

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



Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou  
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Département des Sciences Agronomiques

## **MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES**

En vue de l'obtention du diplôme de  
**Master en Sciences Agronomiques**  
**Option Sciences du Sol**

### ***Thème***

**Contribution à la connaissance des caractéristiques  
pédologiques d'un sol irrigué avec les eaux usées épurées,  
cas d'une parcelle agricole dans la commune de Corso**

**Présenté par :**

**SMAIL Boussad & TOURI Yanis**

Devant le jury composé de

M. MERROUKI K.	Maitre de conférences B.	UMMTO	Président
M. CHERFOUH R.	Maitre de Conférences A.	UMMTO	Promoteur
M. BOUDJEMA S.	Maitre-Assistant A.	UMMTO	Examineur

Date de soutenance :26 /06 /2024

## **Résumé**

Ce travail de recherche est réalisé sur une parcelle agricole de la commune Corso, wilaya de Boumerdes dont l'objectif est de déterminer certaines caractéristiques pédologiques (pH, CE et MO) du sol irrigué avec les eaux usées épurées depuis 2002.

L'analyse a porté sur 40 échantillons de sol pris sur 8 profondeurs (de 0 à 100cm). Les résultats des analyses chimiques qualifient le pH du sol de légèrement acide à neutre. Les apports de sels solubles induits par les eaux usées épurées ne constituent pas une contrainte limitant à la nutrition minérale et au développement normal des cultures. L'application des eaux usées épurées n'a pas contribué à l'amélioration des teneurs en matières organiques du sol.

Les résultats obtenus confirment que l'irrigation avec les eaux usées épurées des sols agricoles contribue à la mise en place de conditions agronomiques adéquates à un bon développement des cultures.

## **Abstract**

This study was carried out on an agricultural plot in the commune of Corso, in the district of Boumerdes, with the aim of determining soil characteristics such as pH, electrical conductivity and organic matter content in soils irrigated with treated wastewater since 2002.

The analysis was carried out on 40 soil samples taken from 8 depths ranging from 0 to 100 cm. The results of the chemical analyses qualified the pH of the soil as slightly acidic to neutral. The input of soluble salts induced by the treated wastewater does not constitute a constraint limiting mineral nutrition and the normal development of crops. The application of treated wastewater did not contribute to the improvement of the soil organic matter content.

The results obtained confirm that irrigation of agricultural soils with treated wastewater contributes to the establishment of suitable agronomic conditions for good crop development.

## *Dédicace*

*À mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien indéfectible et leurs sacrifices constants, sans lesquels ce chemin aurait été bien plus ardu.*

*À mes sœurs, Dihia et Manel compagnes de mes joies et de mes peines, pour leur encouragement et leur présence qui ont illuminé chacune de mes journées.*

*À ma chère grand-mère, Ton amour , ta sagesse et ta présence douce ont été une lumière constante dans ma vie. Ce mémoire est dédié à toi, pour ton soutien inconditionnel et tes encouragements qui ont toujours été une source d'inspiration.*

*À la mémoire de mon grand-père, source d'inspiration et de sagesse, dont la bienveillance continue de guider chacun de mes pas.*

*À mes amis fidèles, qui ont partagé mes succès et m'ont encouragé dans les moments de doute, vous êtes le ciment de ma force et de ma détermination.*

*À toutes ces personnes précieuses, ce mémoire est aussi le vôtre. Vos encouragements, votre amour et votre soutien ont été les fondations sur lesquelles j'ai construit cette réussite. Merci du fond du cœur.*

## *Dédicace*

*A ma très chère mère*

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

*A mon très cher père*

*Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

*Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.*

*à mes chères sœurs*

*Lylia ,Laetitia et Anaïs A vous, mes rayons de soleil, Celles qui illuminent mes jours et réchauffent mon cœur, Je dédie ces mots remplis d'amour et de tendresse. Et à ma petite nièce Éline, la coqueluche de la famille, J'adresse un câlin rempli de tendresse. Tu es la joie de nos vies, notre petite princesse, Celle qui nous fait sourire chaque jour.*

*À mes chers grands-parents maternels,*

*Je vous dédie ce mémoire en signe de ma profonde reconnaissance pour votre amour inconditionnel et votre soutien indéfectible tout au long de mon enfance. Vos encouragements et vos sages conseils ont été une source d'inspiration inestimable pour moi.*

*À tous mes oncles et tantes,*

*Que ce mémoire soit un témoignage de l'amour et de l'amitié qui nous lient. Je chéris les moments de partage et de complicité que nous avons passés ensemble.*

*À tous mes cousins et cousines et leurs enfants,*

*Je vous souhaite un avenir radieux, rempli de réussite et de bonheur. Puisez votre force dans l'amour et le soutien de votre famille.*

*À mes amis et camarades,*

*Ces années d'études ont été marquées par des moments de joie, de partage et d'entraide. J'ai eu la chance de rencontrer des personnes formidables qui ont rendu cette expérience inoubliable.*

*Je tiens à vous remercier tous pour votre amitié indéfectible, votre soutien constant et votre bonne humeur. Grâce à vous, j'ai pu surmonter les difficultés et savourer les moments de réussite.*

*Je n'oublierai jamais les fous rires, les longues discussions et les soirées mémorables que nous avons partagé. Vous avez fait de ces années d'études un véritable cadeau.*

*Ce mémoire est aussi le vôtre.*

*Avec toute mon amitié .*

*À la mémoire de mon oncle*

*[TOURI Houcine], qui m'a toujours encouragé(e) dans mes études et m'a transmis son amour du savoir. Et*

*à la mémoire de mes grands-parents*

*[TOURI Slimane & DJAMA Sadia], qui m'ont élevé(e) avec bienveillance et m'ont inculqué les valeurs qui me guident aujourd'hui. Que ce mémoire leur soit un hommage.*

*Avec toute mon affection*

**YANIS**

# Remerciements

*Au terme de ce modeste travail, Nous tenons à remercier tout d'abord ALLAH le tout Puissant, de nous avoir accordé la santé, et les moyens pour suivre nos études, et qui nous a donné la volonté et la patience pour réaliser ce travail.*

*Nous remercions chaleureusement M. **CHERFOUH R.**, Maître de conférences classe A au département d'Agronomie à l'université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, d'avoir accepté de diriger et de s'être impliquée dans notre travail ; nous le remercions pour sa gentillesse, sa disponibilité, son écoute, ses conseils avisés en période de doute et pour sa vision toujours très claire de notre travail.*

*Nous tenons aussi à remercier particulièrement M. **MERROUKI K.**, Maître de conférences classe B d'avoir accepté de présider notre jury.*

*Nous remercions également M. **BOUDJEMA S.**, Maître assistant classe A, d'avoir accepté d'examiner et juger notre travail.*

*Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers Mme **LOUNAS** ingénieur de laboratoire, au Laboratoire G13 du Département des Sciences Agronomiques.*

*Nous tenons à exprimer nos profondes reconnaissances et chaleureux remerciements à nos familles, ainsi que toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, pour leur confiance et leurs conseils.*

# Table des matières

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

## **Chapitre I. Synthèse Bibliographique**

I.1.1 Définition du sol .....	3
I.1.2. Composition du sol .....	4
I.1.2.1 La phase solide.....	4
I.1.2.2. La phase liquide .....	4
I.1.2.3. La phase gazeuse.....	5
I.1.3 Type du sol.....	5
I.1.3.1. Sol sableux .....	6
I.1.3.2. Sol limoneux .....	6
I.1.3.3 Sol argileux .....	7
I.1.3.4. Sol humifère.....	7
I.1.4. Propriétés physiques du sol.....	8
I.1.4.1. Texture du sol .....	9
I.1.4.2. Structure du sol .....	9
I.1.4.3. Porosité .....	10
I.1.4.4. Perméabilité .....	10
I.1.5. Propriété chimique du sol .....	10
I.1.5.1. pH du sol .....	10
I.1.5.2. Conductivité électrique (CE) du sol.....	11
I.1.5.3. Teneur en matière organique (MO) .....	12
I.2-Présentation de la wilaya de Boumerdes .....	12
I.2.1- Situation géographique .....	12
I.2.2. Relief et morphologie du territoire .....	13
I.2.2.1. Relief.....	13
I.2.2.2 Climat.....	14
I.2.2.3. La pédologie.....	16
I.2.2.4 L'hydrologie .....	17
I.2.3. Potentielle agricole de la wilaya de Boumerdes .....	18
I.2.3.1 Surface agricole utile .....	19
I.2.3.2 Pacages et parcours .....	20
I.2.3.3 Terres improductives des exploitations .....	20

I.2.4. L'activité agricole de la wilaya .....	21
I.2.5. Aperçu sur la ferme flici .....	22
I.3 Généralités sur les eaux usées.....	23
I.3.1 Introduction.....	23
I.3.2 Définition des eaux usées.....	23
I.3.3-Composition des eaux usées .....	23
I.3.4 Origine des eaux usées.....	24
I.3.5 Caractéristiques des eaux usées .....	26
I.3.5.1 Paramètres Organoleptiques .....	26
I.3.5.2 Paramètres Physiques.....	26
I.3.5.3. Paramètres Chimiques .....	27
I.3.5.4. Paramètres Bactériologiques.....	30
I.3.6 L'épuration des eaux usées .....	32
I.3.7. Intérêts agronomiques des eaux usées .....	32
I.3.8 Effets des eaux usées sur les sols .....	33

## **Chapitre II. Matériel et Méthodes**

II.1. Echantillonnage du sol.....	32
II.2 Prétraitements des échantillons du sol.....	33
II.3. Paramètres analytiques .....	34
II.3.1. pH-eau du Sol .....	34
II.3.2. Conductivité électrique (CE) .....	35
II.3.3. Teneur en matière organique du sol .....	36

## **Chapitre III. Résultats et Discussion**

III.1. Paramètres analytiques étudiés.....	37
III.1.1. pH-eau du sol .....	37
III.1.2. Conductivité électrique .....	39
III.1.3 Taux de matière organique du sol .....	40
III.2.1. Corrélation pH-CE.....	42
III.2.2. Corrélation pH-MO .....	43
III.2.3. Corrélation MO-CE.....	44
Conclusion générale et perspectives .....	45
Références bibliographiques .....	46
ANNEXES .....	48

## Liste de figures

Figure 1 : Le sol, matière minérale et organique associées.....	3
Figure 2: Sol sableux.....	6
Figure 3: Sol limoneux.....	7
Figure 4 : Sol argileux.....	7
Figure 5 : Sol humifère.....	8
Figure 6 : La Texture du sol.....	9
Figure 7 : Carte du découpage administratif de la wilaya de Boumerdes.....	13
Figure 8 : Pluviométrie annuelle de la wilaya de boumerdes (2020).....	14
Figure 9 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson pour Corso (ONM, Isser). 15	
Figure 10 : Capacité en eau mobilisé dans la wilaya de boumerdes.....	17
Figure 11: Surface agricole utile 2022.....	20
Figure 12 : Pacages et parcours (DSA2022).....	20
Figure 13 : Terres improductives 2022.....	21
Figure 14 : Position de la ferme flici dans la commune de Corso.....	22
Figure 15 : Localisation de la parcelle étudiée.....	32
Figure 16 :A/ Prélèvement avec la tarière B/Profil pédologique.....	32
Figure 17 : Prétraitement des échantillons du sol au laboratoire (originelle 2024).....	33
Figure 18: A/Terre fine B/Cailloux.....	33
Figure 19 : Illustration de la mesure du pH de la solution du sol.....	34
Figure 20 : Illustration de la mesure de la CE de la solution du sol.....	35
Figure 21 : Illustration de la mesure de la matière organique :.....	36
Figure 22 : Variation du pH du sol en fonction de la profondeur.....	37
Figure 23: Variation du pH moyen du sol dans la parcelle en fonction de la profondeur.....	38
Figure 24 : Variation de la CE du sol en fonction de la profondeur.....	39
Figure 25 : Variation de la CE moyenne du sol dans la parcelle en fonction de la profondeur.....	40
Figure 26 : Teneur en matière organique (%) du sol.....	41
Figure 27 : Corrélation entre les paramètres analytiques.....	42
Figure 28 : Corrélation entre le pH et la CE dans les sols étudiés.....	43
Figure 29 : Corrélation entre le pH-eau et la teneur en MO (%) du sol.....	44
Figure 30 : Corrélation entre la CE et la teneur en MO (%) du sol.....	45

## Liste des tableaux

Tableau 1: pluviometrie de la wilaya de boumerdes.....	14
Tableau 2: temperature maximales, minimales et moyennes mensuelles en C pour la periode (2015/2020) .....	15
Tableau 3: la capacité en eau mobilisé dans la wilaya de boumerdes.....	17
Tableau 4: superficie irrigue par campagne 2022 .....	17
Tableau 5:les principaux oueds de la wilaya de Boumerdes.....	18
Tableau 6: répartition générales des terres de la wilaya de Boumerdes(2022) .....	19
Tableau 7: superficie et production(DSA 2022) .....	22
Tableau 8: valeur du pH en fonction de la profondeur .....	37
Tableau 9: les valeurs de la CE en fonction de la profondeur.....	40
Tableau 10:Taux de matière organique en fonction de la profondeur .....	41

INTRODUCTION  
GENERALE



### Introduction générale

Dans le domaine de l'épuration des eaux usées, l'Algérie produit une importante quantité de produits à savoir, près de 365M m<sup>3</sup>/an d'eaux usées épurées et 250 000 tonnes/an de boues Résiduaire (ONA, 2016). Les proportions valorisées en agriculture sont évaluées à 25 % pour les boues et 10 % pour les eaux usées épurées (Ladjal et Abbou, 2016). La ferme agricole flici constitue un projet pilote de valorisation des boues résiduaire et des eaux usées épurées provenant de la Step de la ville de Boumerdes. L'agriculture en Algérie connaît des difficultés en matière d'irrigation. La réutilisation des eaux usées épurée (EUE) figure parmi les options de la stratégie nationale de mobilisation des ressources en eau (MRE, 2016).

Les eaux usées traitées peuvent constituer une fraction d'eau supplémentaire pour l'irrigation des cultures. De par leurs compositions, les eaux usées constituent une source de nutriments essentiels pour la croissance des plantes. Cela peut être particulièrement bénéfique pour limiter le stress hydrique et l'alimentation minérale des plantes. Les eaux usées contiennent des éléments nutritifs majeurs tels que l'azote, le phosphore et le potassium, souvent apportés par les agriculteurs qui contribuent à l'optimisation de la croissance et des rendements des cultures. L'apport des eaux usées aux sols contribue à améliorer la fertilité des sols en fournissant des éléments nutritifs et en améliorant l'ensemble des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. L'irrigation des cultures conduit à la réduction de la dépendance aux engrais chimiques synthétiques, participe à l'instauration de l'économie circulaire et améliore les revenus des agriculteurs.

L'utilisation des eaux usées en agriculture comporte à la fois des avantages potentiels et des défis significatifs. Une approche intégrée, impliquant des pratiques de traitement efficaces, une surveillance régulière et le respect des réglementations sont nécessaires pour maximiser les avantages tout en minimisant les risques pour la santé humaine et l'environnement. Par conséquent, la mise en place du projet de réutilisation des eaux usées épurées doit préalablement être précédé par la détermination des caractéristiques des eaux et des sols, l'évaluation des effets à court, moyen et long terme et l'établissement des normes strictes en matière de traitement des eaux usées destinées à l'agriculture afin de garantir la sécurité alimentaire, la santé publique et la préservation de l'environnement.

A Boumerdes, durant une vingtaine d'années (de 2002 à 2022) des agriculteurs réutilisaient des eaux usées épurées et des boues résiduaire urbaine sur leurs parcelles agricoles. La satisfaction des besoins hydriques des cultures, condition d'un bon

développement, constitue ces dernières décennies un facteur d'inquiétude, alimenté notamment par les cycles de sécheresse qui s'installe durablement dans notre région. L'irrigation avec les eaux non conventionnelles, est un moyen de pallier aux déficits hydriques et de garantir une production agricole satisfaisante. Le sol est l'habitat naturel des végétaux et des myriades de micro-organismes formant des populations de différents genres. La performance des cultures est intimement liée à la biodisponibilité des éléments nutritifs et à la satisfaction des besoins hydriques, mais aussi par les conditions texture du sol, pH, l'humidité, la température, l'aération et d'autres facteurs (Smith et al.,2000).

Notre travail, se donne pour objectifs de déterminer certaines caractéristiques chimiques (pH, CE et MO) du sol sous vigne, pouvant illustrer les modifications observées par d'autres auteurs et aussi de vérifier la variabilité spatiale de ces mêmes paramètres. Les analyses réalisées ont porté sur 5 points de prélèvement et une profondeur d'échantillonnage allant jusqu'à 1 m.

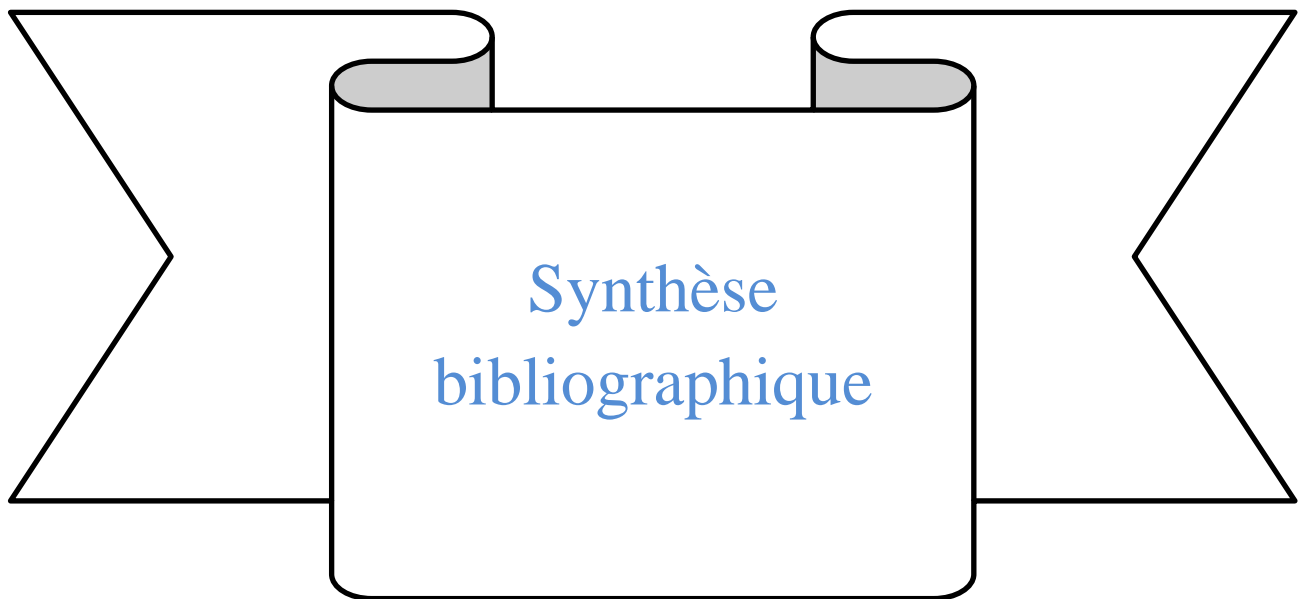
Le manuscrit élaboré est partagé sous forme de chapitres.

**Le chapitre I** sera consacré à la présentation d'une revue bibliographique sur la région d'étude, la situation géographique, les données agro climatiques, généralité sur les eaux et usées et leur réutilisation.

**Le chapitre II** présente le matériel et les méthodes mises en œuvre pour la détermination des paramètres chimiques tels que pH, CE, MO pour la caractérisation de la parcelle étudiée.

**Le chapitre III** est consacré aux résultats avec leur discussion. En fin une conclusion générales énumérant les observations essentielles, ainsi que certaines suggestions pour un éventuel approfondissement de ce travail de recherche.

# Chapitre I



---

## Chapitre I. Synthèse Bibliographique

### I. 1. Propriété générale des sols

#### I.1.1 Définition du sol

Le sol est la couche la plus externe de la croûte terrestre et est marqué par des êtres vivants. Il représente un réservoir de matières organiques et minérales (Fig. 1) et peut être défini comme les produits d'altération, de ramification et d'organisation de la croûte supérieure terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et de leurs échanges énergétiques. là (Aubert et Boulaine, 1980). Le sol est un carrefour multifonctionnel qui présente l'organisation interne du système et est le lieu d'intenses échanges de matière et d'énergie entre l'air, l'eau, les plantes et les roches.



**Figure 1 : Le sol, matière minérale et organique associées**

Selon Demolon A. (1881-1954), le sol est le résultat de la désintégration des roches par des modifications mécaniques et physico-chimiques sous l'action de facteurs abiotiques (diminution de la pression, choc thermique, humidité, temps, frottement, vent). De plus, selon Magnait et al. (2013), il s'agit d'un habitat riche pour la croissance microbienne, fournissant notamment un bon support culturel pour la croissance de nombreux types d'organismes. Bactéries, algues, protozoaires, virus et champignons.

### **I.1.2. Composition du sol**

Le sol est un milieu poreux où se déroulent de nombreux processus physiques, chimiques et biologiques (Davet, 1996). C'est un système multi-composant ouvert formé par trois phases : solide, liquide et gazeuse.

#### **I.1.2.1 La phase solide**

Elle est constituée par des minéraux et des matières organiques en proportions variables. On pourrait considérer les organismes vivants du sol comme une partie de la phase solide, puisqu'ils ne sont ni gazeux ni liquides (Mermoud, 2006).

##### **a/Fraction minérale**

Les minéraux constituent, en général, de 95 à 99% du sol. La composition minérale dépend de la nature de la roche-mère. La nature des minéraux peut être extrêmement diverse avec des tailles granulométriques différentes

Sable ( $\varnothing = 2000$  à  $50 \mu\text{m}$ ). Limon ( $\varnothing = 50$  à  $2 \mu\text{m}$ ). Argile granulométrique ( $\varnothing < 2 \mu\text{m}$ ).

##### **b/Fraction organique**

La fraction organique d'un sol est constituée à plus de 80% de matière organique morte (résidus de plantes et d'animaux en état de décomposition naturelle) On trouve aussi des organismes vivants : des bactéries dont beaucoup d'actinomycètes, des champignons et une microfaune formée de protozoaires, nématodes, insectes, vers de terre.

Le sol est un habitat généralement favorable à la prolifération des microorganismes, leur nombre est supérieur à celui trouvé dans les eaux douces ou marines : la population microbienne s'élève à des valeurs comprises entre  $10^6$  et  $10^9$  bactéries par gramme de sol.

#### **I.1.2.2. La phase liquide**

La phase liquide du sol n'est pas de l'eau pure mais une solution dont la composition est complexe et très variable. On la désigne par l'expression « solution du sol ». Elle contient de très nombreuses substances dissoutes organiques et inorganiques, ionisées et non. D'une façon générale, la solution du sol est difficile à décrire et à étudier en raison de sa très grande variabilité spatiale et temporelle, de sorte qu'il n'existe pas de composition type. On peut cependant donner quelques indications générales en distinguant deux catégories de solutés :

- Les micro éléments dont la concentration est inférieure à  $1 \text{ mol/m}^3$ , beaucoup d'éléments traces métalliques entrent dans cette catégorie.
- Les macroéléments dont la concentration est supérieure à cette limite ; les éléments les plus fréquents et les composés chimiques correspondants sont : C ( $\text{HCO}^3$ ), N ( $\text{NO}^3$ ), Na ( $\text{Na}^+$ ), Mg ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Si ( $\text{Si}(\text{OH})^4$ ), S ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), Cl ( $\text{Cl}^-$ ), K ( $\text{K}^+$ ), Ca ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et  $\text{O}_2$ .

La phase liquide du sol (encore appelée solution du sol), est principalement constituée par l'eau, dans laquelle sont présents les ions minéraux et des molécules organiques. Sa composition dépend essentiellement du milieu géologique avec lequel elle est en contact, mais aussi des eaux de pluie et de l'eau de surface.

### **I.1.2.3. La phase gazeuse**

La phase gazeuse du sol est souvent appelée l'atmosphère du sol. Sa composition est souvent voisine de celle de l'air mais elle peut être très variable dans l'espace et dans le temps. Elle dépend principalement de deux facteurs, la proximité de l'atmosphère, c'est-à-dire la profondeur dans le sol et l'activité biologique.

L'air du sol contient en général les mêmes substances que l'air atmosphérique mais sa composition peut être très différente en raison, en particulier, de l'activité biologique.

Les sols bien aérés contiennent environ 180 à 205 ml d' $\text{O}_2$  par litre d'air mais cette teneur peut être abaissée à 100 ml ou moins dans les sols inondés et dans des microenvironnements alentours des racines des plantes.

La teneur en  $\text{CO}_2$  est généralement comprise entre 3 et 30 ml par litre de sol et peut atteindre 100ml par litre d'air en profondeur ou au voisinage des racines et en milieux saturés en eau (Mermoud 2001).

L'air du sol contient également d'autres substances, telles que NO,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  et, parfois, des composés organiques volatils.

### **I.1.3 Type du sol**

Le sol est la couche superficielle de la croûte terrestre qui peut être modélisée et sur laquelle les végétaux poussent.

Sans le sol, la vie telle qu'on la connaît sur Terre ne serait pas possible. Le sol rend possible l'agriculture, retient les eaux de pluie et constitue un habitat pour de nombreuses espèces

animales. De plus, il sert de support pour permettre aux êtres vivants de se déplacer et de se nourrir ainsi que pour assurer les fondations des bâtiments et des routes.

Puisque chaque type de sol peut servir à un usage particulier, il est important de définir ses caractéristiques et son évolution.

On peut regrouper les sols en quatre grands types :

- Sol sableux
- Sol limoneux
- Sol argileux
- Sol humifère

#### **I.1.3.1. Sol sableux**

Les sols sableux sont souvent secs, pauvres en substances nutritives et très drainants. Ils sont peu (ou pas du tout) aptes à transporter l'eau jusqu'aux couches profondes par capillarités. Par conséquent, le travail des sols sableux au printemps, doit être réduit au minimum pour conserver l'humidité dans le lit de semences. La capacité des sols sableux à retenir les substances nutritives et l'eau peut être améliorée par un apport en matière organique. (Figure 2)



**Figure 2: Sol sableux**

#### **I.1.3.2. Sol limoneux**

Ces sols sont différents des sols sableux par leur facilité à former une croûte, souvent très dure. S'ils sont trop travaillés, ils peuvent devenir compacts ce qui réduit leur capacité

d'infiltration d'eau lors des périodes humides. Par temps sec, ils peuvent durcir et être difficiles à travailler. Cependant, ils sont généralement plus faciles à travailler et peuvent stocker des volumes d'eau considérables. Ils exigent une bonne consolidation, mais il faut éviter de les travailler par temps humide. (Figure 3)



**Figure 3: Sol limoneux**

#### **I.1.3.3 Sol argileux**

Un sol argileux est pourvu de particules d'argiles extrêmement petites (moins de deux micromètres). Cette finesse particulaire, permet donc aux micro-organismes d'ingérer plus facilement les éléments nutritifs. Ceci fait la grande qualité d'un sol argileux : il est très fertile.



**Figure 4 : Sol argileux**

#### **I.1.3.4. Sol humifère**

Un sol humifère est riche en humus, qui est un sol acide, meuble, léger et qui retient bien l'eau, il est d'ailleurs spongieux lorsqu'il est mouillé. Il est composé de sable, d'argile et

d'au moins 10% d'humus, végétaux plus ou moins décomposés et donc riches en azote. Un sol humifère est très fertile car l'activité microbienne y est intense.

On le trouve notamment dans les sous-bois, du fait de la quantité importante de végétaux qui s'y retrouvent au sol et se décomposent lentement. Cet humus rend la terre noire ou très brune, chargée en débris végétaux de toutes sortes. Les plantes qui peuvent pousser naturellement dans un sol humifère sont la bruyère, la digitale, les fougères, le genêt, l'ortie, le mouron blanc, ...

Les plantes de terre de bruyère apprécient ce type de sol, mais aussi les lis, lupins, lierre, iris, géranium vivace, hosta, pervenche, les magnolias, eucalyptus, saules, peupliers, les framboisiers, pommiers, et en légumes, les tomates, les poireaux, les pommes de terre, les carottes, les fraises, l'ail, ... (Figure5)



**Figure 5 : Sol humifère**

#### **I.1.4. Propriétés physiques du sol**

La physique du sol est exprimée comme une science naturelle appliquée, dans laquelle le sol est considéré comme un milieu multiphasique, et sa composition change avec l'espace et le temps (Musy, Soutter, 1991). En fournissant une description de son processus, la physique du sol constitue un outil indispensable à la bonne gestion des sols, leurs protections et conservation mais elle contribue également à l'amélioration de la production végétale (Musy, Soutter, 1991).

Le développement de la technologie de recherche en physique des sols implique la connaissance des lois qui contrôlent les propriétés physiques du sol. Ces lois sont liées à la grande complexité, l'hétérogénéité et les caractéristiques triphasiques du sol (Lanz, 2004).

Les propriétés physiques les plus importants du sol sont sa texture et sa structure, ces deux derniers déterminent la porosité du sol (Van Leeuwen, 2004), permettant à l'eau et à l'air de s'écouler à travers les macropores (Seguin, 1986).

#### I.1.4.1. Texture du sol

La texture du sol indique l'abondance relative, dans le sol, de particules de dimensions variées : sable, limon ou argile. De la texture dépendent la facilité avec laquelle le sol pourra être travaillé, la quantité d'eau et d'air qu'il retient (Musy, Soutter, 1991), et la vitesse à laquelle l'eau peut entrer et circuler dans le sol. (Figure 6)

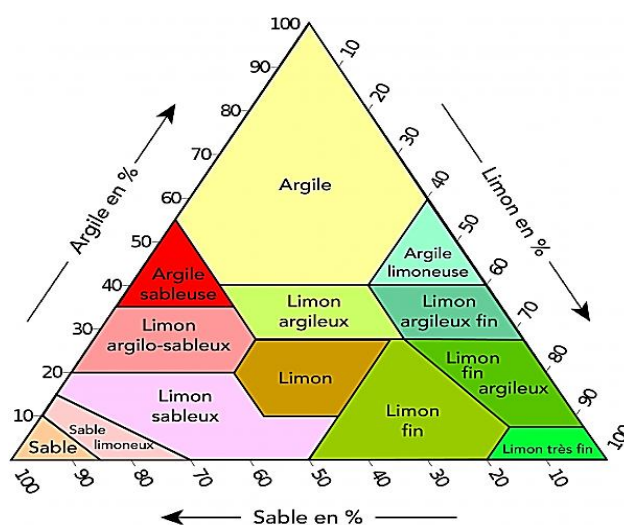


Figure 6 : La Texture du sol

#### I.1.4.2. Structure du sol

Selon (Maignien, 1969) Une structure du sol est un mode d'organisation des différentes particules de sable, de limon et d'argile entre elles pour former des agrégats, elle est décrite en terme de degré de structure (intensité d'agrégation), classe (taille moyenne des agrégats) et type de structure (forme de l'agrégation), ainsi que par la nature et la distribution des pores et canaux capillaires.

La structure du sol fait référence à la façon dont les particules du sol se regroupent pour former des agrégats. Ces agrégats varient en taille et en forme, des petites miettes aux gros blocs (Duval, 1993).

#### **I.1.4.3. Porosité**

La porosité du sol exprime le volume des espaces vides du sol comme étant le rapport en pourcentage du volume total. Cette propriété physique affecte directement la dynamique de la phase liquide et l'état gazeux dans le sol et, indirectement, la fertilité chimique.

#### **I.1.4.4. Perméabilité**

La perméabilité du sol décrit la manière dont l'eau (ou d'autres liquides) et l'air se déplacent dans le sol. Dans le cas des précipitations ou de l'irrigation, l'eau se déplace facilement dans les sols très perméables et très lentement dans les sols moins perméables. La perméabilité du sol est une mesure de la capacité du sol à laisser passer l'eau. Il est généralement représenté par la lettre « k » et se mesure comme le volume (m<sup>3</sup>) d'eau qui peut traverser la surface (m<sup>2</sup>) par seconde (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s, ou plus simplement m/s).

### **I.1.5. Propriété chimique du sol**

Les propriétés chimiques du sol sont un ensemble de caractéristiques, en fonction de phénomènes chimiques ou physico-chimiques, en relation étroite avec le climat et surtout les organismes vivants, qui se combinent pour définir l'un des aspects de la fertilité d'un sol, affectant la virtualité productive des plantes cultivées. Qui se permettent d'identifier une substance pure à l'aide d'une réaction chimique qui changera la nature de la substance.

La composition chimique de sol dispose de mécanismes de stabilisation qui tendent à l'instauration d'un équilibre entre les ions solubilisés et les ions échangeables fixés sur la fraction organo-minérale. Les éléments nutritifs absorbés par les plantes à travers leur système racinaire proviennent essentiellement de la solution du sol.

#### **I.1.5.1. pH du sol**

Le pH du sol est une mesure de l'acidité ou de la basicité (alcalinité) d'un sol. Le pH est défini comme le logarithme négatif (base 10) de l'activité des ions hydronium (H<sup>+</sup> ou, plus précisément, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>aq) dans une solution. Dans les sols, il est mesuré dans une boue de sol mélangée à de l'eau (ou une solution saline, telle que 0,01 M CaCl<sub>2</sub>), et se situe normalement entre 3 et 10, 7 étant neutre (Tab, 2002).

Les sols acides ont un pH inférieur à 7 ; Les sols à basique ont un pH supérieur à 7 ; Les sols neutres ont un pH égal à 7.

Le pH du sol est considéré comme une variable maîtresse dans les sols car il affecte de nombreux processus chimiques. (Selessarev, Johson, 2016) Il affecte spécifiquement la disponibilité des nutriments des plantes en contrôlant les formes chimiques des différents nutriments et en influençant les réactions chimiques qu'ils subissent. La gamme optimale de pH pour la plupart des plantes se situe entre 5,5 et 7,52 (Itab, 2002). Cependant, de nombreuses plantes se sont adaptées pour prospérer à pH valeurs en dehors de cette plage.

Le pH d'un sol naturel dépend de la composition minérale du matériau d'origine du sol et des réactions d'altération subies par ce matériau d'origine. Dans les environnements chauds et humides, l'acidification du sol se produit au fil du temps, car les produits de l'altération sont lessivés par l'eau se déplaçant latéralement ou vers le bas dans le sol. Dans les climats secs, cependant, l'altération et le lessivage du sol sont moins intenses et le pH du sol est souvent neutre ou alcalin<sup>3, 4</sup>.

#### **I.1.5.2. Conductivité électrique (CE) du sol**

la conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. La conductivité change avec la température. Elle est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. De manière générale, les sels minéraux sont de bons conducteurs, alors que les matières organiques le sont moins. Par conséquent, dans les cas où les eaux usées contiennent de grandes quantités de matière organique, la conductivité ne fournit pas nécessairement une idée immédiate de la charge dans l'environnement. Dans d'autres cas, il peut évaluer rapidement le degré de minéralisation de l'eau et estimer le volume d'échantillon requis pour certaines déterminations chimiques.

La CE d'un sol ou d'un sédiment est une mesure du nombre d'ions présents et du nombre d'ions pouvant être dissous en présence d'eau. Cette méthode permet de déterminer la salinité des sols contaminés lors de périodes de stockage insuffisant de sel de déglacage, de stockage de neige usée ou lors du salage hivernal des routes. Ce problème touche également les sédiments fluviaux des estuaires ou du golfe du Saint-Laurent, qui contiennent de grandes quantités de sels (Na, Cl, Ca, Mg, SO<sub>4</sub>). Leur dépôt sur des terres situées dans des zones non protégées ou inadaptées peut avoir un impact sur le milieu récepteur. Des concentrations élevées de sel peuvent avoir des effets sur la végétation, la qualité des eaux souterraines et même la structure du sol.

### **I.1.5.3. Teneur en matière organique (MO)**

Le terme « matières organiques du sol » regroupe l'ensemble des constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne (Mustin, 1987), transformés ou non, présents dans le sol. Elles représentent en général 1 à 10 % de la masse des sols (Davet, 1996).

Elles se répartissent en trois groupes :

- ✓ Les Matières Organiques Vivantes (MOV), animale, végétale, fongique et microbienne, englobent la totalité de la biomasse en activité (racines, vers de terres, micropore du sol...).
- ✓ Les débris d'origine végétale (résidus végétaux, exsudats), animale (déjections, cadavres), fongique et microbienne (cadavres, exsudats) appelés « Matières Organiques fraîches ». Associés aux composés organiques intermédiaires issus de l'activité de la biomasse microbienne, appelés produits transitoires (évolution de la matière organique fraîche), elles composent les MO facilement décomposables (Paradis, 2016).
- ✓ Les composés organiques stabilisés (« MO stable »), les matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes. La partie humus représente 70 à 90 % du total (Brady, 2008).

## **I.2-Présentation de la wilaya de Boumerdes**

### **I.2.1- Situation géographique**

La wilaya de Boumerdes, située dans le Nord-centre du pays, s'étend sur une superficie de 1456,16 km<sup>2</sup> avec une bande littorale d'environ 100 km, s'étirant du Cap de Boudouaou El Bahri à l'Ouest jusqu'à la limite Est de la commune d'afir. Elle est délimitée au Nord par la Mer Méditerranée, à l'Est par la wilaya de Tizi-Ouzou, au Sud par la wilaya de Bouira, au Sud-ouest par la wilaya de Blida, et à l'Ouest par la capitale Alger. La wilaya de Boumerdes est constituée de 9 daïras et 32 communes.

La commune de corso où se situe la parcelle d'étude est à proximité de la ville de Boumerdes, se caractérise par une activité agricole importante.



Figure 7 : Carte du découpage administratif de la wilaya de Boumerdes

## I.2.2. Relief et morphologie du territoire

### I.2.2.1. Relief

La wilaya de Boumerdes se particularise par la juxtaposition d'ensemble physique bien différencier, il s'agit de :

Territoire de la plaine de MITIDJA orientale et la zone des cotes d'Alger est les valles des oueds ISSER et SEBAOUA.

Cette zone se caractérise essentiellement par les sols légers le long de la bande littoral et des sols lourds a l'intérieure comprend essentiellement les plaines de MITIDJA, les plaines de Sebaoua et la vallée de l'oued ISSER.

- ✓ La zone de la colline de la chaine côtière.
- ✓ La zone piedmonts
- ✓ La zone montagneuse

### I.2.2.2 Climat

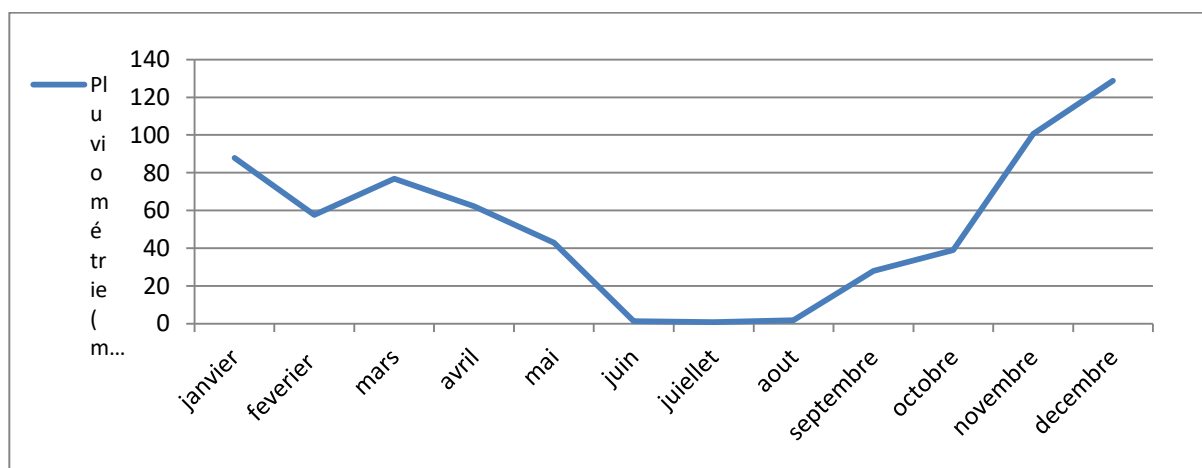
La wilaya de Boumerdes se caractérise par un climat méditerranéen (hiver froid et humide /été chaud et sec)

#### a) La pluviométrie

D'après les données météorologiques de la station des ISSER (2015/2020), la pluviométrie moyenne annuelle est variable d'une année à une autre entre 500-1300 mm/ an (Dellys pluviométrie moyenne =900 mm /an) (2015-2020 station Isser) .

**Tableau 1: Pluviometrie de la wilaya de boumerdes**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pluviométrie (mm)	87.94	57.64	76.86	62.16	42.88	1.23	0.84	1.84	27.96	39.02	100.53	128.88



**Figure 8 : Pluviometrie annuelle de la wilaya de boumerdes (2020)**

#### b) La température

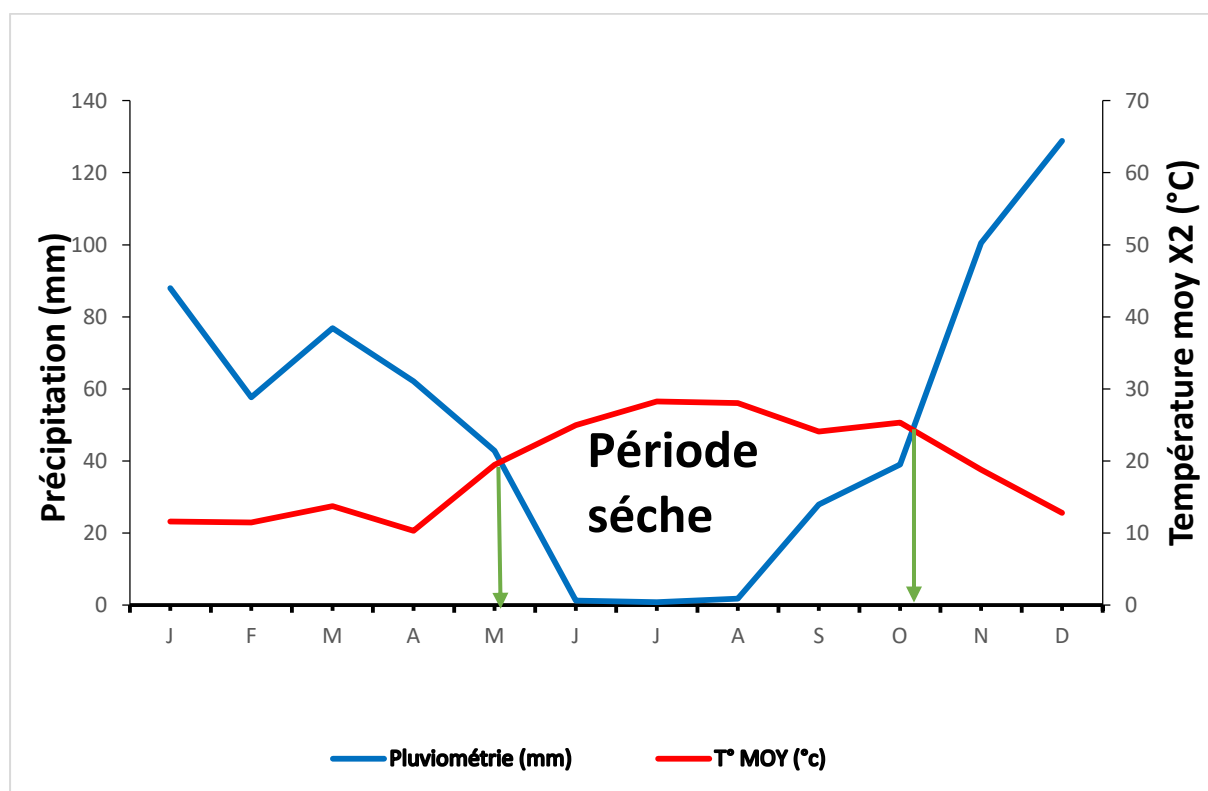
La temperature de lair est lun des facteurs qui regit les conditions climatiques dune region , elle varie selon deux facteurs : le lieu :laltitude , la latitude et la continentalite ; la saison et la mobilite de lair .Le tableau suivant resume les donnees obtenues dans la wilaya de boumerdes :

**Tableau 2: Temperature maximales, minimales et moyennes mensuelles en C pour la periode (2020)**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
MIN	7,66	7,34	10,5	8,02	16,32	23,47	26,35	25,61	21,65	21,14	14	9,28
MAX	15,55	15,63	16,95	12,6	22,63	26,48	30,15	30,47	26,55	29,48	23,6	16,25
MOY	11,60	11,48	13,72	10,31	19,47	24,97	28,25	28,04	24,1	25,31	18,8	12,81

### c) Diagramme Ombrothermique

Le climat méditerranéen est bien marqué par une période séchée pour cette dernière nous avons utilisé le diagramme de Bagnols et Gaussen qui stipule qu'un mois est considéré sec quand la totale des précipitations en millimètre est inférieur au double de la température ( $P < 2t$ ) (Bagnols et Gaussen, 1953).



**Figure 9 : Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gaussen pour Corso (ONM, Isser).**

diagramme ombrothermique de Bagnols et Gausson, montre que le climat d'étude est caractérisé par :

Une période sèche qui s'étale du début mai jusqu'au début du mois d'Octobre. Une période humide qui est assez étalée, du mois d'octobre jusqu'à fin avril. L'étendu de la période sèche montre la durée pour laquelle la demande climatique n'est pas satisfaite, et la mise en place telles que les cultures maraichères et la vigne, nécessite un apport d'eau pour assurer une bonne production.

#### **d)Le vent**

Le vent domine durant le mois de novembre jusqu' mois d'avril ; sont de direction ouest et nord -ouest. Par contre en été ces les vents en EST et nord -est qui prédominent associer à des brises marines. Les vents les plus fréquents sont les vents des directions Nord , Le vent du sud chaud et sec (sirocco) qui souffle sud - est et sud -ouest se produit à faible intensité avec une moyenne annuelle de 20J/an ; (ONM DAR EL BEIDA 2000- 2010) (MR CHERFOUH).

#### **I.2.2.3. La pédologie**

La wilaya de Boumerdes dispose d'un potentiel en sols d'une Grande valeur agronomique dont l'essentiel se trouve dans la vallée du bas Isser, les plaines du Sebaou et de la Mitidja.

Ils se caractérisent par une Texture fine et une aptitude à la pratique de l'agriculture intensive.

Suivant leur structure agro-pédologique, trois principales catégories de sols Se distinguent :

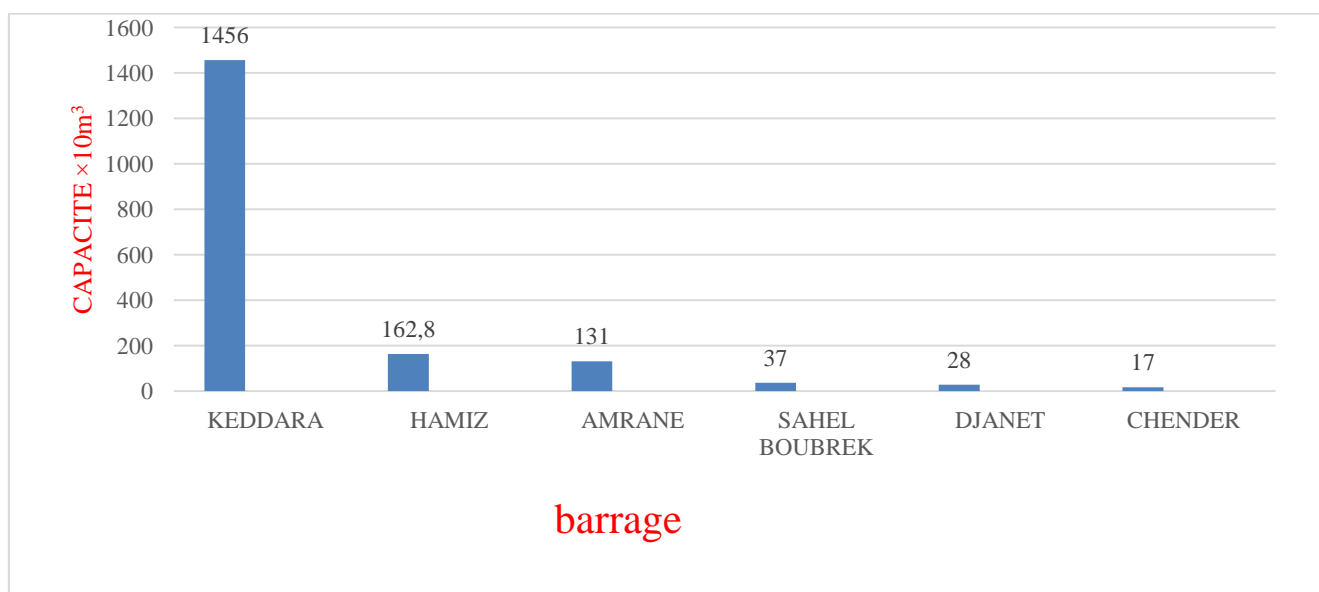
- Les sols à texture sablo-limoneuse, fertiles et à haut rendement Agricole forment les plaines dont une partie est souvent marécageuse (Bordures des oueds)
- Les sols à texture argilo- limoneuse, cultivables, parfois accidentés et Exposés à l'érosion sont propices à la pratique de la céréaliculture et De l'arboriculture rustique. Ils forment les piémonts.
- Les sols argileux, à pente situés entre 07 et 12,5 %, pratiquement Incultes formant les massifs montagneux rocailleux, accidentés et Recouverts de végétation hétéroclite (forestière, notamment). (D.P.A.T, 2009)

### I.2.2.4 L'hydrologie

La wilaya de Boumerdes dispose de grandes réserves hydriques souterraines et superficielles les potentialités hydriques souterraines de l'ordre de 99 HM et sont réparties sur six nappes (bas Sebaou, bas Isser, oued Boumerdes oued corso, oued Boudouaou, Mitidja oriental) Les barrages de la wilaya de Boumer des au nombre de six (trois grands barrages et trois petits barrages), forment principalement les réserves superficielles d'une capacité totale théorique

**Tableau 3: la capacité en eau mobilisé dans la wilaya de boumerdes**

Nom du barrage	Capacité×10m <sup>3</sup>
Keddara	1456
Hamiz	162,8
Amrane	131
Sahel bouberk	37
Djinet	28
Chender	17



**Figure 10 : Capacité en eau mobilisé dans la wilaya de boumerdes**

➤ **Superficie irriguée par type d'ouvrage pour la campagne 2021 /2022 :**

**Tableau 4: Superficie irriguée par campagne 2022**

Wilaya de Boumerdes	Fourrage	Puits	Barrage de hamiz	Petits barrage et retenues collinaire	Sources	Pompages au fil de l'eau	Autre (bassin en terre)	step	Superficie irriguée totale
Nombre	399	1671	1	23	14	162	315	3	
Superficie	13742.38	7613.6	0	1485.25	10	978.75	1643.5	55	25528.48

**Tableau 5: Les principaux oueds de la wilaya de Boumerdes**

Désignation	Communes traversées	Bassin versant ou source	Sens découlement
Oued sebaou	Baghlia, ben choud, sidi Daoud, dellys	Bassin de sebaou	Vers la mer, sud -ouest /nord -est
Oued isser	Beni amrane, ammal, souk El had, isser, Bordj menaiel, djinet, legata, si moustapha.	Bassin d'isser	Vers la mer ; sud-ouest -nord -est
Oued hamiz	Khemis el khechna, larbatache et hammedi.	Bassin de hamiz	Vers la mer ; sud -est -nord est
Oued boudouaou	Kharrouba, boudouaou, boudouaou el bahri, corso	Vallée de boudouaou	Vers la mer ; sud -nord
Oued tatreg	Boumerdes	Sous bassin de Boumerdes	Vers la mer ; sud- nord
Oued corso	Tidjelabine, Boumerdes, corso	Sous bassin de corso	Vers la mer ; sud -nord
Oued Boumerdes	Tidjelabine, Boumerdes	Sous bassin de Boumerdes	Vers la mer ; sud nord

### I.2.3. Potentielle agricole de la wilaya de Boumerdes

La superficie globale de la wilaya de Boumerdes est de 145465ha, les terres utilisées par l'agriculture représentent 97651ha soit 67 ,13% de la surface globale.

La surface agricole utile (SAU) est estimée à 62956ha, elle occupe alors 43 ,27% de la surface globale de la wilaya soit 64,47% de la surface agricole totale (SAT).

- Répartition générale des terres de la wilaya de Boumerdes (unité /hectare) :

**Tableau 6: Répartition générales des terres de la wilaya de Boumerdes (2022)**

DAIRA	Surface agricole utile S A U	Pacages et parcours	Terres improductives des exploitations	Surface agricole totale S A T
Boumerdes	3070	1184	408	4663
Bordj menaiel	15827	0	2749	18576
Boudouaou	4502	5002	231	9735
Dellys	5247	992	3441	9680
Isser	10791	0	5192	15984
Khemis el khechna	7990	39	6436	14465
Naciria	3942	0	3336	7278
Thenia	4687	3524	1163	9374
Baghlia	6899	0	998	7897

### I.2.3.1 Surface agricole utile

En agriculture, la superficie des terres agricoles SAU est une mesure utilisée pour exprimer la superficie totale des terres agricoles utilisée pour la production.

Selon (DSA 2022), la superficie des terres agricoles SAU dans la Wilaya de Boumerdes occupe 62.956 hectares de la superficie agricole totale SAT soit 64,47 hectares de cette superficie agricole totale.

La Daïra de Borj Menaiel occupe 15.827 hectares soit 25,13 mètres de la zone agricole SUA de la Wilaya de Boumerdes.

Daïra à Boumerdes, où sont implantées propriétés recensées, arrive en dernière position avec une superficie agricole de 3.070 hectares soit 3,14% de la superficie agricole totale SAT.

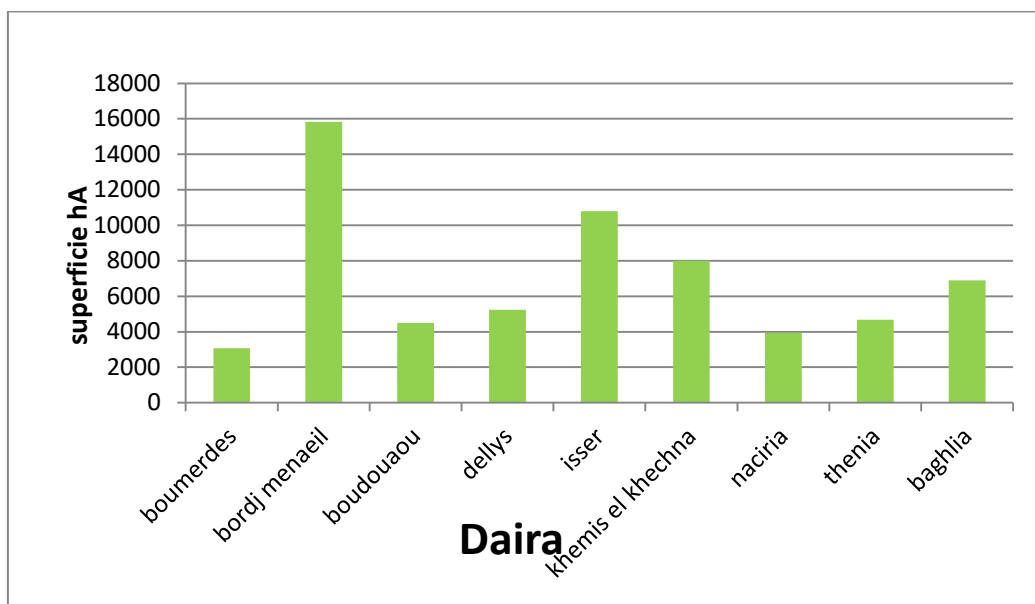
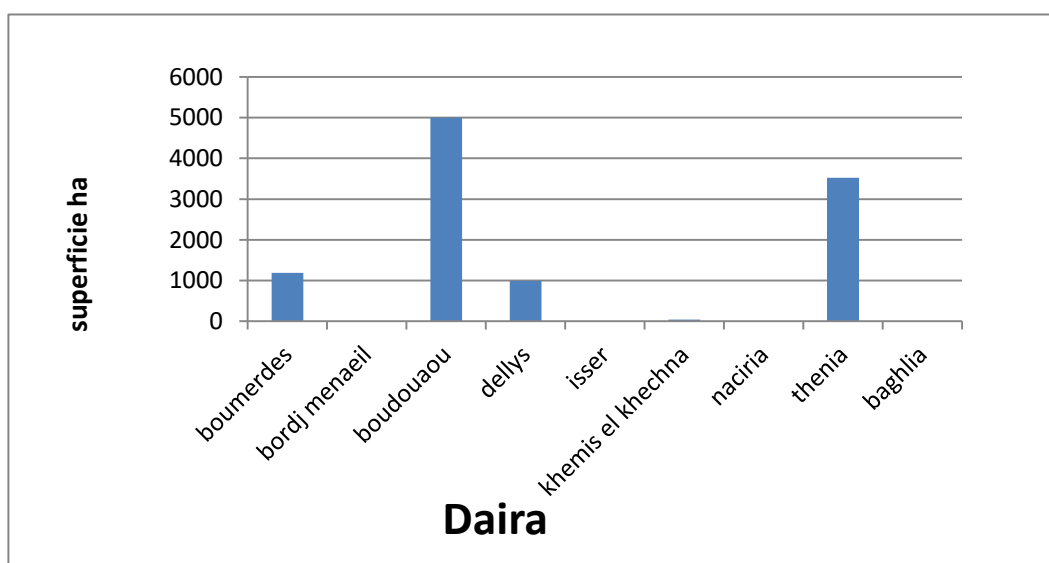


Figure 11: Surface agricole utile 2022

I.2.3.2 Pacages et parcours

Le pacage et parcours désigne deux pratiques d'alimentation du bétail. Il Occupe une superficie de 10741 ha soi 11% de la surface agricole total de la wilaya de Boumerdes. La DAIRA de Boudouaou occupe la première place de la wilaya de Boumerdes avec une superficie de 5002ha soit 46,56% de la surface pacage et parcours de la wilaya suivie par la Daïra de Thenia avec une superficie de 3524ha, Boumerdes 1184ha, Dellys 992ha. On remarque l'absence de pacage et parcours au niveau des Daïra de Bordj menaïel, Isser, Khemis Elkhechna, Naciria et Baghlia. (DSA2022).



I.2.3.3 Terres improductives des exploitations

es

Figure 12 : Pacages et parcours (DSA2022)

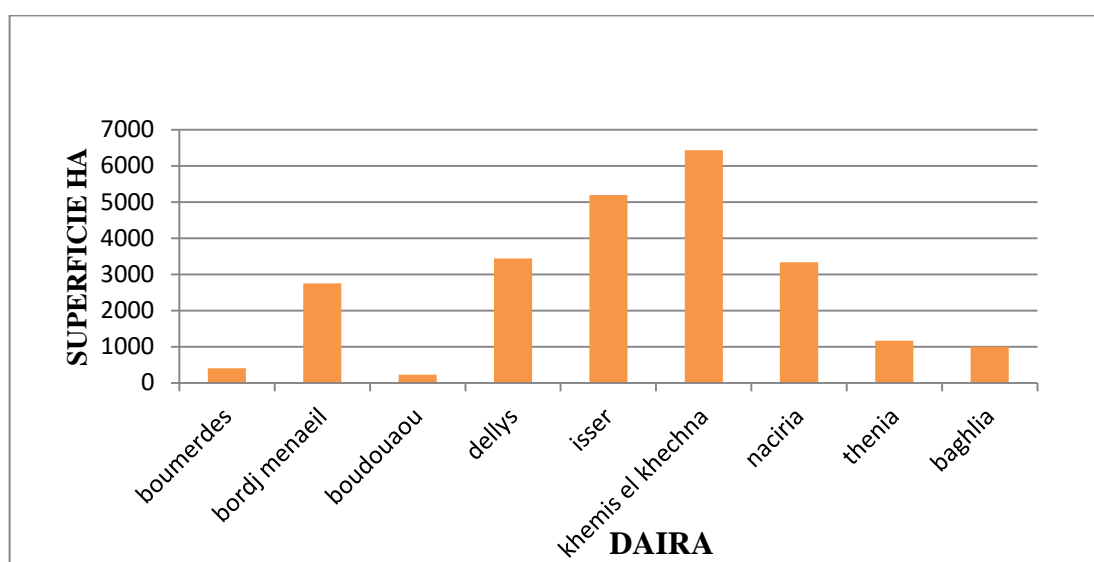
terres

improductives des exploitations agricoles font références aux parties des terres appartenant à une exploitation agricole qui ne sont pas utilisé de manière productive pour des activités agricole rentable.

Selon les statistiques données par la DSA de Boumerdes en 2022 la surface des terres improductives des exploitations représente 23954ha soit 24,53% de la surface agricole total de la wilaya de Boumerdes.

La DAIRA de khemis EL khechna est en tête de classement avec une superficie de 6436ha soit 26,86% des terres improductives des exploitations de la wilaya de Boumerdes.

La daïra de Boumerdes occupe 408ha soit 1,7% du total des terres improductives des exploitations de la wilaya.



**Figure 13 : Terres improductives 2022**

#### **I.2.4. L'activité agricole de la wilaya**

La wilaya de Boumerdes est classée en zone A à forte activité agricole, dont l'agriculture constitue la vocation principale de la wilaya de Boumerdes. LA Wilaya de Boumerdes se caractérise par des atouts liés à un climat favorable à pratique de l'agriculture et à la diversification des cultures. Des ressources en eau importants dont la mobilisation permettrait l'augmentation des superficies irriguées.

La dominance des cultures de la vigne de table qui occupe une superficie de 18495ha soit 29,37% de la SAU.

**Tableau7: Superficie et production(DSA 2022)**

CULTURES	Superficies(ha)	Production (qx)	Rendement qx/ ha
Céréales	2475	42175	17,04
Légumes secs	380	3812	10,03
Fourrages	10698	543849	50,83
Agrumes	2897	447719	154,54
Cultures maraichères	13137	2939343	223,74
Vigne de table	18495	3900587	210,89
Olivier	8329	165529	19,87
Cultures fruitières à noyaux et ou pépins	2881	259629	90,11

### I.2.5. Aperçu sur la ferme flici

La ferme flici est une exploitation agricole, collective de 38ha avec 3.5 de vignoble, cette dernière est située dans la région de corso (wilaya de Boumerdes).

La topographie des parcelles est peu ondulée à certain endroit et presque plat pour la plupart des parcelles de la ferme. La terre est d'aspect homogène, le choix de cette ferme a été fait sur la base d'abord de la réceptivité de l'agriculteur, la qualité du suivi des opérations agricoles, et c'est une exploitation qui fait partie d'un projet pilote de valorisation agricole des eaux usées épurés et des boues résiduaires depuis 2002.



**Figure 14 : Position de la ferme flici dans la commune de Corso**

## **I.3 Généralités sur les eaux usées**

### **I.3.1 Introduction**

L'eau couvre environ 72 % de la surface de la Terre, mais seulement 1 % est potable. En fait, les activités humaines sont liées à l'utilisation de l'eau, notamment l'agriculture, l'industrie,

L'énergie et l'usage domestique. En raison de l'évolution économique et démographique, la demande en eau continue d'augmenter.

Il est fondamental de pouvoir mettre en œuvre des stratégies optimisées de gestion des ressources en eau, y compris l'utilisation de ressources non conventionnelles.

### **I.3.2 Définition des eaux usées**

L'eau usée non traitée désigne des eaux d'égout qui n'ont pas subi de transformation physique ou chimique visant à enlever les déchets solides et les contaminants. Ces eaux peuvent causer des problèmes de pollution comme la propagation de produits chimiques toxiques, de bactéries porteuses de maladies et la prolifération d'algues.

### **I.3.3-Composition des eaux usées**

Théoriquement, les eaux usées sont constituées à 99 % d'eau et à 1 % de colloïdes et de matières en suspension dissoutes. La composition exacte des eaux usées change naturellement au fil du temps en raison de différentes sources, mais l'eau reste le composant principal. Bien que la plupart des bactéries présentes dans les selles humaines ne soient pas de nature pathogène, les eaux usées domestiques et municipales peuvent contenir de nombreuses bactéries. Cependant, lorsqu'une infection survient, un grand nombre de micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, protozoaires, vers, etc.) sont libérés dans l'environnement par les selles. Les eaux usées générées par les activités industrielles et minières et le traitement des déchets, y compris les lixiviats de décharge, contiennent des hydrocarbures, des biphényles polychlorés (PCB), des polluants organiques persistants (POP) et des composés organiques volatils (COV). Elles peuvent également contenir des composés organiques toxiques tels que des solvants chlorés. . . De très petites quantités de certains composés organiques peuvent contaminer des quantités importantes d'eau

Les conséquences du rejet d'eaux usées non traitées ou insuffisamment traitées sont :

- ✓ Les effets néfastes sur la santé liés à la détérioration de la qualité de l'eau,
- ✓ Les effets néfastes sur l'environnement dus à la détérioration des ressources en eau et des écosystèmes, et les impacts possibles sur les activités économiques.

### **I.3.4 Origine des eaux usées**

Selon l'origine des eaux usées, quatre grandes catégories sont distinguées :

- a) Les eaux usées domestiques
- b) Les eaux usées industrielles
- c) Les eaux pluviales
- d) Les eaux agricoles

#### **a) Les eaux usées domestiques**

Les eaux usées domestiques se composent des eaux de vannes d'évacuation des toilettes, des eaux ménagères d'évacuation des cuisines et salles de bains.

Les déchets présents dans ces eaux souillées par des matières organiques dégradables et des matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Les réseaux d'eaux usées aboutissent à des stations d'épuration où les eaux sont traitées. Elles proviennent essentiellement :

-Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;

-Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents

-Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;

-Des eaux de vanne qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme.

**b) Les eaux usées industrielles**

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales. Ces eaux ont une grande variété et peuvent être toxiques pour la vie aquatique, ou pour l'homme.

On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés...);
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...);
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...);
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques...);
- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires...).

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés.

**c) Les eaux usées pluviales**

Ce sont les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours).

Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toute sortes de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des déchets végétaux, etc.... et toute sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents...etc).

#### **d) Les eaux usées agricoles**

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux.

##### **Il s'agit principalement :**

- Des fertilisants Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides, ...).

### **I.3.5 Caractéristiques des eaux usées**

#### **I.3.5.1 Paramètres Organoleptiques**

##### **a) La couleur**

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. (REJESK, 2002).

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. (RODIER et Al, 2005).

##### **b) Odeur**

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur. Toute odeur est pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition.

#### **I.3.5.2 Paramètres Physiques**

##### **a) La température**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, ...etc. (RODIER et AL, 2005).

**B) La turbidité**

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau.

**c) La matière en suspension (MES)**

Exprimée en mg par litre. Ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau.

Dans le milieu récepteur, les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, Les matières volatiles en sus photosynthèse végétale. De plus, ces MES peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques.

**D) Les matières volatiles en suspension (MVS)**

Elles sont recueillies soit par filtration, soit par centrifugation, séchées à 105°C, puis pesées, ce qui fournit la teneur en MES (mg/l). Elles sont ensuite chauffées à 500-600°C, les matières volatiles disparaissent, et la perte de poids est attribuée aux MVS (g ou mg/l).

**E) Les matières minérales sèches (MMS)**

Elles représentent la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et correspondent à la présence de sel, et de silice.

**F) Les matières décan tables et non décan tables**

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant les conditions opératoires, et les matières non décan tables qui restent dans l'eau et qui vont donc être dirigées vers les procédés biologiques.

**I.3.5.3. Paramètres Chimiques****a) Le potentiel Hydrogène (pH)**

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en  $H_3O^+$  (noté  $H^+$  pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on

utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion  $H^+$  : c'est le pH. (MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

$$pH = \log 1/ [H^+]$$

#### **b) La Demande Chimique en L'Oxygène (DCO)**

La demande chimique en L'oxygène est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en  $mg O_2 l^{-1}$  (REJSEK,2002).

#### **c) La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)**

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épuration et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. (RODIER, 2005).

Selon REJSEK (2002), la demande biochimique en oxygène après 5Jours (DBO5) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique du composé organique et/ou inorganique.

#### **D) L'azote**

L'azote présent dans l'eau se divise en deux types principaux : organique et minéral. Les composés organiques d'azote incluent principalement des protéines, des polypeptides, des acides aminés et de l'urée, souvent présents à des concentrations très faibles. En revanche, l'azote minéral, tel que l'ammoniaque, les nitrates et les nitrites, représente la majorité de l'azote total dans l'eau (RODIER, 2005).

#### **E) Les nitrates**

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en Grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas  $3 mg/L$  dans les eaux superficielles et quelques  $mg/L$  dans les eaux souterraines.

La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions.

Cette augmentation a plusieurs origines :

- **Agricole** : agriculture intensive avec utilisation massive d'engrais azoté ainsi que rejets d'effluents d'élevage. Cette source Représente les 2/3 de l'apport en nitrates dans le milieu naturel.
- **Urbaine** : rejet des eaux épurées des stations d'épuration où L'élimination de l'azote n'est pas totale et qui peuvent rejeter des Nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates Dans le milieu naturel. Cette source représente les 2/9 des apports.
- **Industrielle** : rejet des industries minérales, en particulier de Confection des engrais azotés. Cette source représente 1/9 des apports. (REJSEK, 2002).

#### **F) L'Azote Ammoniacal**

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme D'ammoniaque qui correspond les formes ionisées ( $\text{NH}_4^+$ ) et non Ionisées ( $\text{NH}_3$ ) de cette forme d'azote.

L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée ( $\text{NH}_4^+$ ).

Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la Température et sont les suivantes :  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

#### **G) Le Phosphore**

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométriques sont considérés comme étant des ortho phosphatés. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et minéralisation, le phosphore organique. Chaque fraction (phosphore en solution ou en

Suspension) peut être séparée analytiquement en ortho phosphatés, phosphore hydrolysable et phosphore organique. Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de PO<sub>4</sub> ou de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1mg/L PO<sub>4</sub> = 0,747 mg/L P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 0,326 mg/L P (RODIER ; 2005).

#### **H) Le sulfate**

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de Sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé.

La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation. Leur présence dans l'eau est généralement due à des rejets en provenance d'ateliers de blanchiment (laine, soie, etc.), d'usines de fabrication de cellulose (pâte À papier, etc.) Et d'unités de décoloration. Sont utilisées, par ailleurs, les propriétés réductrices des sulfites dans les eaux de chaudières pour éviter la corrosion liée à la présence d'oxygène dissous ; l'injection dans le circuit se fait habituellement en continu à la concentration de 20 mg Cependant un excès d'ions sulfites dans les eaux de chaudières peut avoir des effets néfastes car il abaisse le pH et peut alors développer la corrosion. En cas de rejet dans l'environnement, les sulfites se combinent à l'oxygène en donnant des sulfates. (RODIER, 2005).

#### **I.3.5.4. Paramètres Bactériologiques**

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives ou même utiles, étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale ; certaines sont pathogènes, opportunistes ; une minorité est régulièrement pathogène. (RODIER,2005).

Vu leur rôle dans le processus, il nous a paru utile l'étude de quelques bactéries les plus rencontrées.

##### **a) Les coliformes**

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre D'espèces bactérie ne s'apparentent en fait à la famille des Entérobactéries.

---

**La définition suivante a été adoptée par l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO) :**

« **Bacille à Gram négatif, non sporogène, oxydase négative, Facultativement anaérobie, capable de croître en présence de sels Biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités Inhibitrices de croissance similaire, et capable de fermenter le lactose (et Le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 h, à des Températures de 35 à 37 C°** ». (REJSEK, 2002).

#### **b) Les streptocoques fécaux (SF)**

Sont des bactéries a gram positif sphériques a ovoïde formant de chainettes, non sporulées, se cultivant en anaérobiose à 44C° et pH9.6 .la recherche de streptocoque fécaux ne doit être considérée que comme un complément à celle des coliformes thermotolérants pour être le signe d'une contamination fécale.

Le genre Streptococcus est vaste et divers, de sorte qu'il est difficile de classer ces bactéries de façon satisfaisante. Les 29 espèces du genre Streptococcus sont subdivisées en 4 groupes principaux :

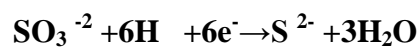
- Les streptocoques pyogènes hémolytiques.
- Les streptocoques oraux.
- Les entérocoques.
- Les streptocoques lactiques.

#### **c) Les clostridium sulfito-réductrices (CSR)**

Les Clostridium sulfito -réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente. Sans débattre de l'intérêt réel d'une telle indication concernant la date de pollution, il faut cependant considérer que si les Clostridium sulfito-réducteurs peuvent certes être des germes fécaux, ce sont également des germes telluriques et que, de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence Dans une telle optique d'interprétation, il y a intérêt à ne rechercher que les espèces les plus susceptibles d'être d'origine fécale : c'est le cas en particulier de Clostridium perfringens. (RODIETR, 2005). Selon REJSEK (2002), les spores des bactéries anaérobies sulfito réductrices et celles de Clostridium perfringens peuvent être intéressantes en tant

qu'indicateurs de traitement. Ainsi, elles peuvent montrer l'efficacité d'un traitement de filtration, où elles se comportent comme des kystes

De parasites, aussi bien au niveau d'une station de traitement qu'au niveau du sol : signe d'efficacité de la filtration naturelle. De plus, *Clostridium perfringens*, sous sa forme sporulée, est très résistant à la chloration et va donc se comporter comme les microorganismes plus difficiles à mettre en évidence. Donc la nomenclature sulfitoréducteurs est attribuée à ces germes car ils ont comme point commun de réduire le sulfite de sodium en sulfure selon la réaction suivante :



### **I.3.6 L'épuration des eaux usées**

La collecte et le traitement des eaux usées ont suivi, à la fois, le mode de vie des sociétés au fil de l'histoire, mais également les découvertes scientifiques. D'un point de vue historique la croissance démographique et le développement des villes ont imposé la nécessité de fournir aux citoyens une eau saine de « bonne qualité ». La protection de la santé publique a fait l'objet de nombreux efforts, avec notamment la dépollution des eaux usées, depuis plusieurs générations. Scientifiquement, la prise de conscience des problèmes de santé publique et la compréhension des causes d'épidémies, telles que le choléra, la peste et le typhus, ont entraîné la construction d'infrastructures et le développement de procédés, de plus en plus sophistiqués, permettant de mettre un terme à ces problèmes (Le y, 2009)

### **I.3.7. Intérêts agronomiques des eaux usées**

Les sols agricoles des pays méditerranéen sont très fréquemment caractérisés par des teneurs très faibles en matière organique. La faible teneur en matière organiques est souvent accompagnée par la réduction de la fertilité des sols et leurs potentialités de production, comme témoins auteurs (Clappet al., 1986 ; Tate, 1987). Une alternative crédible est proposée par les spécialistes pour parer à cette situation et inverser les processus de dégradation de la qualité des sols, il s'agit des amendements organiques à base de produits organiques résiduels (Bastian, 1986 ; Gallarda, 1987).

L'irrigation avec les eaux usées des sols agricoles favorise une revitalisation de l'activité biologique. Les microorganismes du sol jouent un rôle essentiel dans la transformation

des matières organique du sol, un levier important de la disponibilité des nutriments pour les plantes.

Les eaux usées constituent par leurs compositions organiques et leurs nutriments un atout important pour les cultures, même si cela peut augmenter le niveau de métaux traces potentiellement nocifs et de diverses toxines organiques qui ne sont pas facilement dégradables dans le sol (Cherfouh et al., 2018 ; Giusquiani et al., 1995).

### **I.3.8 Effets des eaux usées sur les sols**

**Effets des eaux usées épurées** L'épuration des eaux usées permet d'éliminer les polluants et de produire une eau de qualité suffisante pour divers usages. Les effets des eaux usées épurées varient en fonction de leur niveau de traitement et de leur utilisation finale.

La réutilisation en agriculture des eaux usées, diluées, épurées en parties ou brutes a atteint dans le monde près de 2 millions d'hectares (Qadir et al., 2007). La rareté croissante des ressources hydriques dans plusieurs pays et la dégradation de leur qualité (par salinisation) font que la réutilisation des EUE en agriculture soit d'un intérêt certain. Plusieurs effets bénéfiques sont à signaler : la protection des milieux naturels, la préservation et l'amélioration des conditions sanitaires des populations, l'exploitation d'une ressource en eau additionnelle et permanente, la valorisation des éléments nutritifs et la réduction des dépenses liées aux apports d'engrais chimiques. Le rappel des eaux usées constitue également une option de choix lorsque les ressources en eaux souterraines sont surexploitées ou fortement salées, afin d'atténuer les effets d'une salinisation secondaire des sols.

L'étude des sols après l'irrigation révèle un enrichissement en matière organique et en phosphore assimilable (Hartani, 2004). Les EUE présentent une valeur fertilisante appréciable, des apports d'éléments fertilisants d'une dose de 1000 mm sont de 219 kg N/ha ; 125 kg P/ha et 289 kg K/ha, ce qui permet d'économiser sur les coûts de production liés aux engrais (Berdai et al., 2004). Bien que les ETM soient signalés dans les eaux usées, leurs concentrations sont souvent inférieures aux teneurs maximales proposées pour l'irrigation par la FAO (2003), leurs apports comme microéléments sont d'un aspect bénéfique pour les cultures.

Berdai et al., (2004), concluent que les cultures irriguées avec les EUE : la luzerne, le maïs, la courgette, la fève, le concombre, les pois, la tomate et les navets, ont montré une amélioration nette des rendements. Les facteurs avantageux sont : une salinité moins élevée et un risque de toxicité au sodium et au chlore plus faible ; la disponibilité d'éléments fertilisants

majeurs. Ainsi, le taux de couverture des besoins des cultures par ces eaux varie entre 40 et 95 % pour l'azote, entre 33 et 100 % pour le phosphore et dépassent 100 % pour le potassium.

MATERIEL ET  
METHODES



## Chapitre II. Matériel et Méthodes

### II.1. Echantillonnage du sol

La parcelle étudiée se situe dans la commune de CORSO willaya de Boumerdes. Elle fait partie d'un groupe de parcelles collectives (EAC) d'une surface globale de 75ha.

L'échantillonnage a été réalisé en avril 2024, dans la région de CORSO, , sur une parcelle de vignoble de 3ha, irrigué depuis 2002 avec les eaux usées épuré. 8 prélèvements de sol ont été effectués dans chaqu'un des 5 profile épariez dans la parcelle en suivant un schéma précis (figure 15).



**Figure 15 : Localisation de la parcelle étudiée**

Dans chaque profil pédologique on prélève un échantillon chaque 10 cm de profondeur, arriver à 60cm on effectue deux prélèvements de 20cm de profondeur chacun en utilisant la tarière (figure 16)



**Figure 16 :A/ Prélèvement avec la tarière    B/Profil pédologique**

Les échantillons ont été conditionnés dans des sacs, étiquetés et acheminés vers le laboratoire.

Ce présent travail a été réalisé au niveau du laboratoire de pédologie.

Il porte sur :

- L'analyse chimique du sol

## II.2 Prétraitements des échantillons du sol

Une fois arrivé au laboratoire, les échantillons ont été étalés immédiatement sur des feuilles posées sur les paillasses bien propres et séchés à l'aire libre, à l'abri du soleil, pendant quelques jours (figure17)



**Figure 17 : Prétraitement des échantillons du sol au laboratoire (originelle 2024)**

Une fois les échantillons séchés, ils sont tamisés avec un tamis pédologique à mailles de 2mm. Après le tamisage, la terre fine (fraction  $\leq 2\text{mm}$ ) et les graviers sont séparés et pesés.



**Figure 18: A/Terre fine B/Cailloux**

## II.3. Paramètres analytiques

### II.3.1. pH-eau du Sol

Le pH du sol est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité des sols. Le pH de la solution du sol est un élément déterminant pour une bonne dissolution des éléments nutritifs et par conséquent pour une absorption efficace de ces éléments nutritifs par les racines des plantes (Adjanohoun et al., 2017). Selon (Soltner, 2004), le pH de la solution du sol est considéré comme l'une des principales variables exprime les propriétés chimiques des sols.

Ce potentiel hydrogène affecte spécifiquement la disponibilité des éléments nutritifs des plantes, en contrôlant les formes chimiques des nutriments (Kabata-pendias, 2011).

La mesure du pH est faite à l'aide d'un Ph mètre selon le mode opératoire suivant :

#### ❖ Mode opératoire

- Étalonnage du pH-mètre avec les solutions tampon pH4, pH7, Ph10 ;
- Peser 20g de terre fine placer dans un bécher de 100ml ;
- Ajouter 50ml d'eau distillé selon le rapport solide liquide 1/2,5 ;
- Agiter de temps à autre durant une période de contact de 2h ;
- Laisser se reposer pendant 30min ;
- Plonger les électrodes avec précaution dans la suspension ;
- Attendre la stabilisation de l'appareil et lire la valeur du pH.



Figure 19 : Illustration de la mesure du pH de la solution du sol

### II.3.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité d'une solution de sol est la mesure de la capacité des ions à transporter le courant électrique.

Ce passage du courant électrique s'effectue par la migration des ions dans un champ électrique produit par un courant alternatif. La conductivité d'une solution dépend de la concentration des ions présents. Plus l'électrolyte est dilué, Plus la conductivité diminue, car il y a moins d'ions par volume de solution pour assurer le transport du courant.

La conductivité d'une solution est définie comme l'inverse de la résistance. Sa mesure s'effectue par l'utilisation d'une cellule de conductivité couplée à un conductimètre, et la conductivité s'exprime en  $\mu\text{S/cm}$ ,  $\text{mS/cm}$  ou  $\text{dS/m}$

La détermination de la conductivité électrique a été faite selon le mode opératoire suivant :

#### ❖ Mode opératoire

- Peser 10g de sol (terre fine) préalablement séché ;
- Ajouter 50ml d'eau distillé dans un bécher de 100ml, Le rapport Sol/eau à respecter est 1/5 ;
- Agiter chaque 15min pendant 2h.
- Laisser sédimenter ;
- Transverser le liquide dans un bécher de 50ml ;
- Faire la mesure de la conductivité électrique.



Figure 20 : Illustration de la mesure de la CE de la solution du sol

### II.3.3. Teneur en matière organique du sol

Pour doser de la matière organique, nous avons utilisé la méthode de (Mathieu et Piéltain2003) qui est le protocole de la perte au feu. La méthode consiste à mettre les échantillons à l'étuve à 450°C durant 4heurs pour la combustion du carbone organique.

#### ❖ Mode opératoire

- Mettre 5g de terre fine dans un creuset en céramique préalablement pesé à 0,01. Le poids du creuset est noté ;
- Introduire les échantillons pour une durée de 4H à l'étuve sous 450°C puis peser et noter le poids après l'étuve ;



**Figure 21 : Illustration de la mesure de la matière organique :**

**(a) Creuset a l'intérieure de l'étuve (b) Creuset après l'étuve**

**Calcule du taux de MO dans le sol**

**Le taux de MO = poids de MO(g) x 100 / poids du creuset + sol**

RÉSULTATS ET  
DISCUSSION



## Chapitre III. Résultats et Discussion

### III.1. Paramètres analytiques étudiés

#### III.1.1. pH-eau du sol

Les résultats de la détermination du pH-eau de la solution du sol des échantillons prélevés de la parcelle étudiée sont portés dans la figure(22). Les pH enregistrés varient entre 6,35 et 7,28 qualifiée de légèrement acide à neutre. Confirmant ainsi les résultats trouvés par Ben Abbou et Kadi, (2021) et Cherfouh et al., (2018).

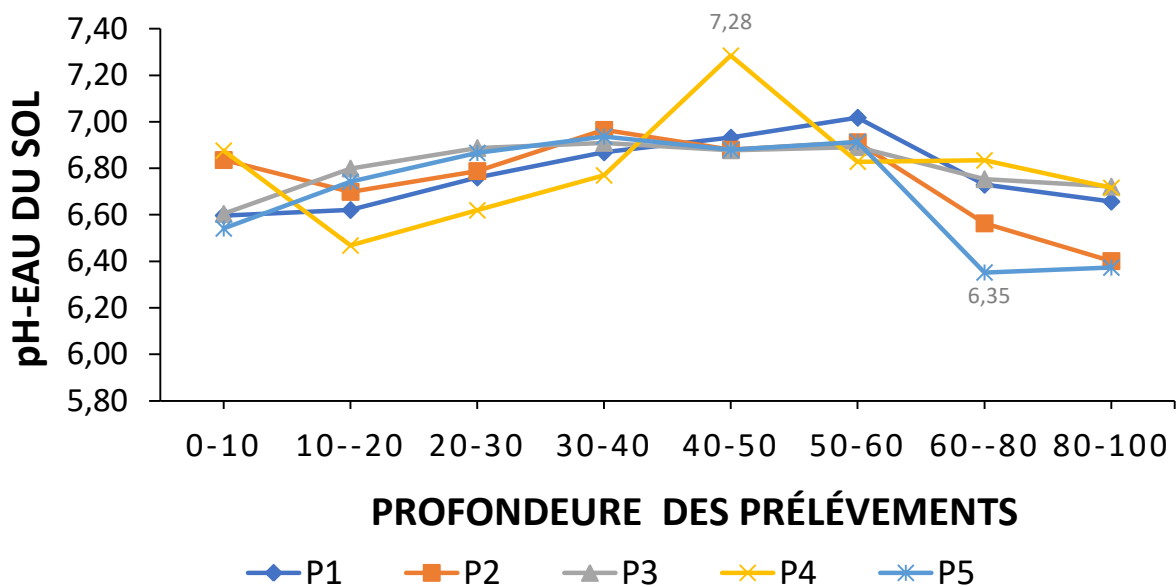


Figure 22 : Variation du pH du sol en fonction de la profondeur

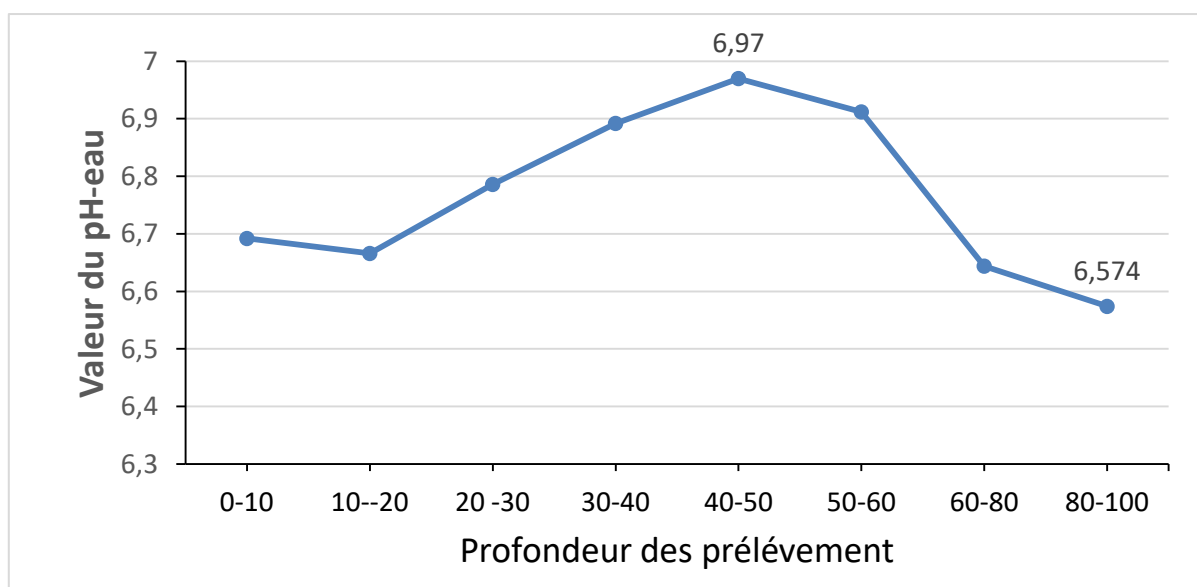
- Valeurs moyennes du pH-eau en fonction de la profondeur

Tableau 7: Valeur moyenne du pH en fonction de la profondeur (cm)

Prof (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100
pH-eau	6,692	6,666	6,786	6,892	6,97	6,912	6,644	6,574

Dans les sols agricoles, le pH optimum doit être compris entre 6 et 7. Les valeurs de pH supérieures à 7 réduisent la biodisponibilité des nutriments et des microéléments en particulier le Cu, Zn et Co (Jonas et al., 2021 ; Cherfouh et al., 2018). Ceci implique que les seuils de pH du sol de la parcelle étudiée sont adéquats à une bonne nutrition minérale de la culture de vigne et que la réaction du sol ne présente pas de contrainte particulière à une bonne activité biologique en générale. Par conséquent l'application des eaux usées épurées issues de la Step de la ville de Boumerdes n'a pas engendré d'effets négatifs signification sur le pH du sol.

L'observation des résultats (Figure 23) montre que le pH-eau de la solution du sol évolue de façon croissante en fonction de la profondeur du sol allant de 0 à 60cm, et de façon décroissante de 60 à 100 cm. Cela est probablement lié au transfert des cations basiques de la surface du sol et leur accumulation à une certaine profondeur dans la couche allant de 40 à 60cm. L'évolution des matières organiques et minérales du sol, la distribution irrégulière des eaux d'irrigation, les transferts verticaux des éléments chimiques et aux travaux culturaux de la vigne notamment la fertilisation minérales (engrais potassique) sont autant de paramètres en mesure de contribuer à la distribution des éléments chimiques le long du profil pédologique



**Figure 23: Variation du pH moyen du sol dans la parcelle en fonction de la profondeur**

### III.1.2. Conductivité électrique

Les valeurs de la CE enregistrées évoluent de 29,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 216  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , alors que La CE moyenne du sol est de 76,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Selon les normes d'interprétation de la conductivité électrique la salinité du sol est négligeable et ne présente aucune contrainte sur l'alimentation hydrique et minérale des cultures et ne risque pas de réduire leurs rendements (Mathieu et Piéltain, 2003).

L'examen des valeurs de CE en fonction des huit (08) profondeurs d'échantillonnages (0-100 cm) indique que ce paramètre présente un gradient négatif par rapport à la profondeur du profil jusqu'à la profondeur de 50 à 60cm (figure 24). Cette observation confirme les résultats déjà trouvés dans la bibliographie (Domrane et Lakhdari, 2023 ; Kadi et Benabbou 2022 ; Cherfouh et al., 2018). De 50 cm à 100 cm, le gradient nos résultats montrent un gradient positif. Ceci implique que dans le profil pédologique, il se produit une accumulation des sels lessivés à partir de la surface du sol.

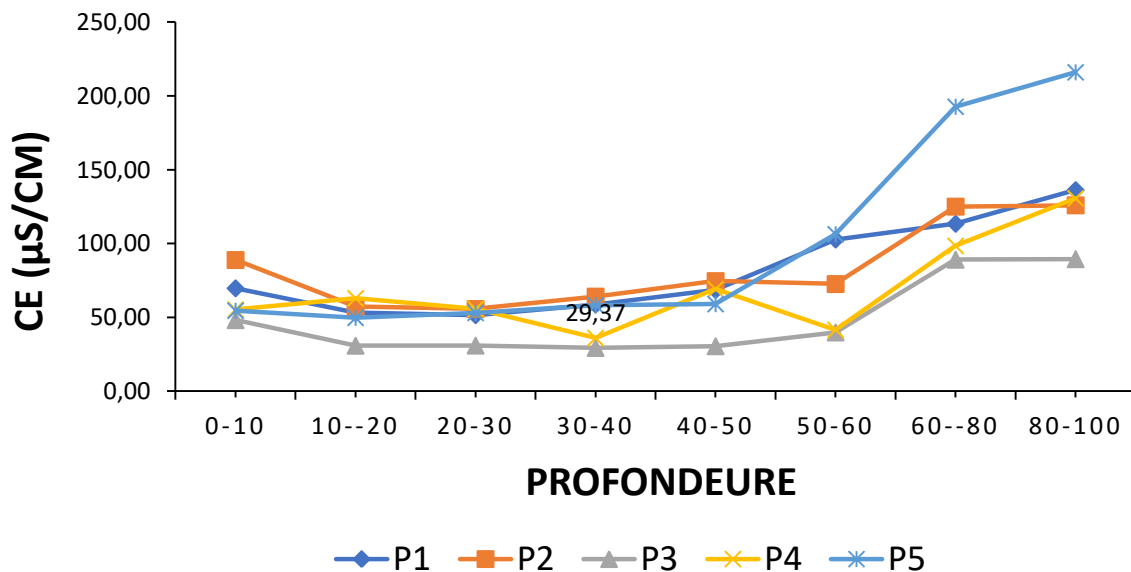


Figure 24 : Variation de la CE du sol en fonction de la profondeur.

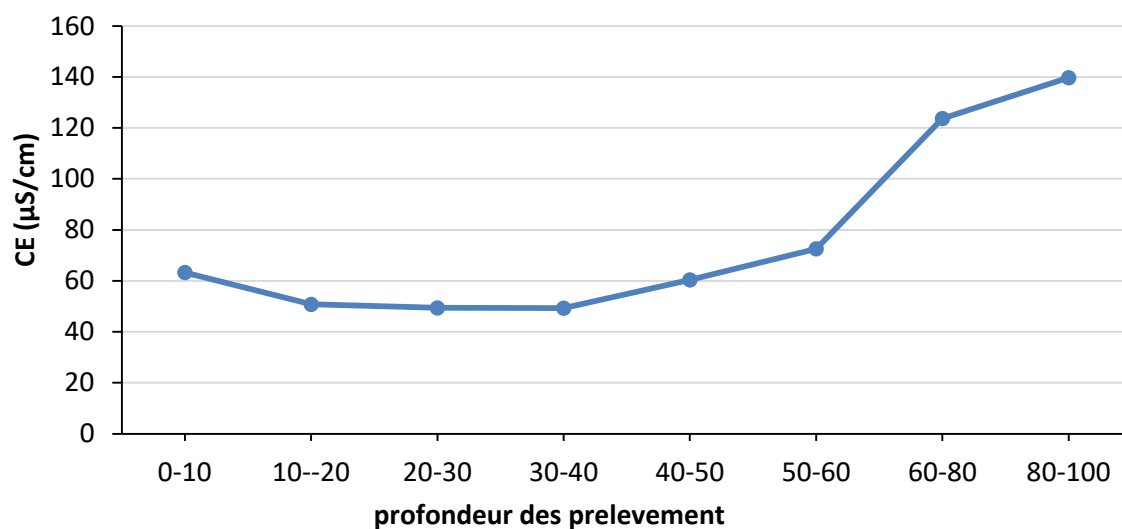
- **Valeurs moyennes de la CE en fonction de la profondeur**

La conductivité des couches profondes est 2 à trois fois supérieure à celle des couches superficielles de 0 à 20 cm, et cela signifie que la salinisation s'élève en descendant en

profondeur ceci est liée au transport des sels du haut vers le bas par le lessivage des eaux de pluie et d'irrigation. Un arrêt brusque des irrigations pour une longue période est en mesure d'enclencher le processus de retour des sels accumulés en profondeur vers la surface des sols. La variabilité des valeurs de la CE résulte des effets combinés de plusieurs facteurs (climat, caractéristiques du sol, techniques culturales, la topographie du terrain, la qualité de l'eau d'irrigation ...). Ainsi, la fréquence et la dose d'irrigation agissent sur la distribution des sels sur la parcelle étudiée (Brady and Weil, 2002).

**Tableau 8. Valeurs moyennes de la CE en fonction de la profondeur.**

Prof (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	63,3	50,8	49,4	49,3	60,4	72,6	123,7	139,7



**Figure 25 : Variation de la CE moyenne du sol dans la parcelle en fonction de la profondeur**

### III.1.3 Taux de matière organique du sol

Les teneurs moyennes de Matière organique des échantillons du sol prélevés de la parcelle étudiée sont portés dans la figure (26). La teneur en matière organique du sol dans la profondeur de 0 à 100cm varie d'un point à un autre entre 0,4 et 1,88%.

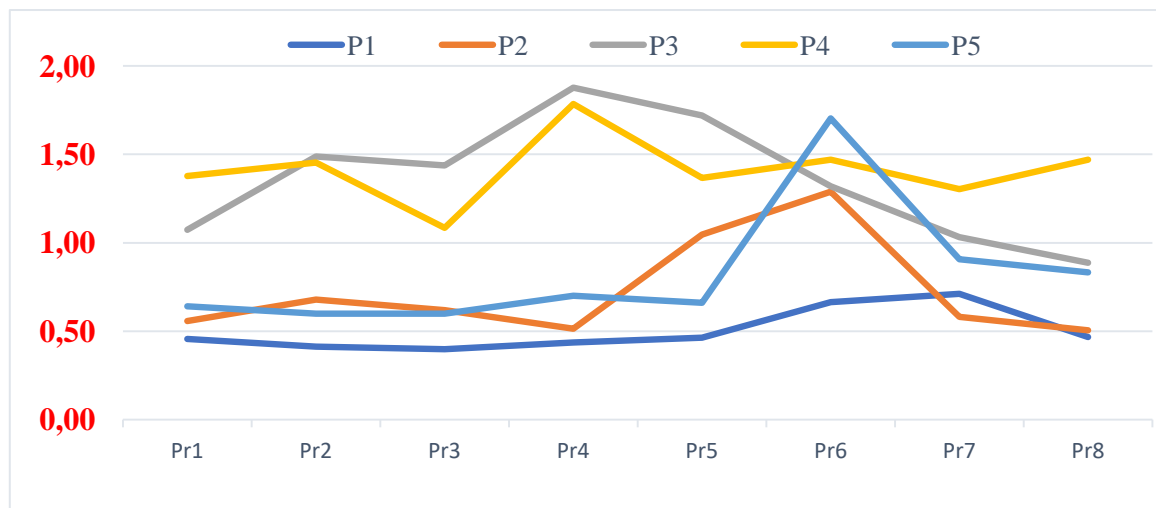


Figure 26 : Teneur en matière organique (%) du sol.

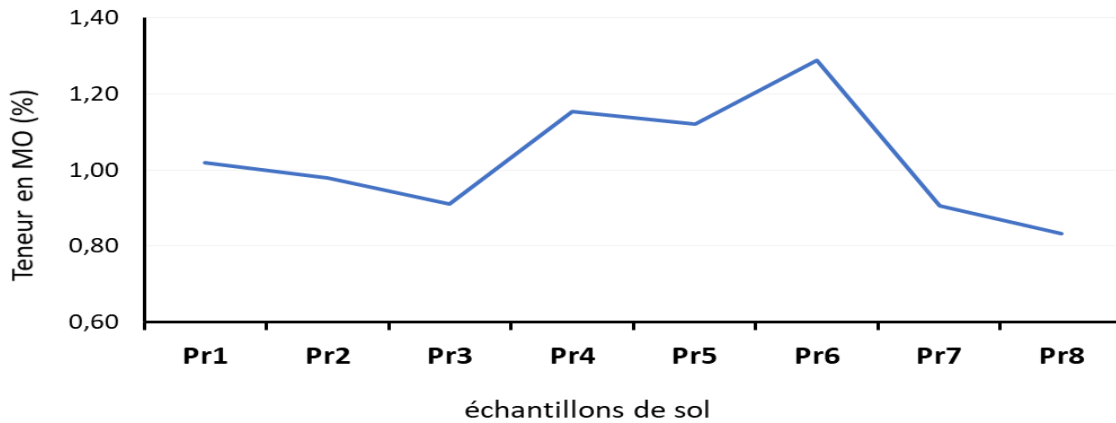
• Valeurs moyennes de la CE en fonction de la profondeur

Tableau 9. Teneur moyenne en de matière organique du sol.

Prf (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100
MO (%)	1,02	0,98	0,91	1,15	1,12	1,29	0,91	0,83

En fonction de la profondeur on observe que l'évolution de la matière organique, au niveau du point des prélèvements 3 et 4, sont similaires, Alors que pour les prélèvements 1,2 et 5 l'évolution de la MO en fonction de la profondeur est tel qu'entre p1 et p5 il n'y a pas de différence, par contre au niveau de la profondeur p6 et p7 nous constatant qu'il y a un cumule de matière organique (figure 26). Cela veut dire qu'il y a un entrainement de colloïde organique qui s'est cumulé dans cette profondeur. L'analyse en fonction de la profondeur montre que les teneurs trouvées entre 0 à 40cm diminuent en fonction de la profondeur du sol. Ceci représente une cohérence pédologique observé même dans les milieux naturels (Chamayou et Legros, 1989 ; Duchaufour, 1997).

Ce constat a été vérifié par les résultats obtenus précédemment par nos camarades Domrane et Lakhdari, 2023 ; Kadi et Benabbou. Contrairement à la partie superficielle du profil, la partie profonde expose un cumule de matières organiques entre 50 et 80 cm puis une diminution atteignant un seuil de moins de 0.8 %. Globalement l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation de la vigne a un effet positif sur la teneur en matières organiques des sols agricoles.



**Figure 27 : Variation du taux de MO moyen du sol dans la parcelle en fonction de la profondeur**

## III.2. Relation entre paramètres analytiques

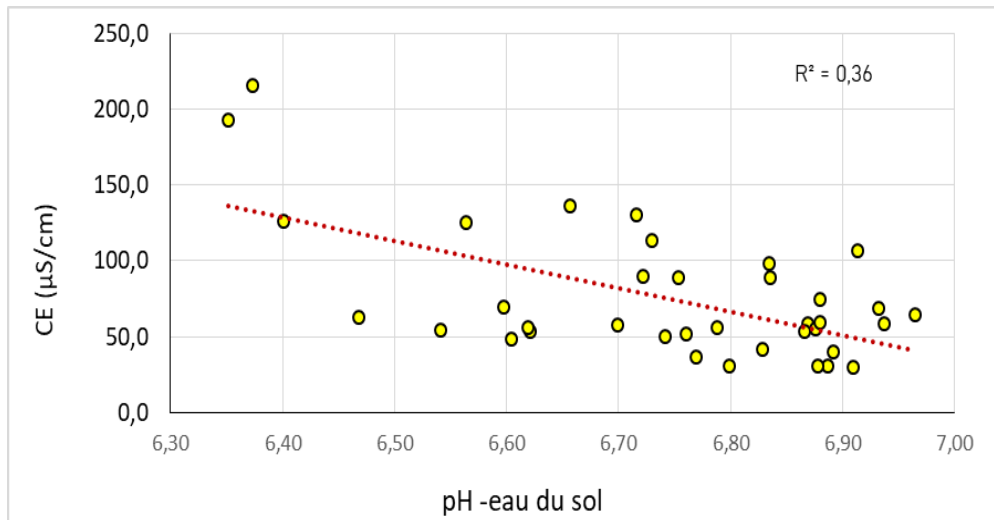
### III.2.1. Corrélation pH–CE

La mise en relation des valeurs de CE et de pH déterminés pour les échantillons de sol est illustrée par la régression linéaire de la figure 28. Le pH et la CE sont deux paramètres en relation directe avec la composition ionique de la solution du sol. Les sols étudiés ont un pH voisins de la neutralité, ceci implique des concentrations assez élevées en bases échangeables ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ) plus élevées d'ions  $\text{H}^+$  et  $\text{Al}^{3+}$ , ce qui peut influencer la CE. Les sols alcalins contiennent généralement plus de bicarbonates, carbonates et parfois de sodium, augmentant ainsi la CE (Diop et al., 2019).

La corrélation entre la CE et le pH du sol n'est pas directe, elle est qualifiée de relation complexe. La solubilité de ces éléments entraînés par l'écoulement des eaux de drainage est dépendante des conditions de pH du sol (Singh, 1994). Il est aussi important de noter que les principaux ions qui contribuent à la CE sont : les cations : Sodium ( $\text{Na}^+$ ), Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Potassium ( $\text{K}^+$ ) ; et les anions : Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), Carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Les mesures de pH et de CE enregistrées représentées sur la figure 25 montre que la CE de l'extrait aqueux du sol est négativement corrélée au pH de la solution du sol. Ceci implique que les éléments chimiques entraînant une élévation du pH dans les sols irrigués avec les eaux usées épurées n'entraînent pas une élévation significative de la salinité des sols. Cette observation conforte les niveaux de CE affichés par les sols et l'effet peu significatif des eaux

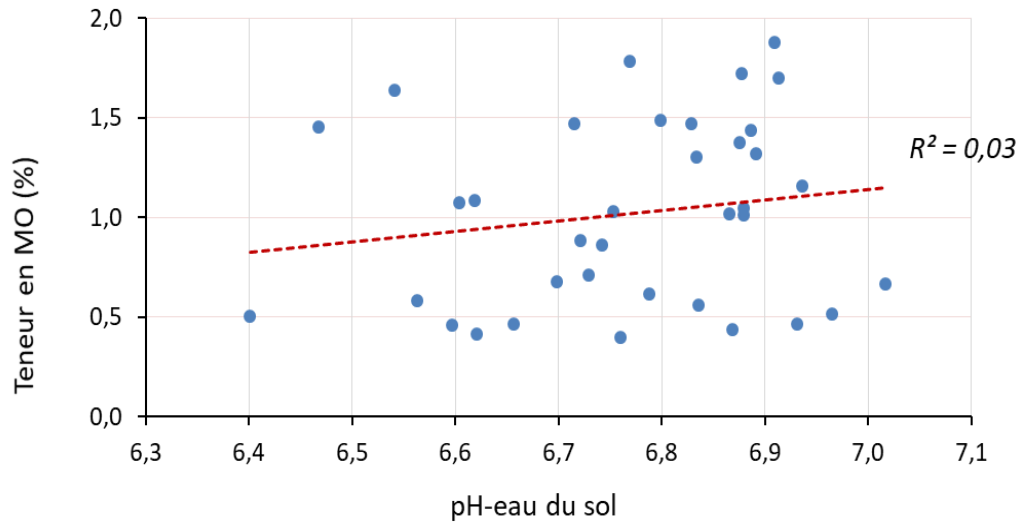
usées épurées sur la salinisation des sols dans le cas de la parcelle de Corso dans la wilaya de Boumerdes.



**Figure 28 : Corrélation entre le pH et la CE dans les sols étudiés.**

### III.2.2. Corrélation pH–MO

Les mesures de pH et de teneur en MO des sols sont illustrées au niveau de la figure 29 . La relation liant ces deux paramètres est représentée par la régression linéaire, qui montre que les deux paramètres ne sont pas corrélés. Cette observation ne confirme pas les résultats obtenus par Domrane et Lakhdari (2023), qui ont travaillé sur la même parcelle sur la profondeur allant de 0 à 50cm et qui ont trouvé une corrélation négative. Plusieurs auteurs observent que le pH diminue principalement suite à la libération des groupements acides suite à la minéralisation des matières organiques (Chamayou et Legros, 1989 ; Wang et al., 2015). Cependant l'association des données de pH et de MO des horizons profonds du sol pourrait être une raison de la nature de cette corrélation.



**Figure 29 : Corrélation entre le pH-eau et la teneur en MO (%) du sol.**

### III.2.3. Corrélation MO-CE

La corrélation entre la teneur en matière organique des sols et la conductivité électrique n'est pas simple et linéaire. Elle est indirecte et influencée par de nombreux facteurs. En général, une augmentation de la matière organique peut influencer la conductivité électrique. La matière organique peut se décomposer en différentes substances, certaines pouvant se dissoudre et libérer des ions, contribuant à la CE du sol.

La régression linéaire présentée à la figure 30, montre une corrélation négative entre la teneur en matière organique du sol étudié et sa conductivité électrique dont le  $R^2=0.35$ . Ceci implique qu'une grande partie des ions issus de la minéralisation des matières organiques ou apportés par les eaux d'irrigations sont soit adsorbés ou tout au moins lessivés vers les horizons profonds. L'irrigation à long termes avec les eaux usées entraîne une amélioration de la teneur en matières organiques des sols (Cherfouh et al., 2018), et en fonction de la salinité des sols cela peut induit une salinisation secondaire des sols (Belaid, 2010).

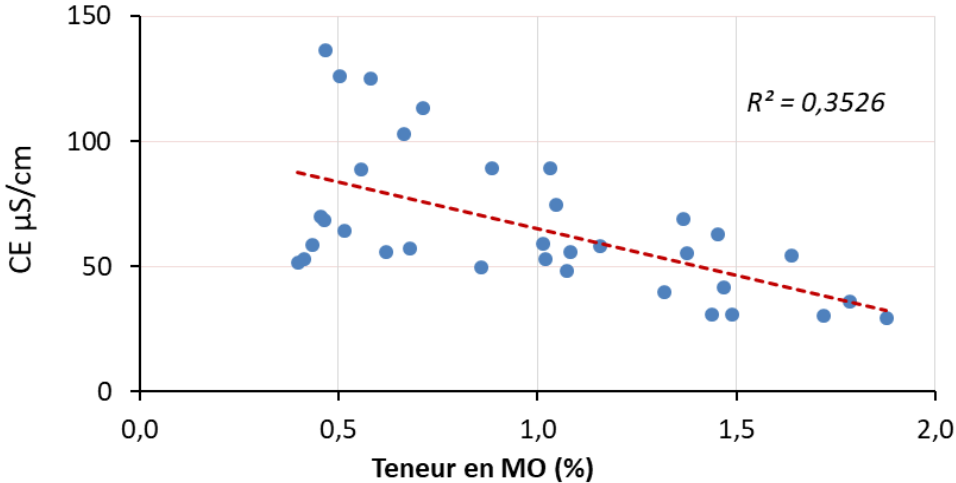


Figure 30 Figure : Corrélation entre la CE et la teneur en MO (%) du sol.

**CONCLUSION  
GENERALE &  
PERSPECTIVES**



### Conclusion générale et perspectives

Au terme de ce modeste travail, il en ressort que le sol de la parcelle de Boumerdes ayant reçu des eaux usées épurées présentent des caractéristiques chimiques globalement adéquates à l'activité agricole.

Les pH du sol enregistrés évoluent de 6,35 à 7,28 ceci indique que la réaction du sol est qualifiée de légèrement acide à neutre. cela ne constitue pas de contrainte quelconque entravant à l'alimentation minérale des plantes et de développement normal des organismes vivants. Les valeurs du pH évoluent d'une façon croissante de 0 à 60 cm de profondeur puis d'une façon décroissante de 60 à 100 cm .

La conductivité électrique évolue de  $29,37\mu\text{m}/\text{cm}$  à  $216\mu\text{m}/\text{cm}$ , donc le sol est qualifié de non salée et que la salinisation secondaire du sol ne s'est pas produite suite aux irrigations par les eaux usées épurées .la CE des couche profondes est élevé par rapport à celle de la couche superficielle profonde de 0 à 20 cm .

Les teneurs en matière organique présentent une hétérogénéité dans la parcelle et sont d'une valeur moyenne de 1,02% pour tous les prélèvements compris entre 0 et 100 cm. le sol de cette parcelle est qualifier de sol pauvre en matière organique.

Dans l'objectif d'approfondissement de notre travail de recherche, nous préconisons les perspectives suivantes :

- Avant toutes utilisation, il est souhaitable de quantifié les teneurs en métaux lourds à fin d'éviter les risques de pollution des sols, ainsi que les risques de toxicité qu'ils peuvent engendrés sur les végétaux.
- Une augmentation du nombre d'échantillons à analyser.
- Une augmentation du nombre de répétition pour pouvoir améliorer la précision de l'analyse statistique.
- Un diagnostic hydrologique, pédologique et biologique est à inclure dans l'étude de mise en place du plan d'épandage pour déterminer l'aptitude des sols à l'épandage ainsi prévenir les risques pathogènes.

RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES



## Références bibliographiques

- Bastian, R.K. and Ryan, J.A, (1986)** Design and management of successful land application system. In
- Belaid N. (2010).** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse École Nationale d'Ingénieurs de Sfax.
- Ben Abbou et Kadi, (2021)**
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008).** The soils around us. The Nature and Properties of Soils, 14th ed Pearson Prentice Hall, New Jersey and Ohio, 1-31. Bagnouls et Gaussen., 1953. saison et indice xérothermique. Doc. Cart. Prod. Veg. Serv
- Cherfouh, R., Lucas, Y., Derridj, A., Merdy, P., 2018.** Long-term, low technicality sewage sludge amendment and irrigation with treated wastewater under Mediterranean climate: impact on agronomical soil quality. Environ Sci Pollut Res 25:35571–35581.
- Clapp C.E., Stark S.A., Clay D.E. and Larson W.E, (1986)** Sewage sludge organic matter and soil properties. In: The Role of Organic Matter in Modern Agriculture. Chen Y. and Avnimelech Y. eds. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht. Utilization, Treatment and Disposal of Waste on Land. Soil Science Society of America ed. Pp. 217-234. Inc. Madison, USA.
- Chamayou, H. et Legros, J.P., 1989.** Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol. Ed. Agence de Coopération Culturelle et Technique. INBN 92 9028 148 9. 587p.
- Chamayou, H. et Legros, J.P., 1989.** Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol. Ed. Agence de Coopération Culturelle et Technique. INBN 92 9028 148 9. 587p.
- Davet P., 1996.** Vie microbienne du sol et production végétale. INRA. Paris. 383p.
- Paradis R., (2016). Distribution spatiale du carbone organique et de l'azote dans les sols en fonctions des zones de récurrence d'inondation. Maîtrise en Science de l'environnement. Université du Québec à Trois-Rivières. 94p. Gen. II, 1, art, VIII, Toulouse.
- DEJON et al, 1998 in Tir (2001).**
- DSA.,2022.** activités agricoles de la wilaya de Boumerdes
- D.P.A.T., 2009.** monogra **Duval M., Angers D.-A., & Laverdière M.-R., (1993).** Revue de quelques facteurs régissant l'état et la stabilité de la structure du sol. Agrosol VI (2) 44-51 p. phie de la wilaya de Boumerdes.
- DIOP Tégaye, R NDIAYE, S A SOW et D BA. (2019).** Analyse des effets du phosphogypse et du fumier sur la salinité de la cuvette de Ndiol dans le Delta du fleuve Sénégal. Afrique SCIENCE 15(4) (2019) 71 - 80 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>
- Domrane et Lakhdari, 2023 ; Kadi et Benabbou 2022 ; Cherfouh et al., 2018).**
- Duchaufour Ph., 1997.** Abrégé pédologie, sol, végétation, environnement, 5eme éd., Masson, Paris.
- Duchaufour Ph., 1997.** Abrégé pédologie, sol, végétation, environnement, 5eme éd., Masson, Paris.
- Durand J.H. (1983).**

**FAO (2003)**

**Lazarova V. and Brissaud F., 2007.** Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299.

**Ladjal, F. et Abbou, S. 2016.** Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie. Journée d'étude Ministère des Ressources en Eau. Alger 03 Février 2016.

**Lanz J., (2004).** Soils and wine quality, Wynland, December 2004, 53-54.

**Magnet, M. M. H., Sarkar, D., & Ahmed, Z. (2013).** Isolation and identification of bacteria and fungi from soil samples of different industry side in Dhaka city, Bangladesh. International Journal of Innovative Research and Development, 2(8)

**Maignien, R. (1969).** Manuel de prospection pédologique

**Mermoud, A. (2001).** Cours de physique du sol. Etat de l'eau du sol. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.

**Musy A., Soutter M., (1991).** Physique du sol. Première édition ISBN 2-88074-211-0,1991, Presses polytechniques et universitaires romandes. 331p.

**Mustin, M. (1987).** Le compost: gestion de la matière organique.

**Rodier, 2005; BAZIN. C ; BROUTIN J. P; CHAMBON .P; CHAMPSAUR.H.& RODI .L; 2005:**L'analyse de l'eau . Eau naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer 8ème édition. Ed. Dunod,

**Singh B R (1994) Trace element availability to plants in agricultural soils, with special emphasis on fertilizer inputs. Envir. Reviews.2: 133-146. <https://doi.org/10.1139/a94-009>**

**Paris. 1383 p.**treatment plants Wat. Sc. Techn, vol 28 N°10 pp 25 – 32

**Van Leeuwen C., Friant P., Choné X., Trégoat O., Koundouras S., & Dubourdieu D., (2004).** Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. American Journal of Enology and Viticulture 55, 207–217. Seguin G., (1986). 'Terroirs' and pedology of wine growing. Experientia, 42, 861–873.

**Wang Yubing, Tianyu Huang , Jing Liu a , Zhidan Lin , Shanhong Li , Rujing Wang, Yunjian Ge. (2015).** Soil pH value, organic matter and macronutrients contents prediction using optical diffuse reflectance spectroscopy. Computers and Electronics in Agriculture 111 (2015) 69–77.

ANNEXES



## ANNEXES

Qualification du sol	Valeur du Ph
Ultra acide	<3,5
Extrêmement acide	3,5 à 4,4
Très fortement acide	4,5 à 5,5
Fortement acide	5,1 à 5,5
Modérément acide	5,6 à 6,0
Légèrement acide	6,0 à 6,6
Neutre	6,6 à 7,3
Légèrement alcalin	7,4 à 7,8
Modérément alcalin	7,9 à 8,4
Fortement alcalin	8,5 à 9,0
Très fortement alcalin	9,0

### ANNEXE 1 : Tableau plages descriptives du pH dans les sols

### ANNEXE 2: Tableau classe de la qualité des sols selon l'échelle de Durand J.H.(1983).

Classe	CE en $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25°C	Qualité des sols	Effet sur le rendement
Classe I	0 à 500	Non salé	Négligeable
Classe II	500 à 1000	légèrement salé	Diminution du rendement des cultures très sensible au sel.
Classe III	1000 à 2000	Salé	Diminution des rendements de la plus part des cultures
Classe IV	2000 à 4000	Très salé	Seules les cultures résistantes donnent un rendement satisfaisant
Classe V	Plus de 4000	Extrêmement salé	Seules quelques cultures donnent des rendements satisfaisants

---

**ANNEXE 3 : Tableau classification des teneuses en matière organique (MO) dans le sol. (DEJON et al, 1998 in Tir 2001).**

<b>MO (%)</b>	<b>Sol</b>
<b>&lt;1%</b>	<b>Taux très faible, sol très pauvre en MO</b>
<b>1,2%</b>	<b>Taux faible, sol pauvre en MO</b>
<b>2,4%</b>	<b>Bonne, sol riche en MO</b>
<b>&gt;4%</b>	<b>Très bonne, sol Très riche en MO</b>