



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de
la vie
Département des sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques

Référence / 2024

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté et soutenu par :

Medjghou Zahia

BenAissa Roukia

Le : jeudi 27 juin 2024

Nouvelle technologie pour produire du bio fertilisant liquide et solide à partir des sous-produits du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de Biskra.

Jury :

.....

Président

.....

Examineur

ABSI RIMA

Université Mohamed Khider de Biskra

Encadreur

ABSI KENZA

CRSTRA-Biskra

Co-encadreur

Année universitaire : 2023-2024

Remerciements

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le Dieu Très-Haut et Puissant qui nous a permis d'atteindre ce niveau d'éducation et qui nous a donné toute la volonté, la santé, la force, le courage et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail humble.

Nous voulons exprimer nos plus sincères remerciements et notre profonde gratitude à notre promotrice, Mme Absi Rima, maître de conférences à l'Université de Mohamed Khider Biskra, pour ses précieux conseils, sa patience, son soutien, ses encouragements et sa disponibilité tout au long de notre sujet de recherche, depuis le choix du sujet jusqu'à la dernière lecture.

Nous remercions également l'assistante, Mlle Absi Kenza, ainsi que les membres du jury, le président et l'examineur, pour leur intérêt pour notre étude et pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer cette recherche, l'enrichissant de leurs suggestions.

Nos remerciements vont aussi à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, en particulier :

- *Le Centre de développement de l'entrepreneuriat et l'incubateur de l'Université de Biskra*
- *Le Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA-Biskra)*
- *Le laboratoire de la faculté des Sciences de la nature et de la vie de Biskra*
- *Laboratoire d'Analyse physicochimiques ISOLAB-Biskra*

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

Dédicace

{وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنْ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ}

الحمد لله الذي ما تم جهد ولا ختم سعي إلا بفضلته

وما تخطى العبد من عقبات و صعوبات إلا بتوفيقه و معونته

الى من طال بهم الشوق ليجنوا ثمار صبرهم و يفرحوا بنتاج محصولهم

إلى أمي ثم أمي ثم أبي حبًا و برًا و إمتنانًا

إلى الإخوة والأخوات و بالأخص صادق، حمزة، رحيمة، زوليخة، سهام، فضيلة، سليمة، مريم

إلى أخي عبد الحميد رحمه الله

إلى زوجة أخي مريم

إلى من تحلوا بالإخاء وتميزوا بالوفاء رفيقات المشوار رعاهم الله: رقية، سميرة

إلى الأصدقاء سندس، مروة، أماني، شيماء

إلى ابنة أختي خديجة

إلى أساتذتي من كل طور دراسي وفاءً و عرفانًا

ما يدور برؤوسنا، أكثر بكثير مما نقوله، و ما نقوله أكثر بكثير مما نكتبه لذلك سأتوقف عند جملة إلى كل من كانت له بصمة في ظهور هذا الجهد فخراً و إعتزازًا

فالحمد لله على البدء و عند الختام.

Medjghou Zahia

Déidace

" الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات "

Je dédie ce travail aux personnes les plus chères à mon cœur, celles qui m'ont soutenu avec amour, tendresse, soutien et prières tout au long de mon parcours scolaire. Quoi que je fasse, je ne pourrai jamais rendre tout ce qu'ils ont fait pour moi. Si j'ai pu arriver jusqu'ici, c'est grâce à eux. Que Dieu les bénisse, leur accorde longue vie et les protège. À ma chère mère, je t'aime énormément.

*A mon père, que Dieu ait son âme, À ma sœur **Fatima** et sa fille **Ritadj**, à ma cousine **Mariem** pour son soutien indéfectible, et à ma binôme **Medjghou Zahia**.*

*Je dédie également ce travail à mes chers amis : **Fatiha, Sana, Abir, Samira, Radia, Nihad, Rofida, Hassina**. Merci d'être toujours à mes côtés.*

Je souhaite également exprimer ma gratitude à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce projet de fin d'études.

Ben Aissa Roukia

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Sommaire

Liste des tableaux I

Liste des figures II

Liste des abréviations III

Introduction générale 1

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre 1. Généralité sur les déchets et le compostage

1.1. Généralités sur les déchets et le compostage 5

1.1.1. Origine des déchets 5

1.1.2. Définition du compostage 5

1.1.3. Processus de compostage 6

1.1.5. Techniques de compostage..... 7

1.1.6. Les paramètres physico-chimiques..... 8

Chapitre 2 . Les sous produits de palmier dattier

2.1. Généralité sur le palmier dattier 16

2.1.1. Origine..... 16

2.2. Répartition et importance du palmier dattier 16

2.2.1. Dans le monde 16

2.2.2. En Algérie..... 16

2.2.3. Dans la région de Biskra 17

2.3. Description botanique..... 17

2.4. Les sous-produits du palmier dattiers..... 17

2.5. Importance de tonnage du palmier dattier 17

Partie II 19

Partie expérimentale 19

Chapitre 3. Matériel et méthodes

3.1. Présentation de la région d'étude 21

.3.1.1	Situation géographique	21
3.1.2.	Caractéristiques climatiques	21
3.2.	Méthodologie du travail	22
3.2.1.	Enquête sur terrain	22
3.2.2.	Préparation des déchets avant leur compostage	23
3.2.3.	Dispositif expérimental et techniques du compostage.....	25
3.2.4.	Contrôle et suivi du compostage.....	29
3.2.5.	Analyses physico-chimiques.....	31
3.2.6.	Analyses microbiologiques.....	35
3.2.7.	Maturation et qualité du compost	37
3.2.8.	Traitement statistique des données.....	38
Chapitre 4. Résultats et discussion		
4.1.	Résultats relatifs à l'enquête	40
4.2.	Evolution des paramètres physico-chimiques.....	42
4.2.1.	Evolution de la température	42
4.2.2.	Evolution du pH.....	43
4.2.3.	Taux d'humidité.....	44
4.3.	Caractéristiques physico-chimiques.....	44
4.3.1.	pH.....	44
4.3.2.	Conductivité électrique (ms/cm).....	45
4.3.3.	Rapport C/N.....	46
4.3.4.	Eléments minéraux	47
4.3.5.	Taux de la matière organique.....	49
4.4.	Paramètres microbiologiques	50
4.4.1.	Germes bactériens.....	50
4.4.2.	Germes fongiques.....	51
4.5.	Test de phytotoxicité.....	53
Conclusion		
Références bibliographique		
Annexes		
Résumé		

Liste des tableaux

Tableau 1. Les sources des déchets	5
Tableau 2. Paramètres essentiels pour une mise en œuvre efficace d'un processus de compostage.....	13
Tableau 3. Températures moyennes mensuelles (en °C) de la région de Biskra durant la période de Janvier (2024) à Mai 2024	22
Tableau 4. Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région de Biskra, durant la période Janvier (2024) à Mai 2024 (2024)	22
Tableau 5. Les proportions des déchets dans chaque type de compost (Medjghou et Ben Aissa,2024)....	25
Tableau 6. La gamme étalonnée de Phosphore	33
Tableau 7. Synthèse de l'analyse de la variance pour les principaux minéraux dans les cinq essais de compostage.....	48
Tableau 8. Matrice de corrélation :(Pearson)	49

Liste des figures

Figure 1. Courbe théorique d'évolution de la température et du pH au cours du compostage	9
Figure 2. Carte de situation géographique de la région de Biskra.	21
Figure 3. Les déchets fermentescibles.....	23
Figure 4. La plante de <i>Zizyphus Lotus</i>	24
Figure 5. Séchage de déchets collectés	24
Figure 6. Dispositif expérimental sous forme des composteurs en plastique perforés pour le compost solide C2, C4 et C5, et non perforés pour le compost liquide C1 et C3	27
Figure 7. Collecte des matières résiduelles des palmiers dattiers	28
Figure 8. Broyage matières résiduelles des palmiers dattiers et déchets collectés par un broyeur au niveau du CRSTRA-station El-Outaya –Biskra	29
Figure 9. Mesure de la température l'aide d'un thermomètre à mercure	30
Figure 10. Mesure du pH, humidité et la température.....	31
Figure 11. Résultats relatifs à l'enquête.....	41
Figure 12. Évolution de la température pendant les trois mois de compostage.....	42
Figure 13. Evolution du pH au cours du trois mois de compostage dans chaque type de composteur	43
Figure 14. Le taux d'humidité dans chaque compost solide	44
Figure 15. Résultats de l'évolution du pH pour les cinq types de compost durant trois mois du compostage	45
Figure 16. Evolution de la conductivité électrique (ms/cm) pour les cinq types de compost durant trois mois du compostage.....	46
Figure 17. Evolution du rapport C/N après 45 jours de compostage pour les cinq types de compost	47
Figure 18. Activité antifongique de substrat initial pour cinq extraits de compost (Ext1. C1-L ; Ext2 :C2-S ; Ext3 :C3-L ; Ext4 :C4-S ;Ext5 : C5-S)	52
Figure 19. Activité antifongique du substrat après 45 jours de compostage pour cinq extraits de compost. (Ext1. C1-L ; Ext2. C2-S ; Ext3 : C3-L ; Ext4 : C4-S ; Ext5 : C5-S).....	53
Figure 20. Taux de germination pour les cinq types de compost après 45 jours de dégradation.....	54

Liste des abréviations

C/N : rapport carbone / azote

C1 : Compost de Sous-produit de palmier dattier + Autre déchets + fumier.

C2 : Déchets agricoles+ Compost de Sous-produit de palmier dattier + Autre déchets + fumier.

C3 : Compost de Sous-produit de palmier dattier + Autre déchets + fumier.

C4 : Déchets agricoles+ Compost de Sous-produit de palmier dattier + Autre déchets + fumier.

C5 : Déchets agricoles+ Compost de Sous-produit de palmier dattier + Autre déchets + fumier.

CE : Conductivité électrique

COT : carbone organique total

CRSTA : Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides à Biskra

CT : terreaux

EDTA : Acide éthylène diamine tétra acétique

H% : Le taux d'humidité.

MO : Micro-Organisme

MOT : matière organique totale

NET : Le Noir Ériochrome T

NTK :Azote total (méthode de Kjeldahl

PDA : Gélose de Pomme de terre Dextrose

pH : Potentiel hydrogène

NPK: Azote (N), Phosphore (P), Potassium (K)

Introduction générale

La matière organique joue un rôle essentiel dans la fertilisation et l'amélioration de la qualité physico-chimique et microbiologique des sols surtout dans les régions arides et semi-arides qui sont caractérisés par une forte température, une faible précipitation et une gamme de salinité des sols avec une carence en matière organique (Absi, 2008).

Le compostage des déchets, malgré c'est une technique ancestrale pour le recyclage des déchets fermentescibles mais reste la meilleure voie de transformation et de valorisation des déchets fermentescible en matière organique utilisable pour l'agriculture ou à d'autres fins. De plus, la nature des déchets fermentescibles se diffèrent d'une région à autre, d'une ville à une autre en fonction de plusieurs facteurs entre autres l'évolution démographiques, l'urbanisation croissante, le mode de consommation et l'ouverture à l'économie du marché ont modifié la nature des déchets. C'est le cas de la ville de Biskra, avec plus de 220 000 habitants, dont l'économie est principalement axée sur l'agriculture et le palmier dattier en tête (Absi, 2008).

Néanmoins, le processus de compostage du sol permet d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et de rétablir la matière organique. Selon Helene et Geeta (2015) et Laouar (2021), il contient une grande quantité de matières organiques, ce qui lui confère une fonction secondaire d'engrais organique. De plus, il joue un rôle de fertilisant chimique en fournissant des NPK et des oligoéléments aux plantes. Dans les régions arides où la teneur en matière organique du sol est inférieure à 1 %, les conditions climatiques et la qualité des sols sont défavorables à l'accumulation de matière organique, comme le soulignent Daoud et Halitim (1994) ; Halitim (2011) ; Koull et Halilat (2016). Selon Laouar (2021), cette méthode de valorisation des déchets présente de nombreux avantages car elle permet d'obtenir un produit stable, hygiénisé et adapté à l'utilisation en amendement agricole à partir de déchets organiques.

Aujourd'hui, dans les régions oasiennes, l'entretien annuel des palmeraies constitue un important apport de matière organique. L'accumulation de cette quantité considérable des matières résiduelles dans le milieu oasien peut causer de nombreux problèmes environnementaux, ce qui rend essentiel leur recyclage (Tirichine, 2009 ; Oustani, 2011). C'est le cas de la région de Biskra est connue pour ses grandes palmeraies qui s'étendent sur une large

superficie. Ces palmeraies couvrent une superficie de plus de 4 385 100 hectares et nombre de 434 500 000 palmiers productifs (DSA, 2020). De plus, la culture des palmiers dattiers produit chaque année de nombreux matières résiduelles, tels que des feuilles sèches et des pétioles. Environ 50 000 tonnes de ces déchets restent sous-utilisées, ce qui laisse un potentiel considérable encore inexploité (Fadhela, 2017).

D'après l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS), les résidus de palmier dattier sont fréquemment brûlés ou laissés en tas dans les plantations de palmiers. Selon Kelala (2022), cette pratique provoque une pollution de l'environnement et la perte d'une ressource précieuse en matières organiques. L'industrie des « biofertilisants » connaît actuellement une croissance significative en raison de l'intérêt grandissant à l'échelle mondiale pour les produits respectueux de l'environnement et de la santé publique (Romani et al., 2007).

C'est dans cette optique que s'inscrit ce travail, qui vise à recycler les sous-produits du palmier dattier dans la région de Biskra en utilisant une technologie innovante de compostage liquide et solide.

Notre travail est divisé en deux parties, chacune étant divisée en chapitres : la première partie est consacrée à une synthèse bibliographique sur les déchets, le compostage et les sous-produits du palmier dattier. Tandis que la deuxième partie illustre la méthode de travail sélectionnée, en prenant en considération la présentation de la zone d'étude, la collecte, l'estimation des matières résiduelles et les analyses aux laboratoires. Ensuite, il s'agit de présenter et d'analyser statistiquement les résultats obtenus ainsi que de les interpréter. Il se divise en deux parties : des résultats concernant les caractéristiques physico-chimiques des composés obtenus et des résultats concernant l'évaluation qualitative de la diversité en germes microbiens pour chaque type de compost réalisée et l'évaluation de la qualité du compost. Et de clôturer le travail par une conclusion et des perspectives dans le but de proposer une stratégie rapide et à grande échelle de la valorisation des sous-produits du palmier dattier dans la région de Biskra.

Partie I

Synthèse bibliographique

Chapitre 1

Généralité sur les déchets et le compostage

1.1. Généralités sur les déchets et le compostage

1.1.1. Origine des déchets

Selon Nicolas (2004), rapporté par Asnoue (2017), le terme « déchet » est souvent lié aux actions humaines. L'évolution des activités humaines et industrielles entraîne une augmentation significative de la quantité de déchets produites, ce qui a des répercussions néfastes sur la santé des personnes et les ressources en eau. Il est donc primordial d'assurer une gestion appropriée et une élimination adéquate de ces déchets (Attrassi et *al.*, 2007) Selon Hueber (2001), les sources de déchets sont réparties de la manière suivante :

Tableau 1. Les sources des déchets (Hueber, 2001).

Ménages	Ordures ménagères
	Déchets encombrants
	Déchets spéciaux
Communes	Balayures des rues, des marchés
	Déchets verts des exploitations et des parcs
	Boues de traitement des eaux usées.
Communes, services et industries	Déchets des hôpitaux
	Déchets de la production industrielle
	Déchets de chantiers
	Déchets du secteur énergie et mines
	Déchets agricoles.

1.1.2. Définition du compostage

Le compostage est un processus biologique qui favorise et accélère l'oxydation des composés organiques grâce à la fermentation aérobie. Selon Johan (2005), cette réaction produit de l'eau, du CO₂ et de la chaleur. La matière organique est transformée par des enzymes produites par des micro-organismes aérobies, qui se produisent successivement à différents stades (bactéries, actinomycètes, champignons, protozoaires, algues) (Jammes, 2007). Lorsque cela est effectué de manière adéquate, un résidu sec et inodore se forme, tandis que le matériau est désinfecté en éliminant les micro-organismes pathogènes. On désigne ce résidu stable sous le nom de compost, une substance organique complexe très humide. Le compost est issu de résidus périssables et a atteint un état d'équilibre après avoir été décomposé par des micro-organismes,

des insectes et des vers de terre en présence d'oxygène. Le compost mature est d'un brun foncé et présente l'aspect et l'odeur du terreau (Nova Envirocom, 2002).

1.1.3. Processus de compostage

Le compostage consiste en une décomposition contrôlée des éléments organiques issus de plantes et d'animaux, effectuée par différentes communautés microbiennes dans des conditions aérobies. Cela provoque une élévation de la température qui conduit à la production d'un engrais organique stable et humifié. Le compost est un résultat final qui contient une grande quantité de matière organique (Znaïdi, 2002 ; Bayard *et al.*, 2001), et qui se déroule par quatre phases :

1.1.3.1. La phase mésophile

Le début du compostage, caractérisé par une activité bactérienne et fongique qui élève la température de 10 à 15 °C à 30 à 40°C, libérant ainsi d'importantes quantités de dioxyde de carbone. Ce processus peut également entraîner une réduction du rapport carbone/azote et une acidification du milieu (Khedher, 2002).

1.1.3.2. Phase thermophile

Pendant cette phase, la température au cœur du tas monte à environ 70 °C, favorisant les microorganismes thermophiles. Cette étape est caractérisée par la libération de dioxyde de carbone, la perte de minéraux azotés sous forme d'ammoniac, le séchage du compost par évaporation et une réduction de 50 % du poids sec avec l'arrêt de l'activité fongique (Sellami, 2021).

1.1.3.3. Phase de refroidissement

La phase intermédiaire entre les phases thermophile et mature, se terminant par le retour de la température à des valeurs normales, accompagné de la recolonisation du compost par des microorganismes. Les polymères libérés lors de la phase à haute température sont hydrolysés par l'azote et combinés en molécules complexes (Znaïdi, 2001).

1.1.3.4. Phase de maturation

La température baisse, une légère colonisation microbienne se produit et une colonisation par des champignons adaptés aux macro-organismes (notamment les vers de terre) présents dans

le milieu organique du compost, provoquant l'apparition progressive d'éléments d'humus, formant le compost (Sellami, 2021).

1.1.4. Différents types de Compostage

On peut distinguer deux catégories de compostage en fonction du processus de décomposition (Misra et *al.*, 2005):

1.1.4.1. Compostage anaérobie

La transformation des matières organiques par les bactéries anaérobies en compost enrichi en l'absence d'oxygène est adaptée aux espaces limités ou aux personnes manquant de temps (Armand, 2023).

1.1.4.2. Compostage aérobie

Selon Misra et *al.*, (2005), les micro-organismes décomposent la matière organique en présence d'oxygène, ce qui génère du CO₂, de l'ammoniac, de l'eau, de la chaleur et de l'humus. Ensuite, les composés organiques intermédiaires sont décomposés par des micro-organismes aérobie.

1.1.5. Techniques de compostage

1.1.5.1. Technique d'un compost solide

Selon Aboulam (2005), L'évolution des techniques de compostage vise à répondre à la fois à l'augmentation et à la diversification des déchets à composter, tout en minimisant les nuisances engendrées (odeurs, encombrement, durée du processus). Ces techniques peuvent être classées en :

a. Compostage en composteur (bois ou plastique)

Le compostage en composteur, idéal pour les petits jardins (moins de 30 m²), se caractérise par un mélange précis des matières, une aération et un brassage réguliers, ainsi qu'une intégration optimale des nouveaux apports (Favérial et *al.*, 2012).

b. Compostage en silo (en casier)

D'après Favérial et *al* (2012), technique propre et pratique, adaptée aux jardins moyens (30 à 100 m²). Fonctionnant sur le même principe que le compostage en tas, il peut toutefois nécessiter un activateur pour démarrer le processus.

c. Compostage en tas (fosse)

D'après Chaib et Ben Ali (2021), Le compostage en tas est une méthode simple et efficace, idéale pour les grands jardins, qui consiste à empiler des déchets organiques dans un endroit ombragé, à l'abri du vent et des fortes pluies. Il suffit ensuite de laisser la nature faire son œuvre, en veillant à aérer le tas de temps en temps et à l'arroser si nécessaire.

1.1.5.2. Technique d'un compost liquide

Les thés de compost représentent des variantes liquides du compost solide (Rick, 2020). Il offre la possibilité de fournir des composés de croissance et des produits naturels bénéfiques qui favorisent la croissance et préviennent les maladies. Le thé de compost est fait en mélangeant du compost avec de l'eau et en agitant le mélange pendant un temps précis (généralement de 24 à 48 heures). Il est possible d'infuser le thé dans un grand récipient ou un baril de pluie. Les micro-organismes nécessitant de l'oxygène pour survivre sont favorisés par l'aération, ce qui favorise le développement de micro-organismes nécessitant de l'oxygène (comme la plupart des MO présents dans les sols cultivés) (Troy, 2023). Selon Scheuerell et Mahaffee (2006), un élément récemment ajouté à la production de thé de compost est l'aération fréquente du thé de compost pendant la production.

1.1.6. Les paramètres physico-chimiques

1.1.6.1. La température

Selon Jammes (2007), il est essentiel d'avoir une température minimale pour favoriser l'activité des MO et la dégradation de la matière organique pure. Le substrat est hygiénisé à une température supérieure à 55 °C, ce qui permet de tuer les pathogènes et les graines de mauvaises herbes. À une température comprise entre 45 et 55°C, la biodégradation est encouragée, tandis que de 35 à 40°C, la diversité des micro-organismes est maximale (Olivier, 2004). La température proche de 20 °C ou supérieure à 82 °C inhibe ou ralentisse l'activité microbienne, tandis qu'à 0°C, cette activité est quasiment nulle (Soltner, 2000 ; Charnay, 2005). Dans cette figure, on peut observer les différentes étapes successives du processus de compostage.

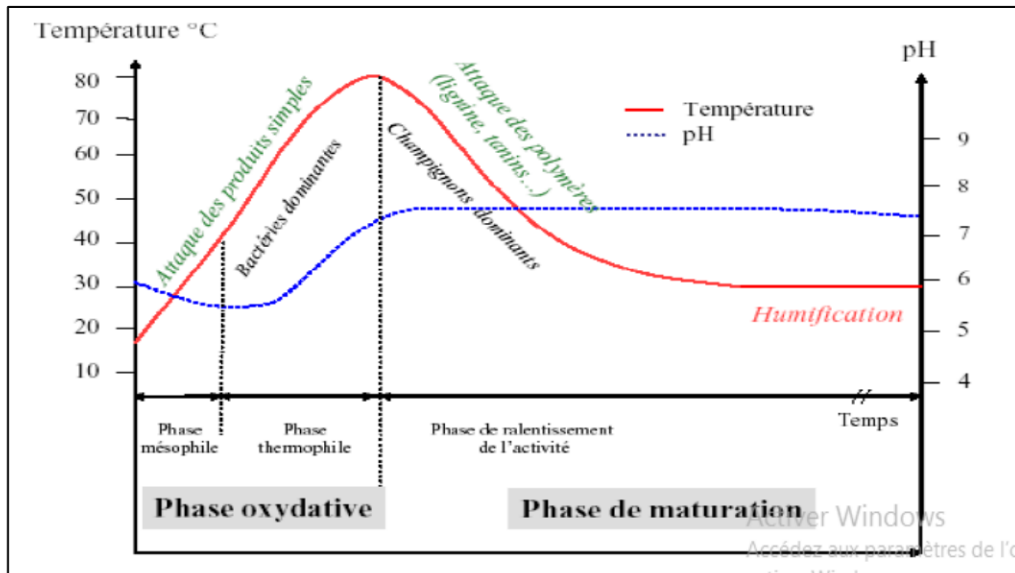


Figure 1. Courbe théorique d'évolution de la température et du pH au cours du compostage (Mustin, 1987)

1.1.6.2. Potentiel Hydrogène

Le pH des déchets urbains se situe généralement entre 5 et 9 (Francou, 2003). L'impact du pH sur les micro-organismes dépend de leur sensibilité à cet élément, comme souligné par (Dommergues et Mangenot, 1970). Il existe ainsi quatre groupes distincts de micro-organismes en fonction du pH:

a. Micro-organismes indifférents

Ils se développent dans une gamme de pH allant de 6 à 9, comprenant de nombreuses bactéries, champignons et algues vertes.

b. Micro-organismes neutrophiles

Ils préfèrent un pH proche de la neutralité ou légèrement basique, comprenant des organismes tels que les *Azotobacter*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, et de nombreux actinomycètes.

c. Bactéries acidophiles

Ces micro-organismes, comme *Thiobacillusthooxidans* et *Thiobacillusferrooxidans*, prospèrent dans des milieux fortement acides avec un pH idéal de 2 à 3,5.

d. Micro-organismes basiphiles

Ils sont insensibles aux pH inférieurs à 8 similaires aux bacilles décomposant l'urée.

1.1.6.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique du compost est largement influencée par sa concentration en sels, étroitement liée à la présence de nutriments (Slimani, 2005).

1.1.6.4. Teneur en humidité

Selon Mustin (1987), l'optimum de teneur en eau se situe entre 41% et 61. La teneur en eau ou humidité (H %) du substrat conditionne l'activité des microorganismes. La teneur optimale dépend de la densité du milieu, qui est en fonction de l'état physique de la nature du substrat. Elle est sensible à deux phénomènes ayant des effets complémentaires. D'une part, la dégradation de la matière organique provoquant une libération d'eau d'autre part, une évaporation de l'eau sous l'effet de l'énergie calorifique libérée par la fermentation. La décomposition de la matière organique est inhibée si la teneur en eau baisse en dessous de 20 % (Bensaid, 2020).

1.1.6.5. Teneur en matière organique totale et carbone organique totale

La quantité de matière organique totale (MOT) à surveiller pendant le compostage. Pendant la dégradation biologique, la MOT diminue tandis que la matière minérale augmente. Cette diminution est influencée par le rapport carbone/azote, les conditions de compostage, la nature du substrat et la durée du processus. Les pertes de MOT varient généralement entre 20% et 60 % de la quantité initiale (Iannotti et *al.*, 1994).

1.1.6.6. Teneur en azote

La majeure partie de l'azote dans le compost est organique, se présentant sous forme de protéines ou de peptides simples. Une petite quantité d'ions nitrate est convertie en ions ammonium par la réaction d'ammonification, due à l'activité bactérienne. Selon la nature des déchets à composter, les ions formés pendant le compostage interagissent de différentes manières : ils peuvent être assimilés par les microorganismes, transformés en azote organique ou volatil, puis relâchés lorsque la température augmente (Sánchez-Monedero et *al.*, 2001).

L'azote organique d'un compost stable se minéralise lentement, de manière similaire au sol, à une vitesse de 0,26 mg N/kg/j. En revanche, dans un compost moins stable, la vitesse de minéralisation est plus élevée, atteignant 0,4 mg N/kg/j (Charnay, 2005).

1.1.6.7. Le rapport carbone/azote (C/N)

Selon Larbi (2006), le rapport C/N est un paramètre influencé à la fois par la composition des intrants et par le degré de maturation du compost. Un rapport C/N élevé peut entraîner une immobilisation de l'azote du sol, car les microorganismes utilisent l'azote pour dégrader les substances ligneuses lorsque le carbone est abondant. Les bactéries utilisent le carbone comme source d'énergie et l'azote comme source de protéines lors du compostage, ce qui entraîne une diminution du rapport C/N à mesure que le compost mûrit. Ce rapport représente la proportion de carbone et d'azote biodisponibles dans le compost, ce qui dépend de la composition intrinsèque du substrat à composter. D'après, Misra (2005) cité par Zaiter et Daas (2019) Le rapport C/N est un facteur particulièrement important. Le rapport optimal C/N se situe entre 25 et 30 bien que des rapports initiaux situés entre 20 et 40 soient aussi acceptable Selon EdemKoledzi (2011).

1.1.6.8. Eléments minéraux majeurs

a. Phosphore (P₂O₅)

Le phosphore constitue généralement entre 0,2 % et 0,5 % de la masse sèche des composts d'origine urbaine. Ce minéral est important pour la croissance des plantes, mais un excès peut entraîner des problèmes environnementaux (Francou, 2003). Signalons cependant que d'autres travaux montrent qu'il est essentiel d'utiliser les engrais avec précaution pour éviter une augmentation excessive du phosphore dans le sol, ce qui pourrait entraîner la pollution des eaux souterraines et la détérioration de l'environnement (Erich *et al.*, 2002).

b. Potassium (K⁺)

La concentration de potassium dans les composts est généralement très faible, mais contrairement à l'azote et au phosphore, la majorité du potassium est disponible pour les plantes, ce qui en fait un nutriment essentiel pour leur croissance (Francou, 2003).

c. Sodium (Na⁺)

Le sodium Na⁺ remplace en partie le potassium K⁺ dans la plante en étant un régulateur de la pression osmotique. Le Na⁺ se substitue au K⁺ absorbé sur le complexe argilo-humique dans le sol, ce qui entraîne la salinité des sols (Lerot, 2006).

d. magnésium (Mg²⁺)

Le magnésium, essentiel au développement des plantes, est absorbé sous forme d'ions Mg^{2+} (Strasser et Schansker, 2010). De plus, il joue un rôle crucial dans l'absorption d'autres nutriments par les plantes (Fischer et Bremer, 1993). Par ailleurs, un manque chronique de magnésium chez les plantes entrave la production de chlorophylle, de sucres et de protéines, affectant ainsi leur croissance et leur santé (Strasser et Schansker, 2010).

e. Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est indispensable aux plantes en tant que cation divalent essentiel (Ca^{2+}) (White, 2003). Les concentrations de cet élément dans les tiges varient de 0,1 % à 5 % du poids sec, lorsque le calcium est adéquat dans les environnements naturels (Marschner, 1995).

1.1.6.9. Activité microbienne dans le compost

a. Micro-organismes

Les micro-organismes responsables de la dégradation diffèrent en fonction des différentes étapes de la biodégradation. En premier lieu, les bactéries, puis les champignons, les actinomycètes, les protozoaires, les arthropodes et les nématodes, qui sont à la recherche des résidus plus résistants., les insectes, les vers de terre, les fourmis, les mouches et leurs larves jouent un rôle dans l'amélioration du produit final pour les plantes (Romani et Bezzalla, 2006).

b. Macro-organismes

Le processus de compostage est influencé par différents rôles des macro-organismes. Dès le début, les lombrics travaillent à décomposer les matériaux peu décomposés et à favoriser les activités microbiologiques en ingérant et en mélangeant des matières organiques dans leurs terriers. D'autres macro-organismes, tels qu'une espèce de vers de terre, d'insectes, d'acariens, de gastéropodes, de myriapodes et de cloportes, sont principalement présents pendant la maturation du compost (Zegels, 2012).

1.1.6.10. Maturation et qualité du compost

Une fois que les molécules simples sont épuisées dans le milieu, la phase de maturation domine la phase de fermentation aérobie. Les enzymes provoquent la polymérisation et la polycondensation des molécules nouvelles créées lors de la fermentation aérobie, à des températures allant de 20°C à 30°C. Les processus d'humification sont progressifs et peuvent durer plusieurs mois (Humeau et LeCloirec, 2010).

Tableau 2. Paramètres essentiels pour une mise en œuvre efficace d'un processus de compostage
(Humeau et Le Cloirec, 2010).

Paramètres suivis	Fermentation	Maturation
Température	60 -70 °C	20-30 °C
Teneur en eau	60-80 % de la masse brute	40-60% de la masse brute
pH initial	6-8	7-8
C/N	20-30	10-15
Temps de biodégradation	4-6 semaines	mois

a. Test de phytotoxicité

Le test de phytotoxicité est un test qui permet d'évaluer la toxicité d'un compost. Il est principalement fondé sur le taux de germination, calculé de la manière suivante (Salaheddine, 2005) : Taux de germination (%) = (Nombre de graines germées / Nombre de graines semées) ×100.

Ce test tient également compte de la croissance et du développement des plantes, ainsi que de l'observation et de la description de tout symptôme qui affecte les parties végétatives, les profils racinaires y compris (Absi, 2008).

1.1.6.11. Importance du compostage

Le compostage offre plusieurs bénéfices selon Zegels (2012); El Fels (2014), notamment par :

- La réduction des déchets : l'utilisation du compostage permet de réduire de moitié la quantité et le volume des déchets, proposant ainsi une solution durable pour cette gestion.
- Le processus biotechnologique exploite les compétences microbiennes afin de convertir les déchets organiques en compost stable et mature, sans danger pour les plantes.
- Une désodorisation efficace est réalisée par les micro-organismes qui transforment l'ammoniac en azote organique, ce qui élimine les odeurs indésirables.

- Meilleure structure du sol : le compostage contribue à améliorer la structure et la texture du sol.
- Éliminer les agents pathogènes : l'augmentation de la température élimine les agents pathogènes et les graines d'adventices, ce qui diminue l'activité de certains champignons de maladies phytopathologiques.

Chapitre 2

Les sous-produits de palmier dattier

2.1. Généralité sur le palmier dattier

2.1.1. Origine

Le palmier dattier a une longue histoire. Il est connu dès l'Antiquité : les Égyptiens le considèrent comme un symbole de fertilité (Ouennoughi, 2004 ; Benoit, 2003 ; Rekis, 2021). Le palmier dattier est appelé *Phoenix dactylifera L.*, du nom scientifique de Phoenix, qui signifie palmier dattier chez les Phéniciens, et dactylifera, du mot grec dactulos, qui signifie doigt, en raison de la forme du fruit (Djerbi, 1994). *Phoenix dactylifera* est un genre de dioïques monocotylédones de la famille des *Areacaceae*. Selon Munier (1973), cette famille comprend environ 235 genres et 4 000 espèces.

2.2. Répartition et importance du palmier dattier

2.2.1. Dans le monde

On le rencontre dans les zones sèches (zones arides) et semi-arides dans des conditions climatiques difficiles. Selon Ibrahim (2019), le palmier dattier est une culture économique qui s'est étendue à d'autres régions du monde et sur les cinq continents (Asie, Europe, Afrique, Australie et Amériques). Selon Sidra (2003), il est cultivé sur une superficie de 50 000 hectares au Maghreb.

2.2.2. En Algérie

Dans le Sahara algérien, la culture dominante est le palmier dattier, qui se trouve entre les latitudes 25 et 35 Nord. Dans toutes les régions situées au sud de l'Atlas saharien, depuis la frontière marocaine à l'ouest jusqu'à la frontière tuniso-libyenne à l'est, cette culture est répandue (Idder-ighili, 2008). À l'est, cette culture s'étend de l'Atlas saharien au nord aux localités de Reggane au sud-ouest, Tamanrasset au centre et Djanet au sud-est (Aberlenc-bertossi, 2010). Selon Ben Aishi (2002), la palmeraie en Algérie compte plus de 11 millions de palmiers, dont plus de 800 variétés, répartis dans neuf wilayas sahariennes : Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf (Ben Mbarek et Deboub, 2015). Selon Tirichine (1997) et Battesti (2005), cette culture joue un rôle essentiel dans l'écosystème oasien en limitant le désert et en créant un microclimat propice au développement de nombreuses personnes grâce à sa culture sous-jacente (arbres fruitiers, céréales, etc.).

2.2.3. Dans la région de Biskra

Selon les études de de Khoulfı et Rezeg (2020), en référence à DSA (2020), la wilaya de Biskra est le principal pôle de production de dattes en Algérie, en particulier de la variété Deglet Nour. Elle s'étend sur plus de 4 385 100 ha et compte plus de 434 500 000 palmiers productifs. Il produit 472 350 000 quintaux par an en 2019. Les communes qui ont la plus grande productivité sont Tolga et Sidi-Okba, avec des productions estimées à 44 143 000 et 38 836 000 quintaux respectivement.

2.3. Description botanique

Le palmier dattier est une espèce de la famille des *Arecaceae*, monocotylédones, dioïques, c'est-à-dire avec un palmier mâle et un palmier femelle (Munier, 1973, Peyron, 2000, Al-Shahib et Marshall, 2003, Henderson, 2006).

2.4. Les sous-produits du palmier dattiers

Les déchets des palmiers dattiers offrent une opportunité intéressante pour obtenir des fibres naturelles. Selon Almi et *al.*, (2015), le palmier produit huit types de déchets (tronc, pétiole, febrilium, rachis, épines, feuille ou palm, spathe, régime), auxquels on peut ajouter les grains de dattes en tant que neuvième déchet. Ils sont rassemblés lors de la taille saisonnière, une pratique agricole indispensable. Le palmier dattier est une espèce socio-économique importante en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, avec 62 millions des 105 millions d'arbres à travers le monde, sur plus d'un million d'hectares. Élevé en raison de ses dattes précieuses et employé pour la fabrication de carburant, de bois et de abris (El Hadrami et El Hadrami,2009). Au niveau mondial, 1,5 million de tonnes de déchets de palmier dattier sont abandonnés chaque année, dont 125 000 tonnes (soit 8,33 %) sont originaires de l'Algérie (Meradi et *al.*, 2016).

2.5. Importance de tonnage du palmier dattier

Les sous-produits du palmier dattier comprennent du vinaigre, de l'alcool, de la farine de dattes, du jus de dattes, du tronc d'arbre et le bois de chauffage, de boisson de sève, et sont utilisés dans l'alimentation du bétail, en particulier les déchets de dattes, les pédicelles et les palmes sèches (Chehma et *al.*, 2001). En effet, le palmier dattier est une ressource polyvalente. Son tronc est utilisé en menuiserie et comme bois de chauffage, grâce à son caractère imputrescible. De plus, il peut être utilisé pour créer des canaux d'irrigation. Les palmes, quant à

Chapitre 2. Les sous-produits de palmier dattier

elles, ont de multiples usages, allant de la construction de clôtures à la fabrication de paniers, chapeaux, et nattes. Le life est transformé en divers produits comme des ficelles, des rotins et des semelles de sandales, tandis que l'inflorescence et la spathe sont également utilisées pour différentes fins, telles que la fabrication de balais et de bois de chauffage, respectivement. Cette polyvalence en fait une ressource précieuse dans de nombreuses régions du monde (Toutain, 1967).

Partie II

Partie expérimentale

Chapitre 3

Matériel et méthodes

3.1. Présentation de la région d'étude

3.1.1. Situation géographique

La région de Biskra est située au sud-est de l'Algérie. Elle s'étend sur une surface de 21 671 km² (DSA, 2015). Elle est limitée au ; nord : par la wilaya de Batna ; au nord-est par la wilaya de Khenchela ; à l'ouest par la wilaya de M'sila et au sud : par la wilaya d'Oued-Souf. Elle comporte 12 daïras et 33 communes, située entre 4°92' et 5°52' de latitude nord et 34°67' et 35°09' de longitude et avec une superficie de 121400 hectares et de 58000 habitants.

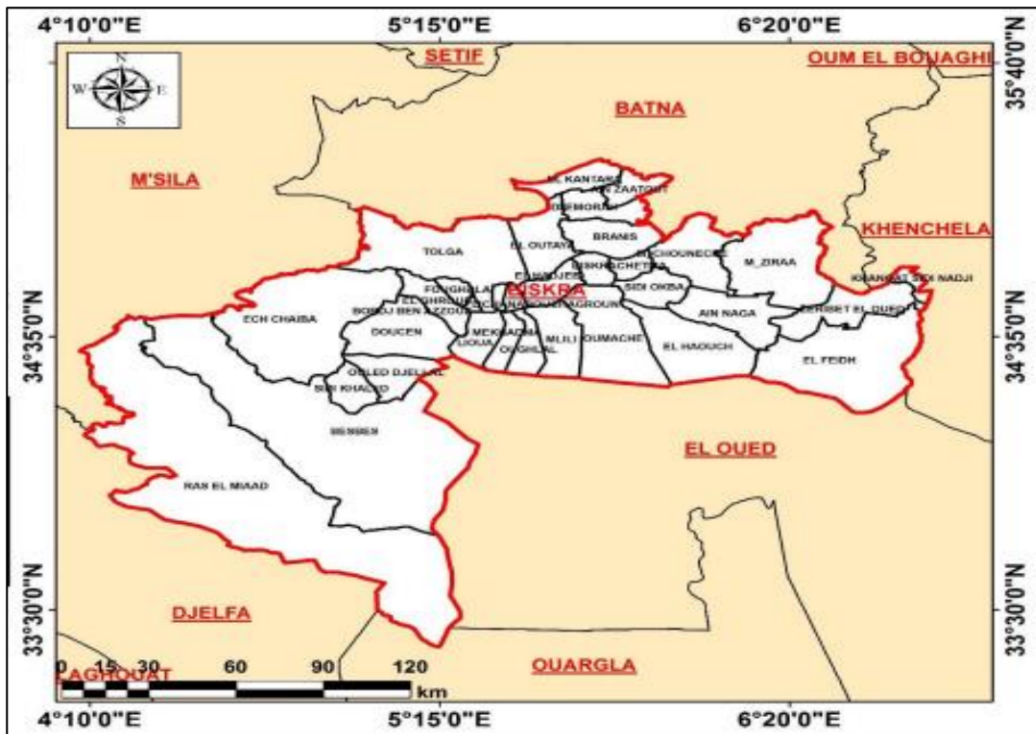


Figure 2. Carte de situation géographique de la région de Biskra (Boutouga , 2021).

3.1.2. Caractéristiques climatiques

3.1.2.1. Température

Selon le tableau 3, les températures mensuelles de la région de Biskra pour la période de 2010 à 2022 sont indiquées (Annexe A) et pour la période de notre étude 2024. En janvier, la température moyenne hivernale est de 11 °C, tandis qu'en été, elle atteint 25,5 °C (Tableau 3).

Tableau 3. Températures moyennes mensuelles (en °C) de la région de Biskra durant la période de Janvier (2024) à Mai 2024 (<https://www.weatherandclimate.eu/fr>, 2024).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
T moyen. (°C)	11	11,5	16	20,5	25,5
T (max) (°C)	15	16	21	25	30
T (min)(°C)	7	7	11	16	21

3.1.2.2. Précipitations

D'après le tableau 3 (Annexe A), nous avons remarqué que la précipitation moyenne annuelle dans la région de Biskra est de 23,01 mm, et qu'une sécheresse a été enregistrée au mois de juillet avec une précipitation de 0,54 mm durant la période 2010 à 2022. Alors une faible précipitation durant le période de l'essai (Tableau3).

Tableau 4. Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région de Biskra, durant la période Janvier (2024) à Mai 2024 (2024) (<https://www.weatherandclimate.eu/fr>, 2024).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Précipitation (mm)	5	0.8	2	4	0.2

Selon le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Biskra durant la période (2010/2022) (Annexe A), la saison sèche est répartie sur toute l'année selon les graphiques tracés pour notre zone d'étude et dans la figure B (Annexe A), a permis de classer la zone de Biskra, dans l'étage bioclimatique saharienne avec un hiver chaud selon le climagramme d'Emberger.

3.2. Méthodologie du travail

3.2.1. Enquête sur terrain

Dans le but d'évaluer le marché des engrais, les différents types d'engrais disponibles et le prix, nous avons effectué une enquête sur le terrain auprès des points de vente des engrais agricoles dans la ville de Biskra. Nous avons utilisé des questionnaires élaborés pour recueillir le maximum de données sur la situation du secteur des engrais dans la ville de Biskra. Nous avons effectué de nombreuses visites dans les différents points de vente, car tous sont situés en dehors de la ville, dans les autres communes du centre-ville de Biskra

3.2.2. Préparation des déchets avant leur compostage

3.2.2.1. La collecte de déchets

La collecte des matières résiduelles de palmier (les palmes sèches, cornefs et régimes), se fait manuellement par des ouvriers. Alors, pour les déchets des restaurants ainsi des ménages doivent subir un tri sélectif dans le but d'utiliser la fraction fermentescible (épluchures de fruits et légumes). Cette étape vise à réduire la contamination des déchets.



Figure 3. Les déchets fermentescibles (Original).

a. Autres déchets fermentescibles

La matière compostée est composée des matières résiduelles du palmier dattier, les déchets d'origine agricole fermentescibles et une partie d'une plante spontanée appelée « Sedra » sous le nom scientifique *Zizyphus lotus* (*Z. Lotus*) ont été utilisées, communément appelée en arabe et « Azougart » en berbère (Rais, 2019) ou jujube, fait partie de la famille des *Rhamnaceae*, comprenant 135 à 170 espèces de *Zizyphus* (Abdoul-Azize, 2016). En effet, elle s'est répandue dans la région méditerranéenne, notamment en Algérie, au Maroc, en Tunisie et en Libye (Pottier, 1981). Les fruits et feuilles de *Z. lotus* sont riches en flavonoïdes, stérols, tanins et saponines triterpénoïdes (Ikram, 1981). De plus, cette plante porte de nombreuses vertus médicinales en tant que surtout l'activité antibactérienne pour toutes les souches bactériennes

(Borgiet *al*, 2007).C'est dans cette vision que nous avons utilisé cette plante désinfectante pour notre substrat organique et d'obtenir un biofertilisant de bonne qualité.



Figure 4.La plante de *Zizyphus Lotus* (Original).

3.2.2.2. Le séchage de déchets

Les déchets collectés auprès des ménages d'origine agricole sont exposés à l'air libre pour le séchage et l'élimination d'excès d'humidité (Figure 5) durant un mois (février 2024).



Figure 5.Séchage de déchets collectés (Original).

3.2.2.3. Le broyage

Après le séchage, les déchets sélectionnés, composés des matières résiduelles des palmiers dattiers et des déchets agricoles fermentescibles, subissent un double broyage pour réduire leur taille, favorisant ainsi une répartition homogène des particules. Il a été réalisé à la station de broyage au niveau du centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides CRSTRA ; Station d'El Outaya à Biskra.

3.2.3. Dispositif expérimental et techniques du compostage

Durant cette phase, cinq essais de compostages ont été effectués avec deux techniques, liquide et solide. Les proportions des déchets dans chaque composteur sont enregistrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5. Les proportions des déchets dans chaque type de compost (Original).

Composteurs	Composition de déchets dans chaque composteur en %					
	Déchets agricoles	Déchets du palmier dattier	Fumier volaille	Fumier mixte (bovin et ovins)	Autre déchets*	Total
C 1	0	85	10	0	5	100
C 2	25	65	0	5	5	100
C3	0	85	0	10	5	100
C 4	25	65	5	0	5	100
C5	15	75	0	5	5	100

(* : feuilles et tiges de la plante *Zizyphus Lotus*)

3.2.3.1. Compost liquide

Après un broyage, les déchets compostés dans chaque composteur 10 kg Peser les ingrédients. Mélanger et arroser avec de l'eau jusqu'à ce qu'ils soient bien humidifiés et placer le mélange dans un sac en lin. Ensuite, remplir les deux tiers du volume d'un récipient avec de l'eau.

Après l'homogénéisation de l'ensemble le mélange divisé dans deux (02) composteurs C1 avec l'ajout du fumier de volaille, et dans le C3 le fumier mixte. Recouvrir avec un couvercle perforé et laissé reposer pendant 3 jours (Figure 6).

3.2.3.2. Compost solide

La recette est standard pour le compost solide, après le broyage, les matières résiduellescompostées ont été fermentés dans des composteurs en plastiqueC2, C4 et C5 d'un volume identique avec un point de 20 kg danschaque composteur. Nous avons procédé à l'expérimentation avec cinq (5) traitements différents de par leurcomposition, et avec un dispositif expérimental spécialement conçu pour cette opération (Figure 6).



Figure 6. Dispositif expérimental sous forme des composteurs en plastique perforés pour le compost solide C2, C4 et C5, et non perforés pour le compost liquide C1 et C3(Original).



Figure 7. Collecte des matières résiduelles des palmiers dattiers (Original).



Figure 8. Broyage des matières résiduelles des palmiers dattiers et déchets collectés par un broyeur au niveau du CRSTRA-station El-Outaya –Biskra (Original).

3.2.4. Contrôle et suivi du compostage

3.2.4.1. Température

La température est relevée deux fois par jour à l'aide d'un thermomètre pendant toute la durée de l'expérience, concernant les composts liquides et solides. Les températures internes des

composts (solides et liquides) ont été mesurées à l'aide d'un thermomètre à mercure (Biekre et *al.*,2018).



Figure 9. Mesure de la température l'aide d'un thermomètre à mercure (Original).

3.2.4.2. Mesure du pH et d'humidité

Des mesures journalières ont été effectuées pour les mesures du pH à l'aide d'un pH-mètre de poche pour les composts liquides et solides, tandis que l'humidité est mesurée à l'aide d'un testeur d'humidité pour le compost solide. Deux mesures effectuées pour le pH et l'humidité pour chaque type de compost réalisé à midi et après midi.



Figure 10. Mesure du pH, humidité et la température (Original).

3.2.5. Analyses physico-chimiques

Deux laboratoires ont été utilisés pour réaliser les analyses physico-chimiques et microbiologiques : le laboratoire de recherche du Centre technique et scientifique sur les régions arides CRSTRA-Biskra et le laboratoire privé ISO-Labo à Biskra.

3.2.5.1. PH à l'eau

Selon El-Fels (2014), le pH a été mesuré à l'aide d'un pH mètre avec un rapport de 1/10.

3.2.5.2. Conductivité électrique

Dans le but d'évaluer la salinité du substrat, on mesure la conductivité électrique à travers une solution pour chaque type de compost à l'aide d'un conductimètre et d'un rapport 1/10 (Ameur, 2014).

3.2.5.3. Taux d'humidité

Durant le processus du compostage, un suivi périodique par un hectomètre pour chaque échantillon de compost pour assurer un taux d'humidité favorable dans chaque composteur.

3.2.5.4. Carbone organique

D'après Groegaert (1958) et El Fels (2014), le carbone a été mesuré en utilisant la méthode de calcination. Pour chaque échantillon de compost, on a pesé 3g, puis on l'a déshydraté à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures. Par la suite, on les a placés dans des creusets préalablement pesés et on les a fait bouillir à 550 °C pendant 6 heures dans un four à moufle. Ensuite, la quantité de cendre brute est calculée selon l'expression suivante : Taux de cendre (%) = $p_2/p_1 \times 100$

Et en ce qui concerne le taux de matière organique, on peut utiliser la formule suivante :

MO (%) = $100 \times (P_s - P_c) / P_s$ (P_s, P_1 : Poids de l'échantillon sec ; P_c, P_2 : Poids de l'échantillon après de la calcination).

3.2.5.5. Dosage de l'azote total

La méthode Kjeldahl permet de mesurer l'azote total en transformant l'azote des composés organiques de l'échantillon en azote ammoniacal en le traitant avec de l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré, puis en le faisant bouillir en présence d'un catalyseur. Une solution de soude (60 %), distillée à la vapeur d'eau dans un distillateur, est utilisée pour retenir la production d'ammoniaque, puis collectée dans une solution d'acide borique (H_3BO_3). Dans le distillat, il est ajouté une solution de H_2SO_4 (0.1 N). Le rapport C/N, souvent utilisé pour suivre l'évolution de la matière organique, est établi grâce à cette méthode (Pauwels et *al.*, 1992 ; Romani et Bezzala, 2007 ; Absi, 2008).

3.2.5.6. Dosages des éléments minéraux

a. Dosage du phosphore

Avec la méthode du spectrophotomètre, il faut d'abord prélever 4 g de l'échantillon et les mettre dans un récipient d'Erlenmeyer de 100 ml. Par la suite, ajoutez 100 ml d'une solution d'oxalate d'ammonium 0,2 N dans l'erlenmeyer. Après une heure, agitez la solution, filtrez-la et prélevez 1,5 ml de la solution d'extraction et 6,5 ml d'une solution d'acide ascorbique 0,1 % dans un tube à essai. Ensuite, ajouter 2 ml de solution de réactif sulfomolybdique ; chauffer le tube à

essai dans un bain-marie pendant 12 minutes ; observer la couleur de la solution à l'aide d'un spectrophotomètre à 650 nm et enregistrer la valeur obtenue. Ensuite, effectuer une évaluation dans les mêmes conditions et en utilisant les mêmes produits (Joret Hebert,1955).

✓ Etablissement de la gamme

Les dosages sont effectués sur un volume de 10 ml dans des tubes à essai, les points de la gamme sont obtenus en utilisant respectivement :

Tableau 6. La gamme étalonnée de Phosphore

Nombre des tubes	1	2	3	4	5	6
Solution KH ₂ PO ₄ (ml) 50ppm	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Réactif sulfomolybdique (ml)	2	2	2	2	2	2
Acide ascorbique (ml)	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6
Eau distillée (ml)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5
Oxalate d'ammonium (ppm)	0	0,5	1	1,5	2	1,5

b. Potassium (k⁺) (Methode NF T90-019)

✓ Préparation des solutions étalons

Pour préparer une solution mère de chlorure de potassium à une concentration de 1 g/L, Selon la methode (NF T90-019) il faut dissoudre 0,477 g de chlorure de potassium pur déshydraté dans 500 ml d'eau distillée ;Diluer la solution mère de chlorure de potassium (1 g/L) ;Mesurer l'absorbance (ou "Readout") de chaque solution de la série d'étalonnage à l'aide du

spectrophotomètre à flamme ; Tracer une droite d'étalonnage qui passe par l'origine [0, 200] et relie les points expérimentaux.

c. **Sodium (Na⁺)** (Méthode NF T90-019)

✓ Principe

Selon la méthode (NF T90-019), La photométrie de flamme permet de mesurer la quantité de lithium (Li⁺), sodium (Na⁺) et potassium (K⁺) dans un échantillon. Elle utilise un brûleur pour chauffer l'échantillon, un monochromateur pour sélectionner la lumière à une longueur d'onde spécifique, une cellule photoélectrique pour mesurer l'intensité de la lumière, un amplificateur pour augmenter le signal et un afficheur pour afficher le résultat.

✓ Préparation des solutions étalons

Pour préparer une solution mère de chlorure de sodium à une concentration de 1 g/L, Selon la méthode (NF T90-016) il faut dissoudre 0,634 g de chlorure de sodium pur déshydraté dans 500 ml d'eau distillée ; diluer la solution mère de chlorure de sodium (1 g/L) ; Mesurer l'absorbance (ou "Readout") de chaque solution de la série d'étalonnage à l'aide du spectrophotomètre à flamme ; Tracer une droite d'étalonnage qui passe par l'origine [0, 100] et relie les points expérimentaux.

d. **Magnésium**

En se basant sur le procédé de titration, D'après la technique (NF T90-003), ce titrage permet d'évaluer la quantité d'ions magnésium (Mg²⁺) présents dans une solution. Les ions Mg²⁺ et l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA), un agent chélatant puissant, forment un complexe stable dans cette méthode. Le Noir Ériochrome T (NET), un indicateur coloré, est employé afin de suivre l'évolution du titrage et de signaler le point d'équivalence. Afin d'évaluer la teneur en Mg²⁺, 10 ml de chaque échantillon sont mélangés avec 40 ml d'eau purifiée. Par la suite, on incorpore 2 ml de NaOH et de Murexide (indicateur de couleur). Finalement, on administre de l'EDTA jusqu'à ce que la teinte rose devienne violette, ce qui marque la fin de la réaction (Afnor, 1984).

✓ Expression des résultats

Procéder au dosage en se basant sur une prise d'échantillon de 50 ml

$$[\text{Mg}^{2+}] \text{ m\acute{e}q/l} = 0,02 * V * 1000 * 5 / 50$$

V : volume de l'EDTA titré

F : Facteur de dilution (5)

e. **Calcium** (Methode NF T90-016)

✓ Principe

Le dosage du calcium (Ca^{2+}) s'effectue par titrage complexe à l'aide d'une solution aqueuse d'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) dans un environnement alcalin (pH entre 12 et 13), en présence d'un indicateur coloré appelé Murexide (Djellil et *al.*, 2020).

✓ Mode opératoire

Pour déterminer la concentration de Ca^{2+} , 10 ml de chaque échantillon sont mélangés avec 40 ml d'eau distillée. Ensuite, on ajoute 3 ml de solution pH10 et un indicateur de couleur. Enfin, on verse de l'EDTA jusqu'à ce que la couleur rose vire au bleu, indiquant la fin de la réaction (Afnor, 1984).

✓ Expression des résultats

Procéder au dosage en se basant sur une prise d'échantillon de 50 ml

$$[\text{Ca}^{2+}] \text{ m\acute{e}q/l} = 0,02 * V * 1000 * 5 / 50$$

3.2.6. **Analyses microbiologiques**

La détermination quantitative et qualitative de différents groupes de microorganismes (bactéries et champignons) des composts obtenus a été réalisée par une série de dilutions sur des milieux de cultures sélectifs. L'identification de ces groupes de microorganismes a été faite par observation microscopique (Larbi, 2006).

✓ Préparation des solutions

Le principe de cette méthode repose sur l'ajout de 90 ml d'eau distillée stérile dans un récipient erlenmeyer de 250 ml. Mettre en place avec précaution 10 g de compost sec (préalablement séché à une température de 30 °C pendant une nuit) ; ensuite, mélanger le mélange avec un agitateur magnétique pendant 30 minutes. Ensuite, le mélange doit être centrifugé pendant 10 minutes à une vitesse de centrifugation de 2000 min⁻¹ ; ensuite, il doit être

filtré sur un papier filtre. Le filtrat obtenu correspond à une dilution de 10⁻¹, prête à être analysée.

3.2.6.1. Germes bactériens

Dans cette partie, les souches bactériennes utilisées sont les suivantes : *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* et *Bacillus*. Selon Haddouchi et al., (2016), on a évalué l'activité antimicrobienne des extraits en utilisant la méthode de diffusion en disques, en associant 100 µl de suspension des micro-organismes testés. Dans ce cas, le milieu Mueller-Hinton, qui a été stérilisé et refroidi à une température de 45-50°C, a été versé dans des boîtes de pétri stériles de diamètre de 9 cm. On a placé des disques de papier filtre de 6 mm de diamètre, remplis chacun de 5 µl d'un extrait (C1, C2, C3, C4 ou C5), sur la surface du milieu gélosé préalablement inoculé avec les micro-organismes testés. Les boîtes ont subi un incubateur à 37 °C pendant une durée de 24 heures pour les bactéries. Les dimensions des zones d'inhibition (mm), y compris le diamètre des disques, ont été prises en compte. L'utilisation de la gentamicine (15 µg/disque) a été utilisée comme un témoin positif (chaque expérience a été effectuée en triple).

3.2.6.2. Germes fongiques

Elle repose sur quatre espèces de champignons : *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici*(Forl), *Mauginiella scaettae* et *Bipolaris sp Scaettae*. Les raisons pour lesquelles ils ont été choisis sont les dommages considérables qu'ils causent aux plantes. Dans notre expérience (Belhouan et Boussaha, 2017), nous avons employé un milieu de culture PDA. La méthodologie qu'on a suivie pour l'évaluation de l'effet antifongique des composts (liquide et solide) est la suivante :

Pour chaque concentration d'extrait de compost C1, C2, C3, C4 et C5 préalablement préparée, 200 µl sont étalés de manière uniforme sur des plaques de gélose en boîte de pétri, puis le tout est homogénéisé de manière à couvrir l'ensemble de la surface de la plaque de gélose. Un mycélium de 4 mm de diamètre, prélevé dans la zone de croissance active d'une culture d'une semaine, est placé au milieu de la boîte de pétri, fermée avec du parafilm et recouverte de papier aluminium. Il s'agissait de prendre des mesures pour assurer l'obscurité nécessaire à la croissance du mycélium et éviter toute contamination. Par la suite, on procède à l'incubation dans l'obscurité pendant 7 jours à 25 °C. Le test a été réalisé à trois reprises. Chaque jour, on a mesuré la

croissance des champignons filamenteux dans chaque boîte de Pétri. Afin de déterminer l'inhibition de la croissance mycélienne (I %), on a mesuré le diamètre des différentes colonies selon la méthode développée par Kordali et *al* (2003). Selon (Belhouan et Boussaha, 2017), il est nécessaire de mesurer le diamètre des colonies fongiques après la période d'incubation, en utilisant la formule suivante : $I = 100 \times (dC-dE)/dC$

I(%) = Taux d'inhibition exprimé en pourcentage ;

dC : diamètre des colonies dans les boîtes du traitement « témoin positif » ;

dE : diamètre des colonies dans les boîtes traitées avec l'extrait de compost.

3.2.7. Maturation et qualité du compost

3.2.7.1. Test de phytotoxicité

Après 45 jours de dégradation, on réalise l'évaluation finale du substrat organique agricole. Le taux de germination est ensuite mesuré par la capacité des graines à se développer dans le compost, ce qui permet d'évaluer sa qualité pour une utilisation agricole. Ensuite, on évalue le taux de germination de la formule suivante (Salaheddine, 2005) :

Taux de germination (%) = (Nombre des grains germés/Nombre des grains semés) X100

Selon Talaesso (2017), le test de germination est utilisé pour évaluer la maturation des composts élaborés et évaluer l'absence de dommages à la plante. Quatre cultures ont été testées pour la germination : la tomate Marmande, la laitue Batavia, la tomate cerise et le blé.

a. Pour le compost liquide

Au cours de la préparation, on ajoute deux tiers (1/3) du compost liquide C1 et C3 à de l'eau. Le sol est ensuite placé dans des trous dits. Nous avons semé trois graines de chaque variété (tomate Marmande, laitue Batavia, tomate cerise et blé) dans 14 alvéoles, ce qui représente un total de 42 graines dans 14 alvéoles de chaque variété et par type de compost. On doit arroser les graines deux fois par jour avec du compost liquide dilué, à l'exception du terreau (témoin), qui est arrosé avec de l'eau ordinaire. On a comparé les différentes graines avec le témoin (terreau commercial), en ce qui concerne leur taux de germination après 10 jours pour évaluer le niveau de maturation du compost.

b. Pour le compost solide

Les différents composts (C2, C4 et C5) et le terreau (CT) sont placés dans des alvéoles. Il y a eu trois graines par variété dans 14 alvéoles (tomate Marmande, laitue Batavia, tomate cerise et blé), ce qui fait un total de 42 graines dans 14 alvéoles de chaque variété. Les graines doivent être arrosées deux fois par jour pour maintenir une humidité adéquate. Le taux de germination des différentes graines a été comparé avec celui du terreau témoin après 10 jours pour évaluer la maturité du compost.

3.2.8. Traitement statistique des données

Le programme Xlstat version 2016.02.27 a été utilisé pour analyser statistiquement les données obtenues, dans le but de comparer les résultats obtenus entre les types de compost C1, C2, C3, C4 et C5, en utilisant l'analyse de la variance à un seul facteur (ANOVA). Le test de la plus petite différence significative (LSD) à 5 % a été utilisé pour comparer les moyennes et identifier les traitements qui ont un impact significatif sur cette expérience.

Chapitre 4

Résultats et discussion

4.1. Résultats relatifs à l'enquête

Les résultats de l'enquête de terrain menée sur les divers points de vente d'engrais à Biskra sont présentés dans le tableau 7. Les données analysées révèlent les fluctuations des prix pour différents types d'engrais, de fertilisant et de compost, chimique ou bio qu'ils soient liquides ou solides, importés ou exportés. D'un montant variant de 3500 DA à 27000 DA.

Tableau 7. Résultats relatifs à l'enquête (Original).

Points de vente	Green Sun Agricole		Doudah					Semence Khaled		
Caractéristiques des engrais	Organique	Bio	chimique	chimique	chimique	chimique	chimique	chimique	Bio	
Prix U (1Kg/1L) (DA)	6900 DA / 10L	9500 DA	620.00	200.00	100.00	730.00	7800.00	/	27500	
Forme	Liquide	Liquide	Solide	Solide	Solide	Solide	Solide	Liquide	Liquide	
Emballage	Bidon 10L	Bidon 20L	Sachets 1KG	Sachets	Sachets	Sachets	Sachets	bouteille	bouteille	
Origine	Importer	Locale	Importer	Importer	Importer	Importer	Importer	Importer	locale	
Produit	Tetra Vert		20-20-20				13. 5. 40			
		Humic		15-15-15	46%	15-30-15			0- 45- 55	Bio Max
Type d'engrais	10-40-10	20-20-20	46%						46%	20-20-20
Quantités vendues / Moins	150 L	250L	200						5000 Kg	200 Kg
Quantités vendues /Année	500 L	700 L	2700						50000 Kg	1500 Kg
Disponibilité des produits	Disponible	Disponible	Disponible						Toujours	Toujours
Nom Commercial	Phospha Vert	Equi vert	Urée 46 % Granulée						Urée 46%	Farmer
Commercialization	électronique et direct	électronique et direct	Direct						Direct	Direct
	3500 DA	4500 DA								

4.2. Evolution des paramètres physico-chimiques

4.2.1. Evolution de la température

Pendant une période de trois mois de compostage, il a été effectué un suivi régulier de la température lors de deux prélèvements à midi (12 h 00) et 18 heures du soir pour chaque type de compost liquide, tel que C1 et C3, et solide, tel que C2, C4 et C5 (Figure 12). Les résultats obtenus indiquent que la température initiale varie en fonction de la composition de chaque mélange (Fatiha, 2021).

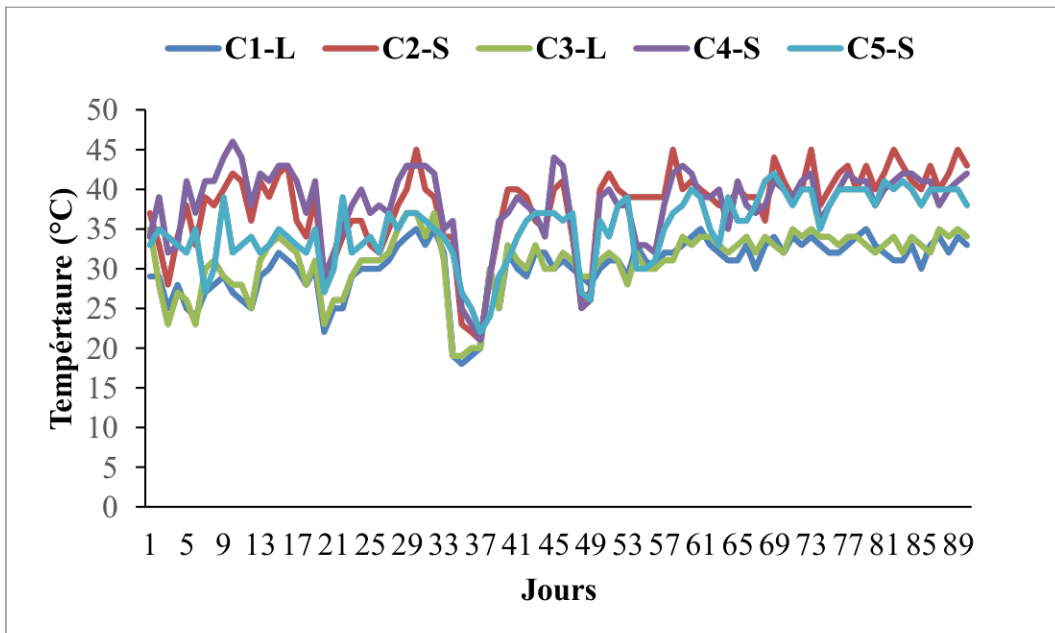


Figure 11. Évolution de la température pendant les trois mois de compostage(Original).

Au cours de trois mois de compostage, un suivi périodique de la température durant deux prélèvements à midi (12h00) et 18heure de soir, pour chaque type de compost liquide représenté par C1 et C3, solide par C2, C4 et C5 (Figure 12), les résultats obtenus montrent que la température de départ est différente selon la composition de chaque mélange (Fatiha ,2021).

Lors de la première semaine de compostage, les températures des composts liquides et solides variaient de 30 à 40 °C, respectivement. Les températures des composés solides C4, C2 et C5 ont augmenté de 40 °C à 46 °C pendant le processus de compostage, pour atteindre la phase thermophile de 46 °C. Les composés liquides C1 et C3, quant à eux, ont atteint un maximum de 38 °C, pendant le premier mois, puis se sont stabilisés à 35 °C entre 61 et 89 jours.Les résultats

de ces essais sont en accord avec les résultats de Compaoré et Nanéma (2010) sur les composts de résidus végétaux.

4.2.2. Evolution du pH

Pour chaque type de compost liquide, représenté par C1 et C3, et solide, représenté par C2, C4 et C5 (Figure 13), il a été effectué un suivi périodique du pH pendant les trois mois de compostage. Les résultats obtenus indiquent que le pH diminue pendant les 20 premiers jours (Figure 13). Celui-ci est compris entre 6 et 7,5 pour le compost solide et entre 5 et 6 pour le compost liquide. Ainsi, les composés liquides (C1 et C3) sont plus acides que les composés solides (C2, C4 et C5).

Au bout de 20 jours, le pH des composts se maintient stable. Les substances liquides (C1 et C3) sont plus rapides à stabiliser que les substances solides (C2, C4 et C5). Le pH idéal pour le compostage est de 6,5 à 8 pour le compost solide et de 5,5 à 6,5 pour le compost liquide. Ces résultats sont en accord avec les résultats de Tremier et *al.*, (2007). La réalisation du compostage entraîne des modifications significatives du pH, en raison de l'activité des micro-organismes qui dégradent la matière organique et génèrent des acides et des composés alcalins.

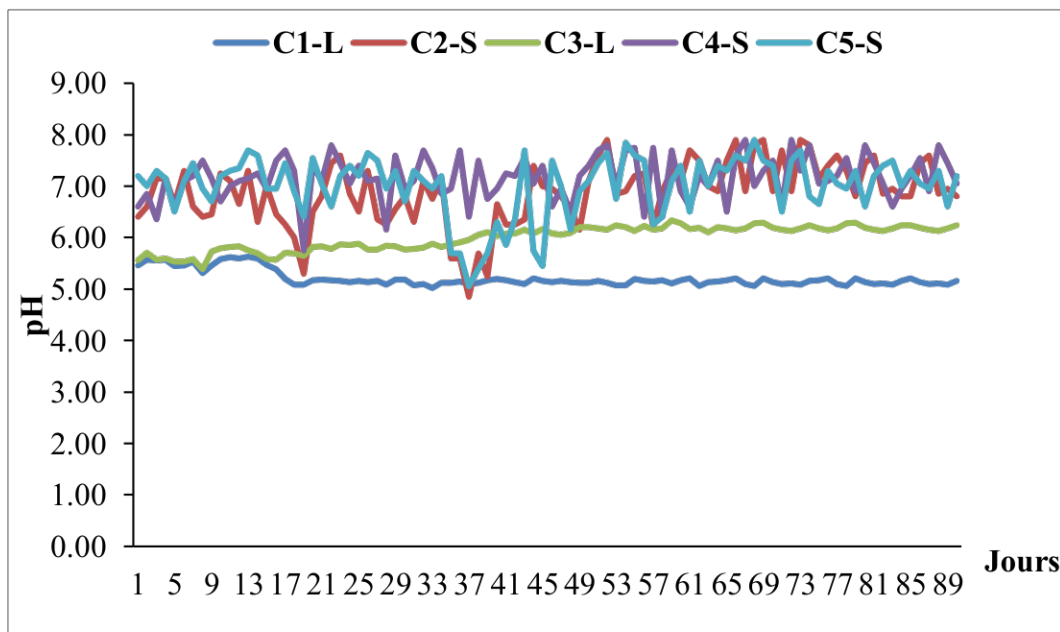


Figure 12. Evolution du pH au cours du trois mois de compostage dans chaque type de composteur(Original).

4.2.3. Taux d'humidité

L'évolution de l'humidité des composts solides (C2, C4 et C5) et du témoin (TC) pendant les trois mois de compostage est illustrée dans la figure 3. Selon les résultats obtenus, les composés C2 et C5 ont une humidité légèrement supérieure de 75 % et 73% respectivement, par rapport au composé C4 à 70 %. La raison en est que les matériaux utilisés pour la préparation de ces composts diffèrent dans leur composition.

Selon Habchi (2021), l'humidité joue un rôle essentiel dans le processus de compostage en favorisant la dégradation de la matière organique par les micro-organismes.

Selon les résultats obtenus par Ouahab et Boufares (2018), il a été observé que l'humidité du compost dans leur étude fluctuait entre 63 % et 79 % pendant une période de 79 jours. Ces résultats sont différents de ceux de notre étude actuelle, où l'humidité du compost entre 65 % et 80 % était présente sur une période de 90 jours. La disparité de l'humidité du compost est due au système d'irrigation employé dans les deux recherches.

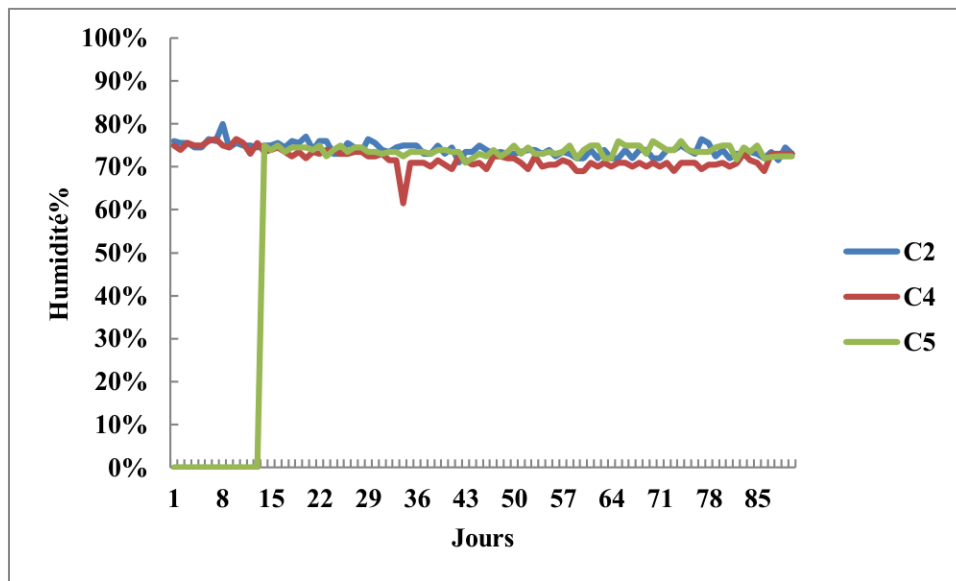


Figure 13. Le taux d'humidité dans chaque compost solide (Original).

4.3. Caractéristiques physico-chimiques

4.3.1. pH

Les résultats obtenus sont résumés dans la figure 23. Le pH du compost C1 augmente légèrement, passant de 5.9 à 6.5, à trois types différents : avant le début de la fermentation (T0), après 45 jours de fermentation (T2) et après un mois et demi (T3). Tous les composés C2, C3, C4

et C5 ont connu une hausse significative du pH à 8 après 45 jours de fermentation (T2). Cette hausse a été suivie d'une baisse du pH à 7 lors de deux phases différentes : avant le début de la fermentation (T0) et après deux mois et demi de fermentation (T3).

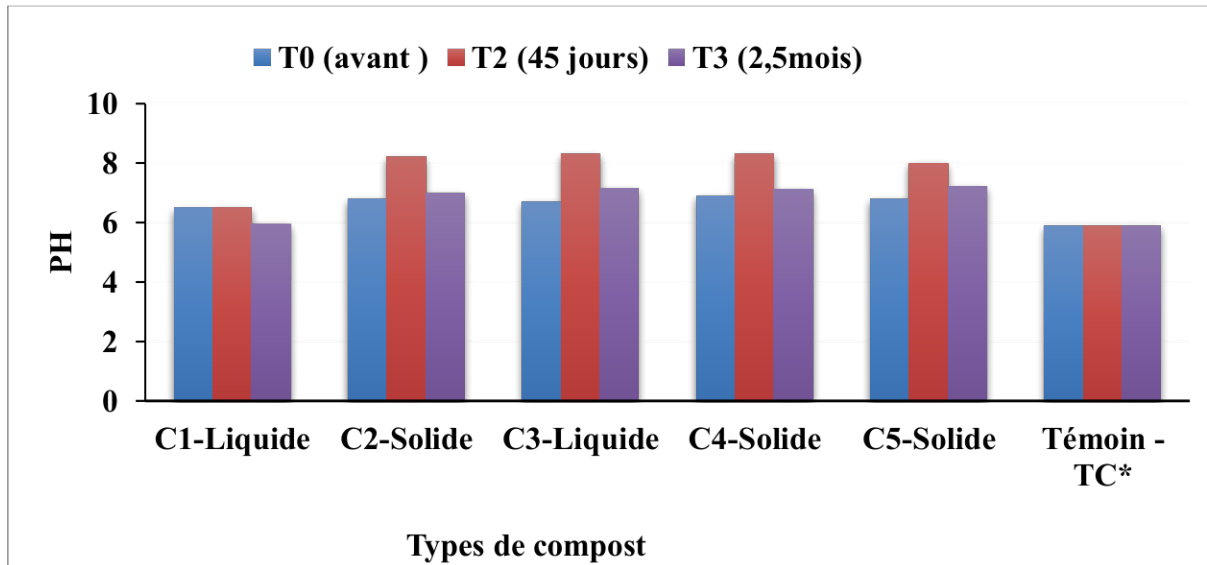


Figure 14. Résultats de l'évolution du pH pour les cinq types de compost durant trois mois du compostage(Original).

Dans les premiers temps du compostage, la production d'acides organiques entraîne une baisse du pH des matériaux compostés (Nakasaki et *al.*, 1993). Par la suite, le pH augmente rapidement et atteint des valeurs très basiques en raison de la libération d'ammonium à partir de la dégradation de la matière organique. Le pH d'un compost mûr est habituellement compris entre 7 et 8 (Garcia et *al.*, 1992 ; Iannotti et *al.*, 1994).

4.3.2. Conductivité électrique (ms/cm)

Selon les résultats obtenus (figure 24) les composés C1, C2, C3, C4 et C5 ont des valeurs de conductivité électrique (CE) avant la fermentation (T0) compris entre 4,2 et 5,4 ms/cm. Les composts C1 et C3 présentent des valeurs de CE élevées après 45 jours de fermentation (T2), avec respectivement 15,47 et 13,18 ms/cm, tandis que les valeurs de CE pour C2, C4 et C5 sont de 2,7 et 3,6 ms/cm. La CE augmente pour C1 et C4 après deux mois et demi (T3), mais diminue pour C2, C3 et C5.

Le compostage entraîne une augmentation de la CE en raison de la détérioration de la matière organique des substrats utilisés. Selon LARBI (2006), cette dégradation permet la

libération d'ions et de sels minéraux, ce qui entraîne une augmentation de la concentration en ions dans le compost et, par conséquent, de sa conductivité.

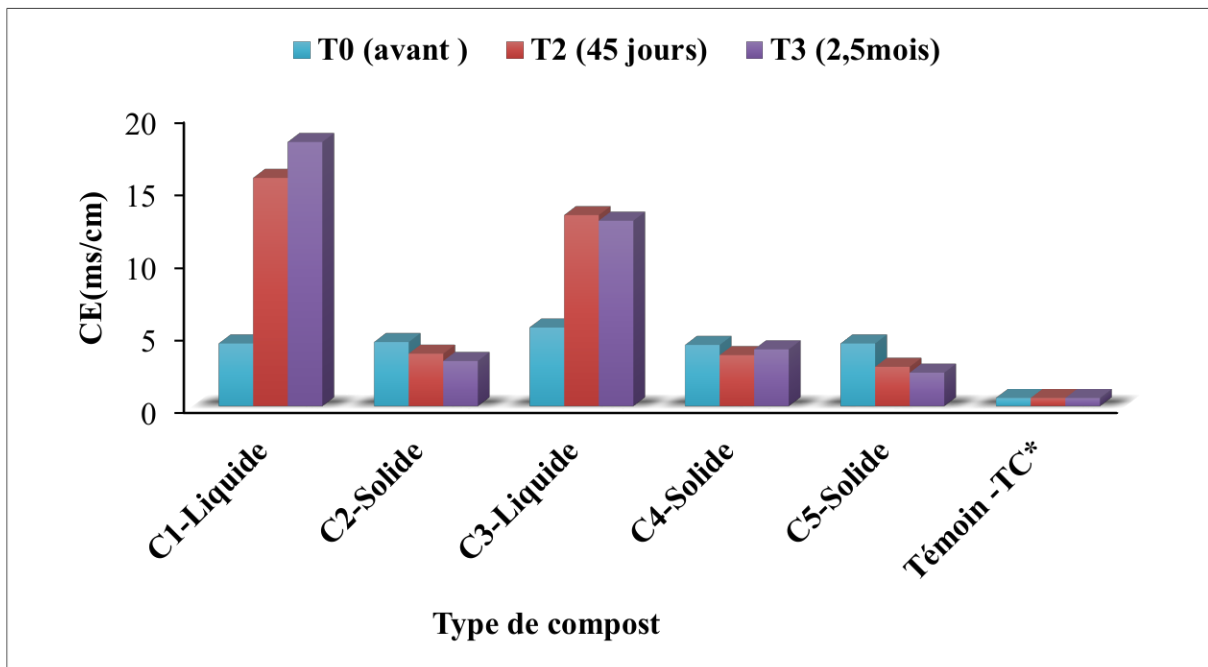


Figure 15. Evolution de la conductivité électrique (ms/cm) pour les cinq types de compost durant trois mois du compostage(Original).

4.3.3. Rapport C/N

D'après les normes internationales (ISO/FDIS 16929,2020), il est recommandé d'avoir un rapport C/N de 20 à 30 pour le mélange des déchets biologiques frais. De plus, selon les normes AFNOR, ce rapport est de 15 à 20 (Konaté et *al.*, 2018). Le rapport C/N diminuant (Figure 25), témoigne d'une évolution des matières organiques vers des formes plus stables et humifiées. Ainsi, ce rapport est perçu comme une mesure de la maturité du compost (Hardy et *al.*, 1993). Selon Chefetzetal., (1998), le rapport C/N diminue en raison de la conversion active du carbone en dioxyde de carbone, ce qui entraîne une baisse des niveaux d'acides organiques dans la masse des déchets à composter.

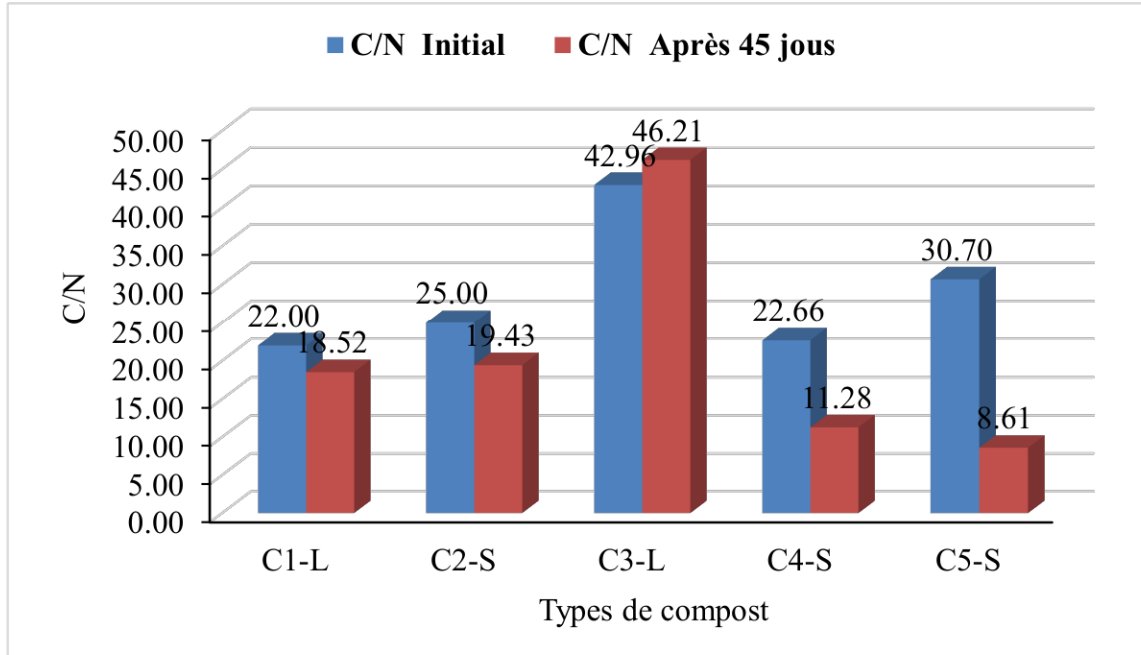


Figure 16. Evolution du rapport C/N après 45 jours de compostage pour les cinq types de compost (Original).

Les résultats obtenus sur une période d'un mois et demi montrent une baisse du rapport C/N dans les composts suivants : C1 (liquide), de 22 à 18,52 ; C2 (solide), de 25 à 19,43 ; C4 (solide), de 22,66 à 11,28 ; et C5 (solide), de 30,70 à 8,61. D'autre part, le Compost C3 (liquide) présente une hausse du rapport C/N, passant de 42,96 à 46,21 %. La présence de ces variations suggère une minéralisation plus active de la matière organique dans les composés C1, C2, C4 et C5. Pendant le processus de compostage, le rapport C/N diminue en raison de la libération du carbone sous forme de CO₂ (Mustin, 1987). La réduction du rapport C/N est due à la conversion active du carbone en dioxyde de carbone, ainsi qu'à une diminution des niveaux d'acides organiques dans la masse des déchets en compostage (Chefetz et *al.*, 1998). La baisse du rapport C/N témoigne d'une conversion des matières organiques en formes plus stables et humifiées, ce qui est un signe de maturité du compost (Hardy et *al.*, 1993). D'autre part, une augmentation du rapport C/N dans le compost C3 laisse entendre qu'il y a une accumulation de carbone ou une minéralisation moins active (Haug, 1993).

4.3.4. Eléments minéraux

4.3.4.1. Analyse de la variance

L'analyse de la variance révèle une influence significative pour le Na⁺, le P₂ O₅ et une influence très significative pour le potassium K⁺ (P<0.000). En même temps, il y a un effet mineur pour les éléments bivalents présents dans le Ca²⁺ et le Mg²⁺ pour les divers types de compost solide et liquide. Le compost C3 présente le rapport C/N le plus élevé (44,580), ce qui suggère une décomposition moins avancée ou une proportion plus élevée de matières carbonées. Le compost C4 se caractérise par des teneurs élevées en Na⁺ et K⁺, ce qui laisse entendre qu'il peut être plus efficace pour retenir ces nutriments. Malgré un bon rapport C/N, le composé C2 contient des concentrations plus basses de Na⁺ et de P₂ O₅ que le composé C4. Malgré l'absence de variations significatives en calcium et magnésium, les variations observées pour les autres minéraux et le rapport C/N indiquent que le compost C4 est parfait pour des apports élevés en potassium, tandis que le compost C2, avec son équilibre nutritif, est conseillé pour une application générale.

Tableau 8. Synthèse de l'analyse de la variance pour les principaux minéraux dans les cinq essais de compostage(Original).

	C/N	Na+(mg/l)	K+	P2O5%	Ca++	Mg++
C4	16,972 aa	179,725 bc	491,405 c d	0,028 b b	984,000 a a	489,800 a a
C2	22,215 aa	93,330 ab	349,710 a b	0,012 ab	1268,000 a a	918,900 a a
C5	19,654 aa	112,005 ab	425,125 b c	0,007 a a	892,000 a a	750,000 a a
C3	44,580 ab	98,775 ab	313,725 ab	0,012 ab	874,000 a a	205,200 a a
C1	20,262 aa	80,560 aa	291,275 a a	0,012 ab	880,000 a a	431,000 a a
Pr > F	0,089	0,001	0,000	0,035	0,698	0,684
Significatif	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non

4.3.4.2. Test de corrélation

Les résultats obtenus (tableau 9) révèlent une corrélation significative entre le K⁺ et le Na⁺ (0,908) et entre le Na⁺ et le P₂O₅ (0.769), ce qui confirme une capacité d'échange significative lors de la transformation de la matière organique en matière minérale lors des étapes du

compostage. Pour récapituler, les grandes corrélations entre Na⁺ et K⁺, ainsi qu'entre Na⁺ et P₂O₅ %, indiquent une corrélation significative entre ces composants chimiques dans l'échantillon de compost analysé. Ces résultats pourraient être attribués à des mécanismes particuliers de transformation de la matière organique en matière minérale lors des différentes étapes du compostage.

Tableau 9. Matrice de corrélation :(Pearson)(Original).

Variables	Na+(mg/l)	K+	P ₂ O ₅ %	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Na+(mg/l)	1	0,908	0,769	0,025	0,076
K+	0,908	1	0,528	0,038	0,230
P ₂ O ₅ %	0,769	0,528	1	0,270	-0,115
Ca ²⁺	0,025	0,038	0,270	1	0,589
Mg ²⁺	0,076	0,230	-0,115	0,589	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

4.3.5. Taux de la matière organique

Les résultats de cette expérience démontrent que la quantité de matière organique diminue considérablement dans la plupart des composts pendant les 45 jours de compostage. En particulier, le compost C1 (liquide) passe de 90 % à 75 % de matière organique, le compost C2 (solide) de 85 % à 65 %, le compost C4 (solide) de 80 % à 50 % et le compost C5 (solide) de 95 % à 45 %. Ces diminutions confirment d'une minéralisation active de l'énergie organique, ce qui implique une transformation efficace des déchets en compost solide et stable. D'autre part, le compost C3 (liquide) présente une diminution plus faible de 75 % à 70 %, ce qui laisse entendre une activité de minéralisation moins intense ou des conditions de compostage moins réussies. Ces résultats correspondent aux changements observés dans le rapport C/N, où une baisse du rapport C/N dans les composés C1, C2, C4 et C5 confirme une transformation active et efficace des matières organiques.

Le taux de matière organique diminuant lors du compostage est principalement dû à l'activité des micro-organismes qui minéralisent les substances organiques pour leur utilisation

dans leur métabolisme (Tahraoui, 2013 ; Calvet et *al.*, 2011). Devisscher (1997) affirme aussi que les modifications observées dans la matière organique du compost sont fortement déterminées par l'activité des micro-organismes et leurs mécanismes enzymatiques.

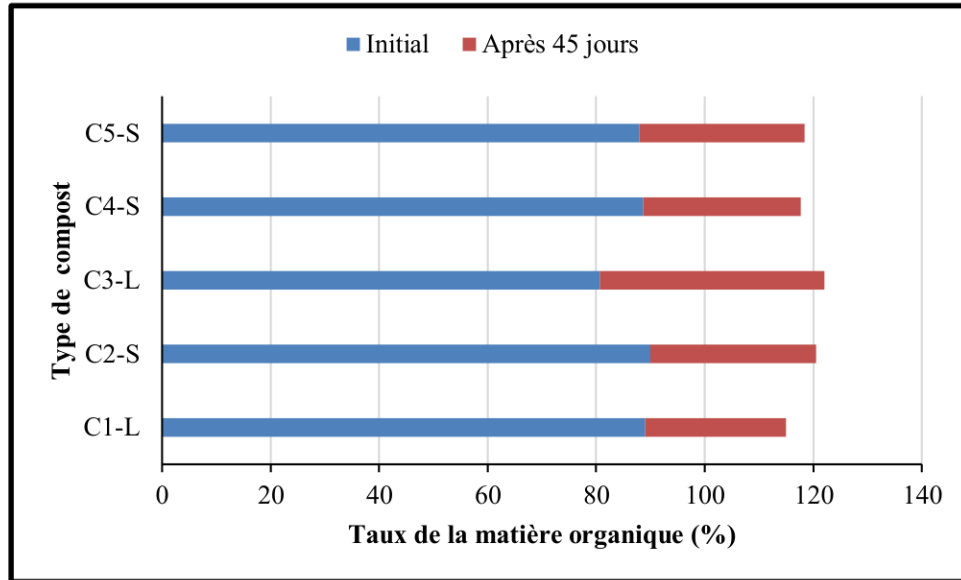


Figure 25. Evolution et la matière organique durant 45 jours du compostage (Original).

4.4. Paramètres microbiologiques

4.4.1. Germes bactériens

La sensibilité des bactéries testées aux extraits utilisés dans ce test n'a pas été mise en évidence. Selon une étude du Hollandais Bollen (1984) du département de phytopathologie de l'université d'agriculture de Wageningen, la température élevée pendant le compostage explique l'élimination presque totale des germes à des températures allant de 40 à 70 °C (Devisscher, 1997).

L'analyse microbiologique confirme les études de Charnay (2005), qui montrent que le compostage permet une élimination complète des germes pathogènes. En outre, Petit et *al.*, (2007) ont mis en évidence l'activité antibactérienne du *Zizyphus*, en identifiant des flavonoïdes présents dans le *Zizyphus lotus* qui ont des propriétés antimicrobiennes. Les composts obtenus à partir des déchets agricoles sont généralement dépourvus de germes pathogènes et de métaux lourds, ce qui les rend plus performants que ceux issus des déchets urbains (Ademe, 2001 ; Koledzi et *al.*, 2011).

4.4.2. Germes fongiques

Les champignons présents dans le compost favorisent l'amélioration de la biodiversité des sols épuisés. Effectivement, l'incorporation de compost dans le sol entraîne une augmentation de la population de micro-organismes de 1000 fois (Lazarovits, 2001).

Les résultats obtenus avant le compostage indiquent en effet que les divers extraits de compost ont des effets différents sur l'inhibition des pathogènes. De manière générale, *Sclerotinia sclerotiorum* semble être le plus touché, en particulier avec l'extrait EXT 5 qui montre une inhibition de 70 %. En outre, *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici* et *Mauginieilla Scaettae* présentent des niveaux d'inhibition importants, atteignant environ 50-55 %. À l'inverse, *Bipolaris sp Scaettae* est le plus touché, notamment avec les extraits Ext 1 et Ext 4, qui présentent des inhibitions inférieures à 20 %. La performance des extraits de compost dépend donc du type de pathogène et de l'extrait employé. De nombreux travaux scientifiques ont prouvé que les composts ont la capacité de lutter contre les microorganismes phytopathogènes, notamment ceux qui se propagent par le sol (Stone et *al.*, 2004). D'autres études (Scheuerell et Mahaffee, 2004) ont démontré que l'utilisation d'extraits de compost peut être efficace pour combattre différentes maladies foliaires, comme la pourriture grise des fraises, le mildiou de la pomme de terre et du raisin, etc.

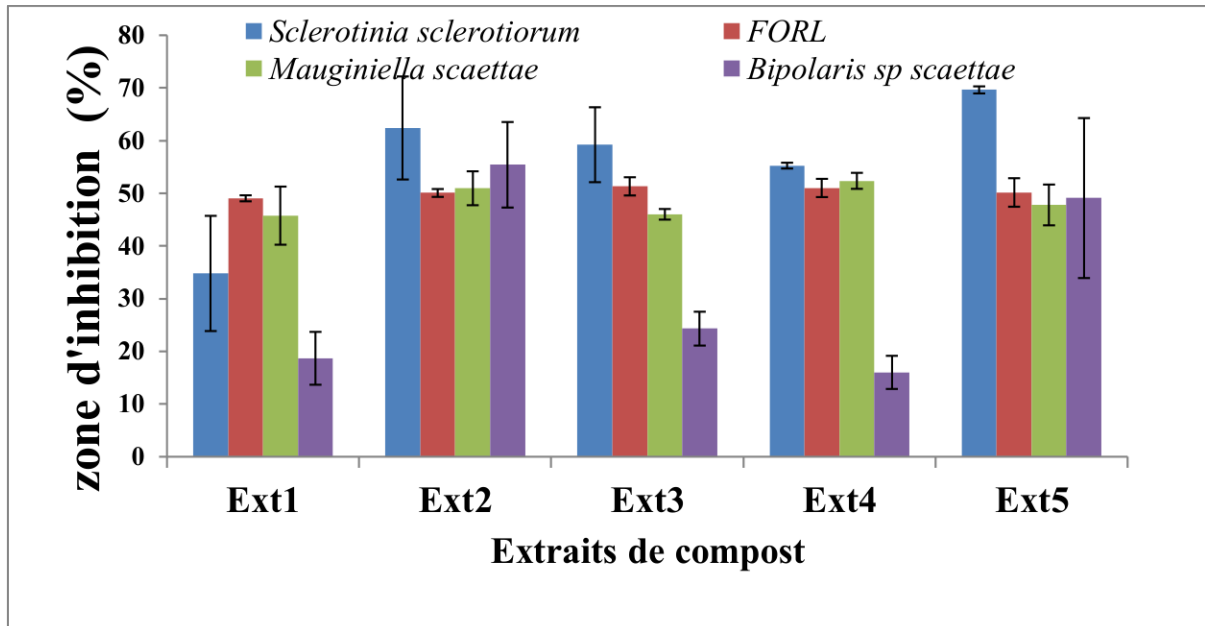


Figure 17.Activité antifongique de substrat initial pour cinq extraits de compost (Ext1. C1-L ; Ext2 :C2-S ; Ext3 :C3-L ; Ext4 :C4-S ;Ext5 : C5-S) (Original).

Après une période de dégradation de 45 jours (Figure 28), il est évident que les différents extraits de compost ont conservé ou amélioré leur capacité d'inhibition des pathogènes étudiés par rapport aux résultats obtenus avant un compostage.

L'inhibition de *Sclerotinia sclerotiorum* par les extraits est toujours très forte, avec une augmentation significative de l'efficacité de l'extrait Ext5, atteignant environ 65 %. Les résultats initiaux sont similaires à ceux de *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici*(FORL) et *Mauginiella Scaettae*, qui maintiennent des taux d'inhibition constants de 50 à 55 %. Avec tous les extraits, *Bipolaris sp scaettae* présente une amélioration notable de l'inhibition, notamment avec Ext5 qui atteint environ 65 %.

Il semble que ces résultats indiquent que le compostage a eu un impact positif sur l'efficacité des extraits de compost, en particulier pour *Bipolaris sp Scaettae*, qui était initialement moins impacté. L'inhibition des pathogènes est généralement maintenue ou améliorée après 45 jours de compostage, ce qui suggère que la dégradation du compost n'a pas altéré ses propriétés inhibitrices et les a même renforcées dans certains cas.

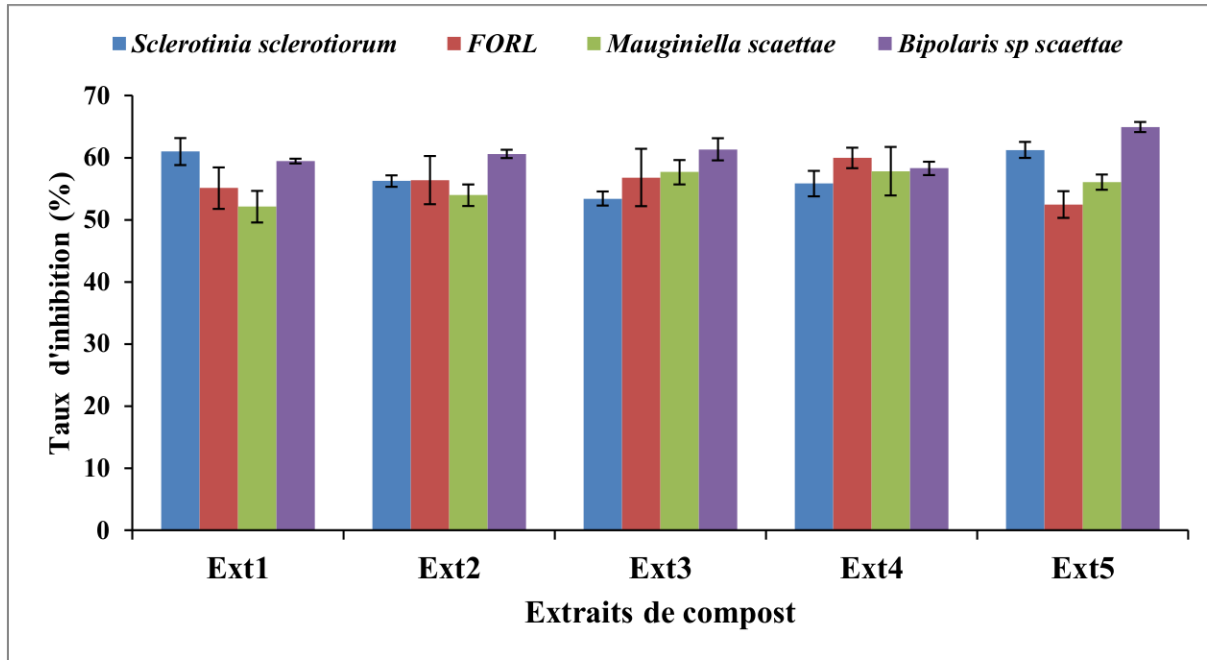


Figure 18. Activité antifongique du substrat après 45 jours de compostage pour cinq extraits de compost. (Ext1. C1-L ; Ext2. C2-S ; Ext3 : C3-L ; Ext4 : C4-S ; Ext5 : C5-S) (Original).

4.5. Test de phytotoxicité

Après avoir mis les graines dans le compost solide, il a été observé que le terreau est le compost le plus efficace pour la germination des graines, avec un taux de 66,67 %. Le compost C5 a également une efficacité satisfaisante, avec un taux de germination de 63,10 %, un peu moins élevé que celui du terreau et peut être expliqué par la qualité des eaux souterraines. La performance des composts C2 et C4 est moins bonne, avec des taux de germination similaires et les plus bas parmi les composts testés, à savoir 47,62 % et 47,02 % respectivement.

En parallèle, après avoir semé les graines dans le sol et arrosé avec du compost liquide, on observe que Le compost C5 a montré une efficacité notable avec un taux de réussite de 49,4 %. Ensuite, le Compost C3 a présenté une efficacité modérée, atteignant un taux de 39,8 %. En ce qui concerne le Compost C1, il s'est avéré être le moins efficace pour favoriser la germination des graines, avec un taux de 26,79 %. Cela est justifié par l'influence de la qualité du sol utilisé à texture compacte (Limono-argileuse).

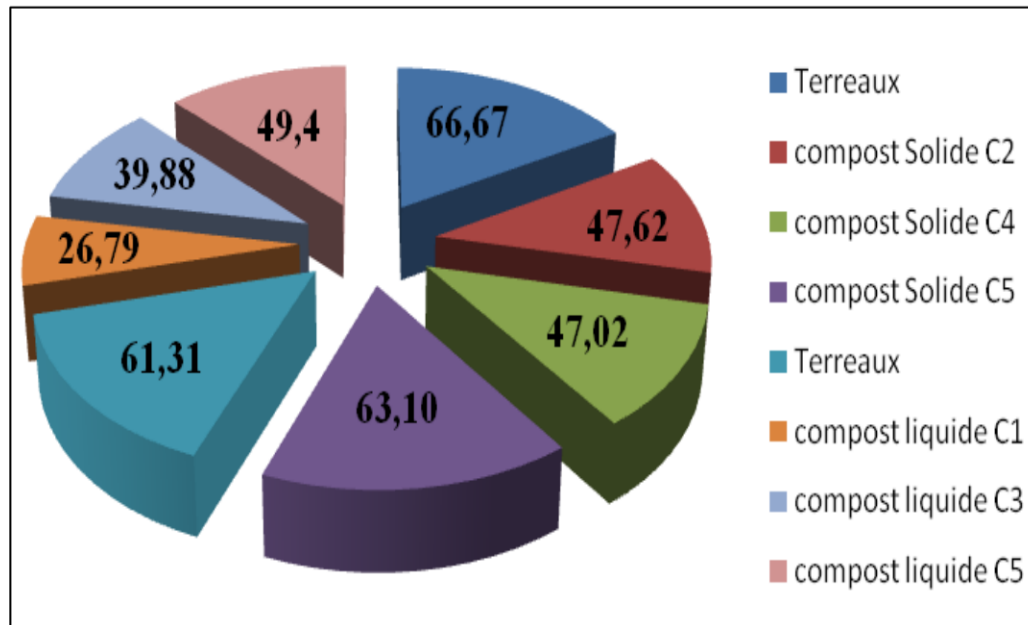


Figure 19. Taux de germination pour les cinq types de compost après 45 jours de dégradation (Original).

Après avoir surveillé quotidiennement le taux de germination de chaque graine et compost, qu'il soit solide ou liquide, ainsi que Terreaux, il a été constaté ce qui suit :

Pour le compost solide, nous avons remarqué que le compost C5 et terreaux sont les premiers en termes de germination avec des taux respectifs de 63,10 % et 66,67 %, suivis par le compost C4 à 47,02 %, et enfin le compost C2 à 47,62 %.

Quant au compost liquide, il a été constaté que le compost C5 et terreaux sont les premiers en termes de germination avec des taux respectifs de 61,31 % et 49,4 %, suivis par le compost C3 à 39,88 %, et enfin le compost C1 à 26,79 %.

En conclusion, nous pouvons déduire que les composts C5 et terreaux sont les meilleurs pour la germination des graines.

Conclusion

Conclusion

Dans notre étude économique, nous avons examiné la situation de l'exportation et de l'importation des engrais agricoles à l'échelle mondiale, et plus précisément en Algérie. Dans cette situation, nous avons remarqué que l'orientation et l'expansion vers les marchés extérieurs sont devenues cruciales pour notre économie, en dehors du secteur des hydrocarbures.

En outre, la consommation croissante d'engrais chimiques a des répercussions importantes sur la santé humaine et sur d'autres éléments des écosystèmes. Cette consommation excessive et l'usage irrationnel des engrais chimiques par les agriculteurs ne sont pas les seuls risques. De plus, les frais élevés de ces engrais, notamment pour les engrais organiques sans additifs chimiques, entraînent toujours des conséquences à long terme qui diffèrent selon la nature et la provenance des déchets organiques valorisés (origine domestique, usine...).

En ce qui concerne notre région d'étude, les sols des zones arides et semi-arides sont peu fertilisés et sont très faibles, voire inexistantes, en matière organique fertilisante, en plus des conditions climatiques instables. Bien que les conditions soient difficiles, la culture du palmier dattier demeure prédominante dans ces régions.

Aujourd'hui, l'accumulation et la mauvaise gestion des matières résiduelles des palmiers dattiers constituent un enjeu environnemental important dans la région de Biskra, en raison de leur pollution importante. À cette question, notre étude propose une méthode de compostage de ces déchets, ce qui permet de produire deux types de compost liquide et solide. Le compostage est réalisé à partir des matières résiduelles des palmiers, de fumiers de volailles et mixtes (bovins et ovins), ainsi que les feuilles de la plante *Zizyphus lotus* (Sidr), connue pour ses aptitudes phytosanitaires.

Pendant une période de compostage de trois mois, un suivi régulier a été réalisé afin de mesurer différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques. Le processus de compostage a duré un mois pour le compost liquide et trois mois pour le compost solide. Diverses analyses ont été réalisées afin d'évaluer la qualité du compost, telles que des analyses physiques (température, pH, humidité), physicochimiques (pH, conductivité électrique), chimiques

(phosphore, calcium, magnésium, potassium, sodium, taux de matière organique, rapport carbone/azote), microbiologiques et des tests de germination.

La température initiale des composts était comprise entre 30 et 40 °C. Les composés solides (C2, C4, C5) ont atteint la phase thermophile à 46 °C, tandis que les composés liquides (C1, C3) ont atteint leur point culminant à 38 °C et se sont stabilisés à 35 °C entre 61 et 89 jours. Au cours des 20 premiers jours, le pH a baissé, se stabilisant plus rapidement pour les composts liquides que pour les solides. Le pH optimal pour les composts solides était de 6,5 à 8, tandis que pour les composts liquides, il était de 5,5 à 6,5. Par contre, en ce qui concerne la tourbe commerciale sous le nom KEKKILA PROFESSIONAL. On constate une baisse du pH de 3,5 à 4,5. C2 et C5 présentaient une humidité légèrement supérieure (26 %) à celle de C4 (25 %) et du témoin (23 %), par rapport à l'humidité de la tourbe commerciale de 65 %.

D'après les analyses physico-chimiques, tous les composés ont connu une augmentation du pH après 45 jours, puis une diminution après deux mois et demi. La conductivité électrique (CE) des composés C1 et C3 a également augmenté, atteignant respectivement 15,47 et 13,18 mS/cm après 45 jours. D'un autre côté, la tourbe commerciale présente une conductivité électrique faible. Le rapport C/N des composés C1, C2, C4 et C5 a diminué, ce qui indique une minéralisation active, tandis que le rapport C/N du composé C3 a augmenté.

Les résultats de l'étude ont révélé des niveaux élevés de sodium (Na⁺) dans tous les composts, allant de 80,560 mg/l dans le compost liquide C1 à 179 725 mg/l dans le compost solide C4. L'analyse a également mis en évidence une forte concentration de potassium (K⁺), allant de 291 275 mg/l dans le compost liquide C1 à 491 405 mg/l dans le compost solide C4. Par contre, les teneurs en phosphore (P₂O₅) étaient assez basses, allant de 0,007 % dans le compost solide C5 à 0,028 % dans le compost solide C4. Les teneurs en calcium (Ca²⁺) et en magnésium (Mg²⁺) étaient assez faibles dans tous les composés.

La corrélation entre le sodium (Na⁺) et le potassium (K⁺) a été très forte (0,908) et entre le sodium (Na⁺) et le phosphore (P₂O₅) (0,769). Dans la plupart des composts, l'étude a également révélé une diminution importante de la matière organique, ce qui témoigne d'une conversion efficace des déchets en un compost stable et mature. À ces analyses s'ajoutent les analyses des métaux lourds, même si le compost est dépourvu de ces métaux, car il est constitué de matières naturelles. Cette analyse n'a pas pu être achevée en raison du manque d'équipements adéquats.

Après un processus de compostage de 45 jours, les extraits de compost ont maintenu ou renforcé leur capacité à inhiber les pathogènes étudiés, en particulier avec une inhibition élevée de *Sclerotinia sclerotiorum*, atteignant environ 65 % pour l'extrait Ext5. Les taux d'inhibition pour *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersicet* et *Mauginieilla Scaettae* ont maintenu leur niveau constant, allant de 50 à 55 %. Parmi ces espèces, *Bipolaris sp Scaettae* a connu une amélioration significative, atteignant également environ 65 % avec l'extrait Ext5.

Selon ces résultats, il est possible que le compostage ait renforcé les propriétés inhibitrices du compost, même pour les pathogènes initialement moins touchés tels que *Bipolaris sp Scaettae*. En ce qui concerne la germination des graines, le terreau a été le plus efficace, avec un taux de germination de 66,67 % pour le compost solide. Le compost C5 s'est également avéré performant à 63,10 %, légèrement inférieur au terreau, probablement en raison de la qualité des matières premières utilisées. Par contre, parmi les composts testés, les composts C2 et C4 ont affiché les taux de germination les plus faibles, avec respectivement 47,62 % et 47,02 %. En ce qui concerne le compost liquide, le compost C5 a également été le plus performant avec un taux de germination de 61,31 %, suivi du terreau avec 49,4 %.

Le compost C3 a démontré une efficacité moyenne de 39,88 %, tandis que le compost C1 a enregistré le taux le plus bas de 26,79 %, ce qui s'explique par la texture compacte et limono-argileuse du sol utilisé. En bref, les composts C5 et le terreau ont été les plus efficaces pour la germination des graines, que ce soit en compost solide ou liquide, mettant ainsi en évidence leur potentiel agronomique dans les méthodes de culture durable.

Références bibliographique

Références bibliographiques

A

A.N.D.I. (2013). Wilaya de Biskra. Invest in Algeria. Agence nationale de développement de l'investissement.

Abdoul-Azize, S. (2016). Potential benefits of jujube (*Zizyphus Lotus L.*) bioactive compounds for nutrition and health. *Journal of nutrition and metabolism*, 2016.

Aberlenc-Bertossi F (ED.).2010. Biotechnologies du palmier dattier : actes du 3ème séminaire du réseau AUF-BIOVEG. Marseille : IRD, (Colloques et Séminaires). Séminaire du RéseauAUF-BIOVEG.Agence Universitaire de la Francophonie-Biotechnologies Végétales : Biotechnologies du Palmier Dattier, 3., Montpellier (FRA), ISBN 978-2-7099-1691-2. ISSN 0767-2896.

Aboulam, S. (2005). Recherche d'une méthode d'analyse du fonctionnement des usines de tri-compostage des déchets ménagers. *Fiabilité des bilans matière* (Doctoral dissertation).

Absi R., 2008. Essai de mise au point d'un compost d'origine urbaine. mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en Agronomie. Université Mohamed Khider Biskra.

Ademe (2001). "Le compostage des déchets organiques des ménages en Allemagne - Etat de l'art et retours d'expérience." Paris, France.188.

Almi, K., Benchabane A.,S. Lakeland A. Kriker,2015. Potential utilization of date palm wood as composite reinforcement. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 34(15), 1231-1240.

Armand., 2023. Les différents types de compostage : anaérobie, aérobie, lombricompostage. Récupéré de <https://www.agrapresse.fr>

Asnour M.2017. Optimisation de la gestion des déchets ménagers dans quelques villes de l'Ouest algérien. Thèse de doctorat.12p.

Attrassi. B, Krimou.D et Mrabet. L., 2000. Etude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers, *Revue de Microbiologie Industrielle Sanitaire et Environnementale*. N°1, p: 23-30.

B

Ben Mbarek et Deboub, 2015, Valorisation des sous-produits du palmier dattier et leurs utilisations. Mémoire Master.SciencesBiologiques.: Biologie et Valorisation des Plantes Université UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUE.98p

Références bibliographiques

Biekre, A. H. T., Tie, B. T., & Dogbo, D. O. (2018). Caractéristiques physico-chimiques des composts à base de sous-produits de ferme de Songon en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1), 596-609.

Borgi, W., Ghedira, K., & Chouchane, N. (2007). Antiinflammatory and analgesic activities of *Zizyphus lotus* root barks. *Fitoterapia*, 78(1), 16-19.

Boutouga F, 2021. Gestion intégrée des ressources en eaux dans le Zab de Biskra (sud-est algérien) doctorat en sciences spécialité : hydrogéologie. Université Badji Mokhtar –annaba.245p.

C

Chahma, A. & Longo, H. (2001). Valorisation des sous-produits du palmier dattier vue de leur utilisation en alimentation du Bétail. Rev: Energ Ren : Production et valorisation - Biomasse.

Chaib.M., Ben ali. 2021.A Suivi des paramètres physico-chimiques de compostage des déchets des palmiers dattiers en utilisant les déchets du thé et du café. Mémoire de master. UNIVERSITE AHMED DRAIA -ADRAR-.

Charnay F. 2005. Compostage des déchets dans les Pays en Développement : élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de doctorat, Université de Limoge (France), 448p.

Chehema A.et al, 2001 : Valorisation des Sous-produits du Palmier Dattier en Vue de leur Utilisation en Alimentation du Bétail ; Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation –Biomasse, (2001).

Chehema, A., Longo, H.F., et al., 2001. Valorisation des sous-produits du palmier dattier en vue de leur utilisation en alimentation du bétail. Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation Biomasse, 59-64

D

Dedi N. K. J. 2007. Inventaire des champignons d'une litière d'élevage et de substrats d'incubation d'œufs d'*Achatina fulica* Bowdich : influence sur le taux d'éclosion et la durée d'incubation. Diplôme d'Etudes Approfondies. Université d'Abobo-Adjamé 48p.

Devisscher S., 1997. Le compost. Mémoire D.E.S.S., université Picardie. p: 60.

Djellil, F., Safi, M., & Senouci, F. (2020). *Influence de l'emballage et les conditions de stockage sur les paramètres physicochimiques de l'eau minérale commerciale* (Doctoral dissertation, université ibn khaldoun-tiaret).

Djerbi, M., 1994. Précis de phoéniculture. FAO, 192 p.

Références bibliographiques

Dommergues y. Et mangelot F., 1970. Ecologie microbienne du sol. Ed. Masson & Cie ; Paris, 796p.

E

El fels L., 2014- Suivi physico-chimique, microbiologique et écotoxicologique du compostage de boues de STEP mélanges a des déchets de palmier: validation de nouveaux indices de maturité. Thèse de doctorat. Université de Toulouse

Elhadrami I., Elhadrami A., 2009. Breeding date palm Breeding plantation tree crops: Tropical species, Springer: 191-216.

Erich, M. S., Fitzgerald, C. B., & Porter, G. A. (2002). The effect of organic amendments on phosphorus chemistry in a potato cropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(1), 79-88.

F

Favérial, J., Cinna, J. P., & Sierra, J. J. (2012). Guide du compostage domestique: un tas d'avantages!.

Fischer ES and Bremer E (1993) Influence of magnesium-deficiency on rates of leaf

Francou C., 2003. Stabilisation de la matière organique au cours du compostage des déchets urbains : influence des déchets et du procédé de compostage. Recherche d'indicateurs pertinents. Thèse-doc. Inst. Nat. Agro. Paris Grignon, 288p.

G

Groegaert, J., (1958) : Recueil des modes opératoires en usage au laboratoire central d'analyse de l'INEAC.

H

Haddouchi, F., Zerhouni, K., Sidi-Yekhelef, A., & Chaouche, T. M. (2016). Évaluation de l'activité antimicrobienne de différents extraits d'*Helichrysum stoechas* subsp. *rupestre*. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 85, 152-159.

Humeau. PH, Le cloirec. P., 2010- Emissions gazeuses et traitement de l'air en compostage. Edition. Techniques Ingénieur.

I

Références bibliographiques

Ibrahim A.O, 2019 .Palm growing and the quality of turban between environmental factors and programmes .service. care. support for the Khalifa international prize for palmer and agricultural innovation. Abu Dhabi, United Arab Emirates. p. 24-88-324-376-380.

Idder-ighili H., 2008.Interactions entre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera-Pyralidae) et quelques cultivars de dattes dans les palmeraies de Ouargla. Mémoire de master. Université Kasdi Merbah – Ouargla.

Ikram, M., Ogihara, Y. and Yamasaki, K. (1981), “Structure of a new saponin from *Ziziphus vulgaris*”, *Journal of Natural Products*, Vol. 44 No. 1, pp. 91-93.

J

Jammes CH., 2007.Co-valorisation d’effluents graisseux et de résidus lignocellulosiques : Déshydratation mécanique et compostage .Thèse doct.N°9, Université de Limoges,214p ;

Johan D, 2005.- Gestion des déchets de Jussie par le compostage : Etude réalisée par l’INRA au profit de la Direction Régionale de l’environnement du comité des Pays de la Loire, 36 pp.

L

Larbi M. 2006. Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques. Thèse de Doctorat Es-Sciences,. Faculté des Sciences de l'Université de Neuchatel, Institut de Botanique, 140pp.

M

M. A. Sánchez-Monedero, A. Roig, C. Paredes, and M. P. Bernal. 2001 .“Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures,” *Bioresour. Technol.*, vol. 78, no.3, pp. 301–308.

Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd edn. London: Academic Press.

Meradi S, Dakhia N et Aouachria M 2016: Déchets de palmeraie: alternative alimentaire du cheptel prometteuse en régions arides Algérie. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 28, Article #163. Retrieved June 19, 2024, from <http://www.lrrd.org/lrrd28/9/mera28163.html>

Misra, R. V., Roy, R. N., &Hiraoka, H., 2005. Méthodes de compostage au niveau de l’exploitation agricole. *FAO. ed. Rome*.

Munier P., 1973.Le palmier dattier. Ed G-P Maisonneuve, la rose. Coll. Techniques Agricoles et Productions Tropicales.Paris.217p.

Mustin, M., 1987. Le compost, Gestion de la matière organique. Edition François Dubusc. 954 p.

Références bibliographiques

N

Nova Envirocom., 2002.Le compostage facilité : Guide sur le compostage Domestique ,107p.

O

Olivier M.J., 2004. Gestion des matières résidu elles au Québec, les productions jaques Bernier, Saint-Lambert de Lanzon, Québe, 311p.

Ouennoughi, M., 2004. Maintien des pratiques de cultures phoenicicoles oasiennes. 377 -390 pp.

Pauwels, J.M ; Van ranst, E. ; Verloo,M.& Mvondo, Z.E.A.1992.Manuel de laboratoire de pédologie :Méthode d'analyse de sols et de plantes, Equipements, Gestion de stocks de Verrerie et de produits chimiques publication Agricoles. Bruxelles, 256p ;

Petit P et al. (2007). Crystal Structure of grape dihydroflavonol 4-ruductase, a key enzyme in flavonoid biosynthesis. Mol. Biol, 368:1345-1357. plantes médicinales 2013terre éditions

Pottier, A. G. (1981). Flora of Tunisia Angiospermes-Dicotyledones, Apetales-Dialypetales. Programme Flore et Végétation Tunisiennes.

R

Rais, C., Driouch, A., Slimani, C., Bessi, A., Balouiri, M., El Ghadraoui, L., ... & Al Figuigui, J. (2019).Antimicrobial and antioxidant activity of pulp extracts from three populations of Ziziphus lotus L. *Nutrition & Food Science*, 49(6), 1014-1028.

Rick Carr.,2020.Thé de compost: un guide pratique. rodaleinstitute.org.

Romani M ., Bezzalla N., 2006.Essai du compostage des sous produits du palmier dattier. Thèse.Ing.Agro, 25p.

Romani, M ; Bezzala, A.M ; Lakhdari, F ; 2007.Valorisation des sous produits du palmier dattier comme amendement des sols .Journal Algérien des Régions Arides, Rev.Scie annuelle n°6, Biskra Algérie. Pp49-58.

S

Salaheddine R., 2006. Caractérisation physico-chimique et valorisation des boues résiduairees urbaines pour la confection de substrats de culture en pépinière hors sol. Thèse.Ing.Agro, Batna, 84p.

Scheuerell & Mahaffee 2006. Variability Associated with suppression of gray mold (*Botrytis cinerea*) on Geranium by foliar applications of non-aerated and aerated compost teas. Plant Dis. 90:1201-1208

Références bibliographiques

Sedra M. H., 2003. Le palmier Dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc Techniques phoénicoles et Création d'oasis, INRA, p 22.

Sellami Hadjer, 2021. Etude de l'efficacité du compost de débris du palmier dattier et fiente de volaille sur le rendement de la tomate sous serre dans la région de Biskra, mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra, 70p.

Slimani D., 2005. La gestion des déchets ménagers dans la ville d'Ouargla avec un essai de compostage. Thèse d'Ing.ECO. Veg-Env. ITAS, Ouargla, 111p.

Soltner., 2000. Les bases de la production végétal .Tome I. Le sol et son amélioration. 22ème éditions. Ed. Sciences et Techniques agricoles, Angers, 471p.

Strasser, R. J., & Schansker, G. Paramètres photosynthétiques affectant le transport d'électrons à travers le pool de plastoquinone: la densité des photosystèmes I, le contenu de chlorophylle et l'activité d'une plastoquinol-oxydase.

T

Tahraoui N., 2013. Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 244p.

Texte norme AFNOR T90-003 (1984).

Texte norme AFNOR T90-016 (1984).

Texte norme AFNOR T90-019 (2019).

Tirichine, L. 1997. Molecular genetics of a model-plant: *Medicago truncatula*. In Biological Fixation of Nitrogen for Ecology and Sustainable Agriculture (pp. 259-262). Berlin, Heidelberg: Springer

Toutain G. 1967. Le palmier dattier. Culture et production. I.N.R.A.M., Al Awama, Pp :83-151.

Troy Buechel.,2023. Utilisation de thés de compost avec les substrats sans sol. phorticulture.

W

White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of botany*, 92(4),487-511.

Z

Zegels A., 2012. Composter les déchet organique ,Guide des bonnes pratiques pour la transformation des déchets de cuisine et de jardin ,Claude DELBEUCK,DGARNE 15 , Avenue Prince de Liège-5100jambes , SPW , ISBN9778-2-8056-0109-5

Znaïdii., 2001. Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Thèse de Master de

Références bibliographiques

science degré méditerrané en organique agriculture, C.I.H.E.A. M Méditerrané en Agronomique
Institute of BARI, 85p.

Annexes

Annexe A

Synthèse climatique

✓ **Température**

Toutes les espèces et communautés vivantes dans la terre sont gérées par la température, qui est un facteur limitant. La région de Biskra se trouve dans une zone aride où les températures sont élevées (Barbault, 2000, Ramade, 2002 ; Guemmaz, 2023).

Selon le tableau 1, (Annexe A), les températures mensuelles de la région de Biskra pour la période de 2010 à 2022

Tableau 1. Températures moyennes mensuelles (en °C) de la région de Biskra durant la période (2010-2022) (O. N. M, 2023).

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Tmoyen.(°C)	12,4	13,91	17,38	22,08	26,55	32,2	35,3	34,4	30	23,9	17,3	13,6
T (max) (°C)	18	19,68	22,92	27,96	32,53	35,5	38,7	37,6	35,7	29,6	22,7	18,8
T (min)(°C)	7,08	8,37	10,89	15,67	19,86	25,3	28,5	28,1	24,2	18,3	12,3	8,28

✓ **Précipitations**

D'après le tableau 2, annexe A, nous avons remarqué que la précipitation moyenne annuelle dans la région de Biskra est de 23,01 mm, et qu'une sécheresse a été enregistrée au mois de juillet avec une précipitation de 0,54 mm.

Tableau 2. Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région de Biskra, durant la période (2010-2022) (O.N.M, 2023).

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Précipitation (mm)	7,9	4,4	14,3	17,9	13,1	3,9	0,5	2	15,2	23	8,9	5

✓ **Diagramme ombrothermique**

Selon Bagnouls et Gaussem (1953), un mois est considéré comme sec lorsque la quantité totale de précipitations en millimètres est inférieure ou égale à deux fois la température moyenne en degrés Celsius. (Dajoz, 1971 ; Mutin, 1977). La saison sèche est répartie sur toute l'année selon les graphiques tracés pour notre zone d'étude (Figure B).

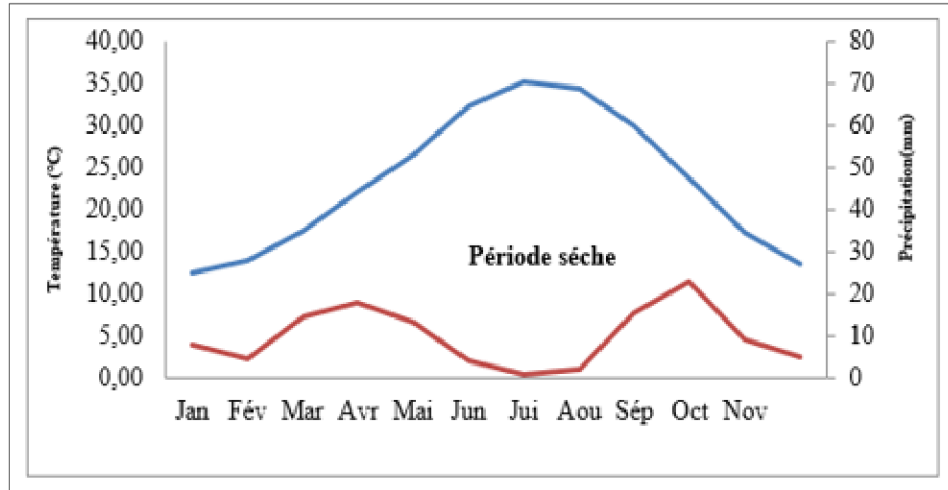


Figure B. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Biskra durant la période (2010/2022).

2.2.Climagramme d'Emberger

Ce quotient prend en compte la quantité de précipitations annuelle et les températures maximales moyennes du mois le plus chaud. Emberger (1933-1955) a proposé la formule suivante pour définir les différents types de bioclimat en région méditerranéenne :

$$Q2 = \frac{100P}{(m + m)/2(M - m)}$$

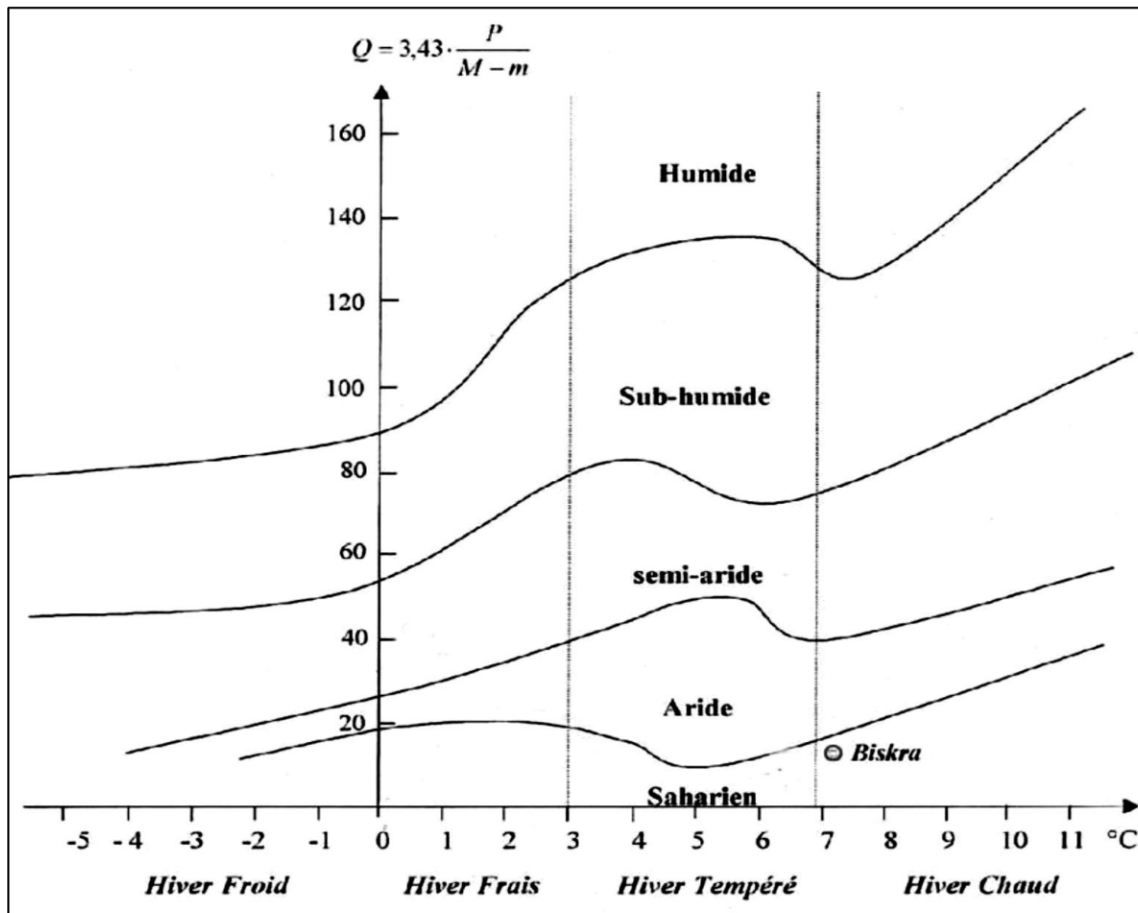
Q2 : Quotient pluviométrique. **P** : pluviosité moyenne annuelle (mm). **M** : Moyenne des maximas du mois le plus chaud (°C) ; **m** : moyenne des minimas du mois le plus froid (°C).

Mm/2 : Température moyenne (°C) ; **M-m** : Amplitude thermique (°C).

Pour l'Algérie, Stewart, (1969) en simplifiant, la formule d'EMBERGER, comme suite :

$$Q2 = \frac{3,43P}{M - m} = 12,60$$

D'après le graphique Climagramme d'Emberger, la figure B , a permis de classer la zone de Biskra, dans l'étage bioclimatique saharienne avec un hiver chaud.



FigureB. Climagramme d'Emberger de la région de Biskra durant la période 2010-2022.

Résumé

Résumé

L'objectif de ce travail est d'appliquer une technologie innovante pour le compostage des sous-produits des palmiers dattiers afin de créer un nouveau compost à base de matières résiduelles de palmiers dattiers sous deux formes : liquide et solide. Ce travail a été réalisé dans la région de Biskra, connue pour sa vaste plantation en palmiers dattiers. La température, le pH et l'humidité ont été enregistrés régulièrement pendant les trois mois de compostage afin d'évaluer ces caractéristiques physico-chimique et microbiologique de chaque type de compost. Les résultats ont montré que la température moyenne des composts solides atteignait 46 °C, pour les composts liquides atteignait 38 °C. Pour le pH des composés C2, C3, C4 et C5 était stable à 7, tandis que celui du composé C1 était stable à 6. De plus, une augmentation de CE(ms/cm) et une diminution du rapport carbone/azote. Le pourcentage de matière organique a baissé, passant de 90 % à 75 % pour le compost C1, de 85 % à 65 % pour le compost C2, de 80 % à 50 % pour le compost C4 et de 95 % à 45 % pour le compost C5. Le compost C3 a enregistré une diminution plus faible, passant de 75 à 70 %. Quant au taux de germination, les composts solides ont été les plus efficaces avec des taux respectifs de 63,10 % et 66,67 %, suivis du compost C4 avec 47,02 % et du compost C2 avec 47,62 %. La germination des composts liquides a été la plus élevée pour le compost C5 et le terreau, avec respectivement 61,31 % et 49,4 %, suivie du compost C3 avec 39,88 % et du compost C1.

Mots-clés : Biskra, palmier dattier, compostage, compost liquide, *Zizyphus lotus*, *Phoenix dactylifera L.*

The aim of this work is to apply an innovative technology for composting date palm by-products to create a new compost based on date palm residual materials in two forms: liquid and solid. The work was carried out in the Biskra region, known for its extensive date palm plantations. Temperature, pH and humidity were recorded regularly during the three months of composting, in order to evaluate the physico-chemical and microbiological characteristics of each type of compost. The results showed that the average temperature for solid composts was 46°C, and 38°C for liquid composts. The pH of compounds C2, C3, C4 and C5 was stable at 7, while that of compound C1 was stable at 6. There was also an increase in EC (ms/cm) and a decrease in the carbon/nitrogen ratio. The percentage of organic matter decreased from 90% to 75% for Compost C1, from 85% to 65% for Compost C2, from 80% to 50% for Compost C4 and from 95% to 45% for Compost C5. Compost C3 showed a smaller decrease, from 75% to 70%. In terms of germination rates, solid composts were the most effective at 63.10% and 66.67% respectively, followed by C4 at 47.02% and C2 at 47.62%. Germination of liquid composts was highest for compost C5 and potting soil, at 61.31% and 49.4% respectively, followed by compost C3 at 39.88% and compost C1.

Key words: Biskra, date palm, composting, liquid compost, *Zizyphus lotus*, *Phoenix dactylifera L.*

الملخص

الهدف من هذا العمل هو تطبيق تقنية مبتكرة لتحويل المنتجات الثانوية لنخيل التمر إلى سماد جديد يعتمد على مخلفات نخيل التمر في شكلين: سائل وصلب. تم تنفيذ العمل في منطقة بسكرة، المعروفة بزراعة لنخيل التمر الواسعة. تم تسجيل درجة الحرارة، درجة الحموضة (pH) والرطوبة بانتظام خلال فترة الثلاثة أشهر من التسميد، لتقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لكل نوع من السماد. أظهرت النتائج أن متوسط درجة الحرارة للسماد الصلب كان 46 درجة مئوية، و 38 درجة مئوية للسماد السائل. كانت درجة الحموضة للمركبات C2، C3، C4، و C5 مستقرة عند 7 بينما كانت درجة الحموضة للمركب C1 مستقرة عند 6. كما كان هناك ارتفاع في التوصيلية الكهربائية (EC) وانخفاض في نسبة الكربون/النيتروجين (C/N). شهدت نسبة المادة العضوية انخفاضاً، حيث تراوحت من 90% إلى 75% للسماد C1، وبين 85% إلى 65% للسماد C2، من 80% إلى 50% للسماد C4، وبين 95% إلى 45% للسماد C5، أظهر السماد C3 انخفاضاً أقل، حيث تراوح من 75% إلى 70%. أما بالنسبة لنسبة الانبات، فكانت أعلى في السماد الصلب بنسب تبلغ على التوالي 63.10% و 66.67%، تليها السماد C4 بنسبة 47.02% والسماد C2 بنسبة 47.62%. أما في السماد السائل، فكانت أعلى نسبة انبات للسماد C5 والتربة بنسب تبلغ على التوالي 61.31% و 49.4%، تليها السماد C3 بنسبة 39.88% والسماد C1.

الكلمات المفتاحية: بسكرة، نخيل التمر، التسميد، السماد السائل، نبات السدر.