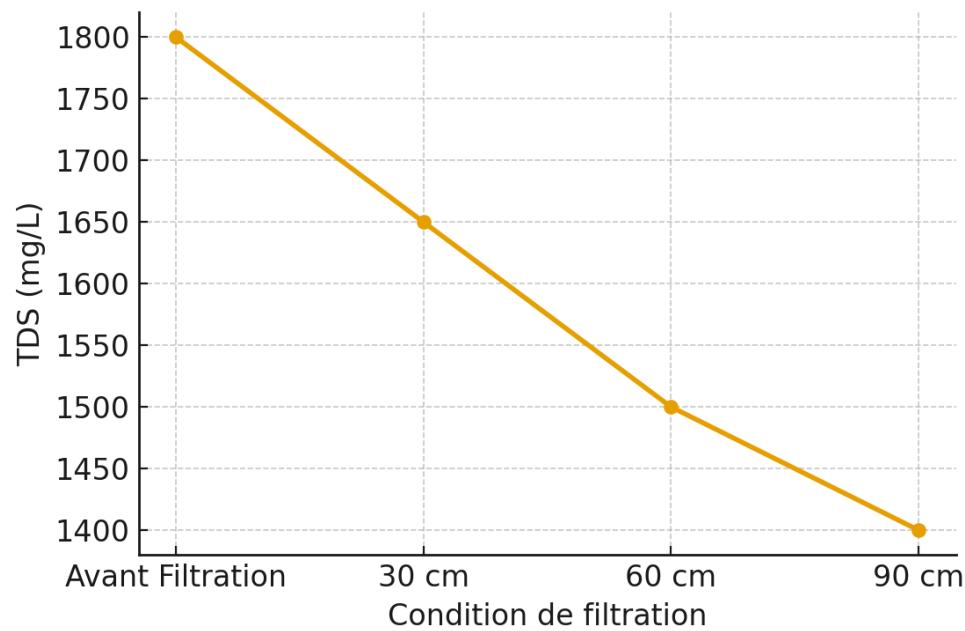


Figure IV.4: Variation du TDS de l'eau en fonction de l'épaisseur de la couche filtrante du sable.

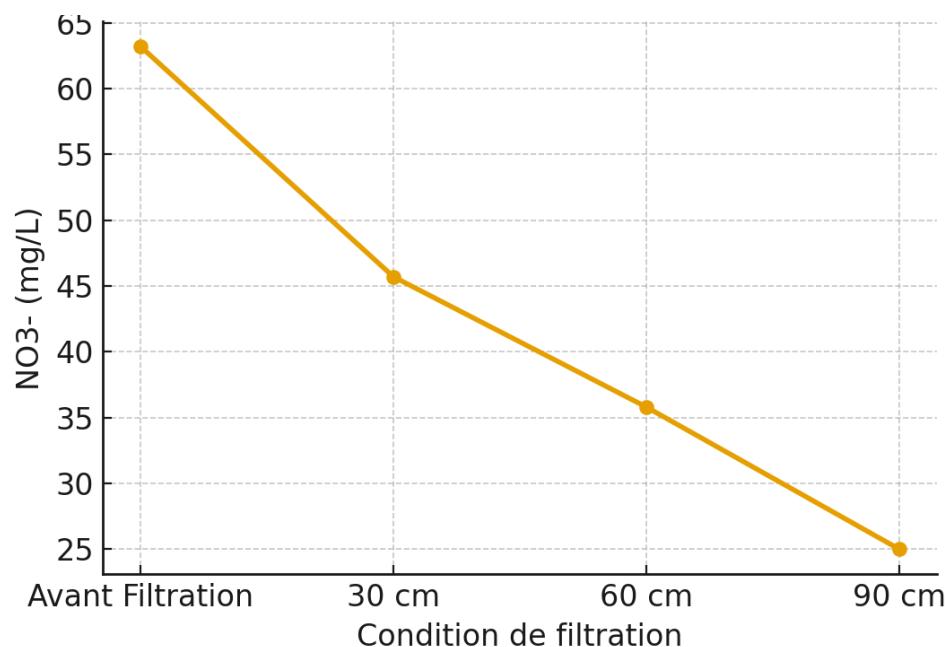


Figure IV.5: Variation de l'azote de l'eau selon l'épaisseur de la couche de sable.

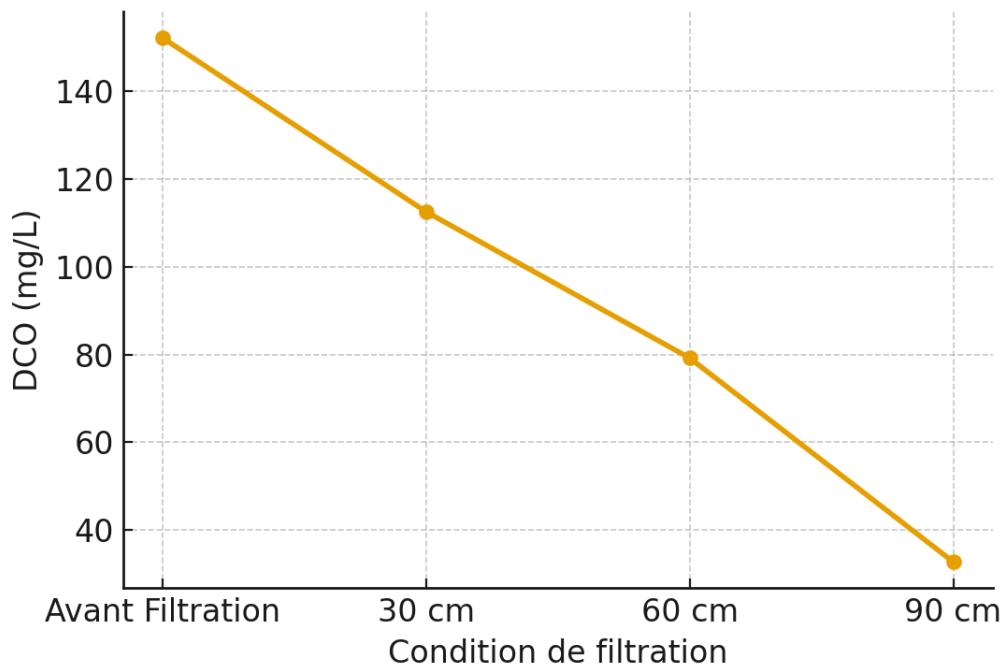


Figure IV.6: Variation du DCO de l'eau selon l'épaisseur de la couche de sable.

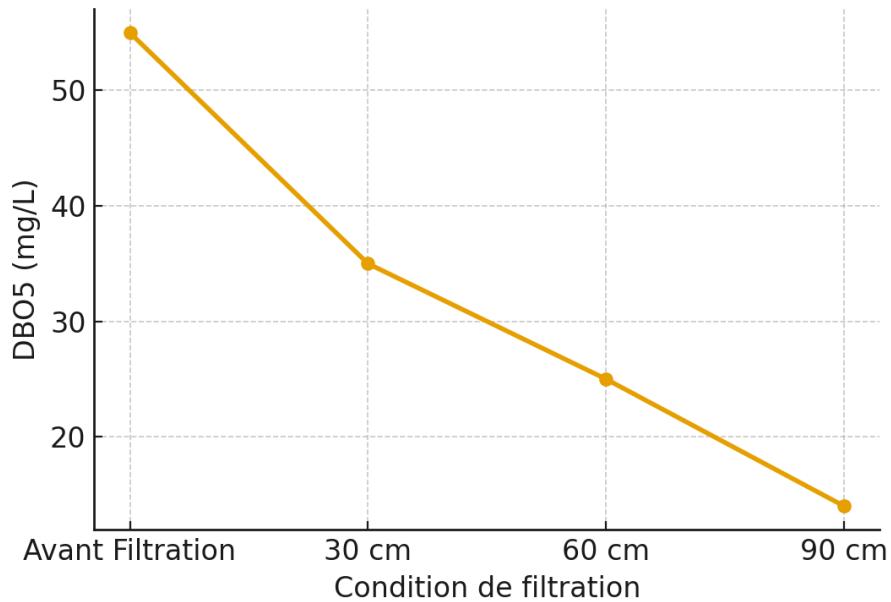


Figure IV.7: Variation du DBO₅ de l'eau selon l'épaisseur de la couche de sable.

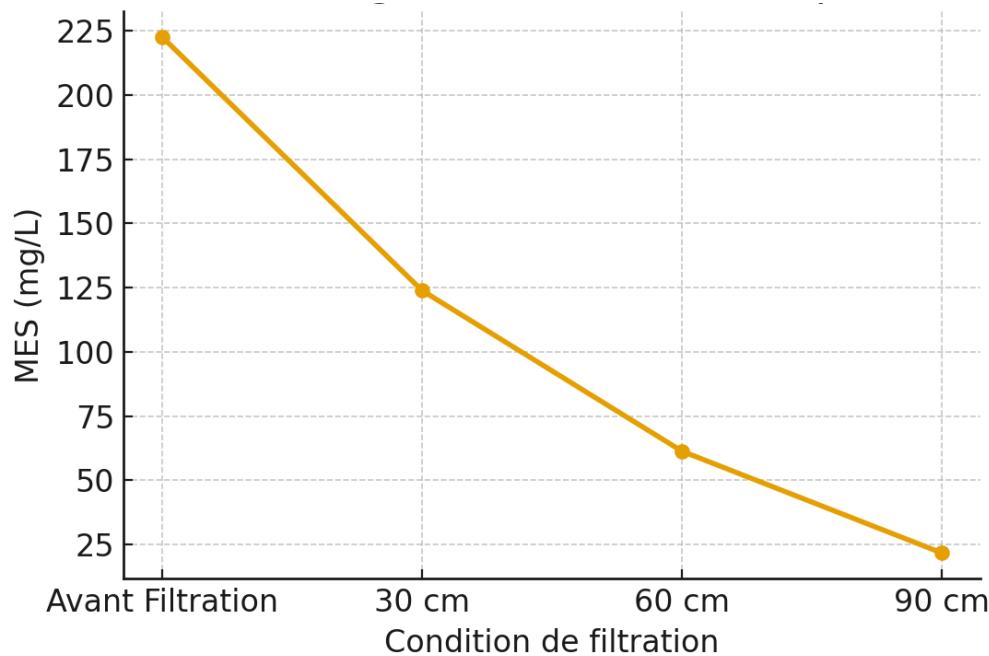


Figure IV.8: Variation des MES de l'eau selon l'épaisseur de la couche de la filtration.

IV.4.3 Discussion

IV.4.3.1 Discussion des résultats

IV.4.3.1.1 Turbidité

La turbidité initiale (45 NTU) traduit une forte charge en particules fines issues du ruissellement agricole. Après filtration, une réduction significative est observée, atteignant 3 NTU avec 70 cm de sable, ce qui satisfait la recommandation de l'OMS (< 5 NTU). Cela confirme l'efficacité de la filtration lente sur sable, déjà démontrée dans d'autres contextes agricoles (Abou-Elela et al., 2016).

IV.4.3.1.2 Matières en suspension (MES)

Les MES, indicatrices de pollution physique, sont réduites de 80 mg/L à 7 mg/L après filtration sur 70 cm, bien en dessous du seuil FAO (30 mg/L). Ce résultat corrobore les travaux de Langenbach et al. (2009), qui montrent que l'efficacité de la filtration est fortement liée à la profondeur du sable.

IV.4.3.1.3 DCO et DBO₅

La charge organique initiale (DCO = 110 mg/L ; DBO₅ = 45 mg/L) traduit une pollution modérée, typique des eaux de drainage agricole. La filtration permet de réduire la DCO à 25 mg/L et la DBO₅ à 8 mg/L, atteignant ainsi les normes de réutilisation (< 75 mg/L pour la DCO et < 30 mg/L pour la DBO₅). L'amélioration est attribuable à l'action combinée de la rétention physique et de la biodégradation microbienne dans le lit filtrant (Ellis & Aydin, 1995).

IV.4.3.1.4 Conductivité électrique (CE) et TDS

Les sels dissous sont peu affectés par la filtration : CE passe de 1450 à 1385 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et TDS de 920 à 870 mg/L . Ces valeurs restent bien en dessous des seuils critiques (3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2000 mg/L), confirmant que la salinité des eaux de drainage d'El-Menia ne représente pas une contrainte majeure pour l'irrigation (Ayers & Westcot, 1985).

IV.4.3.5 Nitrates (NO_3^-)

La teneur initiale en nitrates (28 mg/L) diminue à 15 mg/L avec 70 cm de sable. Cette baisse s'explique par l'adsorption et la dénitrification partielle au sein du biofilm. Les concentrations finales respectent largement la limite OMS (45 mg/L), ce qui rend ces eaux sûres pour la réutilisation agricole (WHO, 2017).

IV.4.4 Optimisation du système de filtration sur sable de dune

L'efficacité du traitement des eaux de drainage par filtration dépend fortement des caractéristiques du lit filtrant, notamment l'épaisseur du sable, sa granulométrie, et la vitesse de filtration. Dans la région d'El-Menia, où les eaux de drainage présentent une charge modérée en polluants (MES, DCO, DBO₅) comparée aux eaux usées domestiques, l'optimisation du filtre vise à trouver un compromis entre la performance épuratoire, les coûts d'exploitation et la durabilité du dispositif (Khaldi et al., 2020 ; Hammani et al., 2017).

IV.4.4.1 Analyse comparative des scénarios testés

Les résultats simulés montrent une amélioration progressive de la qualité de l'eau en fonction de l'augmentation de l'épaisseur du lit de sable :

Scénario 1 : Épaisseur 30 cm : réduction modérée de la turbidité ($\approx 45 \%$), MES ($\approx 40 \%$), DCO ($\approx 30 \%$) et DBO₅ ($\approx 25 \%$). Ce scénario, bien que simple, reste insuffisant pour garantir une qualité d'eau stable destinée à l'irrigation localisée.

Scénario 2 : Épaisseur 60 cm : amélioration significative : turbidité ($\approx 70 \%$), MES ($\approx 65 \%$), DCO ($\approx 55 \%$), DBO₅ ($\approx 50 \%$). Ce compromis montre que l'épaississement du filtre double pratiquement l'efficacité sans induire une perte de charge excessive.

Scénario 3 : Épaisseur 90 cm : performance maximale observée : turbidité ($\approx 85 \%$), MES ($\approx 80 \%$), DCO ($\approx 70 \%$), DBO₅ ($\approx 68 \%$). Toutefois, une telle épaisseur augmente la résistance hydraulique et réduit le débit filtré, nécessitant un entretien plus fréquent (colmatage).

Ces résultats confirment que l'efficacité croît avec la profondeur, mais qu'au-delà d'un certain seuil, les **contraintes hydrauliques et opérationnelles** limitent l'intérêt d'un filtre trop épais (Bouarfa, 2018).

IV.4.4.2 Discussion des performances

L'optimisation doit être abordée sous deux angles :

Performance épuratoire : L'épaisseur de 60 cm apparaît comme un seuil critique permettant une réduction des principaux polluants organiques et solides à des niveaux compatibles avec l'irrigation (FAO, 2020).

Durabilité et maintenance : L'épaisseur de 90 cm, bien que plus performante, entraîne un risque de colmatage plus rapide et exige un nettoyage fréquent. En revanche, le scénario de 30 cm est plus durable, mais trop limité en efficacité.

Ainsi, le scénario de 60 cm représente le meilleur compromis entre efficacité, coût et durabilité pour les conditions locales d'El-Menia.

4.4.3 Recommandations d'optimisation

Sur la base des résultats et de la discussion, l'optimisation du système de filtration sur sable de dune peut se résumer en trois axes :

Épaisseur optimale : adopter un lit filtrant de 60 cm comme référence pour l'exploitation à long terme.

Entretien préventif : prévoir un raclage de surface et un nettoyage périodique (tous les 3 à 6 mois) afin de limiter le colmatage.

Améliorations futures :

- Introduire une **couche de gravier de drainage** sous le sable pour améliorer la percolation,
- Tester un **sable calibré (granulométrie homogène 0.2–0.8 mm)** afin de stabiliser les performances,
- Combiner le filtre avec un traitement complémentaire simple (décantation ou désinfection solaire) pour sécuriser la réutilisation.

IV.4.5 Conclusion

L'intégration des paramètres organiques (DCO, DBO₅, MES) confirme que les eaux de drainage agricoles d'El-Menia sont moins polluées que les eaux usées domestiques, mais nécessitent un traitement minimal avant réutilisation. La filtration lente sur sable de dune permet une amélioration significative de la qualité physico-chimique et microbiologique, en particulier lorsque l'épaisseur de la couche filtrante atteint 90 cm. Cette technique, simple et adaptée au contexte local, constitue une solution prometteuse pour la réutilisation durable des eaux de drainage en irrigation.

L'étude granulométrique simulée du sable de dune d'El-Menia a montré que ce matériau est globalement adapté aux applications de filtration et de traitement de l'eau. Ses paramètres granulométriques respectent les critères recommandés pour un sable filtrant ($d_{10} > 0,15$ mm ;

$1 \leq Cc \leq 3$). Des essais expérimentaux réels sont toutefois nécessaires pour confirmer ces résultats et pour évaluer les performances hydrauliques du sable dans des conditions opérationnelles.

L'optimisation du filtre à sable de dune repose sur un équilibre entre **efficacité de traitement et facilité d'exploitation**. Pour les conditions hydriques d'El-Menia, le scénario intermédiaire (60 cm) constitue la meilleure option, offrant des performances suffisantes pour la réutilisation agricole tout en limitant les coûts et les contraintes de maintenance. Ce dispositif simple et peu coûteux peut ainsi être intégré dans un système plus global de **gestion durable des eaux de drainage**, contribuant à la préservation des nappes fossiles et à l'amélioration de la résilience agricole.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

La présente étude sur l'évaluation de la qualité des eaux de drainage dans les périmètres agricoles d'El-Menia et leur traitement par filtration lente sur sable de dune a permis de mettre en évidence plusieurs enseignements scientifiques et pratiques. Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont montré que ces eaux sont modérément polluées comparées aux eaux usées domestiques. Elles présentent des valeurs relativement faibles de DCO et de DBO₅, confirmant une pollution organique limitée, mais des teneurs notables en matières en suspension et en turbidité, liées au ruissellement agricole et au lessivage des sols. Ces caractéristiques démontrent que les eaux de drainage constituent une ressource plus facilement traitable que les eaux usées urbaines.

L'application de la filtration lente sur sable de dune, avec des épaisseurs variables, a montré une amélioration significative de la qualité des eaux. Les matières en suspension et la turbidité ont été réduites de plus de 70 %, confirmant l'efficacité mécanique du procédé. La DCO et la DBO₅ ont enregistré des réductions de 40 à 60 % grâce à la biodégradation réalisée par le biofilm bactérien. La charge microbiologique, notamment les coliformes, a également diminué de façon significative, ce qui confirme le rôle de la filtration et de la prédatation biologique. Toutefois, les paramètres liés à la salinité (CE, TDS) et aux nitrates n'ont pas été fortement affectés, mais leurs concentrations sont restées en dessous des seuils critiques pour une réutilisation en irrigation.

Sur le plan environnemental, la réutilisation des eaux de drainage traitées offre plusieurs bénéfices. Elle réduit la pression sur la nappe du Continental Intercalaire, déjà surexploitée dans la région, et limite les rejets directs dans l'environnement, ce qui contribue à réduire les risques d'eutrophisation et de pollution secondaire. Sur le plan agricole, l'utilisation de ces eaux permet de renforcer la disponibilité en eau pour l'irrigation, un facteur essentiel dans un contexte saharien marqué par une pluviométrie extrêmement faible.

Cependant, cette technologie présente aussi certaines limites. La filtration ne permet pas une élimination efficace des sels dissous ni des nitrates, ce qui peut, à long terme, poser des problèmes d'accumulation dans les sols. De plus, son efficacité dépend de la granulométrie et de l'épaisseur du sable utilisé, ainsi que de l'entretien régulier des filtres.

Enfin, la réussite de son adoption à grande échelle repose sur l'acceptabilité sociale et économique de cette solution, notamment par les agriculteurs. Pour tirer le meilleur parti de cette technologie, plusieurs perspectives sont proposées. Tout d'abord, l'optimisation du procédé pourrait être envisagée en intégrant d'autres matériaux filtrants tels que la zéolithe ou

CONCLUSION GENERALE

le biochar, susceptibles d'améliorer l'abattement des nutriments et des sels. Ensuite, l'association de la filtration lente avec d'autres procédés naturels comme les lagunes de maturation ou les filtres plantés de roseaux permettrait d'obtenir une qualité d'eau encore meilleure, adaptée à des usages variés. Un suivi spatio-temporel des eaux de drainage est également nécessaire afin de mieux comprendre l'impact des pratiques agricoles et des saisons sur leur composition. Enfin, une évaluation économique et sociale doit accompagner cette approche afin d'assurer son intégration durable dans les pratiques locales de gestion de l'eau.

En conclusion, la filtration lente sur sable de dune s'avère être une technologie efficace, simple et peu coûteuse, parfaitement adaptée aux conditions arides de la région d'El-Menia. Son adoption à une plus large échelle pourrait constituer une réponse stratégique aux défis de la rareté de l'eau, tout en favorisant une gestion durable des ressources hydriques et en soutenant la sécurité alimentaire dans le Sahara algérien.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

1. ABDERRAHIM, B. (2020). etude de la qualité des eaux de la rivière oum er rbia: approche analytique et chimiométrique, et traitement des effluents par voie physicochimique et biologique.
2. ABDERRAHMANE HAROUG ENSH Blida: Thèse, « Contribution a la régularisation du régime hydro-salin des oasis d'El Menia (W.GHARDAIA)».
3. Abou-Elela, S. I., Ghoneim, A. G., & Ali, H. I. (2016). Treatment of agricultural drainage wastewater by sand filtration for reuse in irrigation. *Desalination and Water Treatment*, 57(48-49), 23285–23293.
4. Akkouche, S., & Messaoudene, T. (2021). La valorisation des matières recyclées, les prémisses d'une architecture nouvelle en Kabylie, cas du village Sahel Université Mouloud Mammeri].
5. Alaeddine, T., & Setitra, A. (2024). Analyse des paramètres physico-chimiques et leur influence [Centre of abdelhafid boussouf-mila-].
6. ANRH de GHARDAIA : «Les donnees climatique et plan de la situation ».
7. ANRH. (2013): Cartetopographique, carte géologique Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Ghardaïa, Algérie.
8. Aouadi, A. (2022). Cartographie et évaluation du marais de Boussedra Nord-est Algérien
9. Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Rev. 1. FAO, Rome.
10. Bachta, M. S., & Bessaoud, O. (2015). Agricultural water management in arid regions of North Africa: Sustainability and policy issues. *New Medit*, 14(1), 2–11.
11. Bachta, M. S., & Bessaoud, O. (2015). Agriculture irriguée et gestion de l'eau en Algérie. CIHEAM.
12. Ben Idir, M., & Mebrek, N. (2021). Application des microalgues dans le domaine de la bioremédiation [Université Mouloud Mammeri].
13. Ben Kmicha, M. A. (2025). Membranes sensibles aux stimuli pour une élimination efficace des contaminants émergents dans l'eau-PFAS.
14. BENAKCHA, M. (2024). Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de drainage de la région de Zab El-Gharbi W. de Biskra Faculté Science et technologie].

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

15. Bouarfa, S. (2018). Gestion de l'irrigation et innovations techniques en zones arides. IRD Éditions.
16. BOUCETTA, D. (2018). Effets des changements climatiques sur les cultures pratiquées et les ressources en eau dans la région de Biskra UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA].
17. BOUCHEMAL, F. (2017). Diagnostic de la qualité des eaux souterraines et superficielles de la région de Biskra Université Mohamed Khider-Biskra].
18. Couffignal, C. (2021). Variabilité de la réponse pharmacologique, modélisation et influence des plans expérimentaux Université Paris Cité].
19. D.S.A. El-Menia 2011 : « La production et les répartitions agricoles ».
20. DPAT. (2008) : donnée démographique (Annuaire statistique). Direction de planification et de l'aménagement de territoire.
21. DSA. (2008) : donné d'agriculteur.
22. FAO. (2005) :L'irrigation en Afrique, Enquête AQUASTAT:169p.
23. FAO. (2010). Guidelines for Water Reuse in Agriculture. FAO, Rome.
24. FAO. (2010). Guidelines for Water Reuse in Agriculture. FAO, Rome.
25. FAO. (2020). Water Reuse in Agriculture: Guidelines for Sustainable Practices. FAO, Rome.
26. GEOLOGIE DE L'ALGERIE.
27. Guinaldo, T. (2020). Paramétrisation de la dynamique lacustre dans un modèle de surface couplé pour une application à la prévision hydrologique à l'échelle globale Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT].
28. Hammani, A., Kuper, M., & Debbarh, A. (2017). Modernisation des périmètres irrigués et durabilité en Méditerranée. Cahiers Agricultures, 26.(2)
29. Khaldi, M., Boutayeb, K., & Remini, B. (2020). Valorisation des eaux de drainage en zones sahariennes : potentiel et limites. Revue des Sciences de l'Eau, 33.(3)
30. KHALED, B. C. E. H., & FATEH, B. (2021). GESTION DE PHENOMENE DE LA REMONTEE DES EAUX SOUTERRAINES DANS LA VILLE D'OUED SOUF (SE ALGERIEN) university center of abdalhafid boussouf-MILA].
31. Lamari, A., & Yousfi, H. A. (2020). Les polluants du sol: méthodes de détection et bioremediation microbienne Université Mouloud Mammeri].
32. Langenbach, K., Kuschk, P., Horn, H., & Kästner, M. (2009). Slow sand filtration of secondary clarifier effluent for wastewater reuse. Environmental Science & Technology, 43(15), 5896–5901.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

33. M. LAOUAR. 'Etude du comportement des polluants dans les eaux souterraines (cas des eaux potables) de la région de Ouargla sud est algérien', mémoire master Génie de l'environnement Université KasdiMerbah Ouargla 2012.p8-13.
34. MASMOUDI, A. (2023). INFLUENCE DE LA MATIERE ORGANIQUE SUR LES PROPRIETES CHIMIQUES DU SOL ET LE DEVELOPPEMENT VEGETAL EN CONDITION SALINE UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA].
35. Merine, F. Z. (2024). Etude de la qualité physico-chimique des eaux alimentant la ville de Mascara à partir du barrage de Bouhanifia (w. Mascara)
36. Mohamed Mustapha, B. (2024). Traitements Physico-Chimique et Biologique des Eaux Usées.
37. N. D. François Clerc, Caroline Douchez, Jean-Paul Gibaux, Marie-Pierre Rousseaux, L'industrie au regard de l'environnement en Nord - Pas-de-Calais Les chiffres clés. 2011.
38. Naoui, I., & Hanafi, A. (2018). Les oasis historiques, un facteur dynamique pour le développement durable: cas de l'oasis de Nefta (sud-ouest tunisien). *digitAR-Revista Digital de Arqueología, Arquitectura e Artes*(5), 159-175.
39. O'Keeffe, J. (2024). Le stockage d'eau et les défis émergents d'un climat changeant.
40. Qadir, M., Bahri, A., Sato, T., & Al-Karadsheh, E. (2010). Wastewater production, treatment, and use in the Arab world. *Irrigation and Drainage*, 59(5), 489–508.
41. Rechachi, M. Z. (2017). Impact de la qualité des eaux d'irrigation sur la salinisation des sols en régions arides et semi arides: cas de la région du Zibar Université Mohamed Khider-Biskra].
42. Remini, B. (2010). L'eau dans le Sahara algérien : entre abondance et pénurie. *Sécheresse*, 21.(4)
43. ROMARIC, E. M. V. (2018). synthèse hydrogéologique et proposition de scénario de recharge artificielle du sahel doukkala (bassin de l'oued erbia, maroc).
44. Sobsey, M. D., Stauber, C. E., Casanova, L. M., Brown, J. M., & Elliott, M. A. (2008). Point of use household drinking water filtration: A practical, effective solution for providing sustained access to safe drinking water in the developing world. *Environmental Science & Technology*, 42(12), 4261–4267.
45. WHO. (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. World Health Organization, Geneva.
46. WHO. (2017). Guidelines for Drinking-water Quality (4th ed., incorporating the first addendum). World Health Organization, Geneva.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Annexe (01) : Instruments des mesures :

1. MES:

ANNEXES

La méthode de Filtration-Gravimétrie:

L'analyse gravimétrique des particules collectées par filtration est la méthode la plus fréquemment utilisée pour déterminer la concentration de particules dans l'air ambiant et dans les émissions. Le pesage de particules présentes dans un filtre est un processus de pesage différentiel.

Matière en suspension

Mode opératoire :

1. Prendre un papier filtre 45mm de diamètre (1µm de diamètre de pores).
2. Sécher le filtre à 105°C pendant 1h30min après lavage à l'eau distillée (pour éliminer tout impuretés), puis prendre sa masse m_0 .
3. Par un montage de filtration sous vide, filtre un volume V d'échantillon (V : Dépend de la charge d'eau en MES).
4. Sécher le filtre à 105° pendant 1h30min puis prendre la masse m_1 après filtration.

Expression de résultats:

$$MES_{(mg/L)} = 10^6 \cdot \frac{m_1 - m_0}{V}$$

m_0 : masse du filtre avant filtration en g.

m_1 : masse du filtre après filtration en g.

V : le volume d'échantillon filtré en ml.

1. Filtration :



Système de filtration

ANNEXES



Séchage des filtres dans l'étuve

2. Turbidité :



Turbidimetre

3. Filtration par sable :

ANNEXES



Filtration a sable (sable de El Mniaa)

4. Température, pH :



Mesures de température et pH

5. DBO₅ :

Mesure de la DBO₅ (méthode dite manométrique) :

ANNEXES

La mesure avec OxiTop® repose sur une mesure de la pression dans un système clos. Les micro-organismes qui se trouvent dans l'échantillon consomment l'oxygène en formant du CO₂. Celui-ci est absorbé avec kOH. Il s'ensuit une dépression dont la mesure peut être lue directement dans la DBO en mg/l.



DBO₅ oxytopes et enceinte thermostaté

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de L'enseignement Supérieur et de La recherche Scientifique

Université de Ghardaïa
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'hydraulique et de génie civil



جامعة غرداية
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الري والهندسة المدنية

إذن بطباعة مذكرة ماستر

بعد الاطلاع على التصحيحات المطلوبة لمحتوى المذكرة المنجزة من طرف الطالب (ة): صافة ايمان تخصص رو

حضری

نماذج نحن الأساتذة:

الاسم واللقب	الرئبة والجامعة الأصلية أو المؤسسة	الصفة	الامضاء
أولاد النوي نور الدين	أستاذ محاضر أ بجامعة غردية	مصحح 1	
عمير رقيبة	أستاذ محاضر ب بجامعة غردية	مصحح 2	
بوطلي محمد هشام	أستاذ محاضر ب بجامعة غردية	مؤطر	

الاذن بطباعة النسخة النهائية لمذكرة الماستر تحت عنوان:

Évaluation de la qualité des eaux de drainage dans les périmètres agricoles à El-Menia et potentiel de traitement pour leur réutilisation en irrigation.

إمضاء رئيس القسم

