République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté des Sciences

Département des Sciences de la matière

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master En Chimie

Spécialité : Chimie ***Macromoléculaire***

Présenté par : BENLAKEHAL Fatma Zahra

Thème

L'utilisation d'un biomatériau dans l'amélioration de production alimentaire

Soutenu le 03/07/2023 ***Devant le jury composé de :***

REBOUH Samia	**MCA**	**UYFM**	**Présidente**
BOUAZZA Fatma	**MAA**	**UYFM**	**Examinatrice**
FARCH Sabrina	**MCB**	**UYFM**	**Encadreur**
GHARADAOUI Dahbiya	**MCB**	**UYFM**	**Co- Encadreur**
Mme SKANDER Wahiba	**Responsable**	**D.R.E.-Médéa**	**Invité**
Mr. GHRIBI Mohamed	**Chef de Service**	**D.E.-Médéa**	**Invité**

Année universitaire 2022 - 2023


بسم الله الرحمن الرحيم

ملخص :

من اجل تحسين خصوبة التربة في الجزائر وتكلفة الأسمدة الكيميائية المرتفعة تحفز المزارعين على البحث عن تسميد بديل ومستدام. في هذا السياق، قمنا بدراسة تربة قسم مجموعة ميندا‌س لوحات في دائرة سيدي نعمان، ولاية المدية .أظهرت الدراسة أن التركيب الحبيبي للتربة يتميز بسيطرة الرمل بنسبة 72.88٪ من التركيب، تليها الطمي بنسبة 24.49٪ والصلصال بنسبة 2.165٪. أدى إضافة مواد الأسمدة الحيوية إلى تغيرات في تراكيز العناصر والأيونات في التربة. على سبيل المثال، زاد استخدام السماد المُعالج من تركيز البيكربونات إلى 1220 ملجم/لتر، بينما زاد استخدام سماد الدواجن من تركيز البيكربونات إلى 3050 ملجم/لتر .أثرت المواد الأسمدة الحيوية أيضًا على التوصيلية الكهربائية للتربة، حيث زادت من 0.92 ملليسيمنز/سم إلى 31.9 ملليسيمنز/سم بعد استخدام سماد الدواجن. بالإضافة إلى ذلك، أدى استخدام السماد المُعالج و الدواجن إلى زيادة في تراكيز الكلوريدات، حيث تراوحت بين 35.5 ملجم/لتر إلى 390.5 ملجم/لتر بعد 7 أيام. تشير هذه التغيرات في تراكيز العناصر والأيونات إلى تأثير مواد الأسمدة الحيوية على التركيب الكيميائي للتربة. تشير النتائج إلى أن استخدام هذه المواد الأسمدة يمكن أن يعزز خصوبة التربة من خلال زيادة توافر المغذيات الضرورية لنمو النباتات .في الختام، تقدم مواد الأسمدة الحيوية بديلاً مستدامًا لتحسين جودة التربة وزيادة الإنتاج الزراعي. إنها تتطلب إدارة مناسبة ومراقبة دورية للمعايير الفيزيو-كيميائية للتربة. هذه الممارسات المستدامة تساهم في تطوير القطاع الزراعي في الجزائر مع الحفاظ على صحة التربة والبيئة.

الكلمات المفتاحية: المواد الأسمدة الحيوية, تركيب حبيبي للتربة, توفير المغذيات, التنمية الزراعية في الجزائر, الحفاظ على البيئة

Abstract

In order to improve soil fertility in Algeria and the high cost of chemical fertilizers encourage farmers to seek alternative and sustainable fertilization methods. In this regard, we have studied the soil of the Mendas Lawhat Group Division in Sidi Naamane, Medea province.

The study revealed that the soil's particle size distribution was dominated by sand, accounting for 72.88% of the composition, followed by silt at 24.49% and clay at 2.165%. The addition of biofertilizer materials resulted in variations in the concentrations of soil elements and ions. For instance, the use of compost increased the concentrations of bicarbonate ions to 1220 mg/L, while the application of poultry manure led to an increase in bicarbonate ion concentrations to 3050 mg/L.

Biological fertilizers also influenced the soil's electrical conductivity, with a significant increase from 0.92 ms/Cm to 31.9 ms/Cm following the application of poultry manure. Additionally, the use of compost and poultry manure resulted in an increase in chloride concentrations, ranging from 35.5 mg/L to 390.5 mg/L after 7 days. These variations in element and ion concentrations demonstrate the effect of biofertilizer materials on the soil's

chemical composition. The results suggest that the use of these fertilizers can improve soil fertility by increasing the availability of nutrients necessary for plant growth.

In conclusion, the use of biofertilizer materials provides a sustainable alternative to improve soil quality and increase agricultural yields. It requires proper management and regular monitoring of the soil's physicochemical parameters. These environmentally-friendly practices contribute to the development of the agricultural sector in Algeria while preserving the health of soils and the ecosystem.

Keywords: biofertilizer materials, soil particle size distribution, nutrient availability, agricultural development in Algeria, and environmental preservation.

Résumé

Pour améliorer la fertilité des sols en Algérie et le coût élevé des engrais chimiques incitent les producteurs à rechercher une fertilisation alternative et durable. Dans cet objectif, nous avons étudié le sol de la Division Groupe Mendas Lawhat à Sidi Naàmane, de la wilaya de Médéa.

L'étude a révélé que la composition granulométrique du sol était dominée par le sable, représentant 72,88% de la composition, suivi du limon à hauteur de 24,49% et de l'argile à 2,165%. L'ajout de biomatériaux fertilisants a entraîné des variations dans les concentrations des éléments et des ions du sol. Par exemple, l'utilisation de compost a augmenté les concentrations d’ions bicarbonates à 1220 mg/L, tandis que l'application de fumier de volailles a entraîné une augmentation des concentrations d’ions bicarbonates à 3050 mg/L.

Les fertilisants biologiques ont également influencé la conductivité électrique du sol, avec une augmentation significative de 0,92 ms/Cm à 31,9 ms/Cm suite à l'application de fumier de volailles. De plus, l'utilisation de compost et de fumier de volailles a conduit à une augmentation des concentrations en chlorures, allant de 35,5 mg/L à 390,5 mg/L après 7 jours. Ces variations de concentrations d'éléments et d'ions témoignent de l'effet des biomatériaux fertilisants sur la composition chimique du sol. Les résultats suggèrent que l'utilisation de ces fertilisants peut améliorer la fertilité du sol en augmentant la disponibilité des nutriments nécessaires à la croissance des plantes.

En conclusion, l'utilisation de biomatériaux fertilisants offre une alternative durable pour améliorer la qualité des sols et augmenter les rendements agricoles. Elle nécessite une gestion adéquate et une surveillance régulière des paramètres physico-chimiques du sol. Ces pratiques

respectueuses de l'environnement contribuent au développement du secteur agricole en Algérie tout en préservant la santé des sols et de l'écosystème.

Mot clés : biomatériaux fertilisants**,** composition granulométrique du sol, disponibilité des nutriments, développement agricole en Algérie et préservation de l'environnement.

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord, ***Allah*** *qui m'a donné la force et le courage afin de parvenir à élaborer ce modeste travail.*

Pour tous les bienfaits et les faveurs qu'il m'a attribuées et sans lesquels je ne serai pas arrivé là où je suis.

Je remercier : Mme. Dr ***S. FARCH*** *mon encadreur pour ses conseils, ses orientations, sa disponibilité et son encouragement qui m'a permis de réaliser ce travail.*

Je remercie chaleureusement ma Co-promotrice Mme Dr. ***D. GHARDAOUI****, pour son aide très précieux et l'attention qu'elle a consacrée pour le bon déroulement de ce travail.*

J'adresse mes vifs remerciements à Madame ***S. REBOUH****, Maitre de conférences A à la faculté des Sciences de l'université Dr Yahia Farès de Médéa (Campus Ouzera), qui me fait un grand honneur en acceptant de présider le jury de mon travail lors de ma soutenance de Master.*

Je tiens à remercier Madame ***F. BOUZZA****, Maitre assistante A, faculté des Sciences de l'université Dr Yahia Farès de Médéa (Campus Ouzera), d'examiner ce travail de Master et pour sa présence parmi les membres du jury.*

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à Mme ***SKANDER Wahiba,*** *Responsable à la Direction des ressources en eau de la wilaya de Médéa, pour sa présence et sa participation en tant qu'invitée spéciale lors de la soutenance du mémoire de Master. Je tiens à la remercier sincèrement d'avoir accepté notre invitation.*

Je tiens à exprimer ma plus profonde reconnaissance à Monsieur ***M. GHRIBI,*** *Chef de service de la réglementation, information, sensibilisation et éducation environnementale à la direction de l'environnement de la wilaya de Médéa, pour l'intérêt qu'il porte à ce travail. Je le remercie chaleureusement d'avoir accepté notre invitation.*

Je n'oublie pas d'exprimer mes remercîments à Mme ***Djezzar Souad*** *Chef de laboratoire et Mme* ***Lounes Mounia*** *Chef de service physico-chimique qui m'ont aidé à réaliser ce travail ainsi que toute l'équipe de l'ADE. Et tous les ingénieurs du Laboratoire de chimie de la faculté des sciences et de la Technologie, Je remercie tous les enseignants de département de SM.*

F. Zahra Benlakehal

DEDICACES

Avant tout, Je remercie ALLAH

Tout puissant qui m'a donné toute la volonté et la

Patience pour aboutir à la réalisation de ce travail.

Je dédie mon travail à :

Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leurs amours,

Leurs tendresses, leurs soutiens tout au long de mes études.

A mon mari Kamel, mes chères filles Ilhem et Ikram

Mon frère Walid.

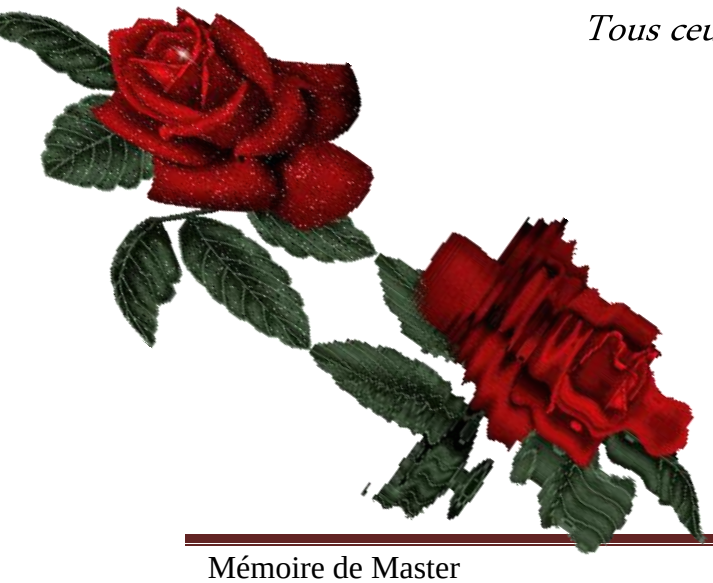
Toutes Mes sœurs : khalida, Soumia et Fatiha, Yasmine.

Et leurs enfants.

Toute ma famille

Tous mes amis.

Tous ceux qui me sont chers.



F. Zahra

Liste des symboles et abréviations

Ca^{2+}: calcium.

CE : conductivité électrique.

Cl^-: Ions chlorures.

Cm : centimètre.

CO_2 : Le dioxyde de carbone.

CO_3^{2-} : Ions carbonates.

E.D.T.A: Acide éthylène diamine tetra-acetique.

HCO_3^- : Ions Bicarbonates.

H_2O : Eau.

K^+ : Les ions potassium.

Kg : kilogramme.

Mg^{2+} : magnésium.

MO : Matière organique.

Ms/Cm: Décisiemence par mètre.

NO_3^- : Les ions nitrate.

PH : potentielle d'hydrogène.

PLA: polylactic acid.

PO_4^{3-} : Les ions phosphate.

P_2O_5 : phosphore.

***Ppm* :** partie par million.

SO_4^{2-} : Les ions sulfate.

% : pourcent.

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1. Couche de sol - 4

Figure I.2. Sol argile - 9

Figure I. 3. Sol sable - 10

Figure I. 4. Sol limon -11

Figure I. 5. Sol Humus - 12

Chapitre II

Figure II. 1. Déchet - 15

Figure II.2. Classification des déchets compostables - 16

Figure II. 3. Equilibre dans le composteur - 17

Figure II. 4. Composts d'origine urbaine - 19

Figure II. 5. Composts d'effluents d'élevage - 19

Figure II. 6. Composts de déchets industriels et agricoles - 20

Figure II. 7. Evolution de l'humidité durant la période du compostage - - - - - - - - - - - - - - 21

Figure II. 8. Courbe théorique d'évolution de la température au cours du compostage. - - - 21

Figure II. 9. Courbe d'évolution de PH au cours du compostage - - - - - - - - - - - - - - - - - 23

Figure II. 10. Evolution de la conductivité électrique durant la période du compostage. - - 23

Figure II. 11. Evolution du rapport C/N et de la teneur en matière organique durant la période du compostage.- 24

Figure II. 12. Composteur - 25

Figure II. 13. Mulching.- 25

Figure II. 14. Vermicomposteur - 26

Figure II. 15. Fumier de poulets - 29

Figure II. 16. Fumier de moutons - 31

Figure II. 17. Fumier de vaches - 32

Chapitre III

Figure III. 1. Wilaya de Médéa.- 35

Figure III. 2. Carte de la situation géographique de la zone d'étude (Sidi Naàmane). - - - - 36

Figure III. 3. Météo mensuelle de la zone d'étude - 36

Figure III. 4. Température minimale moyenne et maximale - 37

Figure III. 5. Probabilité de précipitation quotidienne - 38

Figure III. 6. Niveaux de confort selon l'humidité - 39

Figure III. 7. Vitesse moyenne du vent - 40

Figure III. 8. Méthodes de prélèvement. - 42

Figure III. 9. Séchage du sol à l'air libre (Photo originale 2023).- 43

Figure III. 10. Tamisage du sol (Photo originale 2023). - 44

Figure III. 11. Préparation du mélange sol + Biomatériaux fertilisants. - - - - - - - - - - - - - - - - 45

Figure III. 12. Schéma de dispositif expérimental. - 45

Chapitre IV

Figure IV. 1. Taux des diamètres de particules en % dans le sol tamisé de 1 kg - - - - - - - - 47

Figure IV. 2. Triangle textural - 48

Figure IV. 3. Mesure du Taux d'Humidité de sol brut - 50

Figure IV. 4. (a-e) Évolution du pH dans le sol en fonction des différents biomatériaux (fertilisants biologiques). - 52

Figure IV. 5. (a-e) Évolution de la conductivité électrique dans le sol en fonction des différents biomatériaux (fertilisants biologiques) et le temps de contact. - - - - - - - - - - - - 55

Figure IV. 6. Évolution des concentrations d'ions bicarbonates dans le sol en fonction du temps, de la composition du sol et des biomatériaux (fertilisants biologiques) utilisés. - - 59

Figure IV. 7. (a-e) Concentrations en ions chlorures dans le sol en fonction des biomatériaux (fertilisants biologiques) et les conditions de traitement - 61

Figure IV. 8. (a-e) Résultats d'analyse après 2 mois d'évolution des caractéristiques physico-chimiques du sol avec différents biomatériaux (fertilisants biologiques) - - - - - - - - - - - - 64

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau II.1. Nature des résidus organiques - 18

Chapitre III

Tableau III.1. Température moyenne - 37

Tableau III.2. Précipitation quotidienne - 38

Tableau III.3. Précipitation quotidienne - 39

Tableau III.4. Vitesse du vent - 40

Tableau III.5. Plan d'expérience - 41

Sommaire

Introduction Générale 1

PARTIE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

Généralités sur le sol *4*

I. Introduction 4

I.1. Sol 4

I.1.1 Constituants du sol : 5

I.1.1.a. Fraction ou phase solide : 5

I.1.1.b. Fraction ou phase liquide : 5

I.1.1.c. Fraction ou phase gazeuse : 5

I.1.2. Propriétés du sol 5

I.1.2.a. Propriétés physiques 5

I.1.2.b. Propriétés chimiques 6

I.1.2.c. Propriétés biologiques 8

I.1.3. Types de sol 8

I.1.3.a. Sol argileux 8

I.1.3.b. Sol sableux 9

I.1.3.c. Sol limoneux 10

I.1.3.d. Sol Humus 11

I.2. Conclusion : 12

Chapitre II

Biomatériaux et Agriculture *13*

II. Introduction : 13

II.1. Biomatériaux : 14

II.1.1. Généralités sur les déchets 15

II.1.1.a. Définition de déchet 15

II.1.1.b. Classification des déchets 16

II.1.2. Compostage 16

II.1.2.a. Définition 16

II.1.2.b. Équilibre dans le composteur : 17
II.1.2.c. Différents types de compost : 18
II.1.2.d. Principaux paramètres du compostage : 20
II.1.2.e. Techniques de compostage : 25
II.1.2.f. Avantage du compostage : 27
II.1.2.g. Inconvénients et limites du compostage : 27
II.1.3. Généralités sur les fumiers : 28
II.1.3.a. Définition de fumier : 28
II.1.3.b. Utilisations 32
II.2. Conclusion 33

PARTIE II

ETHDE EXPERIMENTALE

Chapitre III

Matériels et méthodes *35*
III. Introduction 34
III.1. Présentation de la zone d'étude 34
III.1.1. Situation géographique 34
III.1.2. Lieu de l'expérimentation 35
III.1.2.a. Géographie 35
III.1.3. Aspect climatique 36
III.1.3.a. Températures 37
III.1.3.b. Précipitations 38
III.1.3.c. Humidité relative 39
III.1.3.d. Vents 39
III.2. Objectif de travail 40
III.3. Matériels d'étude 41
III.3.1. Matériel utilisé 41
III.3.1.a. Sol 41
III.3.1.b. Matériel végéta et animal 41
III.4. Méthodes : 42
III.4.1. Méthodes de prélèvement : 42
III.4.2. Préparation du sol : 43
III.4.2.a. Séchage et tamisage : 43

III.4.3. Dispositif expérimental 44
III.4.4. Méthode d'analyse des paramètres physiques et chimiques 46
III.5. Conclusion : 46
Chapitre IV
Résultats et discussions *47*
IV. Introduction 47
IV.1. Analyse granulométrique : 47
IV.2. Triangle textural de sol brut : 48
IV.3. Proportions des Diamètres en masse dans le Sol Tamisé de 1 kg 49
IV.4. Mesure du Taux d'Humidité de sol brut 50
IV.5. Évolution du pH dans le sol : 52
IV.6. Évolution de la conductivité électrique dans le sol 55
IV.7. Évolution des concentrations d'ions bicarbonates dans le sol 59
IV.8. Concentrations en ions chlorures dans le sol 61
IV.9. Résultats d'analyse après 2 mois d'évolution des caractéristiques physico-chimiques du sol avec différents biomatériaux 64
Conclusion Général 69
Bibliographie 73

Introduction Générale

Introduction Générale

Le sol est un capital précieux qui doit être préservé de manière impérative. En tant que ressource non renouvelable, il constitue la base essentielle de l'agriculture et de la vie sur Terre. Le sol fournit les éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes, joue un rôle clé dans le cycle de l'eau et abrite une biodiversité riche et complexe. Cependant, les pratiques agricoles intensives, l'urbanisation croissante et la dégradation environnementale menacent la qualité et la santé des sols **(1)**.

La wilaya de Médéa, grâce à sa situation géographique privilégiée, jouit d'un statut agro-pastoral de premier plan. Elle est également reconnue comme l'une des régions les plus importants en termes d'agriculture et de production agricole, avec un taux de 88% de sa superficie totale dédiée aux terres agricoles **(2)**. Cependant, ces terres ne sont pas pleinement exploitées en raison de leur dégradation causée par des plantations répétées et une utilisation pendant de longues périodes, et elles souffrent d'une carence importante en minéraux et en matières organiques essentielles pour diverses cultures.

Afin de relever le défi de la préservation des sols, de nouvelles approches durables émergent dans le domaine de l'agriculture, parmi lesquelles l'utilisation de biomatériaux fertilisants occupe une place centrale. Ces biomatériaux, d'origine naturelle, sont des substances issues de déchets organiques, de résidus de cultures ou de sous-produits de l'industrie agroalimentaire **(3)**. Cette approche offre ainsi une solution durable pour maintenir la productivité des sols tout en préservant l'environnement. En adoptant ces nouvelles pratiques, nous contribuons à construire un avenir agricole plus durable et respectueux des ressources naturelles.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude sur l'utilisation des biomatériaux fertilisants, tels que le compost à base de déchets verts, le fumier de poulets, la bouse de vaches et le fumier de moutons. Ces biomatériaux offrent de multiples avantages pour améliorer la production alimentaire.

Voici quelques éléments à prendre en compte pour évaluer l'impact de l'utilisation des biomatériaux fertilisants sur l'amélioration de la production alimentaire :

- Enrichissement du sol en éléments nutritifs essentiels tels que l'azote, le phosphore, le potassium et les micronutriments.
- Amélioration de la structure du sol en particulier le compost, améliorent la structure du sol en favorisant la formation d'agrégats et en augmentant la rétention d'eau et la capacité d'aération.
- Augmentation de la biodiversité du sol favorise la présence et l'activité d'organismes bénéfiques tels que les vers de terre, les bactéries et les champignons dans le sol.
- Réduction de l'utilisation de produits chimiques.
- Utilisation des déchets organiques permet de valoriser les déchets organiques, tels que les déchets verts et les fumiers, en les transformant en une ressource précieuse pour l'agriculture.

Il est important de noter que l'utilisation de biomatériaux fertilisants doit être réalisée de manière équilibrée et adaptée aux conditions locales, en prenant en compte les besoins spécifiques des cultures, les propriétés du sol et les bonnes pratiques agricoles.

Le présent document est articulé en deux parties :

1ère Partie: comprend

- ***Le premier chapitre*** se concentre sur la définition des constituants du sol, sa structure ainsi que ses propriétés physiques, chimiques et biologiques.
- ***Le deuxième chapitre*** présente les différents types de biomatériaux, les techniques de préparation associées et leurs principaux paramètres.

2ème Partie: composée des chapitres III et IV. ***Le chapitre III*** se concentre sur la zone d'étude, mettant en évidence les aspects climatiques qui la caractérisent, les équipements utilisés pour mener l'étude expérimentale, ainsi que les méthodes appliquées. ***Le chapitre IV*** présente de manière détaillée les résultats obtenus au cours

de l'étude, suivis de discussions approfondies qui permettent d'analyser et d'interpréter ces résultats.

Enfin, ce mémoire s'achève par une conclusion générale où sont présentés les résultats les plus pertinents obtenus au cours de l'étude. Cette conclusion met en évidence les principales observations et découvertes, tout en ouvrant la voie à de futures perspectives de recherche.

Le mémoire est clôturé par des références bibliographiques et une annexe.

PARTIE I

Synthèse Bibliographique

Chapitre I

Généralités sur le sol

I. Introduction

En pédologie, le sol est défini comme la partie de la croûte terrestre où la géologie et la biologie se rencontrent. C'est un milieu vivant, sur un support organique et minéral solide. Le sol est une ressource naturelle essentielle, utilisée dans plusieurs secteurs d'activité tels que l'industrie, l'agriculture et l'urbanisme. Pour les géologues, le sol est la partie superficielle de la roche mère altérée par les conditions climatiques, biologiques et anthropiques. Pour les agriculteurs, le sol est simplement un milieu riche qui permet la récolte de nombreux produits végétaux **(4).**

I.1. Sol

Le sol est formé de plusieurs couches (horizons), l'ensemble de ces horizons que l'on distingue sur une coupe se nomme "SOLUM", voir la figure ci-dessous **(1)**:

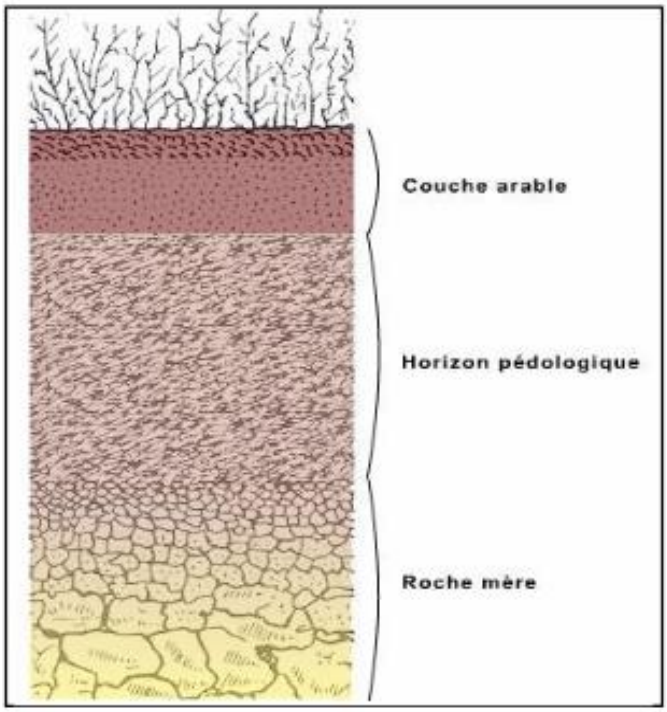


Figure I.1 : Couche du sol **(1)**.

Le sol correspond à la couche supérieure meuble de la croûte terrestre. En dehors des constituants primaires issus de la roche mère (silicates, carbonates), le sol Comprend des constituants secondaires minéraux (argiles, oxydes, hydroxydes), des constituants organiques formés à partir des résidus végétaux et animaux (humus),

d'eau, d'air et d'organismes vivants. Ces divers constituants ont des propriétés de surface et de charge qui leur confèrent de remarquables capacités de rétention.

Cependant le sol est un milieu vivant complexe et dynamique, en évolution constante sous l'effet de différents paramètres tels que le climat, la topographie, la végétation et l'action de l'homme. Il joue un rôle d'interface entre les phases liquides et gazeuses dans l'environnement où il intervient comme système source, système transformateur, et système de transfert des éléments en trace.

I.1.1 Constituants du sol :

I.1.1.a. Fraction ou phase solide :

Elle comprend des constituants minéraux qui sont classés selon la grosseur ou la composition minérale et des constituants organiques qui sont des débris végétaux et animaux **(5).**

I.1.1.b. Fraction ou phase liquide :

Elle est composée d'eau dans laquelle sont dissoutes des substances solubles provenant de l'altération des roches et de la décomposition des matières organiques **(5)**.

I.1.1.c. Fraction ou phase gazeuse :

Elle est appelée aussi l'atmosphère du sol est composée de gaz que l'on trouve dans l'air (oxygène, azote et gaz carbonique) **(5)**.

I.1.2. Propriétés du sol

I.1.2.a. Propriétés physiques

- ***Structure du sol***

C'est le mode d'assemblage des particules. Elle détermine la répartition, dans l'espace, de la matière solide et des vides. Divers types de structures sont distingués à la vue et au toucher : structure élémentaire (les terres sableuses), structure fragmentaire (structure des meilleures terres de culture) et structure compacte ou massive (ou aucun vide n'existe entre les particules qui forment un bloc) **(6).**

- ***Texture du sol***

La texture du sol est sa teneur centésimale en sable grossier et fin, en limon, en argile, en humus et en calcaire. Elle précise la proportion des divers éléments physiques du sol **(5).**

❖ ***Porosité du sol***

Elle fait référence au volume des vides présents dans le sol. Ces derniers peuvent être remplis d'air ou d'eau, et sont exprimés en pourcentage par rapport au volume total du sol. La porosité joue un rôle crucial dans les capacités d'écoulement et de rétention du substrat **(6)**. Elle détermine la quantité d'eau et d'air que le sol peut retenir et influencer ainsi la disponibilité en eau pour les plantes, le drainage, la circulation de l'air et les échanges de gaz dans le sol. La porosité du sol est influencée par des facteurs tels que la texture du sol, sa structure, sa compaction et la présence de matière organique.

❖ ***Perméabilité du sol***

La perméabilité du sol désigne l'aptitude d'un milieu à se laisser traverser par l'eau, sous l'action d'un gradient hydraulique **(7).** En d'autres termes, c'est la propriété qui détermine la vitesse et la facilité avec lesquelles l'eau peut s'infiltrer dans le sol ou s'écouler à travers ses pores et ses interstices. La perméabilité du sol est influencée par sa structure, sa texture, sa porosité et d'autres facteurs physiques et chimiques. Elle joue un rôle crucial dans le cycle de l'eau, l'irrigation des cultures et le drainage du sol.

I.1.2.b. Propriétés chimiques

❖ ***Potentiel d'hydrogène (pH)***

L'acidité du sol est définie par la concentration des ions H^+. Le pH exprime l'acidité actuelle qui est le cologarithme de la concentration en ions H^+ de la solution du sol et permet de définir l'état du complexe absorbant et le taux de saturation **(6).**

❖ ***Conductivité électrique (CE)***

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol. Elle exprime la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon c'est-à-dire le degré de salinité **(8).**

❖ ***Matière organique (MO)***

La matière organique est une source importante d'éléments nutritifs pour les plantes. Sa teneur totale dans le sol renseigne sur sa potentialité fertilisante. Le sol devient instable en son absence car elle joue un rôle important dans la formation des agrégats **(8).**

❖ ***Calcaire total (CT)***

La détermination du carbonate de chaux total permet une classification des sols en différentes catégories : sols non calcaire, calcaires, nettement calcaires. L'évaluation du pourcentage de $CaCO_3$, par la mesure volumétrique du CO_2 dégagé à une température et une pression donnée, permet le calcul du pourcentage de $CaCO_3$ selon la réaction suivante **(9)**:

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2.$$

❖ ***Partie liquide***

La présence d'eau dans le sol provient de deux sources principales: les précipitations, c'est-à-dire l'eau qui tombe sous forme de pluie ou de neige et les apports d'eau par irrigation.

- L'eau forme autour des éléments du sol des films très minces, assurant ainsi une interaction entre l'eau et les constituants du sol.
- La teneur en eau du sol détermine son taux d'humidité, qui est une caractéristique physique du sol. Le taux d'humidité peut varier en fonction des conditions climatiques, de l'évaporation, du drainage et de la capacité de rétention d'eau du sol.
- L'eau du sol constitue un élément indispensable à la vie des plantes. Elle joue un rôle crucial dans le transport des substances nutritives à l'intérieur des végétaux. De plus, l'eau est une source d'oxygène et d'hydrogène nécessaires aux processus biochimiques vitaux des plantes **(10)**.

❖ ***Éléments dissous dans l'eau du sol***

Les éléments solubles présents dans l'eau du sol proviennent de la décomposition de la roche mère et des matières organiques présentes dans le sol. Parmi ces éléments, on retrouve des ions tels que **(11):**

- Les ions nitrate (NO_3^-) : une forme d'azote qui est essentielle à la croissance des plantes.
- Les ions phosphate (PO_4^{3-}) : une source de phosphore, qui est un élément clé pour la formation des racines, la floraison et la production de fruits.

- Les ions potassium (K^+) : un élément nécessaire à de nombreux processus métaboliques des plantes, tels que la régulation de l'ouverture des stomates et la synthèse des protéines.
- Les ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) : des éléments importants pour la structure des parois cellulaires et la formation de chlorophylle.
- Les ions sulfate (SO_4^{2-}) : une source de soufre, qui est un élément nécessaire à la synthèse des protéines et à la formation de certaines vitamines.

Ces éléments dissous dans l'eau du sol sont essentiels pour les plantes, car ils constituent les éléments nutritifs disponibles qui sont absorbés par les racines et utilisés pour la croissance et le développement des plantes.

I.1.2.c. Propriétés biologiques

La population microbienne du sol constitue le maillon final de la chaine trophique du sol par laquelle transitent le carbone et les éléments nutritifs des matières organiques avant de redevenir disponible pour les plantes. Elle remplit donc une fonction essentielle et obligatoire dans le recyclage des matières organiques retournées au sol. C'est une réserve à court terme pour les plantes parce qu'elle contient une certaine quantité d'éléments nutritifs dans sa biomasse. Les microorganismes du sol sont largement hétérotrophes et pour se multiplier, ils dépendent d'une source de matière organique **(12)**.

I.1.3. Types de sol

Présente les propriétés suivantes **(13):**

I.1.3.a. Sol argileux

- ***Texture:*** il contient surtout de l'argile (**Fig.I.2**), il est lourd et compact dont les particules demeurent collées entre elles comme de la pâte à modeler; un sol compacté sera alors difficilement drainé; souvent désigné sous le nom de « glaise ».
- ***Structure:*** Peu de place pour la circulation de l'eau et de l'air, il retient bien l'eau et les éléments nutritifs. sensibilité à l'érosion par le vent, car si la surface est sèche, cette couche superficielle peut être littéralement pulvérisée; tendance à être alcalin.

- ***Culture:*** Sol très fertile car il est riche en éléments nutritifs; il ne doit pas être gorgé d'eau afin de ne pas affecter la croissance végétale; convient à la culture de la tomate, de l'orge, du soya,…etc.



Figure I.2 : Sol argileux **(1)**

I.1.3.b. Sol sableux

Présente les caractéristiques suivantes **(13):**

- ***Texture:*** Il est principalement composé de sable (**Fig. I.3)**, ce qui le rend très poreux et incapable de retenir l'eau. En conséquence, il a tendance à se dessécher rapidement et à se réchauffer plus rapidement que d'autres types de sols.
- ***Structure:*** En raison de l'absence de cohésion entre les particules de sable, le sol sableux glisse facilement entre les doigts. Il est très sensible à l'érosion éolienne et au lessivage, ce qui signifie que les éléments nutritifs peuvent être rapidement lessivés hors du sol par les précipitations.
- ***Culture:*** En raison de sa faible capacité à retenir l'eau, le sol sableux n'est pas adapté aux plantes qui ont besoin de beaucoup d'eau. Cependant, il convient bien à certaines cultures telles que l'asperge, la carotte, la pomme de terre et les cactus, qui peuvent mieux s'adapter aux conditions de drainage rapide et à la disponibilité limitée en eau.



Figure I.3 : Sol sableux **(1)**

I.1.3.c. Sol limoneux

Présente les caractéristiques suivantes **(13)**:

- ***Texture:*** Il est principalement composé de limon, ce qui confère au sol une texture fine et douce (**Fig. I.4**). Les particules du sol ont une adhésion partielle et peuvent se désagréger en petits morceaux sous l'effet de l'environnement. Le sol limoneux a une porosité moyenne.
- ***Structure:*** Les particules du sol limoneux sont relativement serrées, ce qui permet une certaine circulation de l'air et de l'eau. Cependant, ce type de sol est sujet à la formation d'une croûte superficielle sèche, ce qui limite l'infiltration de l'eau et favorise le ruissellement. Les sols limoneux présentent également une grande sensibilité à l'érosion par l'eau, en particulier sur les pentes abruptes.
- ***Culture:*** Le sol limoneux est favorable à la culture de différentes cultures telles que le blé, le maïs, les betteraves, etc. Il offre une bonne rétention d'eau tout en permettant un drainage adéquat, ce qui en fait un sol propice à la croissance de nombreuses plantes.



Figure I.4 : Sol limoneux **(1)**

I.1.3.d. Sol Humus

Le sol humifère présente les caractéristiques suivantes ***(13)*** :

- ***Texture:*** Il est principalement composé de matière organique décomposée, ce qui lui confère une texture foncée et relativement lâche. Les particules du sol humifère glissent facilement entre les doigts et permettent à l'eau de s'écouler facilement à travers le sol.
- ***Structure:*** Le sol humifère a la capacité de retenir une grande quantité d'eau sans devenir collant comme le sol argileux. Il a également une bonne capacité de rétention des engrais. Cependant, il peut être sensible à l'érosion éolienne, où les particules légères peuvent être emportées par le vent.
- ***Culture:*** Le sol humifère (**Fig. I.5**) est souvent utilisé pour la culture des légumes en raison de sa riche teneur en matière organique et de sa capacité à retenir l'eau et les nutriments. Il fournit un milieu fertile et favorable à la croissance des plantes, favorisant ainsi des rendements élevés dans les cultures légumières.



Figure I.5 : Sol Humus **(1)**

I.2. Conclusion :

La raison de la fragilité des sols est attribuable à leur dynamique intrinsèque. Contrairement à une perception de stabilité et d'immuabilité, les sols subissent des changements rapides et traversent trois phases de leur dynamique, à savoir la naissance, la maturité et la mort. Ces phases sont comparables à celles des êtres vivants. En conséquence, toute intervention effectuée sur un sol aura un impact en accélérant ou en entravant l'une de ces étapes. Compte tenu de cette dynamique, il est essentiel pour les agriculteurs de connaître le stade de développement de leur sol, car les pratiques de fertilisation diffèrent selon qu'il s'agisse d'un sol jeune ou d'un sol mature. Cette prise de conscience permet d'adapter les pratiques agricoles en conséquence, favorisant ainsi une gestion plus durable des sols.

Chapitre II

Biomatériaux et Agriculture

II. Introduction :

Les biomatériaux, des matériaux d'origine biologique ou dérivés de sources renouvelables, sont devenus des acteurs clés dans le domaine de l'agriculture moderne. Face aux défis croissants auxquels est confrontée l'agriculture, tels que la nécessité de pratiques plus durables et respectueuses de l'environnement, les biomatériaux offrent des solutions prometteuses et innovantes.

L'agriculture durable est devenue une priorité mondiale, avec la nécessité de produire des aliments de manière écologiquement responsable, tout en préservant les ressources naturelles et en réduisant l'impact environnemental. Les biomatériaux jouent un rôle crucial dans cette transition vers une agriculture plus durable. Ces matériaux biosourcés offrent de multiples avantages dans différents domaines de l'agriculture. Ils peuvent être utilisés pour créer des emballages biodégradables et compostables, réduisant ainsi la pollution plastique et contribuant à une gestion plus responsable des déchets agricoles.

De plus, les biomatériaux peuvent être utilisés dans la production de biofertilisants, contribuant à la santé des sols et à une utilisation plus efficace des nutriments. Ils offrent également des solutions de biocontrôle des ravageurs et des maladies des cultures, réduisant ainsi la dépendance aux produits chimiques et favorisant une approche plus respectueuse de l'environnement.

Ce chapitre, mettra en lumière l'importance des biomatériaux dans l'agriculture, en examinant leurs applications et leurs avantages potentiels pour une agriculture durable et respectueuse de l'environnement ***« nourrir le sol pour nourrir la plante »***.

II.1. Biomatériaux :

Les biomatériaux en agriculture sont des matériaux d'origine biologique qui sont utilisés dans le domaine agricole pour diverses applications. Ils sont généralement dérivés de sources renouvelables telles que les plantes, les animaux et les micro-organismes. Ces matériaux présentent souvent des avantages en termes de durabilité, de biodégradabilité et d'impact environnemental réduit par rapport aux matériaux synthétiques traditionnels **(3)**.

Quelques exemples de biomatériaux couramment utilisés en agriculture :

- ***Matériaux d'amendement du sol :*** Les biomatériaux tels que le compost, le fumier, la bouse de vache, la paille et les résidus de cultures peuvent être utilisés pour améliorer la structure, la fertilité et les propriétés physico-chimiques du sol. Ils augmentent la teneur en matière organique, fournissent des éléments nutritifs aux plantes et favorisent l'activité microbienne bénéfique.
- ***Bioplastiques et films biodégradables :*** Les bioplastiques à base de sources végétales, tels que l'amidon, l'acide polylactique (PLA) et la cellulose, peuvent être utilisés pour la fabrication de films agricoles, de sacs de plantation et d'autres produits plastiques utilisés dans l'agriculture. Ces matériaux offrent une alternative plus durable aux plastiques conventionnels, car ils se dégradent naturellement dans l'environnement (14).
- ***Enveloppes de semences biodégradables :*** Les enveloppes de semences fabriquées à partir de matériaux biodégradables, tels que la gélatine, l'alginate ou les polymères naturels, sont utilisées pour faciliter la plantation directe des semences dans le sol. Elles se décomposent avec le temps, évitant ainsi la nécessité de retirer les enveloppes avant la plantation.
- ***Biostimulants et biofertilisants :*** Les extraits de plantes, les acides aminés, les substances humiques et les micro-organismes bénéfiques sont utilisés comme biostimulants et biofertilisants dans l'agriculture. Ces biomatériaux peuvent améliorer la croissance des plantes, stimuler leur système immunitaire, augmenter l'absorption des nutriments et améliorer la résistance aux stress abiotiques.
- ***Bioprotecteurs:*** Certains biomatériaux, tels que les extraits de plantes aux propriétés antimicrobiennes ou insecticides, peuvent être utilisés comme

alternatives aux pesticides chimiques pour protéger les cultures contre les maladies et les ravageurs **(15)**.

II.1.1. Généralités sur les déchets

II.1.1.a. Définition de déchet

Le déchet (**Fig. II.1**) se réfère aux résidus produits à partir des processus de production, de transformation ou d'utilisation, qui sont normalement destinés à être abandonnés. Il englobe toute substance, produit ou bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur choisit de se défaire, prévoit de se défaire, ou est contraint de le faire, et qui nécessite une élimination adéquate.

Les déchets peuvent prendre différentes formes (solides, liquides, gazeux) et proviennent de diverses sources (domestiques, industrielles, agricoles,…etc). Une gestion efficace des déchets implique des actions telles que la collecte, le tri, le recyclage et le traitement appropriés pour minimiser les impacts environnementaux et favoriser la durabilité. La gestion responsable des déchets est cruciale pour préserver l'environnement, protéger la santé publique et promouvoir une économie circulaire **(16)**.



Figure II.1: Déchet **(17)**.

II.1.1.b. Classification des déchets

La classification des déchets compostables est basée sur leur origine, leur nature chimique et leur état physique (**Fig. II.2**). Pour être utilisés dans le processus de compostage, seuls les déchets organiques fermentescibles et non pollués sont appropriés. Selon leur nature, on distingue différentes catégories de déchets : les déchets inertes, les déchets organiques, les déchets banals, les déchets toxiques ou dangereux, et les déchets ultimes. Cette classification permet de mieux comprendre les caractéristiques et les exigences de gestion spécifiques à chaque type de déchet **(18).**

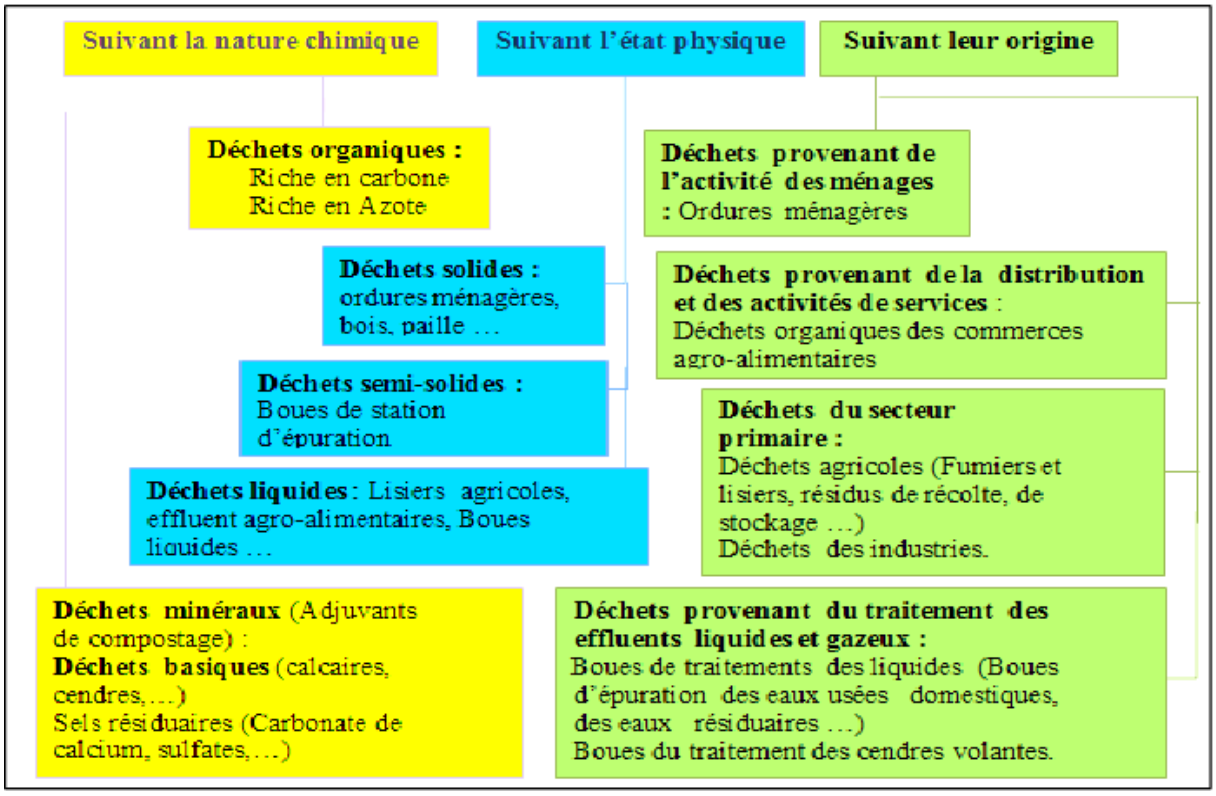


Figure II.2: Classification des déchets compostables **(16)**

II.1.2. Compostage

II.1.2.a. Définition

Le compostage est un processus largement accepté et défini par plusieurs auteurs. En substance, il s'agit d'une dégradation contrôlée des matières organiques d'origine végétale et animale, réalisée par une succession de communautés microbiennes dans des conditions aérobies. Ce processus entraîne une augmentation de la température et

aboutit à la formation d'une matière organique humifiée et stabilisée. Le produit final obtenu est appelé compost, qui est riche en matière organique **(19)**.

Selon d'autres définitions, le compostage est décrit comme un processus de décomposition et de transformation "contrôlées" des déchets organiques, sous l'action de populations microbiennes diversifiées évoluant dans un milieu aérobie **(20,21).**

Ces définitions convergent vers l'idée que le compostage est un processus biologique contrôlé, permettant la conversion des déchets organiques en un produit final bénéfique pour les sols et l'environnement.

Cette approche de valorisation des déchets organiques constitue l'objet de la présente étude.

II.1.2.b. Équilibre dans le composteur :

Un équilibre est nécessaire entre les matières (les verts riches en azote et les bruns riches en carbone) pour obtenir un compost de qualité (**Fig. II.3**).

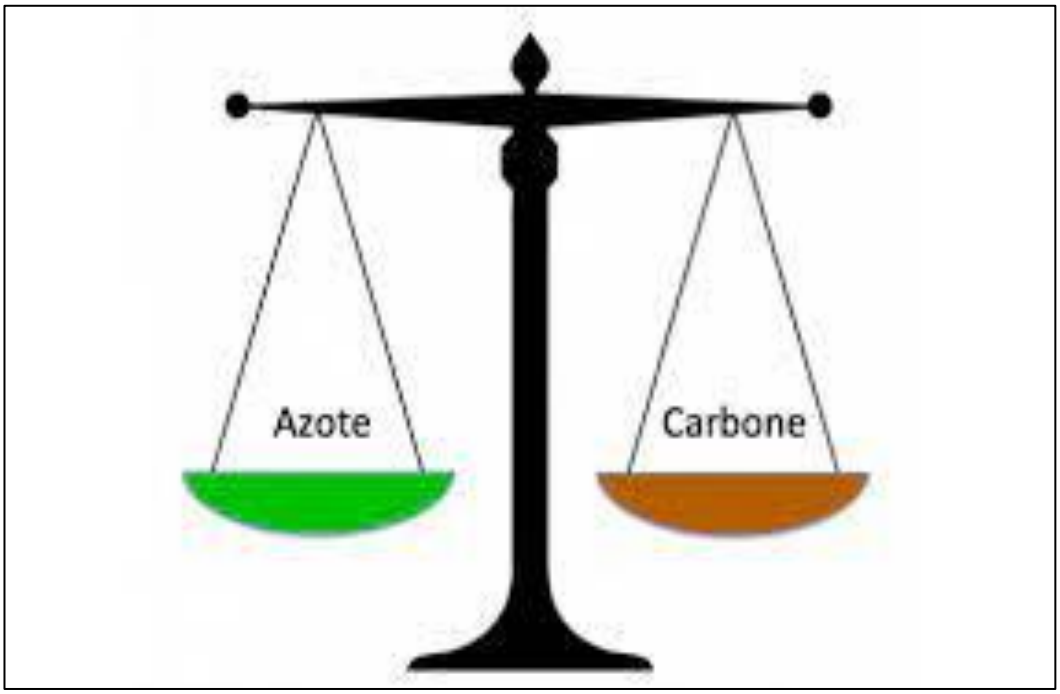


Figure II.3 : Équilibre dans le composteur **(16)**

Par ailleurs, le tableau ci-dessous permet de distinguer les matières compostables et celles à éviter **(22).**

Tableau II.1: Nature des résidus organiques **(22) :**

Matières riches en azote (Les verts)	**Matières riches en carbone (Les bruns)**		**Matériaux à ne pas composter**	
Restes de fruit	Paille/foin	Serviettes de papier	Cendre de bois	Viande et poisson
Restes de légumes	Sciures de bois	Pâtes alimentaires, pain	Plante ou feuillage malade	Os
Coquilles d'œufs (calcium)	Papier (préférable de le recycler)	Tissus naturels (lin, laine, cuir, coton, etc.)	Excréments d'animaux : chat ou chien,	Produits laitiers
Fumier mature	Marc de café (filtre inclus)	Litière d'oiseaux, plumes	Briquettes de B.B.Q.	Huile (gras)
Tontes de gazon fraîches	Feuilles d'arbre séchées	Écales de noix, Noyaux	Mauvaise herbe montée en graine	Plastic
Algues	Cheveux/ ongles	Terre (riche en minéraux	Poussière d'aspirateur	Métaux

II.1.2.c. Différents types de compost :

Selon l'origine des déchets compostés, on peut les distinguer en plusieurs catégories ***(16)*** :

- ***Composts d'origine urbaine :***

Les composts urbains (**Fig. II.4**) sont élaborés d'une gamme hétérogène de matériaux compostables pouvant être répartis en cinq catégories : déchets verts, ordures ménagères, ordures ménagères résiduelles, fraction fermentescible et boues de stations d'épuration urbaines.



Figure II.4: Composts d'origine urbaine **(23)**

- ***Composts d'effluents d'élevage :***

Le compostage des effluents d'élevage (**Fig. II.5**) est une pratique courante et ancienne. Le compost le plus répandu est obtenu à partir de fumier de bovins, mais des composts de fumier d'ovins et de volailles sont également réalisés. Cette pratique est principalement utilisée dans les régions où l'élevage est intensif, mais elle est moins répandue dans les régions sahariennes en raison de l'activité d'élevage moins développée dans ces zones.



Figure II.5: Composts d'effluents d'élevage **(23).**

- ***Composts de déchets industriels et agricoles :***

Les composts de déchets industriels et agricoles (**Fig. II.6**) sont produits à partir d'une variété de matériaux provenant des secteurs industriel et agricole, tels que les résidus de cultures, les sous-produits agricoles, les déchets de l'industrie agroalimentaire, les résidus de bois, les déchets de papier, les déchets de l'industrie textile, entre autres. Ces déchets sont compostés afin de favoriser leur décomposition

naturelle grâce à l'action des microorganismes. Ce processus aboutit à la formation d'un compost riche en matière organique **(24)**.

A titre d'exemple, dans les régions sahariennes de l'Algérie, le compostage des sous-produits du palmier dattier représente une opportunité importante pour amender les sols. Il présente plusieurs avantages, tels que la fertilisation des sols, l'amélioration de leur capacité de rétention en eau et l'assainissement des palmeraies. En effet, les sous-produits tels que les résidus de palmes et les déchets de la récolte des dattes peuvent être compostés pour créer un amendement organique bénéfique pour l'agriculture et l'environnement **(24)**.



Figure II.6: Composts de déchets industriels et agricoles **(23,25).**

II.1.2.d. Principaux paramètres du compostage :

1. Teneur en eau:

L'humidité du substrat mis en compostage est nécessaire à la vie des êtres vivants qui interviennent dans le compostage. La décomposition de la matière organique est inhibée si la teneur en eau baisse en dessous de 20% au contraire, si elle dépasse 70% ; l'eau commence à remplir les espaces lacunaires des déchets et empêche les échanges d'O_2 provoquant des conditions favorables à l'anaérobiose (**Fig. II.7**) **(16).**

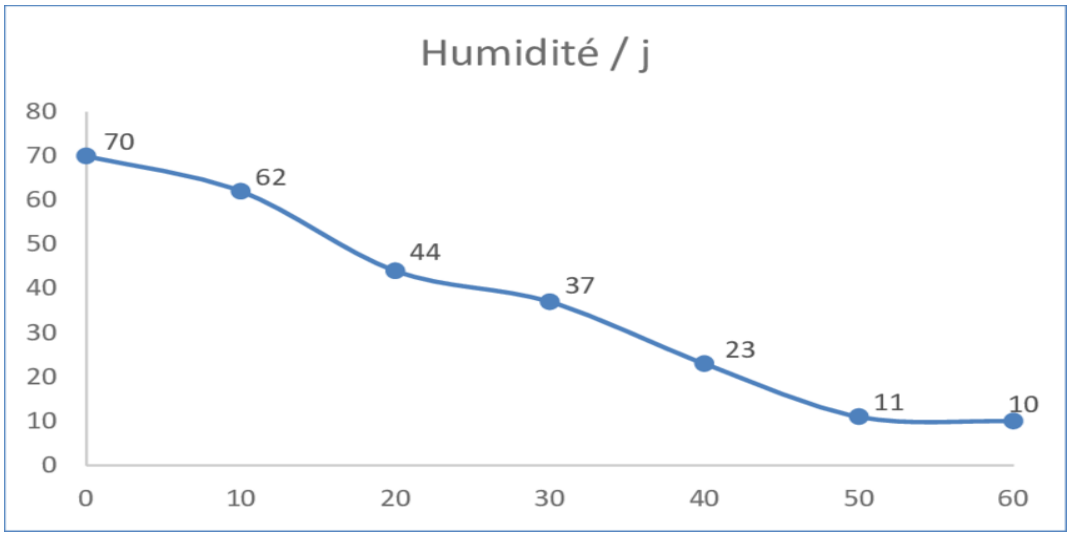


Figure II.7: Evolution de l'humidité durant la période du compostage **(16)**.

2. ***Température:***

L'évolution de la température du compost (**Fig. II.8**) résulte de la production de chaleur par l'activité des microorganismes qui dépend de la biodégradabilité du substrat et de sa composition en nutriments. Le processus de compostage se déroule en quatre phases en fonction de l'évolution de la température. La stabilisation de la température du compost traduit la fin de phase de dégradation intensive. Dans ce contexte, la figure II.8 illustre les différentes phases successives lors du processus du compostage dont l'une est particulièrement thermophile **(16)**.

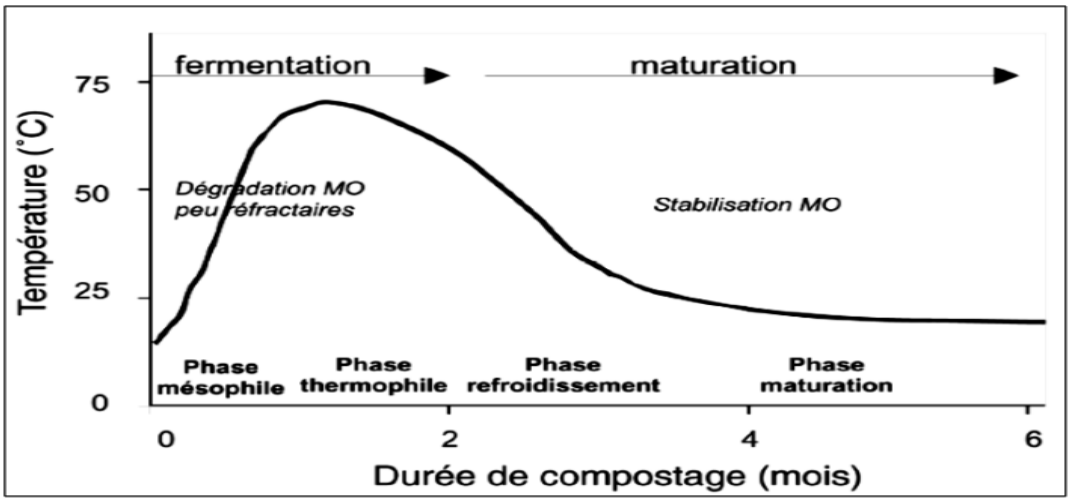


Figure II.8: Courbe théorique d'évolution de la température au cours du compostage **(16)**.

- ***Phase mésophile :*** C'est la phase initiale du compostage. Durant les premiers jours la présence de matières organiques facilement biodégradables (les sucres, les glucides, les lipides) entraîne une forte activité microbienne engendrant une augmentation de la température à l'intérieur du compost.
- ***Phase thermophile :*** On observe une montée de la température allant de 60°C à 75°C. Seules les bactéries peuvent survivre à ces températures. La grande partie de la matière organique est perdue sous forme de CO_2 et H_2O.
- ***Phase de refroidissement:*** Elle est caractérisée par une diminution de la quantité de matières organiques facilement dégradables provoquant un ralentissement de l'activité microbienne. Ceci favorise un refroidissement du compost.
- ***Phase de maturation:*** Les processus d'humification prédominent ainsi que la dégradation lente des composés résistants. Cette phase de maturation dure jusqu'à l'utilisation du compost.

3. pH :

Le pH est un facteur crucial qui influe sur la plupart des réactions biochimiques catalysées par des enzymes (**Fig. II.9**), ce qui affecte la disponibilité des nutriments et la solubilité des éléments minéraux pour les micro-organismes. Le pH est un facteur crucial qui influe sur la plupart des réactions biochimiques catalysées par les enzymes, ce qui affecte la disponibilité des nutriments et la solubilité des éléments minéraux pour les micro-organismes. Les composts immatures se caractérisent par un pH acide, tandis que les composts matures affichent des valeurs de pH généralement comprises entre 7 et 9. Ce changement de pH au cours du processus de compostage reflète la transformation des matières organiques et la stabilisation des composants, ce qui rend le compost mature plus favorable aux micro-organismes bénéfiques et à la fertilité des sols **(16)**.

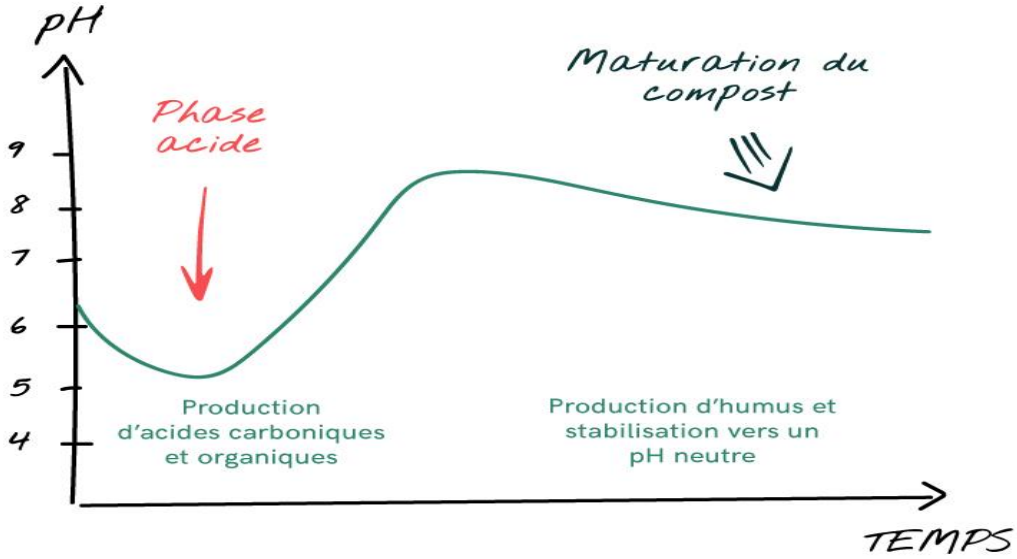


Figure II.9: Courbe d'évolution de PH au cours du compostage **(16).**

4. *Conductivité électrique :*

C'est la teneur de compost en sels (**Fig. II.10**). La conductivité du compost est fortement dépendante de son contenu en nutriments.

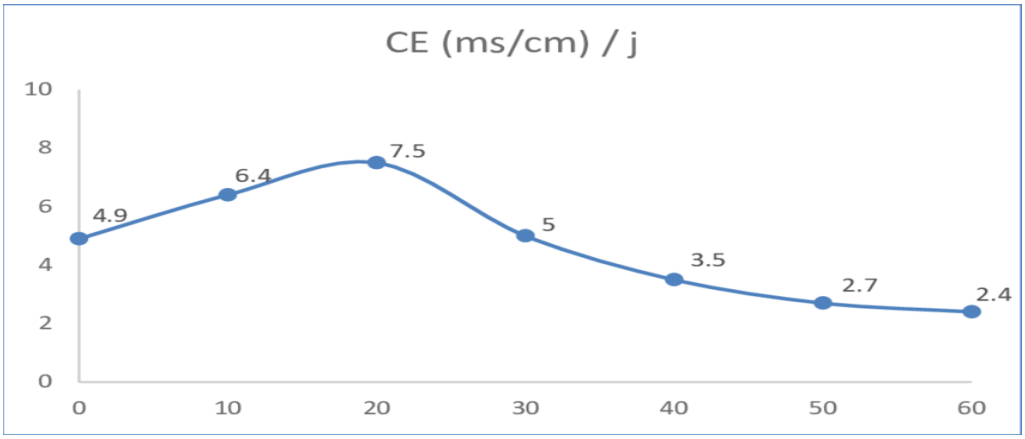


Figure II.10: Evolution de la conductivité électrique durant la période du compostage **(16)**.

5. *Rapport C/N :*

Le rapport C/N (**Fig. II.11**) est un paramètre essentiel qui est influencé à la fois par la composition des intrants et par le degré de maturation du compost. Un rapport C/N élevé peut entraîner l'immobilisation de l'azote du sol, car les micro-organismes utilisent cet azote pour dégrader les substances ligneuses. Au fur et à mesure du

processus de compostage, une partie significative du carbone organique se libère sous forme de CO_2.

Ainsi, ce rapport est couramment utilisé pour évaluer la minéralisation des substances organiques au cours du compostage. Il peut être mesuré dans le compost lui-même ou dans son extrait aqueux. En général, il diminue au cours du processus de compostage. Différents auteurs ont proposé des valeurs seuils pour déterminer la maturité du compost en fonction du rapport C/N. Par exemple, **(26)** considère qu'une valeur inférieure à 25 caractérise un compost mûr, tandis que **(27)** estiment qu'un rapport inférieur à 20, voire 15, est préférable. Cependant, il convient de noter que de nombreux auteurs soulignent que le rapport C/N seul n'est pas suffisant pour déterminer la maturité du compost.

6. *Teneur en matière organique totale :*

La minéralisation du compost correspond à une diminution de la matière organique totale au cours de la dégradation biologique du substrat. Les pertes en matière organique totale au cours du procédé peuvent atteindre 20 à 60% en poids de la matière organique totale initiale. L'évolution de la matière organique au cours du compostage passe obligatoirement par deux phases : la dégradation et l'humification **(28)**.

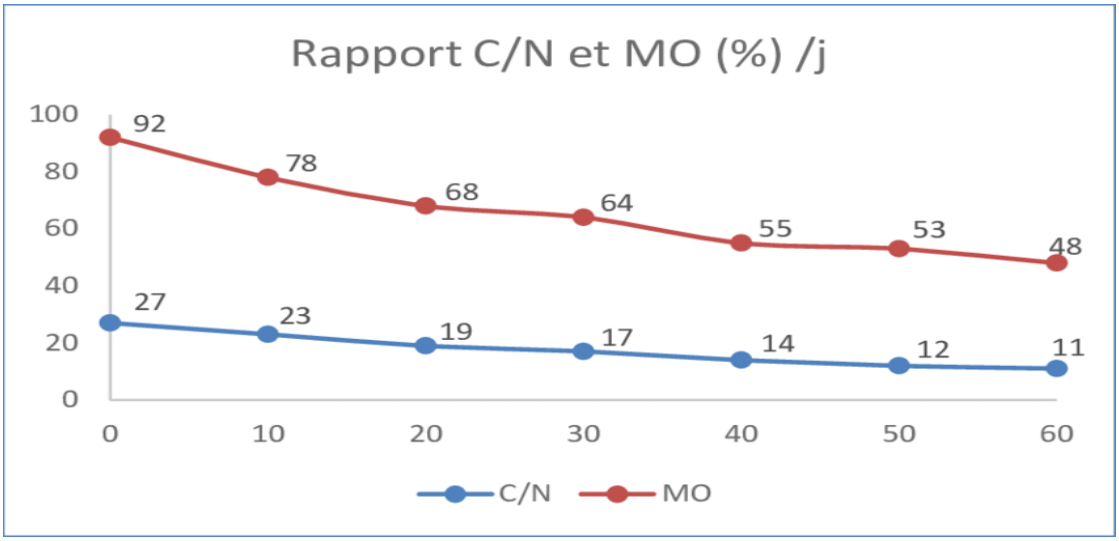


Figure II.11: Evolution du rapport C/N et de la teneur en matière organique durant la période du compostage **(16)**.

II.1.2.e. Techniques de compostage :

❖ ***Compostage en conteneur :*** est une solution de conteneur flexible spécialement conçue pour la collecte et le traitement biologique (aérobie) des déchets **(29)**



Figure II.12: Composteur **(29)**.

❖ ***Mulching :*** est une autre technique de compostage. Dans ce cas on ne fait que copier ce qui arrive sur le sol des forêts où les feuilles et aiguilles tombent au sol, se décomposent petit à petit et sont ensuite réutilisées par les plantes comme nourriture. C'est une technique très lente, mais très efficace de compostage.



Figure II.13: Mulching **(29)**.

❖ ***Lombri-compostage :*** est une méthode efficace pour réduire considérablement la quantité de déchets en utilisant des restes alimentaires tels que les épluchures de fruits et légumes, les coquilles d'œufs, le marc de café, les poussières de l'aspirateur,

les cheveux, le carton, les végétaux,…etc. Cependant, il est important d'éviter certains éléments tels que l'ail et l'oignon, les protéines animales, les agrumes qui sont trop acides, ainsi que les déchets non dégradables **(30)**.

Le vermicomposteur se compose de quatre plateaux qui contiennent respectivement : les déchets frais, les déchets en cours de digestion par les vers, les déchets transformés en compost solide et le bac collecteur de jus appelé « lombrithé » (engrais liquide) qui sera dilué à 10%. Le lombricomposteur ne dégage pas d'odeur ce qui permet de l'installer sur son balcon, dans son jardin, mais aussi chez soi **(31)**.

Le vermicomposteur est constitué de quatre plateaux qui servent à différentes étapes du processus de compostage. Le premier plateau contient les déchets frais, tels que les restes de nourriture. Le deuxième plateau abrite les déchets en cours de digestion par les vers, qui se chargent de décomposer la matière organique. Le troisième plateau contient les déchets transformés en compost solide, qui peut être utilisé comme amendement pour les plantes. Enfin, le quatrième plateau est le bac collecteur de jus, également appelé "lombrithé", qui recueille l'engrais liquide produit par les vers **(29)**.

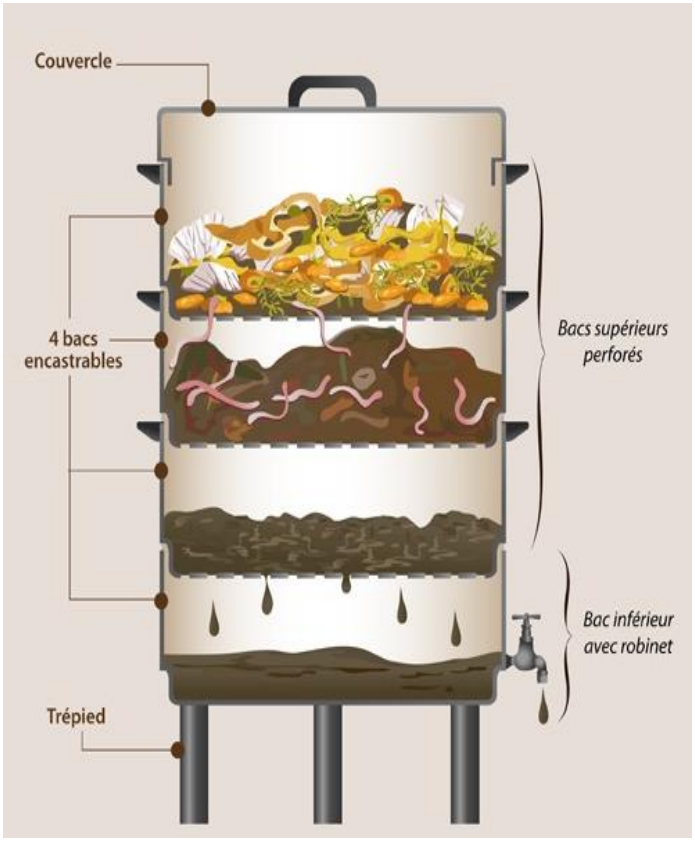


Figure II.14: Vermicomposteur **(29).**

II.1.2.f. Avantage du compostage :

Le compostage permet d'obtenir un amendement relativement assaini, applicable à l'ensemble des cultures, qui accroît le taux d'humus du sol et stimule la vie microbienne du sol. La gestion des matières organiques par cette voie offre plusieurs avantages **(32)**:

- ✓ Elle permet de contrôler les pertes en éléments fertilisants. Il n'est pas possible de supprimer totalement ces pertes qui restent inévitables, en azote gazeux notamment lors de la constitution du tas et des retournements, mais elles sont bien moindres que celles qui se font lors d'un épandage de fumier frais.
- ✓ Elle assure une désodorisation des effluents d'élevage. En effet, les micro-organismes du compostage recyclent l'azote ammoniacal responsable des odeurs indésirables
- ✓ Elle permet la destruction de certains germes pathogènes et de certaines graines d'adventices. C'est la combinaison de la montée en température et de facteurs biochimiques de la dégradation qui assure cette destruction. C'est un avantage très important pour l'agriculture biologique.
- ✓ Elle diminue les quantités de matière organique à stocker et à épandre. La diminution de masse est de 30 à 60 % en moins de 3 mois.
- ✓ Elle permet une délocalisation des épandages dans le temps et dans l'espace, c'est-à-dire une meilleure adéquation du calendrier d'épandage à celui des végétaux et de leurs besoins, et aux contraintes pédoclimatiques.
- ✓ Enfin contrairement aux fumiers et lisiers, le compost, épandu sur prairies, ne risque pas de nuire à l'appétence de l'herbe puisqu'il n'est plus porteur d'odeurs indésirables.

II.1.2.g. Inconvénients et limites du compostage :

- ❖ Certains parasites et pathogènes ne sont pas éliminés complètement lors du processus de compostage, ce qui peut représenter un risque pour la santé si le compost est utilisé sans précaution.
- ❖ Les éléments traces métalliques, tels que les métaux lourds, présents dans les matériaux de départ ne sont pas éliminés par le compostage. Au contraire, ils peuvent se concentrer dans le compost en raison de la réduction du volume.

- ❖ Le compostage demande une certaine organisation et disponibilité. La mise en place d'un système de compostage nécessite de l'espace, du temps pour surveiller le processus et effectuer les différentes interventions nécessaires (retournement, couverture, arrosage), ainsi que le bon équipement au bon moment. Ces contraintes peuvent parfois être importantes à prendre en compte.
- ❖ L'azote présent dans le compost est stabilisé, ce qui signifie qu'il est moins facilement disponible pour les cultures. Sa libération dépend du climat et du type de sol, ce qui peut affecter son utilisation par les plantes. Bien que stabilisé, l'azote reste présent dans le compost.
  - ↳ Les composts de fumiers présentent une grande variabilité de composition, en fonction des types de fumiers utilisés et de leur origine. Il est donc important de prendre en compte cette variabilité lors de l'utilisation des composts de fumiers **(32)**.

II.1.3. Généralités sur les fumiers :

II.1.3.a. Définition de fumier :

Les différents fumiers, tels que ceux provenant de poulets (volailles), de moutons et de vaches, sont des matières organiques précieuses utilisées comme amendements du sol dans l'agriculture. Ces fertilisants naturels sont riches en nutriments essentiels tels que l'azote, le phosphore et le potassium, ainsi qu'en matière organique qui améliore la structure et la fertilité du sol. En compostant ou en vieillissant ces fumiers, on obtient des amendements sûrs et efficaces qui favorisent la croissance des plantes et contribuent à des pratiques agricoles durables et respectueuses de l'environnement **(33)**.

a. Fumier de poulets :

Le fumier de poulet (**Fig. II.15**), également connu sous le nom de fiente de volaille, est un fertilisant organique largement utilisé en agriculture en raison de ses caractéristiques nutritives. Voici quelques-unes des caractéristiques clés du fumier de poulet :

1. ***Teneur en éléments nutritifs :*** Le fumier de poulet est riche en éléments nutritifs essentiels tels que l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) ainsi que d'autres

nutriments tels que le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le soufre (S). Ces éléments jouent un rôle crucial dans la croissance et le développement des plantes **(34)**.

2. ***Rapport NPK élevé :*** Le fumier de poulet a généralement un rapport NPK élevé, ce qui signifie qu'il contient une proportion élevée d'azote, de phosphore et de potassium par rapport à d'autres fertilisants organiques ou engrais chimiques. Cela en fait un choix attractif pour enrichir la fertilité du sol **(35)**.
3. ***Matière organique :*** Le fumier de poulet est une source précieuse de matière organique pour le sol. Il améliore la structure du sol en augmentant sa capacité de rétention d'eau et en favorisant la formation d'agrégats. La matière organique dans le fumier se décompose progressivement, libérant des nutriments et favorisant l'activité biologique bénéfique du sol **(36)**.
4. ***Microorganismes bénéfiques :*** Le fumier de poulet contient des microorganismes bénéfiques tels que des bactéries et des champignons qui contribuent à la santé du sol en favorisant la décomposition des matières organiques, la fixation de l'azote et la suppression des pathogènes des plantes.
5. **Acidité :** Le fumier de poulet a généralement un pH relativement bas, ce qui signifie qu'il est acide. L'acidité peut avoir un impact sur le pH du sol lorsqu'il est appliqué en grandes quantités. Il est donc important de prendre en compte le pH du sol avant d'appliquer le fumier de poulet pour éviter des déséquilibres.

Il est important de noter que les caractéristiques spécifiques du fumier de poulet peuvent varier en fonction de facteurs tels que l'alimentation des poulets, les pratiques d'élevage et les méthodes de stockage **(37)**.



Figure II.15: Fumier de poulets **(37)**

b. Fumier de moutons :

Le fumier de moutons (**Fig. II.16**) est un amendement organique largement utilisé en agriculture en raison de ses nombreuses caractéristiques bénéfiques pour le sol et les plantes. Voici quelques caractéristiques clés du fumier de moutons :

1. ***Matière organique :*** Le fumier de moutons est principalement composé de matière organique provenant des excréments des moutons ainsi que des litières utilisées dans leurs enclos. Il est riche en carbone et fournit des nutriments essentiels pour la croissance des plantes **(38)**.
2. ***Nutriments :*** Le fumier de moutons contient une quantité appréciable de nutriments nécessaires aux plantes, tels que l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), ainsi que des oligo-éléments comme le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le soufre (S). Ces nutriments contribuent à la nutrition des plantes et à leur développement sain **(39)**.
3. ***Micro-organismes bénéfiques :*** Le fumier de moutons abrite une variété de micro-organismes bénéfiques, y compris des bactéries, des champignons et des vers de terre. Ces organismes contribuent à la décomposition de la matière organique, favorisent la formation d'agrégats dans le sol et améliorent sa structure globale **(40).**
4. ***Capacité de rétention d'eau :*** En raison de sa teneur élevée en matière organique, le fumier de moutons a une bonne capacité de rétention d'eau. Il peut absorber et retenir l'humidité dans le sol, ce qui est bénéfique pour les plantes, en particulier dans les régions où l'eau est limitée **(41)**.
5. ***pH :*** Le fumier de moutons a généralement un pH légèrement acide à neutre, ce qui peut contribuer à l'équilibre du pH du sol, en particulier dans les sols alcalins.
6. ***Libération lente des nutriments :*** Le fumier de moutons libère progressivement les nutriments qu'il contient, ce qui assure un approvisionnement constant en éléments nutritifs pour les plantes sur une période de temps prolongée.
7. ***Amendement du sol :*** En plus de fournir des nutriments, le fumier de moutons améliore la structure du sol, favorise l'aération, l'infiltration d'eau et la rétention des nutriments, ce qui améliore les conditions de croissance des plantes **(42)**.

Il est important de noter que les caractéristiques du fumier de moutons peuvent varier en fonction de facteurs tels que l'alimentation des moutons, le type de litière utilisée, le temps de compostage, …etc.



Figure II.16: Fumier de moutons **(41)**.

c. Fumier de vaches :

Le fumier de vaches (**Fig. II.17**), également connu sous le nom de fumier bovin, est un amendement organique couramment utilisé en agriculture en raison de ses propriétés bénéfiques pour le sol et les plantes. Voici quelques caractéristiques clés du fumier de vaches :

1. ***Matière organique :*** Le fumier de vaches est principalement composé de matière organique provenant des excréments des vaches et de la litière utilisée dans leurs enclos. Il est riche en carbone et constitue une source importante de matière organique pour le sol **(43)**.
2. ***Nutriments :*** Le fumier de vaches contient une variété de nutriments essentiels pour les plantes, tels que l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) ainsi que d'autres éléments nutritifs comme le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le soufre (S). Ces nutriments sont essentiels pour la croissance et le développement des plantes **(44)**.
3. ***Micro-organismes bénéfiques :*** Le fumier de vaches abrite une grande diversité de micro-organismes bénéfiques tels que des bactéries, des champignons et des vers de terre. Ces micro-organismes contribuent à la décomposition de la matière organique, à la formation d'humus et à l'amélioration de la structure du sol **(45).**
4. ***Capacité de rétention d'eau :*** En raison de sa teneur élevée en matière organique, le fumier de vaches a une bonne capacité de rétention d'eau. Il peut aider à améliorer la capacité du sol à retenir l'humidité, favorisant ainsi la disponibilité de l'eau pour les plantes.

5. ***pH :*** Le fumier de vaches a généralement un pH légèrement acide à neutre, ce qui peut aider à équilibrer le pH du sol **(46)**.
6. ***Libération lente des nutriments :*** Le fumier de vaches libère progressivement les nutriments qu'il contient dans le sol, ce qui assure un apport régulier d'éléments nutritifs aux plantes sur une période de temps prolongée.
7. ***Amendement du sol :*** Le fumier de vaches améliore la structure du sol en favorisant la formation d'agrégats, en améliorant l'aération du sol et en favorisant le développement des micro-organismes bénéfiques. Il peut également aider à augmenter la capacité du sol à retenir les nutriments et à améliorer la santé globale du sol **(47)**.



Figure II.17: Fumier de vaches **(47).**

II.1.3.b. Utilisations

Les bouses des animaux ont des nombreuses utilisations **(48-50)**.

- La bouse de vache a été utilisée dans la production d'énergie. Une source d'énergie renouvelable.
- Dans la tribu Moila en Angola, les femmes utilisent la bouse de vache pour les cheveux et les masques faciaux, probablement en raison des propriétés nutritives et hydratantes qu'elle peut apporter.
- Dans la région d'Adrar, la bouse de mouton est utilisée pour traiter la maladie des enfants, apparemment par le biais d'une pratique médicinale traditionnelle qui implique de brûler une pilule de bouse pour soigner le patient. Cette utilisation nécessite une compréhension plus approfondie des traditions locales et de leurs croyances médicales.
- L'utilisation principale et courante de la bouse des animaux reste son utilisation comme un fortifiant indispensable pour nourrir le sol et les plantes. En tant qu'engrais organique, la bouse des animaux contient des éléments nutritifs essentiels

tels que l'azote, le phosphore et le potassium, qui enrichissent le sol et favorisent la croissance saine des plantes.

- Il est important de noter que les utilisations traditionnelles de la bouse des animaux peuvent varier d'une région à l'autre en fonction des pratiques culturelles et des connaissances locales. Il est également essentiel de prendre en compte les considérations sanitaires et environnementales lors de l'utilisation de la bouse des animaux, en veillant à une manipulation et à une application appropriées pour éviter tout risque pour la santé humaine et la préservation de l'environnement.

II.2. Conclusion

Les biomatériaux jouent un rôle essentiel dans l'agriculture en fournissant des solutions durables pour améliorer les pratiques agricoles. Le fumier, en tant que source de nutriments essentiels, offre une approche naturelle pour fertiliser les sols et favoriser la croissance des plantes. De plus, les propriétés du sol améliorées par l'utilisation de biomatériaux contribuent à la rétention d'eau et à la santé des micro-organismes bénéfiques, réduisant ainsi le besoin d'insecticides et favorisant la résistance des cultures. Grâce aux avancées scientifiques et technologiques, les biomatériaux ouvrent de nouvelles perspectives pour une agriculture durable, écologique et résiliente, répondant aux besoins croissants en matière alimentaire tout en préservant l'environnement. Il est donc essentiel de continuer à explorer et à développer l'utilisation des biomatériaux dans le domaine agricole afin de relever les défis futurs de manière responsable et efficace.

PARTIE II

Etude expérimentale

Chapitre III
Matériels et méthodes

III. Introduction

Ce chapitre vise à présenter une vue d'ensemble des équipements, des produits et du procédé utilisés pour l'analyse des sols et des échantillons préparés. Il met en évidence l'importance des équipements et des techniques de caractérisation dans la compréhension approfondie des sols en termes de leurs propriétés physiques et chimiques et dans la prise de décisions éclairées en matière d'agriculture et de gestion des ressources naturelles.

Les tests et les analyses ont été réalisés dans le laboratoire de chimie de la Faculté des sciences et de la Technologie de l'Université de Médéa (Campus Ouzera), ainsi qu'au sein de l'Algérienne des eaux (ADE) de Médéa. Ces institutions fournissent un environnement propice à la recherche scientifique et à l'expérimentation, dotées des équipements nécessaires et d'une expertise spécialisée.

III.1. Présentation de la zone d'étude

III.1.1. Situation géographique

La Wilaya de Médéa (**Fig. III.1**), située à environ 90 km au sud d'Alger, se trouve le long de la route nationale N°1. Elle couvre une superficie d'environ 8700 km^2.

Médéa partage ses frontières avec plusieurs importantes Wilayas (régions) en Algérie. Au nord, elle est limitrophe de la Wilaya de Blida, au sud de la Wilaya de Djelfa, à l'est des Wilayas de M'sila et Bouira, et à l'ouest des Wilayas de Ain Defla et de Tissemsilt.

Cette situation géographique stratégique offre à Médéa une proximité avec d'autres régions clés du pays, favorisant les échanges et les interactions économiques, sociales et culturelles. De plus, sa position sur la route nationale N°1 facilite les déplacements et les connexions avec d'autres villes et régions du pays.

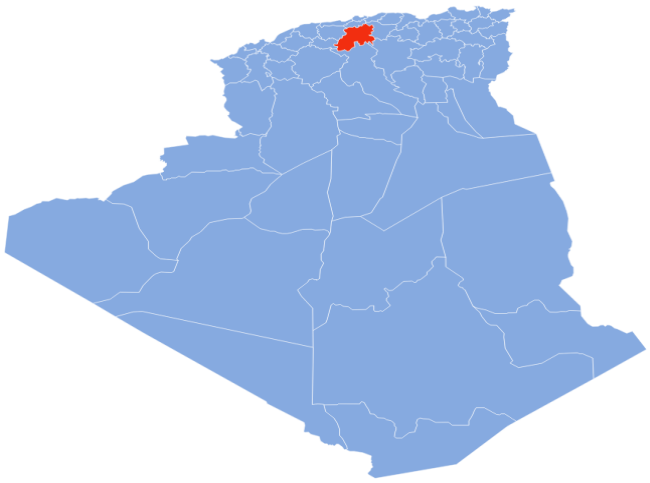


Figure III.1 : Wilaya de Médéa **(2)** .

Grâce à son positionnement stratégique, Médéa joue un rôle essentiel en tant que zone de transit majeure, servant de lien entre la région du Tell et le Sahara d'un côté, et entre les Hauts Plateaux de l'Est et de l'Ouest de l'autre. Cette connectivité est facilitée par un réseau bien développé de routes nationales principales **(51).**

III.1.2. Lieu de l'expérimentation

La commune de ***Sidi Naàmane*** (**Fig. III.2**) est située dans la ***wilaya de Médéa***, en Algérie. Elle fait partie du Daïra de Sidi Naàmane, qui est une subdivision administrative de l'Algérie du Nord. La commune s'étend sur une superficie de 410 km² et compte une population de 39 727 habitants. Cela correspond à une densité de population de 97,0 habitants par km² dans la Daïra de Sidi Naàmane **(51)**.

III.1.2.a. Géographie

La commune est située dans le Tell central, entre l'Atlas blidéen et les plaines de Beni Slimene. Elle se trouve à environ 100 km au sud d'Alger, à 48 km au sud-est de Médéa, à environ 32 km à l'est de Berrouaghia, à 72 km au sud-est de Blida, à 115 km à l'est d'Aïn Defla et à 79 km à l'ouest de Bouira **(51)**.

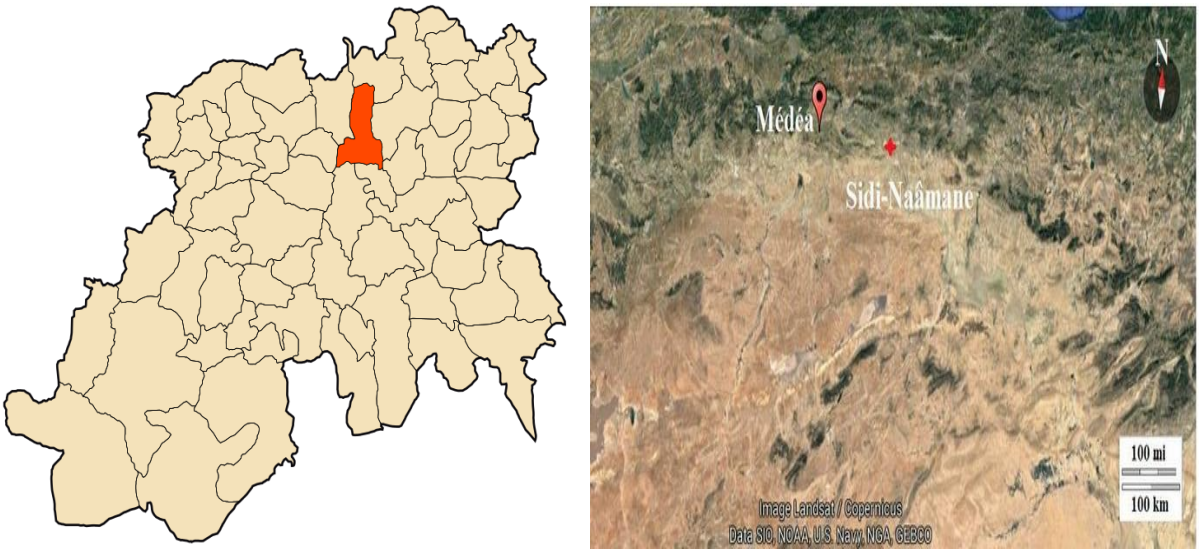


Figure III.2: Carte de la situation géographique de la zone d'étude (**Sidi Naàmane**) **(2)**.

III.1.3. Aspect climatique

Le climat de la région est caractérisé par des étés courts, très chauds, secs et ensoleillés, tandis que les hivers sont longs, frais et partiellement nuageux. Les températures varient généralement entre 1 °C et 32 °C tout au long de l'année, avec des raretés d'occurrence de températures inférieures à -3 °C ou supérieures à 36 °C **(52)**.

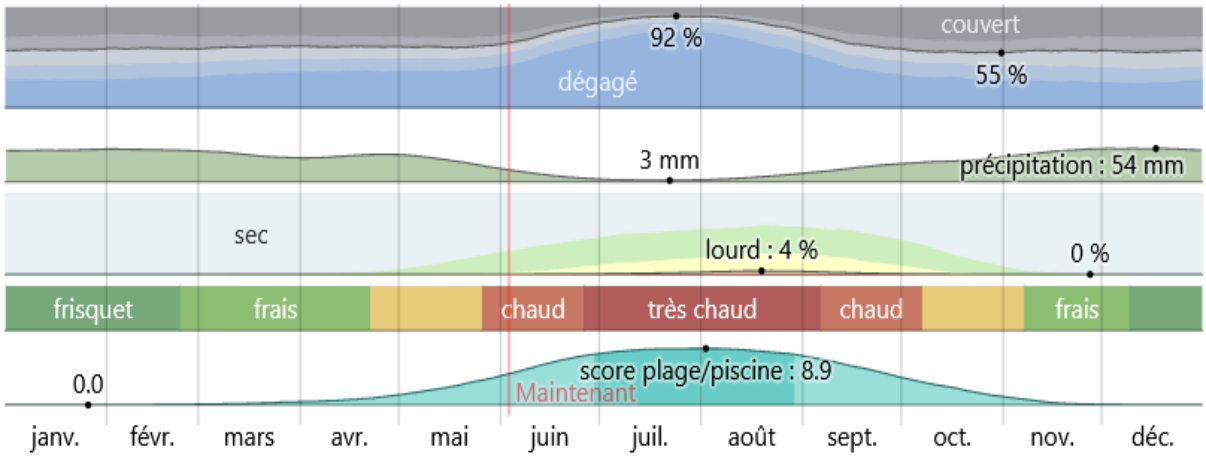


Figure III.3 : Météo mensuelle de la zone d'étude **(52)**.

III.1.3.a. Températures

La saison très chaude dure environ 2,8 mois, du 18 juin au 12 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 28 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Sidi Naàmane est le mois d'août, avec une température moyenne maximale de 32 °C et minimale de 17 °C. En revanche, la saison fraîche dure 4,1 mois, du 18 novembre au 21 mars, avec des températures quotidiennes moyennes maximales inférieures à 16 °C (**Fig. III.4**). Le mois le plus froid de l'année à Sidi Naàmane est janvier, avec une température moyenne minimale de 1 °C et maximale de 11 °C **(52)**.

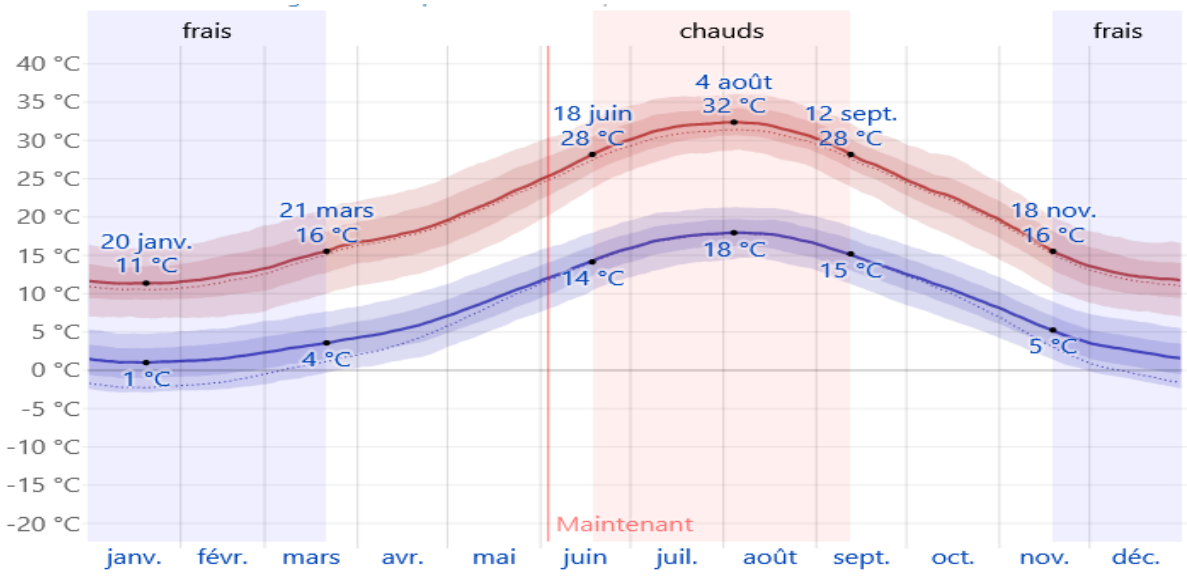


Figure III.4 : Température minimale, moyenne et maximale **(52)**.

Le (**Tab. III.1**) présente la température moyenne de la zone d'étude du mois janvier jusqu'au mois décembre**.**

Tableau III.1: Température moyenne **(52)**.

Moyenne	janv.	Févr.	Mars	avr.	Mai	Juin	juil.	Août	sept.	oct.	nov.	déc.
Haute	11 °C	12 °C	15 °C	18 °C	22 °C	28 °C	32 °C	32 °C	27 °C	22 °C	16 °C	12 °C
Temp.	6 °C	7 °C	9 °C	12 °C	16 °C	21 °C	25 °C	25 °C	21 °C	16 °C	10 °C	7 °C
Basse	1 °C	2 °C	3 °C	6 °C	10 °C	14 °C	17 °C	17 °C	14 °C	10 °C	6 °C	2 °C

III.1.3.b. Précipitations

Les précipitations à Sidi Naàmane présentent une variabilité tout au long de l'année. Un jour de précipitation est défini comme un jour où l'accumulation d'eau est d'au moins 1 millimètre. La probabilité de jours de précipitation varie selon les saisons. La saison la plus pluvieuse s'étend sur 8,5 mois, du 13 septembre au 30 mai, avec une probabilité quotidienne de précipitation supérieure à 14 %. Le mois de février enregistre le plus grand nombre de jours de précipitation à Sidi Naàmane, avec une moyenne de 6,7 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation.

En revanche, la saison la plus sèche dure 3,4 mois, du 30 mai au 13 septembre. Le mois de juillet présente le moins de jours de précipitation, avec une moyenne de seulement 0,9 jour ayant au moins 1 millimètre de précipitation. Les jours de précipitation peuvent se présenter sous forme de pluie uniquement, de neige uniquement ou d'un mélange des deux. Le mois de novembre enregistre le plus grand nombre de jours de pluie uniquement, avec une moyenne de 6,8 jours. La forme de précipitation la plus fréquente tout au long de l'année est la pluie seule, avec une probabilité culminant à 25 % **(52)**.

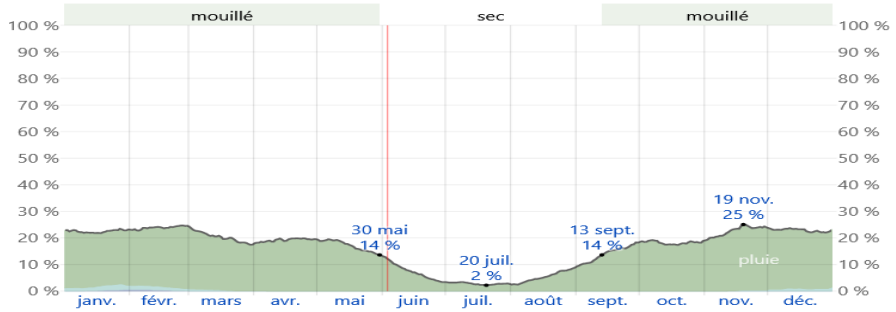


Figure III.5 : Probabilité de précipitation quotidienne **(52)**.

Tableau III.2: précipitation quotidienne **(52).**

Jours de	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	Août	sept.	oct.	nov.	déc.
Pluie	6,4j	6,2j	6,1j	5,8j	5,2j	2,1j	0,9j	1,7j	4,3j	5,7j	6,8j	6,8j
Mélange	0,5j	0,4j	0,1j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,1j	0,3j
Neige	0,1j	0,1j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j
Tous	7,0j	6,7j	6,2j	5,8j	5,2j	2,1j	0,9j	1,7j	4,3j	5,7j	6,8j	7,1j

III.1.3.c. Humidité relative

L'humidité relative à Sidi Naàmane, qui mesure le pourcentage de temps où l'humidité est perçue comme lourde, oppressante ou étouffante, présente une faible variation tout au long de l'année. Elle reste en moyenne à 2 % avec une marge d'erreur de +/- 2 % **(52)**.

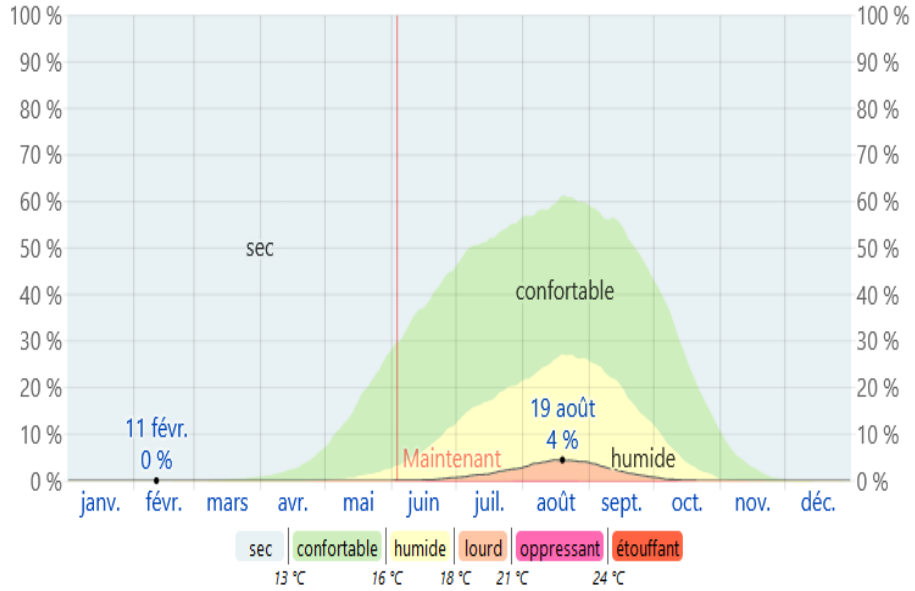


Figure III.6 : Niveaux de confort selon l'humidité **(52)**.

Tableau III.3: précipitation quotidienne **(52)**.

	janv.	févr.	Mars	avr.	Mai	Juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Temps lourd	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,0j	0,1j	0,5j	1,3j	0,6j	0,0j	0,0j	0,0j

III.1.3.d. Vents

La période la plus venteuse de l'année à Sidi Naàmane s'étend sur 6,0 mois, allant du 29 octobre au 30 avril, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 11,5 kilomètres par heure. Le mois de décembre est particulièrement venteux, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 12,8 kilomètres par heure.

En revanche, la période la plus calme de l'année s'étend sur 6,0 mois, du 30 avril au 29 octobre. Le mois de juin est considéré comme le plus calme, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 10,3 kilomètres par heure **(52)**.

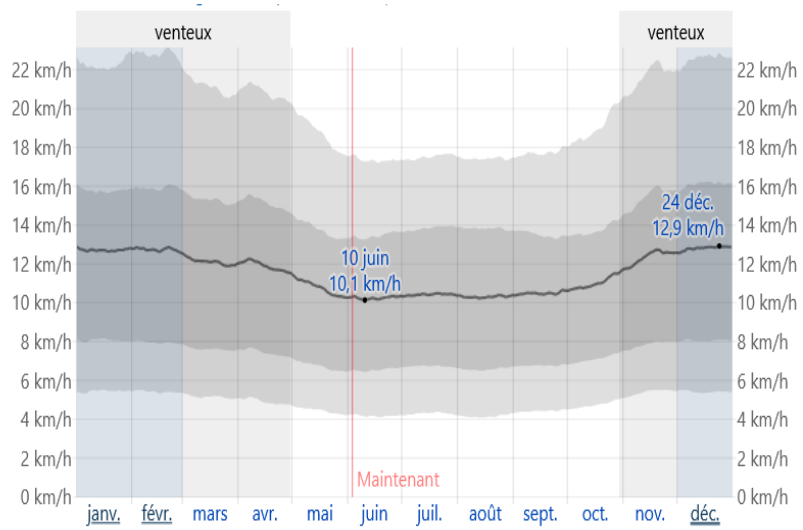


Figure III.7 : Vitesse moyenne du vent **(52).**

Tableau III.4: Vitesse du vent **(52).**

	Janv	févr	Mars	avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	nov	déc
Vitesse du vent (kph)	12,7	12,7	12,1	11,9	10,7	10,3	10,4	10,3	10,5	11,1	12,4	12,8

III.2. Objectif de travail

L'objectif de ce travail est de comparer l'effet de différentes doses de compost, de fumier de volailles, de bouse de vaches et de fumier de moutons sur le sol contenant une masse de bio avec un sol de diamètre de 2 mm. Les observations sont effectuées en mesurant le diamètre du sol et la masse de biomatériau pour chaque traitement expérimental.

Le plan d'expérience mis en place dans cette étude vise à examiner la relation entre l'objectif de travail et les différents facteurs impliqués. L'objectif principal est de comparer les effets de différentes doses de compost, de fumier de volailles, de bouse de vaches et de fumier de moutons sur le sol contenant une masse de 2 mm de diamètre. Le choix de ces facteurs est basé sur leur utilisation courante en agriculture et leur potentiel à améliorer les propriétés du sol et la croissance des cultures. En utilisant un plan d'expérience rigoureux (**Tab. III.5**), il est possible de manipuler de manière contrôlée les doses de fertilisants et de mesurer les effets correspondants sur les paramètres étudiés. Les différentes doses de chaque type de fertilisant permettent de créer un gradient d'application, ce qui nous permettra d'observer et de quantifier les variations dans le diamètre du sol et la masse de biomasse. Cela nous aidera à

comprendre comment les différentes doses de fertilisants influencent ces caractéristiques.

Tableau III.5: Plan d'expérience.

Numéro d'expérience	*Répétition*	*Diamètre %*	*Masse bio (g)*
Esp 1	*1*	*25*	*28*
Esp 2	*1*	*75*	*28*
Esp 3	*1*	*25*	*140*
Esp 4	*1*	*75*	*140*
Esp 5	*1*	*50*	*84*

III.3. Matériels d'étude

III.3.1. Matériel utilisé

III.3.1.a. Sol

Le sol utilisé dans cette étude provient de la ***Division Groupe Mendas Lawhat***, située dans la commune de Sidi Naàmane.

III.3.1.b. Matériel végétal et animal :

Les biomatériaux fertilisants utilisés sont :

- ***Compost*** à base de déchet vert préparé en laboratoire
- ***Fumier de volailles, bouse de vaches et fumier de moutons*** provenant de la ferme

L'utilisation de ces différentes sources de matières organiques « ***Biomatériaux fertilisants*** » dans la préparation du support expérimental en laboratoire nous permet d'explorer leurs effets synergiques sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Cette approche nous offre une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans la transformation des déchets organiques en un amendement fertile et durable pour l'agriculture.

III.4. Méthodes :

III.4.1. Méthodes de prélèvement :

Le prélèvement d'échantillons du sol vise à obtenir un petit volume de sol représentatif de la zone d'intérêt pour une analyse approfondie (**Fig. III.8**).

Pour garantir la représentativité de l'échantillon, il est nécessaire de prélever plusieurs sous-échantillons qui couvrent la profondeur du sol où des activités agricoles sont normalement effectuées. Cette plage de profondeur, généralement de 15 à 50 centimètres, est pertinente car elle correspond à la zone où se trouvent la plupart des racines des plantes et où se déroule principalement l'absorption des éléments nutritifs. Même en l'absence de travaux du sol, cette profondeur est significative car elle représente la zone d'interaction entre les racines et le sol. En rassemblant ces sous-échantillons, on obtient un échantillon global qui reflète de manière fiable les caractéristiques du sol dans la zone d'étude. Différentes techniques peuvent être utilisées pour prélever les sous-échantillons, en veillant à éviter toute contamination croisée et à maintenir la représentativité spatiale. Ces échantillons de sol seront ensuite analysés en laboratoire pour évaluer leur composition, leurs propriétés physiques et chimiques, ainsi que leur aptitude à supporter les activités agricoles **(53)**.



Figure III.8 : Méthodes de prélèvement **(53)**

III.4.2. Préparation du sol :

III.4.2.a. Séchage et tamisage :

Avant de procéder à l'analyse, il est essentiel de soumettre les échantillons à un traitement préalable. Ce traitement comprend plusieurs étapes visant à préparer le sol pour une analyse précise.

Tout d'abord, les échantillons sont laissés à l'air libre pendant une nuit afin de les laisser sécher naturellement (**Fig. III.9**). Cette étape permet de réduire l'humidité présente dans le sol, ce qui facilite les manipulations ultérieures. Ensuite, les échantillons sont examinés pour éliminer les graviers et autres matières grossières qui pourraient fausser les résultats de l'analyse. Pour ce faire, ils sont tamisés à travers un tamis dont la maille est de 2 mm (**Fig. III.10**). Cette opération permet d'obtenir une fraction fine du sol, débarrassée de tout élément de taille supérieure. Le tamisage est une étape importante car il garantit l'homogénéité et la représentativité de l'échantillon analysé. Une fois cette étape terminée, les échantillons prétraités sont prêts à être soumis à différentes analyses, telles que la mesure de la teneur en éléments nutritifs, la détermination de la texture du sol ou l'évaluation de sa capacité de rétention d'eau. Le traitement préalable des échantillons assure ainsi la fiabilité et la cohérence des résultats obtenus lors de l'analyse du sol.



Figure III.9 : séchage du sol à l'air libre **(Photo originale 2023)**



Figure III.10 : tamisage du sol **(Photo originale 2023)**

III.4.3. Dispositif expérimental

Les essais ont été réalisés en suivant les étapes suivantes :

1. Préparation du mélange sol + bio : Selon les valeurs spécifiées par le plan d'expérience, un mélange de sol et de matière organique (Compost, Fumier de Volailles, Bouse de Vaches, Fumier de Moutons) a été préparé (**Fig. III.11**). Les doses de chaque matière organique ont été soigneusement mesurées et incorporées au sol dans des proportions spécifiques.
2. Suivi des valeurs du plan d'expérience : Les paramètres et les doses de chaque élément du mélange ont été suivis conformément aux valeurs indiquées dans le plan d'expérience. Cela garantit une cohérence et une reproductibilité des conditions expérimentales entre les différents échantillons.
3. Préparation des échantillons : Les échantillons ont été prélevés à partir du mélange sol + bio, en respectant les différentes combinaisons de doses et de matières organiques prévues par le plan d'expérience. Chaque échantillon a été soigneusement étiqueté et identifié pour assurer une traçabilité adéquate (**Fig. III.12**).



Figure III.11 : Préparation du mélange sol + Biomatériaux fertilisants

(Photo originale 2023)

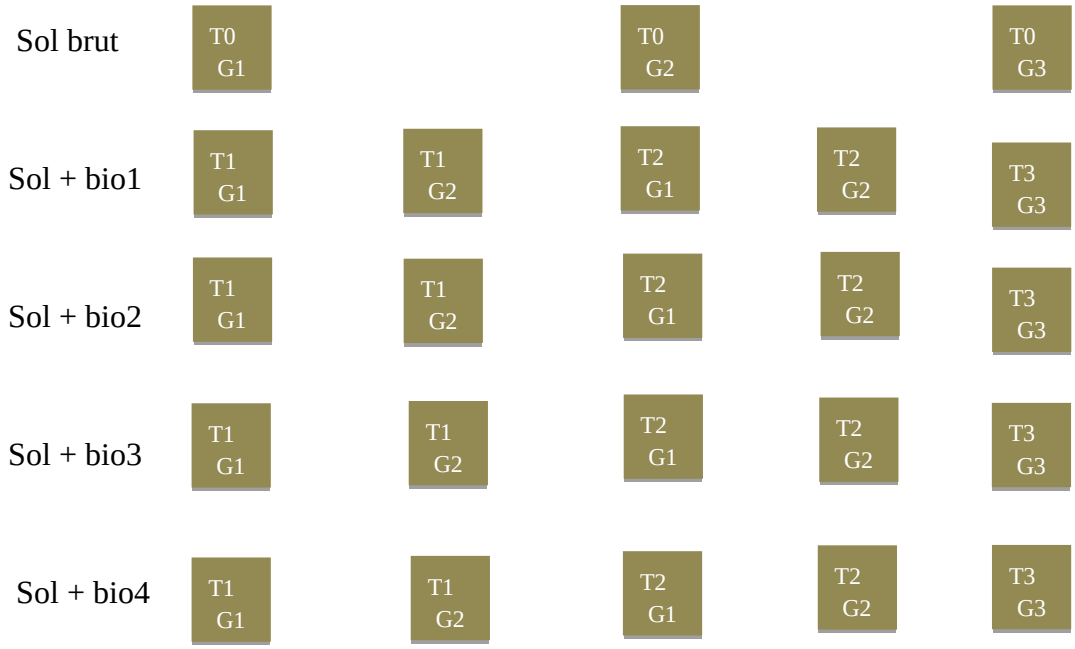


Figure III.12 : Schéma de dispositif expérimental

[T0 : témoin (sol brut) 290g ; T1 : 28 g ; T2 : 140 g ; T3 : 84 g)

G1: 25% de 2mm ; G2: 75% de 2mm ; G3: 50% de 2mm]

III.4.4. Méthode d'analyse des paramètres physiques et chimiques

Dans notre étude, nous avons suivi la biotransformation du sol sous l'effet des bouses d'animaux et du compost. Pour évaluer les changements survenus dans le sol, nous avons effectué des prélèvements d'échantillons aux jours suivants : le 1er jour, le $7^{ème}$ jour, le $30^{ème}$ jour et le $60^{ème}$ jour.

Les échantillons de sol prélevés ont été soumis à des analyses pour évaluer plusieurs paramètres physico-chimiques. Les principaux paramètres que nous avons étudiés sont les suivants : Analyse granulométrique, Test de sédimentation, préparation de l'extrait aqueux, le potentiel d'hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE), l'humidité (H %), l'ammonium (NH_4^+), les nitrites (NO_2^-), les chlorures (Cl^-), les carbonates (CO_3^{2-}), les bicarbonates (HCO_3^-), le phosphore (P_2O_5) le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}) (voir l'annexe).

Ces analyses nous permettent de comprendre les changements dans la composition chimique du sol et d'évaluer les effets des bouses d'animaux et du compost sur les différents paramètres du sol. En suivant l'évolution de ces paramètres au fil du temps, nous pourrons observer les transformations qui se produisent dans le sol et évaluer l'efficacité des différents amendements organiques sur ses propriétés.

III.5. Conclusion :

Dans ce chapitre dédié aux matériels et méthodes, nous avons présenté en détail la zone d'étude, les procédures de prélèvement d'échantillons, les matériels et produits utilisés, ainsi que les méthodes de travail employées.

Cette approche rigoureuse nous a permis d'établir les fondements solides de notre étude. En utilisant des fertilisants biologiques tels que le compost à base de déchet vert préparé en laboratoire, le fumier de volailles, la bouse de vaches et le fumier de moutons provenant de la ferme, nous avons cherché à évaluer leur effet sur le sol de granulométrie 2 mm.

- Les résultats de ces différentes investigations seront donc retrouvés au chapitre IV.

Chapitre IV
Résultats et discussions

IV. Introduction

Dans ce chapitre, les résultats et les discussions revêtent une importance capitale dans notre étude, car ils nous permettront de présenter les résultats des analyses réalisées sur les échantillons prélevés. Notre attention sera particulièrement portée sur les changements observés dans les propriétés physico-chimiques du sol suite à l'application des biomatériaux fertilisants.

IV.1. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique est une étape essentielle dans la classification des sols, car elle permet de mesurer la répartition des grains en fonction de leur taille. Elle fournit des informations précieuses sur la composition granulométrique du sol qui est généralement représentée par son appartenance à une classe texturale située dans un diagramme triangulaire ou équilatéral. Cette représentation graphique permet de visualiser rapidement les proportions relatives des différents types de grains présents dans le sol, tels que le sable, le limon et l'argile (**Fig. IV.1**). L'analyse granulométrique nous aide donc à mieux comprendre la structure et les caractéristiques physiques du sol, ce qui est crucial pour évaluer son potentiel agricole et sa rétention d'eau.

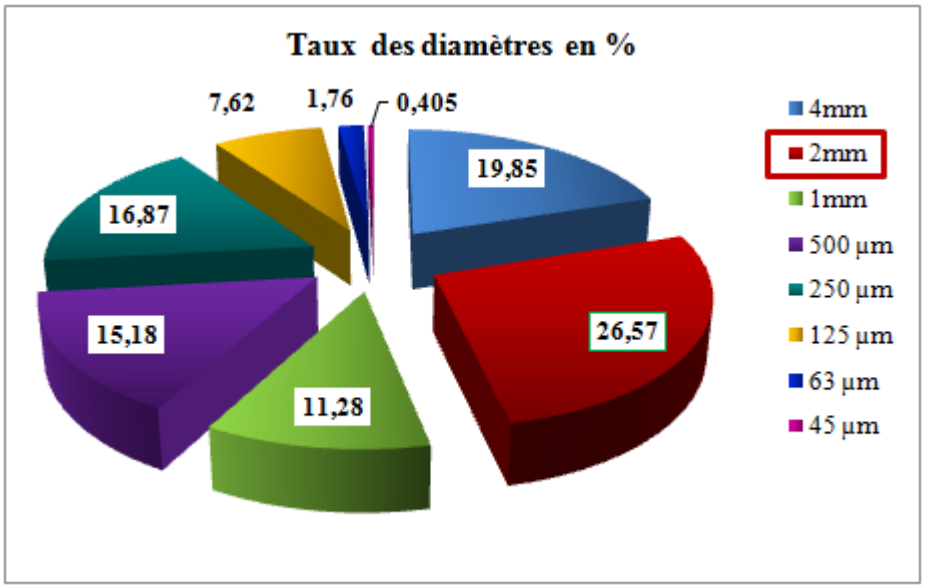
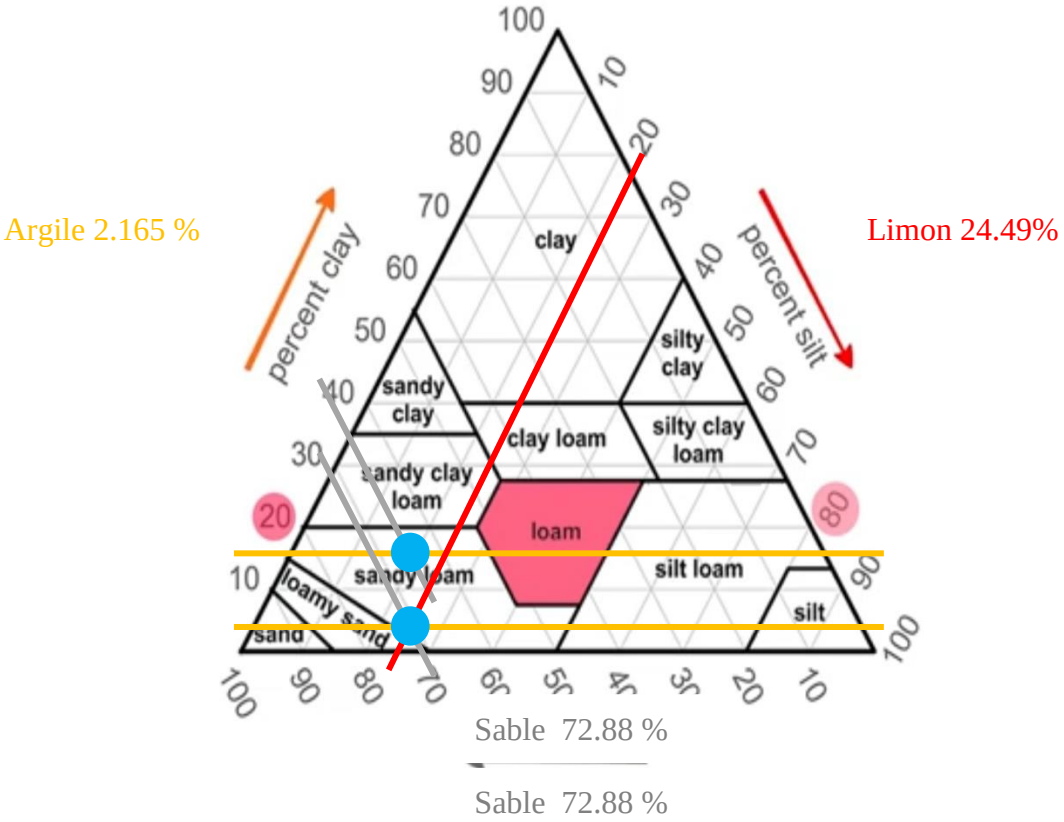


Figure IV.1 : Taux des diamètres de particules en % dans le sol tamisé de 1 kg

Selon le Figure IV.1, une observation importante est que le diamètre de 2 mm présente à la fois la plus grande masse et la plus grande proportion dans notre échantillon de sol. Cela suggère que les particules de cette taille sont abondantes et ont une influence significative sur la composition granulométrique globale du sol.

IV.2. Triangle textural de sol brut



Sable 72.88 %

Figure IV.2 : Triangle textural (54)

Selon l'interprétation des résultats de la composition granulométrique et en utilisant le triangle textural (**Fig. IV.2**), la répartition des fractions granulométriques dans notre sol est la suivante :

- Argile : 2,165%
- Limon : 24,49%
- Sable : 72,88%

Ces pourcentages représentent la proportion respective de chaque fraction dans la composition granulométrique du sol. Le sable est la fraction dominante, représentant la plus grande proportion (72,88%), suivi du limon (24,49%) et de l'argile (2,165%).

La répartition granulométrique du sol indique une texture principalement sableuse avec une faible proportion de limon et d'argile. Cette composition granulométrique influe sur des propriétés physiques telles que la rétention d'eau, le drainage, la porosité et la fertilité du sol.

IV.3. Proportions des Diamètres en masse dans le Sol Tamisé de 1 kg

Parmi les différentes dimensions de tamisage (**Fig. IV.1**), le diamètre qui présente la masse la plus grande dans l'échantillon de sol est le diamètre de 2 mm. Avec une masse de 265,7 g, les particules de sol de taille comprise entre 2 mm et 4 mm représentent la fraction la plus abondante en termes de poids. Cela indique que le sol contient une quantité significative de particules de cette taille, ce qui peut influencer ses propriétés physiques et chimiques. Les particules de sol de 2 mm sont considérées comme des particules de sable grossier, et leur présence peut affecter des facteurs tels que la perméabilité, le drainage, la rétention d'eau et l'aération du sol.

La masse élevée des particules de 2 mm suggère également que le sol peut avoir une texture plus grossière dans cette plage de diamètre, ce qui peut avoir des implications pour la structure globale du sol et son potentiel agronomique **(55)**.

Il est important de noter que les autres diamètres de tamisage contribuent également à la composition du sol, mais en termes de masse, le diamètre de 2 mm est le plus prédominant dans cet échantillon spécifique, ce qui souligne son importance dans l'évaluation de la texture et des propriétés physiques du sol. Ces particules peuvent provenir de différents composants du sol, tels que des agrégats, des minéraux ou de la matière organique. Leur présence peut avoir des implications importantes sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, notamment en termes de perméabilité, de rétention d'eau, de capacité de rétention des éléments nutritifs et d'activité microbienne **(56).**

Ces pourcentages (**Fig. IV.1**) indiquent la proportion de chaque diamètre dans l'échantillon de 1 kg de sol. En observant les taux des diamètres, on peut constater que le diamètre de 2mm a la plus grande proportion avec 26,57%. Cela signifie que dans l'échantillon de 1 kg de sol, les particules ayant un diamètre de 2mm représentent la plus grande partie en termes de quantité **(57)**.

Le diamètre de 2 mm est souvent considéré comme une taille critique dans l'analyse granulométrique des sols. Il correspond généralement à la fraction de gravier grossier, qui peut avoir un impact important sur les propriétés physiques du sol, telles que la perméabilité, la porosité et le drainage. La présence d'une proportion élevée de particules de 2 mm peut indiquer une meilleure structure du sol en favorisant la formation de macro-agrégats et en améliorant la circulation de l'air et de l'eau dans le sol. Cela peut contribuer à une meilleure aération des racines, à un bon équilibre entre la rétention d'eau et le drainage, ainsi qu'à une disponibilité adéquate des nutriments pour les plantes **(58)**.

IV.4. Mesure du Taux d'Humidité de sol brut

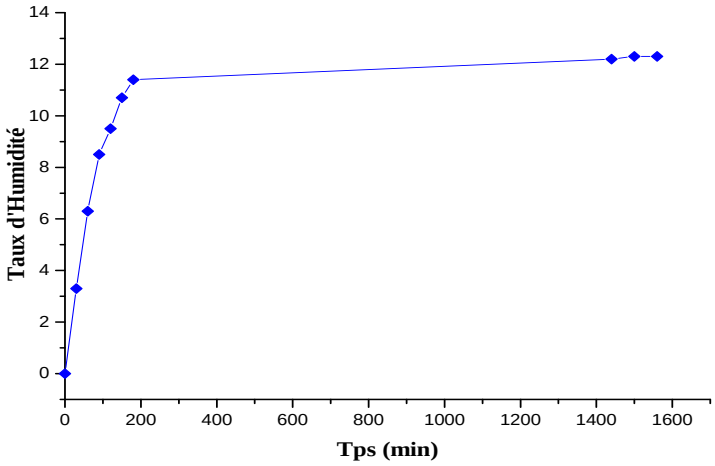


Figure IV.3 : Mesure du Taux d'Humidité de sol brut

- Au début de l'expérience (temps = 0), la masse de l'échantillon est de 100 et il n'y a pas de perte en H_2O, ce qui est attendu puisque c'est la masse initiale.
- Au bout de 30 minutes, la masse de l'échantillon diminue à 96,7, ce qui correspond à une perte de 3,3% de la masse initiale en H_2O. Cette diminution indique que l'eau contenue dans l'échantillon commence à s'évaporer.

- Au fil du temps, la masse de l'échantillon continue de diminuer progressivement, atteignant 87,7 après 1560 minutes (26 heures). Cela correspond à une perte de 12,3% de la masse initiale en H_2O.

Ces résultats suggèrent que l'échantillon subit une perte d'eau progressive au cours de l'expérience. Cette perte d'eau peut être due à l'évaporation, où l'eau s'échappe de l'échantillon sous forme de vapeur. La diminution de la masse de l'échantillon est directement liée à la perte en H_2O, ce qui est cohérent avec la compréhension des processus d'évaporation.

IV.5. Évolution du pH dans le sol :

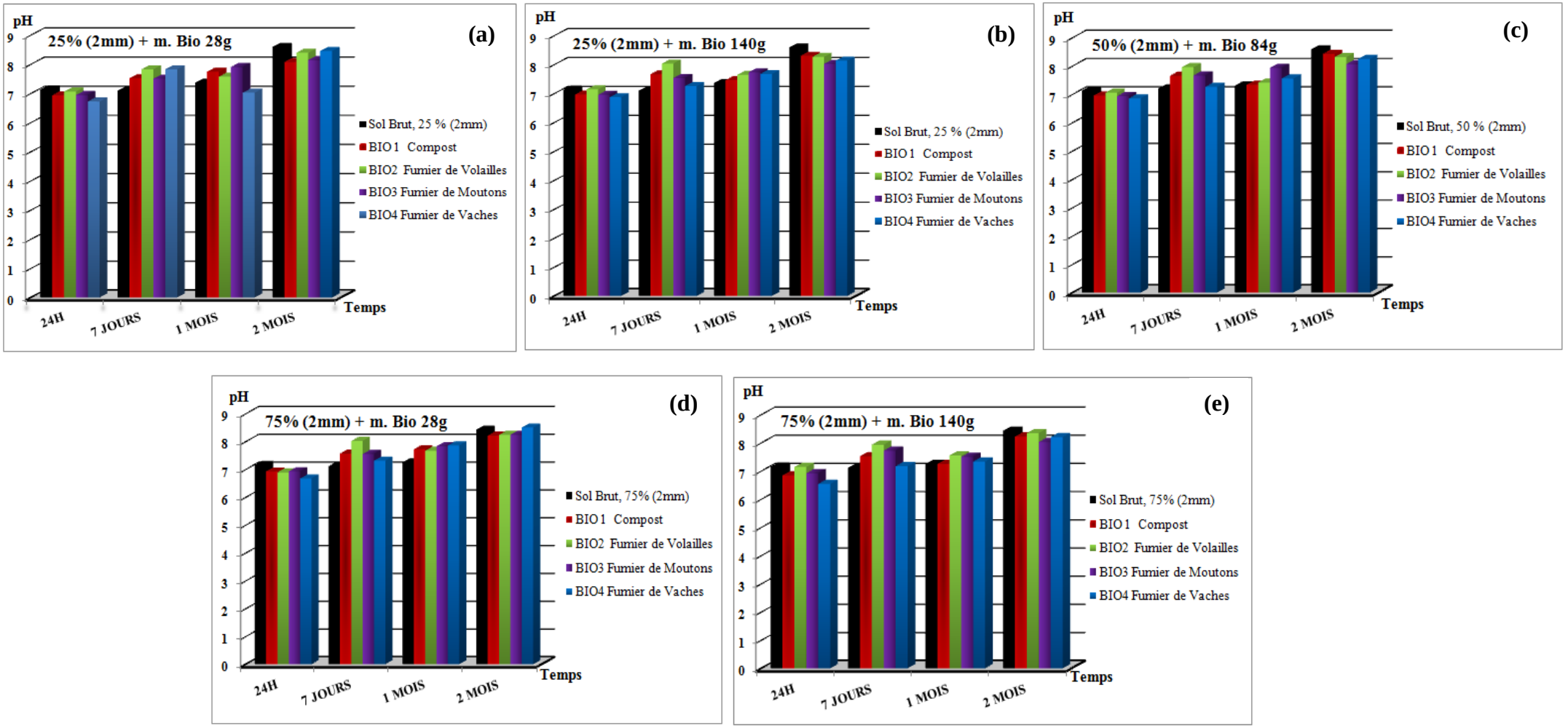


Figure IV.4 : (a-e) Évolution du pH dans le sol en fonction des différents biomatériaux fertilisants en fonction du temps.

Les résultats montrent l'évolution du pH du sol au fil du temps pour différentes conditions expérimentales. Dans tous les cas, on observe une variation du pH du sol par rapport à la valeur initiale.

- Dans la plupart des cas, l'ajout de compost (BIO 1) a un effet légèrement acidifiant sur le sol. Par exemple, dans le cas du sol brut avec 25% (2mm) + m. Bio 28g, le pH initial du sol brut est de 7,13, puis il diminue à 6,93 après 24 heures. Au fil du temps, le pH du sol augmente progressivement pour atteindre 8,07 après 2 mois. Des tendances similaires sont observées pour les autres combinaisons avec du compost.
- L'ajout de fumier de volailles (BIO2) peut avoir des effets variables sur le pH du sol. Par exemple, dans le cas du sol brut avec 25% (2mm) + m. Bio 28g, le pH initial est de 7,06, puis il augmente à 7,82 après 7 jours. Au fil du temps, le pH tend à rester relativement stable ou à augmenter légèrement.
- Le fumier de moutons (BIO3) a généralement un effet neutre à légèrement alcalin sur le pH du sol. Par exemple, dans le cas du sol brut avec 25% (2mm) + m. Bio 28g, le pH initial est de 6,94, puis il augmente à 7,5 après 7 jours. Au fil du temps, le pH du sol continue d'augmenter progressivement.
- Le fumier de vaches (BIO4) peut avoir des effets variables sur le pH du sol. Par exemple, dans le cas du sol brut avec 25% (2mm) + m. Bio 28g, le pH initial est de 6,72, puis il augmente à 7,82 après 7 jours. Les variations du pH du sol brut avec du fumier de vaches peuvent être plus prononcées par rapport aux autres matériaux organiques.

2. Effet des différents pourcentages de matériaux organiques :

Les variations du pH en fonction des différents pourcentages de matériaux organiques ajoutés (25% vs 75%) sont significatives dans les résultats trouvés. Ces variations peuvent être dues aux différences dans la composition chimique des matières biologiques et à l'activité microbienne associée à leur décomposition.

En conclusion,

1. La baisse du pH peut s’expliquer par la production d’acides organiques suite à la dégradation des glucides, lipides et d’autres substances. Aussi, la production de CO_2 lors de la dégradation aérobie contribue à l’acidification du milieu par sa dissolution dans l’eau et production d’acide carbonique. La neutralité du pH peut s’expliquer

par l'absence de l'activité des microorganismes responsables de la variation du pH dans nos milieux **(59)**. Le pH basique favorise le développement des actinomycètes et des bactéries alcalines **(60).**

2. Il est important de noter que les variations observées dans les résultats peuvent être influencées par d'autres facteurs tels que les caractéristiques initiales du sol, les conditions environnementales, la méthode d'application des biomatériaux, mode de décomposition de la matière organique,…etc.

IV.6. Évolution de la conductivité électrique dans le sol

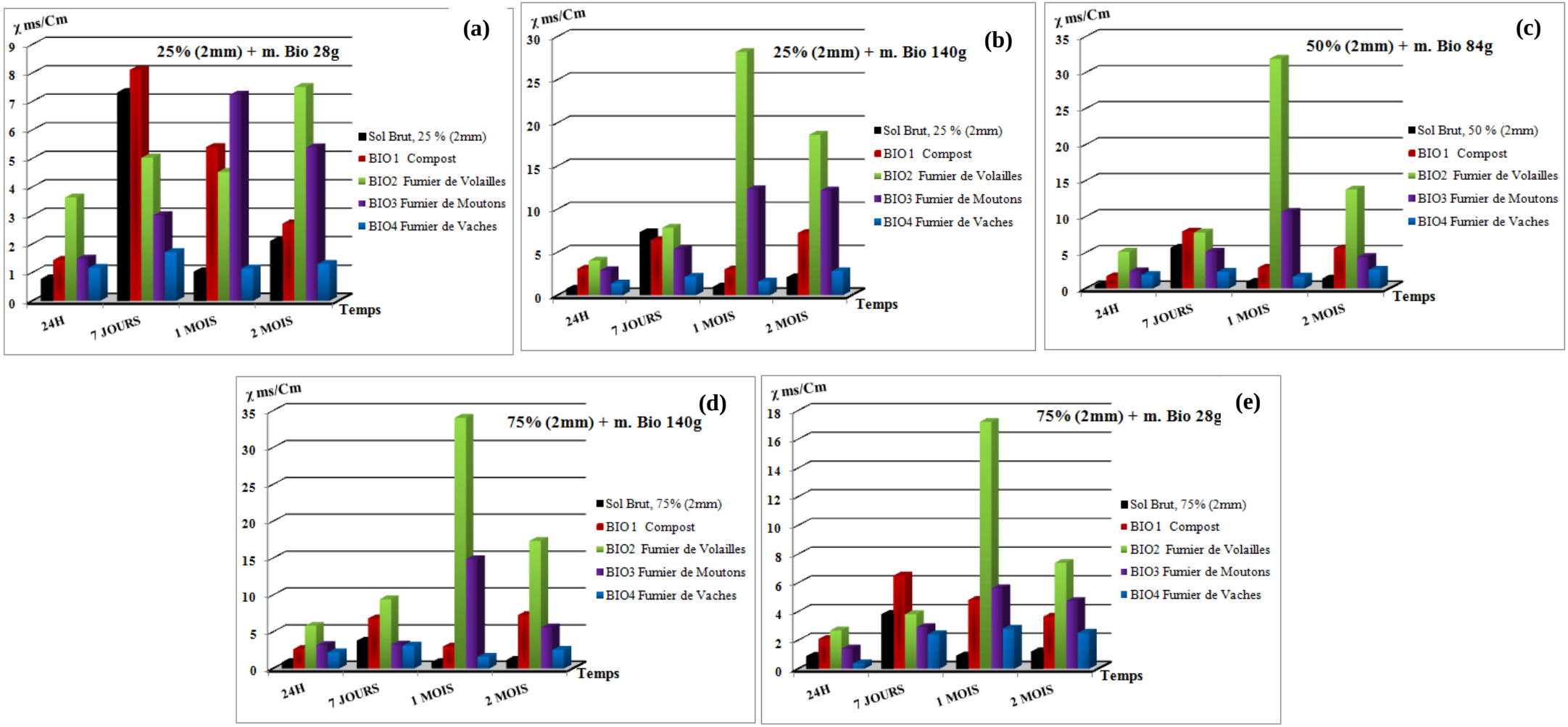


Figure IV.5 : (a-e) Évolution de la conductivité électrique dans le sol en fonction des différents biomatériaux fertilisants en fonction du temps.

L'électro conductivité notée, CE, donne une estimation de la richesse en sels nutritifs présent sous forme d'ions dans les différents fertilisants bio. La mesure inclus la mesure de sels organiques et minéraux. Les résultats indiquent une différence hautement significative entre les différents biomatériaux.

Le classement des produits organiques en fonction de leur conductivité électrique mesurée sur nos milieux est dans l'ordre croissant suivant : Sol brut < Bouse de vaches < Fumier de moutons < Compost < Fumier de volailles (**Fig.IV.6**). Ces résultats montrent clairement la forte salinité qui caractérise les différents fumiers par rapport au sol brut.

le fumier peut avoir des conductivités électriques très élevées dues aux grandes quantités de sels minéraux ajoutés aux rations alimentaires des animaux. Ce sont principalement les cations Na^+, K^+, Ca^{2+} et Mg^{2+} qui en sont responsables **(61)**.

La faible conductivité électrique enregistrée par le sol brut par rapport aux autres fumiers due à l'absence des éléments nutritifs.

↳ ***Pour les échantillons avec 25% (2mm) de matière organique et 28g de biomatériaux :***

- On observe une augmentation générale de la conductivité au fil du temps pour tous les fertilisants bio. Cela peut être dû à la libération d'ions et de composés solubles dans le sol.
- Le compost à base de déchets verts présente une conductivité relativement stable au cours du temps, ce qui suggère une libération régulière d'éléments solubles.
- Le fumier de volailles et le fumier de moutons montrent une augmentation significative de la conductivité, atteignant des valeurs élevées, en particulier après 1 mois.
- Le fumier de vaches présente une augmentation modérée de la conductivité, mais les valeurs restent relativement basses.

↳ ***Pour les échantillons avec 75% (2mm) de matière organique et 28g de biomatériaux :***

- On observe des tendances similaires à celles des échantillons précédents, avec une augmentation globale de la conductivité au fil du temps pour tous les fertilisants bio.

- Le compost à base de déchets verts et le fumier de moutons montrent des augmentations modérées de la conductivité.
- Le fumier de volailles présente une augmentation importante de la conductivité, atteignant des valeurs élevées après 1 mois.
- Le fumier de vaches présente une augmentation modérée de la conductivité, mais les valeurs restent relativement basses.

  Pour les échantillons avec 25% (2mm) de matière organique et 140g de biomatériau, ainsi que pour les échantillons avec 75% (2mm) de matière organique et 140g de biomatériaux :

- On observe des variations similaires à celles des échantillons précédents, avec une augmentation générale de la conductivité au fil du temps.
- Le fumier de volailles montre les valeurs les plus élevées de conductivité, atteignant des niveaux très élevés après 1 mois.
- Les autres fertilisants bio, tels que le compost à base de déchets verts, le fumier de moutons et le fumier de vaches, présentent également des augmentations de la conductivité, mais les valeurs restent relativement modérées.

  Pour les échantillons avec 50% (2mm) de matière organique et 84g de biomatériaux :

- On observe des tendances similaires à celles des autres échantillons, avec une augmentation générale de la conductivité au fil du temps.
- Le fumier de volailles montre à nouveau des valeurs élevées de conductivité, en particulier après 1 mois.
- Les autres fertilisants biologiques présentent des augmentations modérées de la conductivité.

En conclusion,

L'ajout de fertilisants bio tels que le compost, le fumier de volailles, le fumier de moutons et le fumier de vaches peut influencer la conductivité électrique du sol. Les variations observées dans les résultats peuvent être attribuées aux propriétés chimiques et à la composition des fertilisants utilisés. Il est important de noter que des niveaux élevés de conductivité peuvent indiquer une plus grande disponibilité d'ions dans le sol, ce qui peut être bénéfique pour la croissance des plantes. Cependant, il convient de prendre en compte d'autres paramètres pour évaluer l'impact global des fertilisants bio sur l'amélioration du sol.

IV.7. Évolution des concentrations d'ions bicarbonates dans le sol

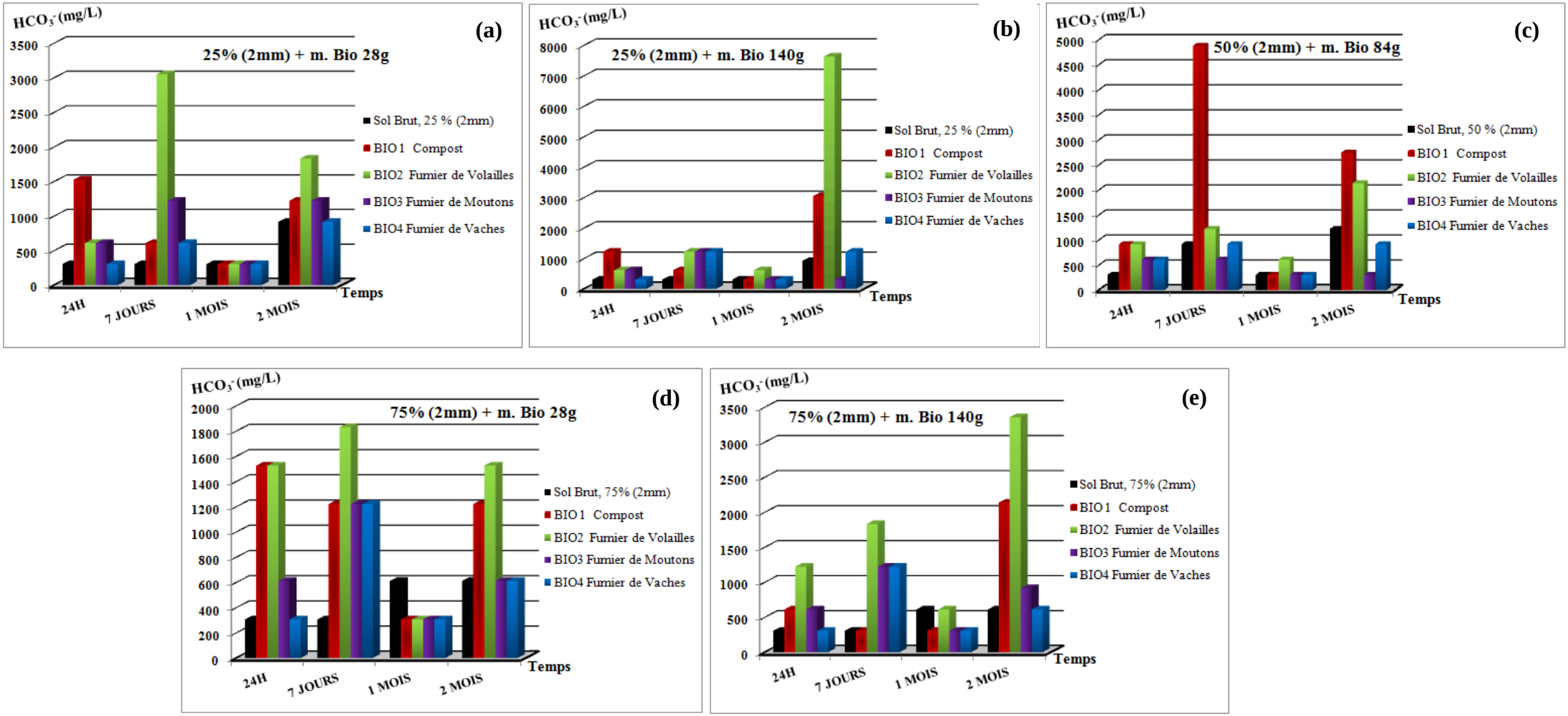


Figure IV.6 : Évolution des concentrations d'ions bicarbonates dans le sol en fonction du temps, de la composition du sol et les biomatériaux fertilisants utilisés.

- Pour le sol brut (sans ajout de fertilisant), la concentration en ions bicarbonates est de 305 mg/L.
- Avec l'utilisation du compost (BIO 1), entraîne une augmentation significative de la concentration en ions bicarbonates, atteignant 1220 mg/L.
- L'utilisation du fumier de volailles (BIO2) la concentration en ions bicarbonates varie de 305 mg/L à 3050 mg/L, en fonction de la durée d'amélioration du sol.
- Le fumier de moutons (BIO3) conduit également à une augmentation des ions bicarbonates, allant de 305 mg/L à 1220 mg/L.
- Enfin, le fumier de vaches (BIO4) présente des concentrations d'ions bicarbonates allant de 305 mg/L à 915 mg/L.

Les ions bicarbonates (HCO_3^-) sont formés par l'action des acides organiques présents dans les matières organiques utilisées comme fertilisants biologiques. Ces acides organiques réagissent avec les carbonates présents dans le sol, libérant des ions bicarbonates. Les ions bicarbonates sont importants pour maintenir l'équilibre du pH du sol et peuvent également fournir des sources de carbone pour les microorganismes du sol.

En conclusion,

L'utilisation de fertilisants biologiques tels que le compost, le fumier de volailles, le fumier de moutons et le fumier de vaches peut contribuer à l'augmentation des ions bicarbonates dans le sol. Cela peut avoir des effets bénéfiques sur la disponibilité des nutriments et le pH du sol, favorisant ainsi la croissance des plantes et la santé globale de l'écosystème.

IV.8. Concentrations en ions chlorures dans le sol

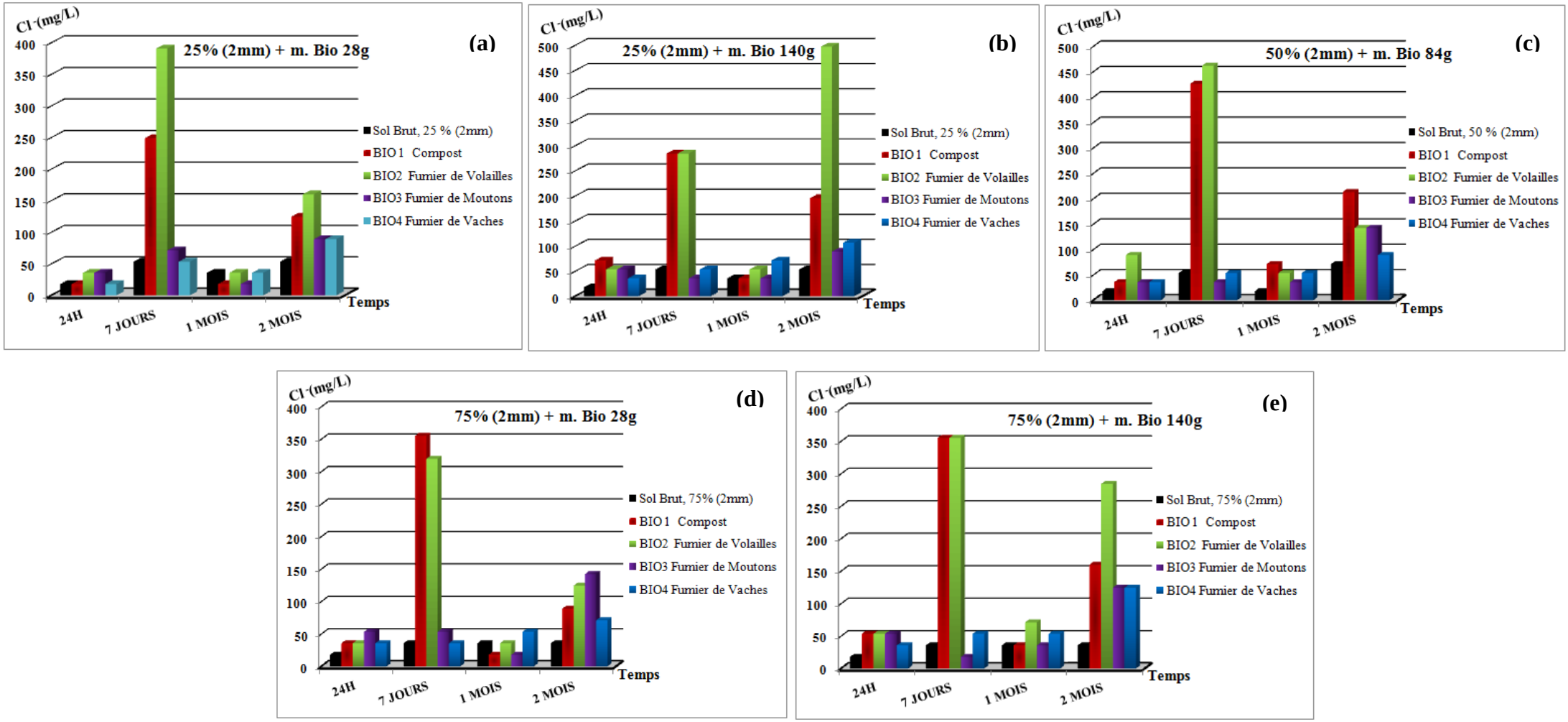


Figure IV.7 : (a-e) Concentrations en ions chlorures dans le sol en fonction des biomatériaux fertilisants et les conditions de traitement

Les concentrations en chlorures varient en fonction des types de fertilisants biologiques utilisés et de la durée d'amélioration du sol.

Pour le sol brut, les concentrations en ions chlorures varient de 17,75 mg/L à 53,25 mg/L, en fonction du temps d'amélioration du sol.

1. Compost à base de déchets verts (BIO 1) :

- Le compost à base de déchets verts peut avoir un impact variable sur la teneur en chlorures du sol en fonction de la teneur et de la masse appliquées.
- Une teneur de 25% de 2 mm de sol avec une masse de 140 g semble entraîner une augmentation significative des concentrations en chlorures après 24 heures et 7 jours d'application.
- Cependant, l'utilisation d'une teneur de 75% de 2 mm de sol avec une masse de 28 g semble conduire à des concentrations en chlorures plus faibles ou stables sur une période de 1 mois et 2 mois.

2. Fumier de volailles (BIO2) :

- Le fumier de volailles peut également avoir un effet sur les concentrations en chlorures du sol, mais les résultats varient en fonction de la teneur et de la masse appliquées.
- Une teneur de 75% de 2 mm de sol avec une masse de 140 g semble conduire à des concentrations en chlorures élevées après 24 heures et 7 jours d'application. Par exemple, l'utilisation de Fumier de Volailles conduit à des concentrations allant de 35,5 mg/L à 390,5 mg/L après 7 jours.
- Dans certains cas, une teneur de 25% de 2 mm de sol avec une masse de 28 g peut également entraîner une augmentation des concentrations en chlorures, mais à des niveaux inférieurs par rapport à la teneur de 75%.

NB : Les concentrations en ions chlorures sont également influencées par la quantité de fertilisant utilisée. Par exemple, avec BIO2 Fumier de Volailles, l'augmentation de la quantité de fertilisant de 28 g à 140 g entraîne une augmentation des concentrations en ions chlorures de 35,5 mg/L à 497 mg/L après 2 mois.

3. Bouse de vache (BIO3) et fumier de moutons (BIO4) :

- Les résultats montrent que l'impact sur les concentrations en chlorures du sol est relativement limité pour ces deux types de fertilisants.

- Les concentrations en chlorures restent généralement stables ou présentent des variations mineures après l'application de bouse de vache ou de fumier de moutons, quelles que soient les teneurs et masses utilisées. Par exemple, avec BIO3 Fumier de Moutons, les concentrations augmentent de 35,5 mg/L à 71 mg/L après 7 jours.

En résumé, l'application de compost à base de déchets verts et de fumier de volailles peut entraîner des augmentations significatives des concentrations en chlorures dans le sol, en fonction des conditions spécifiques d'application. Cependant, l'utilisation de bouse de vache et de fumier de moutons semble avoir un impact plus limité sur les concentrations en chlorures. Il est important de surveiller régulièrement les niveaux de chlorures dans le sol et de prendre des mesures appropriées pour maintenir des niveaux adéquats pour la croissance des plantes, en évitant les excès qui pourraient avoir des effets négatifs sur les cultures.

En conclusion,

Les sources possibles des ions chlorure dans le sol peuvent inclure l'utilisation de fertilisants contenant des chlorures, l'eau d'irrigation contenant des chlorures naturels ou provenant de sources environnementales, ainsi que d'autres pratiques agricoles antérieures telles que l'utilisation de produits chimiques contenant des ions chlorures. Des niveaux élevés de chlorures peuvent être préjudiciables aux plantes sensibles, tandis que des niveaux faibles ou modérés peuvent être bénéfiques pour certaines cultures.

Il est recommandé de surveiller régulièrement les concentrations en chlorures dans le sol et de maintenir un équilibre approprié pour garantir des conditions favorables à la croissance des plantes. Les résultats fournis peuvent servir de base pour ajuster les quantités de fertilisants bio utilisées afin de maintenir les concentrations en chlorures dans les limites recommandées pour la culture spécifique et les conditions du sol.

IV.9. Résultats d'analyse après 2 mois d'évolution des caractéristiques physico-chimiques du sol avec différents biomatériaux

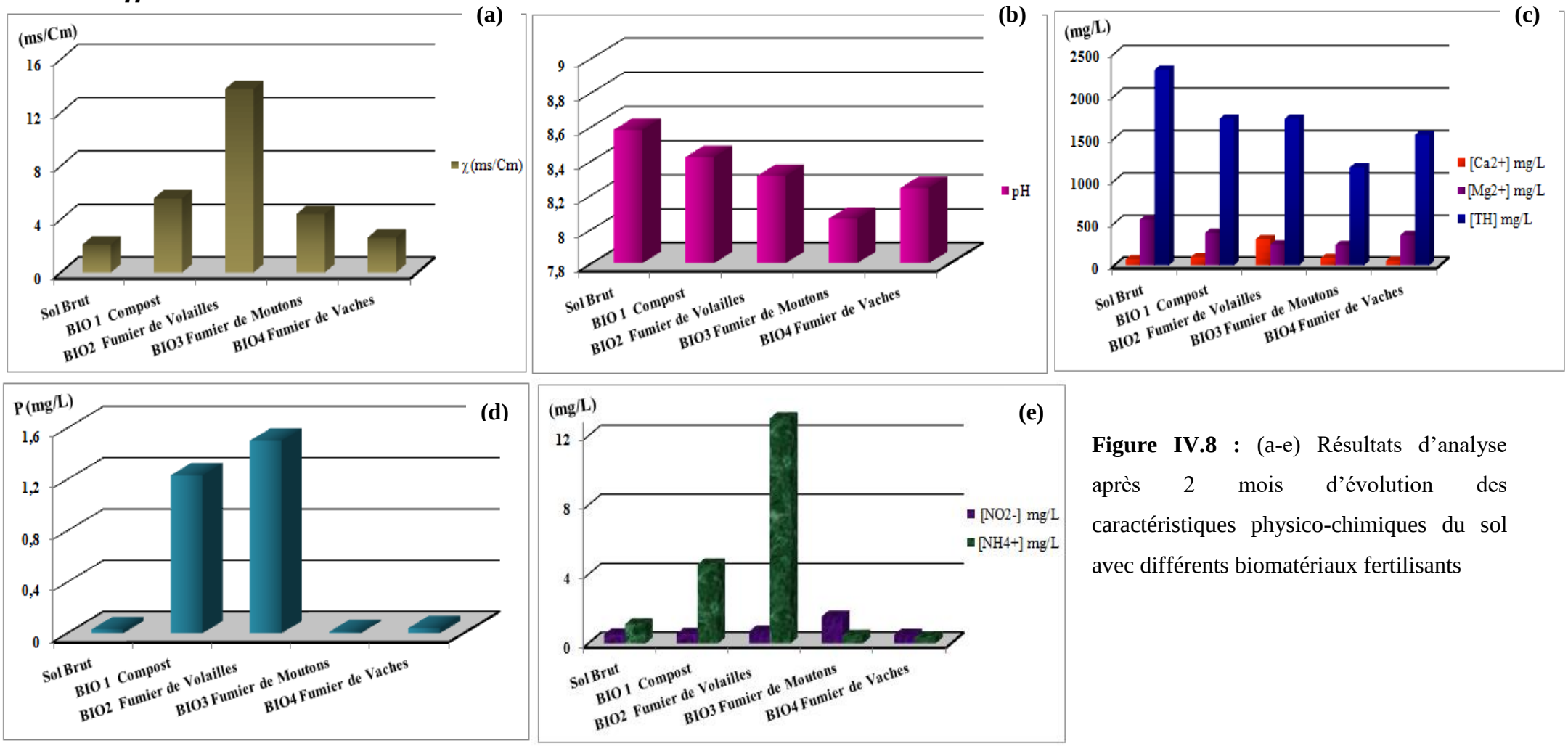


Figure IV.8 : (a-e) Résultats d'analyse après 2 mois d'évolution des caractéristiques physico-chimiques du sol avec différents biomatériaux fertilisants

Les résultats indiquent les concentrations de différents éléments et ions présents dans le sol après l'amélioration avec des fertilisants biologiques. Voici une analyse précise des paramètres mesurés :

- **pH :** Le pH du sol est mesuré pour évaluer son acidité ou son alcalinité. Les valeurs de pH mesurées indiquent un sol légèrement alcalin, ce qui peut être bénéfique pour certaines cultures.

  Le pH du sol varie de 8,06 à 8,58. Tous les échantillons présentent un pH légèrement basique, ce qui est favorable à la plupart des plantes. Un pH équilibré contribue à une bonne disponibilité des nutriments pour les plantes.
- **χ (ms/Cm) :** Cet indicateur représente la conductivité électrique du sol, ce qui peut être lié à la présence de sels dissous dans l'eau du sol. Des valeurs élevées peuvent indiquer une augmentation de la salinité du sol.

  La conductivité électrique est une mesure de la salinité du sol. Les valeurs varient de 2,09 à 13,75 ms/Cm, indiquant une certaine variation dans la teneur en sels solubles dans le sol en fonction des fertilisants utilisés. Les échantillons de fumier de volailles (BIO2) présentent une conductivité électrique plus élevée, ce qui peut indiquer une plus grande concentration de sels dans le sol.
- **[P] mg/L :** La concentration en phosphore est légèrement augmentée dans tous les échantillons traités par les fertilisants biologiques par rapport au sol brut. Cela peut être bénéfique pour la croissance des plantes, car le phosphore est un élément essentiel pour le développement des racines et la formation de fleurs et de fruits.

  Les niveaux de phosphate sont relativement faibles dans tous les échantillons de sol, avec des concentrations allant de 0,01 à 1,5 mg/L. Le compost (BIO 1) et le fumier de volailles (BIO 2) présentent les concentrations les plus élevées en phosphate, indiquant une contribution significative de ces fertilisants à la disponibilité du phosphore dans le sol.
- **[NO_2^-] mg/L :** Les concentrations en nitrite sont généralement faibles dans tous les échantillons, indiquant une bonne conversion des nitrites en nitrates par les processus biologiques du sol.

Les concentrations de nitrite dans le sol sont généralement faibles, allant de 0,495 à 1,555 mg/L. Les valeurs plus élevées sont observées dans les échantillons de fumier de moutons (BIO3). Les nitrites peuvent être formés par la décomposition de la matière organique et peuvent être potentiellement toxiques pour les organismes vivants à des concentrations élevées.

Ces niveaux suggèrent une certaine activité de conversion des nitrates en nitrites, bien que dans des quantités relativement limitées.

- **[NH_4^+] mg/L :** Les concentrations en ammonium varient d'un échantillon à l'autre, mais elles restent dans des gammes acceptables pour une bonne nutrition des plantes. L'ammonium est une forme d'azote disponible pour les plantes et peut contribuer à leur croissance.

  Les concentrations en ammonium varient de 0,35 mg/L à 13 mg/L. Les échantillons de fumier de volailles (BIO2) présentent les concentrations les plus élevées en ammonium indiquant une libération importante de cet ion par ce fertilisant. L'ammonium est une forme d'azote utilisable par les plantes, et des concentrations plus élevées peuvent indiquer une meilleure disponibilité de l'azote dans le sol.
- **[Ca^{2+}] mg/L :** Les concentrations en calcium vont de 53,87 mg/L à 307,81 mg/L. Les échantillons de fumier de volailles (BIO2) présentent les concentrations les plus élevées en calcium. Le calcium est un nutriment essentiel pour la croissance des plantes et des concentrations plus élevées peuvent contribuer à améliorer la disponibilité de cet élément dans le sol.
- **[Mg^{2+}] mg/L :** Les concentrations en magnésium sont également présentes à des niveaux adéquats pour soutenir la croissance des plantes.

  Les concentrations en magnésium varient de 238,1 mg/L à 539,5 mg/L. Les échantillons de sol brut et de fumier de vaches (BIO4) montrent des concentrations plus élevées en magnésium. Le magnésium est un élément important pour la synthèse de la chlorophylle et d'autres processus métaboliques dans les plantes.

Ces deux éléments sont importants pour la structure du sol et la disponibilité des nutriments pour les plantes.

- **[Cl-] mg/L :** Les concentrations en chlorures vont de 425,44 mg/L à 850,88 mg/L. Les échantillons de fumier de volailles (BIO2) présentent les concentrations les plus élevées en chlorures. Les chlorures peuvent être présents naturellement dans le sol et proviennent également de l'utilisation de fertilisants contenant des sels de chlorure. Des concentrations plus élevées peuvent indiquer une salinité accrue dans le sol et peuvent aussi affecter négativement la croissance des plantes sensibles au sel.

  Exemple : Les concentrations en ions chlorures (Cl-) pour chaque échantillon sont les suivantes :

  - ✓ Sol Brut : 425,44 mg/L
  - ✓ BIO 1 Compost : 638,16 mg/L
  - ✓ BIO2 Fumier de Volailles : 850,88 mg/L
  - ✓ BIO3 Fumier de Moutons : 496,34 mg/L
  - ✓ BIO4 Fumier de Vaches : 496,34 mg/L
- **[TH] mg/L :** La dureté totale de l'eau du sol est également mesurée, ce qui est influencé par les concentrations en calcium et en magnésium. Des valeurs élevées peuvent indiquer une dureté de l'eau élevée, ce qui peut affecter certains processus biologiques dans le sol.

  Les valeurs de la teneur en matières totales en suspension varient de 1152 à 2304 mg/L. Les échantillons de sol brut et de compost (BIO1) montrent les valeurs les plus élevées de dureté totale, ce qui peut être attribué à la présence de calcium et de magnésium. La dureté totale peut avoir un impact sur les propriétés physico-chimiques du sol.

  En conclusion, l'utilisation de fertilisants biologiques a entraîné des changements dans les concentrations d'éléments et d'ions dans le sol, avec des variations spécifiques en fonction du type de fertilisant utilisé. Ces résultats suggèrent une amélioration potentielle de la fertilité du sol et une disponibilité accrue de certains nutriments pour les plantes. Cependant, il est également important de surveiller les concentrations en chlorure et de prendre des mesures appropriées pour éviter une salinité excessive du sol.

En résumé, l'utilisation de différents fertilisants biologiques a des effets variés sur les caractéristiques chimiques du sol. Les concentrations en nutriments, en ions et en sels solubles diffèrent en fonction du type de fertilisant utilisé, ce qui peut avoir des implications sur la disponibilité des nutriments pour les plantes et sur d'autres processus biologiques dans le sol.

Conclusion Générale

Conclusion Général

L'objectif de ce travail est l'utilisation des biomatériaux fertilisants dans l'amélioration de production alimentaire, par l'apport d'entrants énergétique (Compost à base de déchet vert, Fumier de volailles, Bouse de vaches et Fumier de moutons). Cette étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation des déchets organiques.

Au cours de cette étude, nous nous sommes intéressés à l'évolution des paramètres abiotiques (pH, T°C, H%, χ ms/cm, Ca^{2+}, Mg^{2+}, CO_3^{2-}, HCO_3^-,…etc.), pour évaluer la fertilité du sol de zone d'étude (Groupe Mendas, Laouhat) Sidi Naamane de la wilaya de Médéa.

Cette expérimentation a été menée au laboratoire, au niveau de la Faculté des Sciences de l'université Dr Yahia Farès de Médéa (Campus Ouzera) et a une durée de 02 mois et demi année 2023.

Les résultats ont montré que:

La répartition granulométrique du sol indique une texture principalement sableuse (72,88%) avec une faible proportion de limon (24,49%) et d'argile (2,165%). Cette composition granulométrique influe sur des propriétés physiques telles que la rétention d'eau, le drainage, la porosité et la fertilité du sol. Le sol choisi appartient à la classe sableux/ limoneux de meilleur qualité.

- Au fil du temps, la masse de l'échantillon continue de diminuer progressivement, atteignant 87,7 g après 1560 minutes (26 heures). Cela correspond à une perte de 12,3% de la masse initiale en H_2O. La diminution de la masse de l'échantillon est directement liée à la perte en H_2O, ce qui est cohérent avec la compréhension des processus d'évaporation.

La masse élevée des particules de 2 mm suggère également que le sol peut avoir une texture plus grossière dans cette plage de diamètre, ce qui peut avoir des implications pour la structure globale du sol et son potentiel agronomique.

Il est important de noter que les autres diamètres de tamisage contribuent également à la composition du sol, mais en termes de masse, le diamètre de 2 mm Avec une masse de 265,7 g est le plus prédominant dans cet échantillon spécifique, ce qui souligne son importance dans l'évaluation de la texture et des propriétés physiques du sol. La présence d'une proportion élevée (26,57%) de particules de 2 mm peut

indiquer une meilleure structure du sol en favorisant la formation de macro-agrégats et en améliorant la circulation de l'air et de l'eau dans le sol. Cela peut contribuer à une meilleure aération des racines, à un bon équilibre entre la rétention d'eau et le drainage, ainsi qu'à une disponibilité adéquate des nutriments pour les plantes.

1. La baisse du pH à 6,89 (75% (2mm) + m. ***Bio2.*** 28g) peut s'expliquer selon par la production d'acides organiques suite à la dégradation des glucides, lipides et d'autres substances. Aussi, la production de CO_2 lors de la dégradation aérobie contribue à l'acidification du milieu par sa dissolution dans l'eau et production d'acide carbonique. La neutralité du pH à 6,92 (75% (2mm) + m. ***Bio3.*** 140g) peut s'expliquer par l'absence de l'activité des microorganismes responsables de la variation du pH dans nos milieux. Le pH basique 8,5 (75% (2mm) + m. ***Bio4.*** 28g) favorise le développement des actinomycètes et des bactéries alcalines.

2. La conductivité électrique Ce (ms/Cm) change d'un biomatériau à un autre, l'ajout de fertilisants bio (50% (2mm) + m. ***BioX.*** 84g) tels que le compost 2,88 ms/Cm, le fumier de volailles 31,9 ms/Cm, le fumier de moutons 10,62 ms/Cm et le fumier de vaches 1,64 ms/Cm peut influencer la conductivité électrique du sol brut de conductivité initiale de 0,92 ms/Cm. Les variations observées dans les résultats peuvent être attribuées aux propriétés chimiques et à la composition des fertilisants utilisés. Il est important de noter que des niveaux élevés de conductivité peuvent indiquer une plus grande disponibilité d'ions dans le sol, ce qui peut être bénéfique pour la croissance des plantes, le cas du fumier de Volailles.

3. L'utilisation de fertilisants biologiques tels que le compost 1220 mg/L, le fumier de volailles 3050 mg/L, le fumier de moutons 1220 mg/L et le fumier de vaches 915 mg/L peut contribuer à l'augmentation des ions bicarbonates dans le sol. Cela peut avoir des effets bénéfiques sur la disponibilité des nutriments et le pH du sol, favorisant ainsi la croissance des plantes et la santé globale de l'écosystème.

4. L'application de compost à base de déchets verts et de fumier de volailles peut entraîner des augmentations significatives des concentrations en chlorures dans le sol allant de 35,5 mg/L à 390,5 mg/L après 7 jours, en fonction des conditions spécifiques d'application.

5. Résultats d'analyse après 2 mois d'évolution des caractéristiques physico-chimiques du sol avec différents biomatériaux fertilisants, indiques que l'utilisation de fertilisants biologiques a entraîné des changements dans les concentrations d'éléments et d'ions dans le sol, avec des variations spécifiques en fonction du type de fertilisant utilisé. Ces résultats suggèrent une amélioration potentielle de la fertilité du sol et une disponibilité accrue de certains nutriments pour les plantes. Cependant, il est également important de surveiller les concentrations en chlorure et de prendre des mesures appropriées pour éviter une salinité excessive du sol.

Les perspectives de ce travail sont:

1. ***Optimisation des paramètres :*** C'est d'approfondir l'optimisation des paramètres tels que le diamètre de 2 mm et la masse de biomatériau pour maximiser les performances de notre étude. Cela peut impliquer l'utilisation d'outils d'analyse statistique avancés pour identifier les combinaisons optimales de ces variables et évaluer leur impact sur les résultats souhaités.

2. ***Étude des interactions entre le diamètre de 2 mm et la masse de biomatériau, ainsi qu'avec d'autres paramètres pertinents***. Cela pourrait fournir des informations sur les synergies ou les effets antagonistes entre les variables étudiées.

3. ***Caractérisation des effets sur le sol*** pour évaluer les effets des variations du diamètre et de la masse de biomatériaux sur les propriétés du sol. Une telle caractérisation approfondie permettrait de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents et les effets globaux de ces paramètres sur le sol.

4. ***Étude de l'impact environnemental de l'utilisation de différents diamètres*** et de masses de biomatériaux dans notre étude. Une analyse approfondie de l'empreinte environnementale de notre approche pourrait aider à identifier les aspects durables et à optimiser notre étude en conséquence.

5. ***Application dans l'agriculture*** « ***étude in-vivo*** » : Cela pourrait impliquer des essais sur le terrain pour évaluer les performances agronomiques de différentes combinaisons de diamètre de 2 mm et de masse de biomatériaux fertilisants, ainsi que des études économiques pour évaluer la viabilité et la rentabilité de ces approches.

   - Ces perspectives offrent des pistes pour approfondir nos recherches et exploiter d’avantage les résultats obtenus jusqu'à présent.

Références bibliographiques

Bibliographie

(1). **AMEL KERROMI, AMAL SAADAOUI (*2017).*** *Memoire de Master "Comparaison physico chimique et biologique de sols de trois régions de la wilaya d'Adrar : Tsabit, Reggan, et Ouled Aissa Timmi ".*

(2). [En ligne] ; disponible sur le site :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1c/DZ_26_Sidi_Naamane_District.svg. Consulter le : **01/06/2023**

(3). O.Kahraman, , & A.Kavas, (2017). *Biopolymers and Biodegradable Plastics in Agricultural Applications. In Polymers for Agri-Food Applications (pp. 195-221). Elsevier.*

(4). NAVEL, Aline (2011). *THÈSE de Doctorat "Distribution, spéciation, impact et transfert du cuivre dans un sol sous vigne : rôle de la structuration spatiale et du statut organique. .*

(5). D. Soltner, (2011). *Les bases de la production végétale (éd. Tome I- le sol et son amélioration .25éme Edition). Collection science et technique agricole, 472 p.*

(6). p. Duchaufour, (2004). *Introduction à la science du sol : végétation, environnement .2e cycle 6eme édition. Ecoles d'ingénieurs. CAPES : Ed DUNOD, 331 p.*

(7). F. Jouanin, (2004). *Etude de la mobilité des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) contenus dans un sol industriel pollué . Thèse de doctorat , Ecole doctorale de chimie de Lyon, 209 p.*

(8). M.Clément ,& F. Pieltain, (2009). *Analyse chimique des sols. Edition TEC et DOC,387 p.*

(9). **A. ES-Skalli, (2015).** *Analyse physico-chimique des sols Agricoles . Memoire de Master en sciences technique , Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculté des Sciences et Techniques, 43 p.*

(10). P. Lucie. (2004), *Guide du sol.*

(11). **M Bueé, et al. (2020).***Dynamics and interactions of dissolved organic matter and inorganic nutrients in agricultural soils: a review. Agronomy for Sustainable Development, 40(6), 1-20. doi: 10.1007/s13593-020-00615-8 .*

(12). M.Chantigny , & D. Angers, (2005). *Activité microbiologique et qualité des sols : quoi de neuf sous nos pieds. édition CRAAQ, Pp 2-10 .*

(13). AMAL, KERROMI AMEL.SAADAOUI (2017). *MEMOIRE MASTER "Comparaison physico chimique et biologique de sols de trois régions de la wilaya d'Adrar : Tsabit, Reggan, et Ouled Aissa Timmi".*

(14). E. Ojogbo, & B.Ojogbo, (2019). *Biodegradable Films and Coatings for Sustainable Agriculture. In Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics (pp. 631-655). Wiley.*

(15). M, Guo, H,Song, P, Wang, & J,Xiong. (2021). *Advances in the Development and Application of Biopolymers in Agriculture. Polymers, 13(13), 2150.*

(16). Narimane REMADNA et Lina Assala TOUMI (2020). *Mémoire de Master "Contribution à l'évaluation qualitative d'un compost d'origine mixte.cas de la région de Biskra".*

(17). [En ligne] ; disponible sur le site :

https://particuliers.engie.fr/economies-energie/conseils-economies-energie/conseils-eco-gestes-au-quotidien/dechets-organiques-compost.html.

Consulter le : **25/11/2022**

(18). M.Asnoune (**2017).** *Optimisation de la gestion des déchets ménagers dans quelques villes de l'Ouest algérien. Thèse de doctorat.12p.*

(19). R,Bayard R,Gourdon L,Thiery. (2001). *biodégradables, fermentescibles, méthanisables, compostables. Rapport final, Association RECORD, Contrat n 00-0118 A, 1, 2001. 151 p. Aide à la définition des déchets dits .*

(20). V K,SHARMA, M,CANDITELLI, F,FORTUNA, G,CORNACCHIA,.,(1997). ***o****f urban and agro-industrial residues by aerobic composting: Review. Energy Conversion and Management, 38, 5, 453-478. Processing.*

(21). ***S.AMIR.,(2005)****. Contribution a la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage: devenir des micropolluants métaliques et organique et bilan humique du compost. Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse, 312p.*

(22). [En ligne] ; disponible sur le site :*https://belsp.uqtr.ca/id/eprint/852/1/NOVA%20Envirocom_2006_guide_compostage_facilite_A.pdf.*

Consulter le : **25/11/2022**

(23). [En ligne] ; disponible sur le site

https://i.vimeocdn.com/video/12753246606321f201cb8d0c93b474f79625ec1c38419c49feb1dff0a1c_640. Consulter le : 02/06/2023

(24). ROMANI et al.,(2007). *Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes.*

(25). [En ligne] ; disponible sur le site

https://www.ufarevue.ch/var/site/storage/images/media/images/retourneur-d-andains2_3/256534-1-fre-CH/retourneur-d-andains2__i1200.jpg.

Consulter le : **02/06/2023**

(26). E, ROLETTO. (1985). *La mesure de la maturité des composts d'ordures ménagères. In Actes du séminaire sur le compostage et la méthanisation des déchets organiques (pp. 15-25).*

(27). J. R.IGLESIAS, & M. E. PEREZ. (1989). *Caracterización de composts obtenidos en el tratamiento de residuos sólidos urbanos. Agro sur, 17(1), 57-64.*

(28). C.FRANCOU, (2003). *Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains: Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage - Recherche d'indicateurs pertinents. Thèse de doctorat, Institut nationale agronomique. Paris- Grigon, France.*

(29). Association française d'agroforesterie (2021). *Le lombricompostage. Récupéré de https://agroforesterie.fr/le-lombricompostage/.*

(30). Génie Environnemental (2015). *Le lombricompostage : réduire et valoriser ses déchets organiques à la maison. Récupéré de https://www.genie-environnemental.com/le-lombricompostage-reduire-et-valoriser-ses-dechets-organiques-a-la-maison/.*

(31). [En ligne] ; disponible sur le site

http://www.compagnons-des-jardins.com/compostage-mise-en-pratique/.

Consulter le: **25/11/2022**

(32). **HUBER Gérald, SCHAUB Chistiane (2011).** *Service Environnement-Innovation "la fertimité des sols l'importance de la matiére organique".*

(33). H,Fan, X,Yin, H,Qiu, & Y, Zhao. (2021). *Effects of chicken manure on soil fertility and crop yield: A review. Journal of Soils and Sediments, 21(2), 463-475.*

(34). N, Maman, & Y, A, Khalil (2021). *Effect of chicken manure application on soil fertility, plant growth, and yield: A review. Soil and Environment, 40(1), 140-148.*

(35). J,Chen, J,Yang, Q,Shen, X,Zhang, X, Liu, & L, Chen, (2020). *Effects of chicken manure application on soil fertility, plant growth, and environmental quality: A review. Environmental Science and Pollution Research, 27(3), 2415-2429.*

(36). X,Sun, X, Lu, M,Zeng, W,Luo, D,Huang, & X,Luo, (2020). *Effects of chicken manure application on soil fertility, plant growth, and crop quality: A review. Environmental Science and Pollution Research, 27(19), 23039-23049.*

(37). **B,Singh, B, S,Chauhan, R, K,Malik, & J, Timsina, (2019).** *Soil fertility and crop productivity under long-term use of chemical and organic fertilizers in the rice-wheat system: A review. Agronomy for Sustainable Development, 39(3), 25.*

(38). Y,Li, Z,Li, J, Chen, & Y,Bai, (2021). *Effects of sheep manure application on soil fertility, crop growth, and environmental quality: A review. Journal of Soils and Sediments, 21(9), 3679-3693.*

(39). **M,Ahsan, M,Azeem, M,Iqbal, & M, Rizwan. (2021).** *Impact of sheep manure on soil fertility, crop productivity, and nutrient cycling: A review. Environmental Science and Pollution Research, 28(25), 32742-32753.*

(40). Q,Zhang, Q,Wu, Q, Li, H,Wang, & S, Li, (2021). *Effects of sheep manure application on soil properties, crop growth, and nutrient cycling: A review. Environmental Science and Pollution Research, 28(13), 16199-16209.*

(41). **Y, Sun, Y, Zhang, S, Liu, & Q, Wang, (2020).** *Effects of sheep manure on soil fertility, crop growth, and environment: A review. Frontiers in Environmental Science, 8, 46.*

(42). F,Azam, T,Munir, S, H,Shah, I,Khan, & A,Iqbal, (2020). *Sheep manure: A valuable organic fertilizer for sustainable agriculture. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20(3), 1363-1376.*

(43). X,Zhang , H, Sun, X,Tian, W,Sun, & S,Li, (2021). *Effects of cattle manure application on soil fertility, crop growth, and environmental quality: A review. Environmental Science and Pollution Research, 28(8), 9575-9586.*

(44). W, Ma , J,Cao , Y, Wang, L,Jia , & Q, Wang, (2021). *Effects of cattle manure application on soil properties, crop growth, and nutrient cycling: A review. Journal of Soils and Sediments, 21(3), 1146-1161.*

(45). R, Tiwar , R, K,Yadav,, & A,Shukla (2020). *Influence of cattle manure on soil fertility, crop productivity, and carbon sequestration: A review. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 9(4), 369-387.*

(46). **D,Sharma , R, K,Singh, R,Singh,& R, Lal, (2020).** *Soil fertility and crop productivity under long-term application of cattle manure: A review. Archives of Agronomy and Soil Science, 66(8), 1077-1090.*

(47). M,Tariq, M, Yasir , M,Asif, M,Hussain, , & T, Farooq, (2020). *Effect of cattle manure on soil fertility, crop growth, and environmental quality: A review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20(4), 1797-1811.*

(48). F, Ben Amara, H, Thamer, (2015). *Effet des engrais organique naturels sur le rendement de la pomme de terre, le salanum tuberosum L, la teneur en antioxydants et en protéines des tubercules. Mémoire de master. Université d'El Oued,*

(49). [En ligne] ; disponible sur le site

https://dkhlak.com/creative-uses-for-poop/. Consulter le : **01/05/2023**

(50). [En ligne] ; disponible sur le site

https://arabic.com/business/. . Consulter le : **02/05/2023**

(51). [En ligne] ; disponible sur le site

https://www.wikiwand.com/fr/Sidi_Naamane_(M%C3%A9d%C3%A9a).

Consulter le : **02/05/2023**

(52). [En ligne] ; disponible sur le site

https://fr.weatherspark.com/y/47091/M%C3%A9t%C3%A9o-moyenne-%C3%A0-M%C3%A9d%C3%A9a-Alg%C3%A9rie-tout-au-long-de-l'ann%C3%A9e#Sections-Wind. Consulter le : **02/05/2023**

(53). Les méthodes d'analyse (2023) émis par la direction générale de l'Algérienne des eaux **- Phosphate** NA 2364/ISO 6878 **- Chlorures** NA 6917/ISO 9297 **- TH,Mg2+,Ca2+** ISO 6059 **- NO2**- ISO 6777/NA 1657 **- NH4+** ISO 7150 .

(54). CLEMENT et FRANCOISE, (1998). *Triangle textural.*

(55). N.C.Brady, & R.R.Weil, (2016). *The Nature and Properties of Soils. Pearson Education..*

(56). R. Lal, .(2014). *Principles of Soil Physics. CRC Press.*

(57). H.Almawaldi , et al. (2021). *Effects of soil particle size fractions and organic amendments on soil organic carbon fractions and microbial properties. Geoderma, 383, 114772.*

(58). Y. Bao , et al. (2020). *Changes in soil particle size distribution under different land uses in a typical loess hilly region, China. Catena, 194, 104737.*

(59). Godden, et Gobat et al. (**1998).***Articles universitaires correspondant aux termes .*

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

(61). Gottesman. (1989) *Confirming unexpressed genotypes for schizophrenia. Risks in the offspring of Fischer's Danish identical and fraternal discordant twins .*

(62). Dr. AMRIOU.(2017), *TP. N°2 Analyse granulométrique - NF P94-056.*

(63). [En ligne] ; disponible sur le site

https://formationcivamgard.fr/?SolFina. Consulter le : **25/05/2023**

(64). M. Chaib. A. Ben Ali.(*2021*). *Suivi des paramètres physico-chimiques de compostage des déchets des palmiers dattiers en utilisant les déchets du thé et du café. Mémoire de Master en Chimie. Université Ahmed Draia -Adrar- .*

(65). Mabrouka, OUSTANI.(2016).*These de Doctorat "Influence des fertilisants organiques sur la réactivité physico-chimique et le fonctionnement microbiologique d'un sol sableux non salé et sableux salé en conditions d'irrigation par des eaux chargées en sels.*

Annexe

1. Analyse Granulométrique :

L'analyse granulométrique est l'opération qui consiste à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon. On dénomme les granulats, fines, sables, gravillons ou caillou.

On procède ainsi au classement des grains sur une série de tamis emboîtés les uns dans les autres. Les dimensions des mailles des tamis sont décroissantes du haut vers le bas, Le granulat est placé sur le tamis le plus haut et par vibrations, on répartit les grains sur les différents tamis selon leur grosseur. Les matériaux analysés peuvent être du sable ou du gravier **(62)**.

On a réalisé l'analyse granulométrique par le tamiseur suivant :

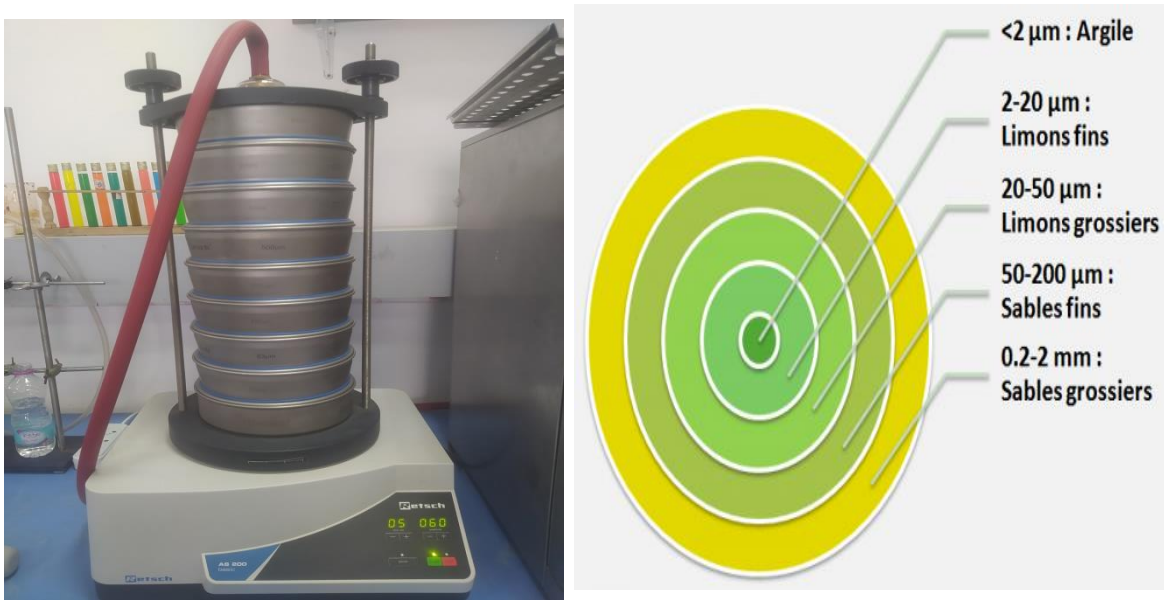


Figure 1: Granulométrie du sol avec tamiseur de marque « Retsch » (Photo originale 2023).

Avec des diamètres de : 500µm, 250µm, 45µ,

2. Test de sédimentation:

Le test de sédimentation permet de **déterminer la texture** (c'est-à-dire, la composition en argile, limon et sable) de son sol,
Protocole:

Pour commencer, il vous faut un bocal ou une bouteille à gros goulot d'une contenance de 0,5 à 1,

Remplir la moitié de la bouteille/bocal d'un échantillon de sol sans le tasser, Essayer de prendre un échantillon représentatif de son sol,

Compléter avec de l'eau en laissant un petit peu d'air en haut,

Agiter ensuite énergiquement le mélange pendant plusieurs minutes de manière à casser la structure du sol pour bien séparer ses composantes,

Puis, la bouteille doit être laissée au repos pendant 2 jours car les argiles mettent du temps à se déposer,

On finit par obtenir différentes strates qui correspondent aux différentes particules du sol : le sable se dépose dans le fond, le limon se situe au milieu et l'argile en haut, La matière organique flotte à la surface de l'eau (voir schéma ci-dessous) **(63)**

Mesurer ensuite l'épaisseur de chaque couche à l'aide d'une règle, puis calculer le pourcentage de chaque élément à l'aide des formules suivantes :

% de sable = (épaisseur de la couche de sable en cm X 100) ÷ épaisseur totale du sol en cm

% de limon = (épaisseur de la couche de limon en cm X 100) ÷ épaisseur totale du sol en cm

% d'argile = (épaisseur de la couche d'argile en cm X 100) ÷ épaisseur totale du sol en cm

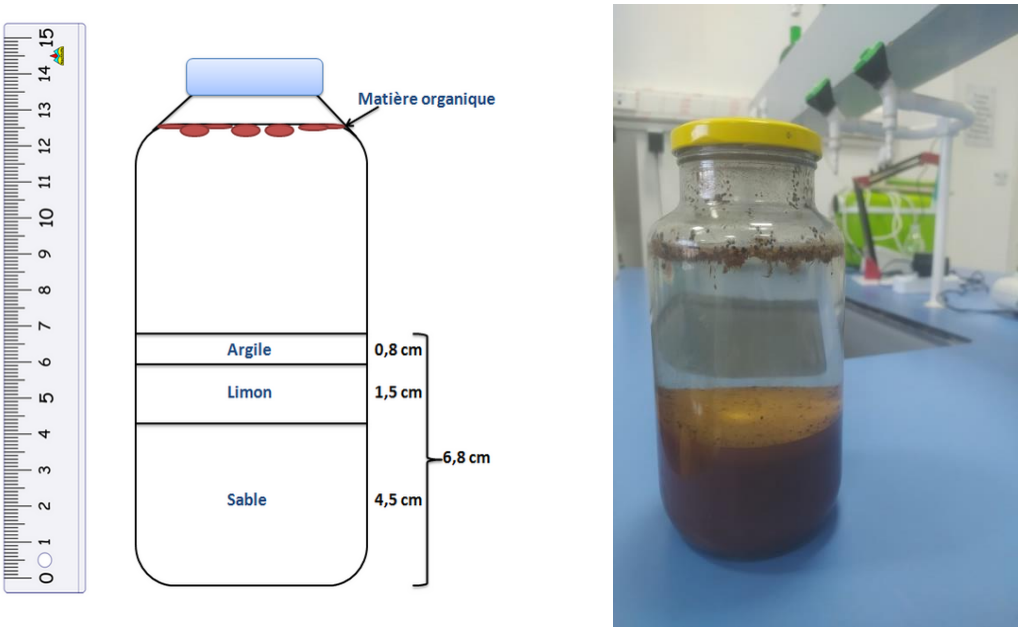


Figure 2 : Test de sédimentation du sol (Photo originale 2023),

3. Préparation de l'extrait aqueux

- Peser 10 g du sol,

- Ajouter 50 ml d'eau distillée dans un bécher de 100 ml,

-Agiter pendant 2 h avec un agitateur magnétique,

- Laisser reposer 15 mn,

Tous les analyses et les dosages ce fait par la dilution de cette extrait





Figure 3 : Les étapes de préparation de l'extrait aqueux (Photo originale 2023),

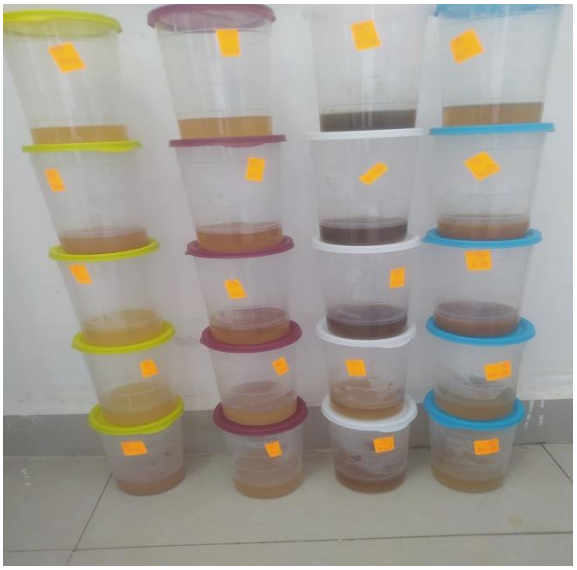


Figure 4: l'extrait aqueux (Photo originale 2023),

4. Teneur en humidité (H%)

Le taux d'humidité est déterminé à partir de la mesure du taux de la matière sèche d'une masse donnée mise à l'étuve à 105°C jusqu'au poids constant, L'ensemble est pesé avant et après l'étuvage, L'humidité, notée H, est exprimée en % et donnée par la relation suivante **(64)** Avec :

$$MS(\%) = \frac{[M_0 - M_1] \times 100}{M_0} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots, (I)$$

$$H(\%) = 100 - MS(\%) \dots\dots,,\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (II)$$

•M_0: la masse de l'échantillon brute (g)

• M_1: la masse de l'échantillon après passage à l'étuve (g)

- MS(%) : pourcentage de la matière sèche contenu dans l'échantillon
- H(%) : pourcentage d'humidité contenu dans l'échantillon



Figure 5 : Détermination de l'humidité (photo originale 2023),

Mode opératoire

- Peser dans un cristallisoir une masse de mélange,
- On pose le cristallisoir avec l'échantillon dans une étuve à 105°C, nous pesons l'ensemble (cristallisoir + échantillon) chaque demi-heures jusqu'à l'obtention d'un poids constant (environ 10 heures),
- A poids constant, nous calculons l'humidité à travers les relations citées précédemment I et II **(65).**

5. Détermination du PH

Principe :

La détermination électrométries du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCI saturé) plongeant dans une même solution, Cette différence de potentiel est une fonction linéaire du pH de la solution, Selon la loi de Nernst, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+présents par la relation Avec :

E = Potentiel mesuré,

E 0 = Constante dépendant du choix de l'électrode de référence est des solutions internes,

R = Constante des gaz (J/°C),

T = Température absolue (°C),

n = Charge de l'ion,

F = Constante de Faraday (96 500 C),

H = Activité de l'ion dans l'échantillon (H^+),



Figure 6 : Détermination du pH (photo originale 2023),

Mode opératoire

Nous avons adopté le mode opératoire suivant :

- Peser 10g de l'échantillon

- Ajouter 50ml d'eau distillée, agiter pendant 2 heures;

- Laisser au repos pendant 2 heures ;

- Mettre l'électrode dans la solution à analyser puis effectuer la mesure après la stabilisation de l'appareil (pH mètre) **(53).**

6. Détermination de la conductivité :

Principe :

La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau, Elle dépend de la concentration, nature des ions, de la

température et la viscosité de la solution, La conductivité; une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm 2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm, Elle est l'inverse de la résistivité électrique, L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) mais est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre (µS/cm),



Figure 7: Détermination de la CE du sol (photo originale 2023),

Méthode de travail :

Réactifs et matériels

Réactifs

• Standard de conductivité HACH à 1000 µS/cm

• Standard de conductivité à 1413 µS/cm (0,01 M de KCl)

• Standard de conductivité à 720 µS/cm (0,005 M de KCl)

Matériels

• Conductimètre HACH senSion 7,

• Conductimètre WTW inoLab 720,

• Electrode de conductivité,

• Becher de 50 ml,

• Agitateur magnétique, barreaux magnétiques,

Mesure et calcul du résultat

Les mesures de conductivité se font selon l'instruction de travail de l'équipement concerné, elles sont exprimées en µS/cm à la température de 25°C, La température est automatiquement corrigée par l'appareil de mesure **(53).**

7. Dosage de bicarbonates (HCO_3^-)

Le dosage de Bicarbonates a été titré avec l'acide chlorhydrique jusqu'à l'apparition de la coloration orange (changement de la coloration : jaune orange),



Figure 8 : Dosage de bicarbonates (photo originale 2023),

8. Dosage de carbonates (CO_3^-)

Le dosage de Carbonates a été titré avec l'acide chlorhydrique,

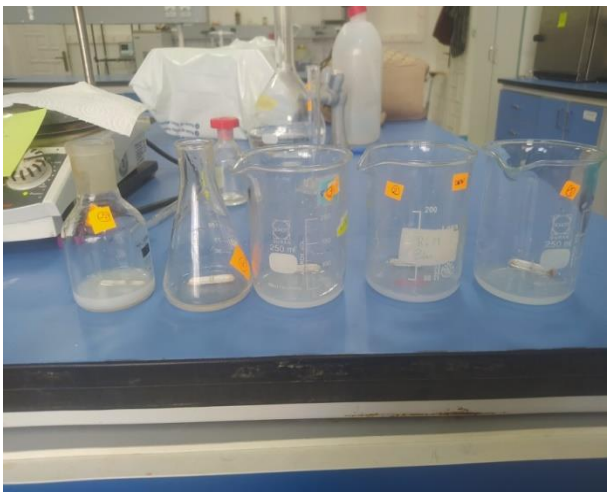


Figure 9 : Dosage de carbonates (photo originale 2023),

9. Dosage des nitrites par spectrométrie d'absorption moléculaire :

Principe :

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1)diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540 nm, La minéralisation de la matière organique présente dans le sol est réalisée par des micro- organismes, ;azote minéral ainsi produit est ensuite transformée par des bactéries aérobies en nitrates, Cette transformation, appelée nitrification, comporte deux étapes: la nitratation qui produit des nitrites (NO_2^-) et la nitratation qui transforme les nitrites en nitrates, Si les conditions de milieu le permettent, les nitrates seront utilisés par des bactéries anaérobies comme source ;énergie et transformés en azote gazeux, Notons que les nitrates peuvent également adsorber et se fixer sur les argiles et humus, Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux, L'acide nitreux est un acide instable de formule HNO_2 , la formule de l'ion nitrite est NO_2 .

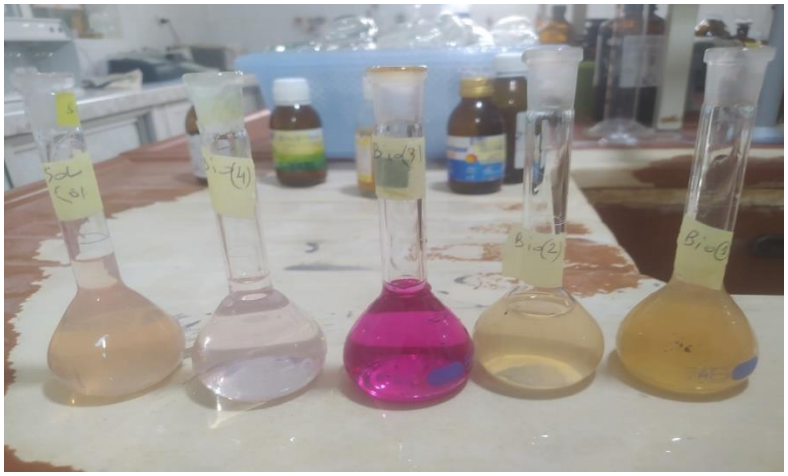


Figure 10 : Dosage de nitrites (photo originale 2023),

Méthode de travail :

Réactifs et matériel

Réactifs

a) Réactif mixte

Dissoudre 40 gr d'amino-4 benzène sulfonamide ($NH_2C_6H_4\,SO_2\,NH_2$) dans un mélange formé de 100ml d'acide orthophosphorique et de 500ml d'eau,

Ajouter 2 gr de dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane ($C_{10}H_7NH - CH_2 - CH_2 - NH_2 - 2HCl$), compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée,

Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C,

b) Solution étalon mère de nitrites 100 mg/l

Dissoudre 0,15 g de nitrite de sodium (séché à 105°c durant au moins 2 h) dans 1000 ml d'eau distillée, Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2et 5°C,

c) Solution étalon fille de nitrites 1 mg/l

Prélever à l'aide d'une pipette 1ml de la solution étalon de nitrites de concentration 100 mg/l, la transvaser dans une fiole de 100ml et compléter au volume avec de l'eau distillée,

Cette solution est préparée le jour de l'emploi,

Matériel

• Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes…)

• Spectrophotomètre UV -Visible permettant des mesurages à une longueur d'onde de 540 nm, équipé de cuves de 10 mm d'épaisseurs**(53).**

10. Dosage de l'ammonium par spectrométrie à l'aide de salicylate de sodium :

Principe :

Mesurage spectrométrique du compose bleu former par réaction de L'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium, Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du Dichoroisocyanurate de sodium.



Figure 11 : Dosage de l'ammonium (photo originale 2023),

Méthode de travail :

Réactifs et matériels

Réactifs

a) Réactif coloré

Dissoudre 130 g de salicylate de sodium et 130 g de citrate trisodique di hydrate dans l'eau contenue dans une fiole de 1000ml, ajouter 0,97 g de nitroprussiate de sodium et compléter à 1000ml avec de l'eau distillée,

Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines,

b) Solution de Dichloroisocyanurate de sodium

Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2 g de Dichloroisocyanurate di-hydraté, compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée,

Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines,

c) Solution mère étalon d'ammonium 100 mg/l

Dissoudre 0,297g de chlorure d'ammonium (séché à 105°C pendant au moins 2h) dans 1000 ml d'eau distillée,

Cette solution est conservée dans un flacon en verre et est stable au moins un mois,

d) Solution fille étalon d'ammonium 1 mg/l

Prélever à l'aide une pipette 1ml de la solution étalon d'ammonium de 100mg/l, Verser dans une fiole de 100 ml et compléter au volume avec de l'eau distillée,

Préparer cette solution le jour de l'emploi, La durée de conservation ne dépasse pas 24h,

e) Solution de lavage

Dissoudre 100 g d'hydroxyde de potassium dans 100 ml d'eau distillée,

Refroidir la solution et ajouter 900 ml d'éthanol 95%,

Conserver dans un récipient en polyéthylène,

Matériels

• Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes),

• Spectrophotomètre UV/VIS (HACH DR-2500etc…) **(53).**

11. Détermination du phosphore par spectrométrie à l'aide du molybdate d'ammonium:

Principe

C'est une réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate .

Méthode de travail

Réactifs et matériel

Réactifs

a) Acide sulfurique à 9 mol/L (dilution de ½)

Introduire 500 ml ± 5 ml d'eau dans un bécher de 2L, Ajouter avec précaution, sous agitation et refroidissement continus, 500 ml ± 5 ml d'acide sulfurique (ρ = 1,84 g/ml), Bien mélanger et laisser la solution refroidir à température ambiante,

b) Réactif mélange (solution molybdate acide)

Dissoudre 13 g ± 0,5 g d'heptamolybdate d'ammonium tétrahydraté [$(NH_4)6\ Mo_7\ O_{24}, 4H_2O$] dans 100 ml ± 5 ml d'eau, Dissoudre 0,35 g ± 0,05 g de tartrate de potassium et d'antimoine hémihydraté [$K(SbO)C_4H_4O_6$, $½H_2O$] dans 100 ml ± 5 ml d'eau, Ajouter, tout en agitant, la solution de molybdate à 300 ml ± 5 ml d'une solution d'acide sulfurique à 9 mol/L, Ajouter la solution de tartrate et bien mélanger,

Conservé dans une bouteille en verre brun, ce réactif est stable pendant au moins deux mois,

c) Acide ascorbique, solution, ρ = 100 g/l

Dissoudre 10 g ± 0,5 g d'acide ascorbique (C 6 H 8 O 6) dans 100 ml d'eau,

Cette solution est stable pendant deux semaines si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au réfrigérateur et peut être utilisée tant qu'aucune coloration n'apparaît,

d) Orthophosphates, solution mère, ρ = 50 mg/l

Sécher quelque grammes de dihydrogénophosphate de potassium jusqu'à masse constant à 105°C, Dissoudre 0,2197 g ± 0,0002 g de KH_2PO_4 dans environ 800 ml ± 10 ml d'eau dans une fiole jaugée de 1000 ml,

Ajouter 10 ml ± 0,5 ml de solution d'acide sulfurique (dilution de ¼) et compléter au volume avec de l'eau,

Conserver dans un flacon en verre bouché, cette solution est stable pendant au moins trois mois, Une réfrigération à environ 4 °C est recommandée,

e) Orthophosphates, solution étalon, ρ = 2 mg/l

Introduire, à l'aide d'une pipette, 20 ml ± 0,01 ml de la solution mère d'orthophosphates dans une fiole jaugée de 500 ml, Compléter au volume avec de l'eau et bien mélanger, Préparer et utiliser cette solution le jour de l'emploi,

Matériel

• Balance analytique à 0,1 g et à 0,0001 g près,

• Spectromètre doit convenir pour la mesure de l'absorbance dans les régions du spectre visible et proches de l'infrarouge, La longueur d'onde la plus sensible est 880nm, mais si une perte de sensibilité peut être admise l'absorbance peut être mesurée à 700 nm **(53).**

12. Dosage des chlorures-titrage au nitrate d'agent avec du chromate dpotassium (méthode de MOHR)

Principe :

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure ;argent insoluble qui est précipité quantitativement ,Addition ;un petit excès ;ions argent et formation du chromate ;argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur,

Cette réaction est utilisée pour ;indication du virage, Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

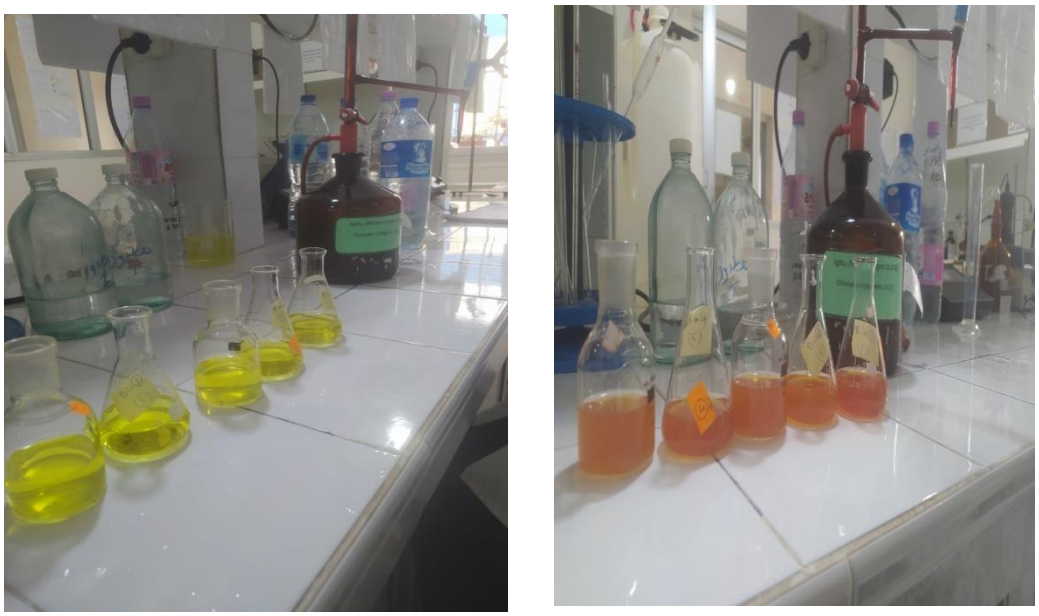


Figure 12 : Dosage des chlorures-titrage au nitrate (photo originale 2023),

Méthode de travail :

Réactifs et matériel

Réactifs

a) Solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) à 0,02 mol/l

Dissoudre dans l'eau 3,3974 g de nitrate d'argent ($AgNO_3$) séchés au préalable à 105 °C et compléter à 1000 ml dans une fiole jaugée,

Si la solution est conservée à l'obscurité dans une bouteille en verre brun munie d'un bouchon en verre, elle reste stable pendant plusieurs mois, La solution est étalonnée avec 10 ml d'une solution étalon de référence de chlorure de sodium (NaCl)

b) Solution d'indicateur de chromate de potassium ($K_2 CrO_4$) à 100g/l Dissoudre 10 g de chromate de potassium ($K_2 CrO_4$) dans l'eau et diluer à 100 ml, c) Solution étalon de chlorure de sodium (Na Cl) à 0,02 mol/l Dissoudre 1,1688 g de chlorure de sodium (Na Cl) séchés au préalable à 105°C et compléter à 1000 ml d'eau distillée,

d) Solution d'acide nitrique ((HNO_3) à 0,1 mol/l

Cette solution doit-être conservée dans un flacon en verre et elle est stable indéfiniment, Utilisée pour réajuster un pH supérieur à 9,5,

e) Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,1 mol/l Dissoudre 4 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans l'eau et compléter à 1000 ml,

Solution utilisée pour réajuster un pH inférieur à 5,

f) Carbonate de calcium ($CaCO_3$) ou mono hydrogénocarbonate de sodium ($NaHCO_3$) en poudre

Matériel

• Burette ;

• Capsules en porcelaine de 100 ml ;

• Pipettes ;

• Fioles ;

• Bécher,

Partie expérimentale

Dosage

Introduire 100 ml de l'échantillon dans une capsule en porcelaine blanche ou dans une fiole ou dans un bêcher conique, placé sur un fond blanc,

Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium (b) et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre, Après addition d'une goutte de solution de Chlorure de Sodium cette coloration doit disparaître,

Essai à blanc

Titrer une solution à blanc en utilisant 100 ml d'eau distillée à la place de l'échantillon pour essai, La valeur de l'essai à blanc ne devrait pas dépasser 0,2 ml de Nitrate d'Argent (a), dans le cas contraire, vérifier la pureté de l'eau **(53).**

13. Dosage du calcium méthode titrimetrique a l'EDTA :

Principe :

Titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13, L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium,

Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet,



Figure 13 : Dosage du calcium (photo originale 2023),

Méthode de travail :

Réactifs et matériels

Réactifs

a) Hydroxyde de sodium, solution 2 N

Dissoudre 8 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans 100 ml d'eau distillée, conserver dans une bouteille en polyéthylène,

b) Calcium, solution de référence à 100 mg/l

- Une solution mère de commerce titrisol à 1 g/l en calcium peut être utilisée,

- Préparation de la solution fille à 100 mg/l de calcium :

Introduire 5 ml de la solution mère à 1 g/l de calcium à l'aide d'une pipette dans une fiole jaugée de 50 ml, Ajuster avec de l'eau distillée, On obtient une solution de concentration 100 mg/l,

c) EDTA, solution titrée 0,01 mol/l

Sécher une portion d'EDTA à 80°C pendant 2 heures (étuve), dissoudre ensuite 3,725 g du sel sec dans de l'eau distillée et diluer à 1000 ml,

Conserver la solution d'EDTA dans une bouteille en verre et en vérifier le titre de temps à autre (fréquence hebdomadaire), comme suit (détermination du facteur de correction) :

d) Murexide (indicateur)

Matériels

• Burette de 25 à 50 ml utilisée pour l'EDTA

• Matériel courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers…

Dosage

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N et une pincée d'indicateur (Murexide), Bien mélanger le tout,

Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement,

Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette,

La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA. **(53).**

14. Détermination du manganèse par spectrométrie d'absorption moléculaire à la formaldoxime :

Principe :

C'est une réaction des ions manganèses avec une solution de formaldoxime susceptible de former un complexe rouge orangé mesurable à la longueur d'onde de 450 nm dans un domaine de pH situé entre 9,5 et 10,5 .

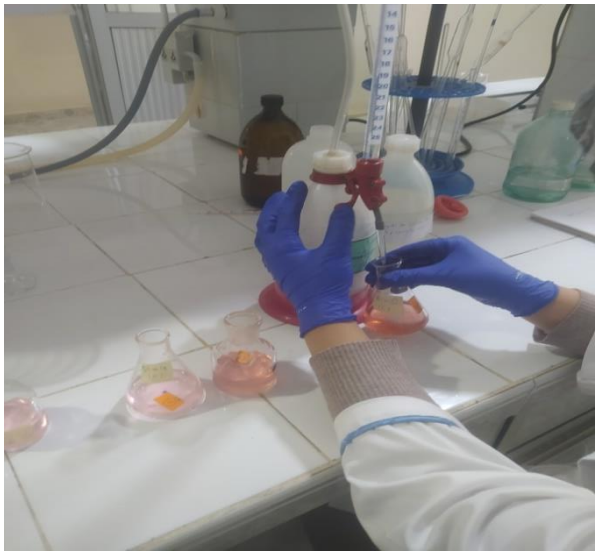


Figure III,14 : Détermination du manganèse (photo originale 2023),

Méthode de travail :

Réactifs et matériels

Réactifs

Tous les réactifs seront préparés à partir d'eau distillée exempte de toutes traces de manganèse,

a) Solution de l'EDTA (Na_2 EDTA $C_{10}H_{14}N_2N_2NaO_8$, $2H_2O$), c (EDTA) = 0,24 mol/L

Dissoudre 90 g de sel dissodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique Na_2 EDTA ($C_{10}H_{14}N_2NaO_8$, $2H_2O$) et 19 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans de l'eau et compléter à 1000 mL avec de l'eau distillée,

Ou bien, dissoudre 109 g de Na 4 EDTA ou 100 g de sa forme dihydratée dans de l'eau et compléter à 1000 mL avec de l'eau distillée,

b) Solution de formaldoxime

Dissoudre 10 g de chlorure d'hydroxylammonium (NH_3CHCl) dans 50 mL environ d'eau, Ajouter 5 mL d'une solution à 35 %(m/m) de formaldéhyde (HCHO)ρ = 1,08 mg/L et compléter à 1000 mL avec de l'eau,

Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au frais,

c) Solution de chlorure d'hydroxylammonium, c(NH_3OHCl)= 6 mol/L

Dissoudre 42 g de chlorure d'hydroxylammonium dans l'eau et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée,

d) Solution d'ammoniaque, c(NH_3)= 4,7 mol/L

Diluer 70 ml d'ammoniaque concentré (ρ = 0,91g/L), et compléter à 200 ml avec de l'eau distillée,

e) Solution de chlorure d'hydroxylammonium/ammoniaque

Mélanger à volumes égaux la solution ammoniacale (d) à 4,7 mol/l avec la solution de chlorure d'hydroxylammonium c(NH_3,OHCl)= 6 mol/l (c),

f) Solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium hexahydraté

[$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$, , $6H_2O$], 700 mg/L

g) Acide sulfurique, C (H_2SO_4) = 3 mol/l

Ajouter avec précaution 170 ml d'acide sulfurique concentré (ρ = 1,84g/ml) à 750 ml d'eau distillée, Laisser refroidir et compléter à 1000 ml,

Dissoudre 700 mg de sulfate de fer (II) et d'ammonium hexahydraté (f) dans l'eau, ajouter 1 mL d'acide sulfurique c(H_2SO_4) à 3 mol/L (g) et compléter à 1000 ml,

h) Solution d'hydroxyde de sodium, solution, c (NaOH) = 4 mol/l

Dissoudre 160 g d'hydroxyde de sodium dans de l'eau et compléter à 1000 ml,

i) Manganèse, solution mère, c(Mn) = 100 mg/L

Dissoudre 308 mg de sulfate de manganèse monohydraté ($MnSO_4$, H_2O) dans l'eau, ajouter 10 ml d'acide sulfurique(c = 3 mol/L) et compléter à 1000 ml dans une fiole jaugée,

1 ml de cette solution contient 0,1 mg de Mn,

Matériels

• Balance analytique à 0,1 g et à 0,0001 g près ;

• Spectromètre doit convenir pour la mesure de l'absorbance dans les régions du spectre visible et proches de l'infrarouge,

Dosage

Introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2Ml de réactif mélange dans une fiole jaugé de 50 ml, Compléter le volume, Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai **(53).**