



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

FILIERE : Biotechnologie

OPTION: Biotechnologie Végétale

Thème

**Suivi des paramètres de compostage à partir de
déchets de légumes, de fruits et d'élagage des
arbres**

Présenté par :

- HOUT Haroun

-ZELFANI Sadik

Soutenu le 23/06 / 2024

Mémoire de Master académique soutenu devant le jury composé de :

Président	ATHMANI Hamza	MCB	Univ. Abbès Laghrou – Khenchela
Encadreur :	SEDRATI Abdenour	MCA	Univ. Abbès Laghrou – Khenchela
Examineur	GOUBI Moustafa	MAA	Univ. Abbès Laghrou – Khenchela

Année universitaire 2023/ 2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciement





Tout d'abord, il est essentiel d'exprimer notre profonde gratitude à Dieu Tout-Puissant, qui nous a donné la force et la détermination d'atteindre ce niveau, et qui nous a comblés de patience et de volonté pour achever cette modeste recherche.

Nous élevons les plus hautes expressions de gratitude et de reconnaissance à notre estimé superviseur, Dr Sedrati Abdenour, pour la confiance et l'attention qu'il nous a accordées dans ce travail. Et à la Dr éminente Naili Oumaima, qui a été pour nous un phare avec ses conseils judicieux et ses efforts nobles, nous leur offrons nos plus sincères remerciements et notre grande reconnaissance.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué et aidé à réaliser ce travail, avec une appréciation particulière pour les professeurs de la faculté qui n'ont pas lésiné sur leurs conseils et leurs orientations, et l'équipe du laboratoire pédagogique de l'Université Abbas Laghrour, qui ont montré les plus beaux exemples de coopération et de professionnalisme.

Et à nos chers amis, qui ont été notre soutien et notre aide, nous offrons notre abondante gratitude pour leur soutien continu et leur précieuse confiance.

Enfin, nous ne pouvons que remercier chaleureusement chaque enseignant et professeur qui nous a accompagnés depuis notre enfance jusqu'à ce moment, ceux qui ont semé en nous l'amour de la connaissance et la persévérance, et qui ont été pour nous des modèles et des inspirations dans notre parcours académique, et louange à Dieu.



إهداء

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والشكر له على ما أنعم به عليّ من فضل وعلم.
إلى الله أرفع أسمى آيات الشكر والحمد، فبهدايته وتوفيقه وصلت إلى هذه اللحظة المباركة.

إلى أمي الحبيبة،

النور الذي يضيء دربي في أحلك الليالي، والقلب الذي يفيض حناناً وعطاءً،

إلى أبي الغالي،

السند القوي معلمي الأول دمت عزتي وفخري،

لكما معاً،

أهدي ثمار هذا الجهد، فكل خطوة نجاح فيها من بصماتكما، وكل إنجاز فيه من دعواتكما، وكل طموح فيه من تشجيعكم.

إلى إخوتي وأخواتي، ميلود، رمزي، فهيمة، شهرة، إبتسام، ريمة،

الذين شاركوني أفراحي وتحدياتي، وكانوا السند في إلهامي وقوتي،

إلى العائلة الكريمة، كل باسمه من أخوال وأعمام

وعلى وجه الخصوص أبي الثاني حوت الجمعي

الذين آمنوا بي ودعموني بلا حدود،

إلى أصدقائي، الصديق، نبيل، صالح، وليد، لزهرة، أسامة، عبد المالك، مينو،

سيف الدين، عبد الحميد، تاج الدين، عبد الحق، صلاح، جمال، عمار، عبد النور....

الذين وقفوا إلى جانبي، ومنحوني الثقة والشجاعة لأسعى نحو تحقيق أحلامي،

وإلى صغار العائلة، فارس، يسرى، عبد الجليل، جواد، سراج، قطر الندى، قصي.

الذين أضفوا على حياتي البهجة والرقّة والسرور.

وأخيراً، إلى كل من ساهم في هذه الرحلة، وكل من له بصمة في هذا الإنجاز أهدي هذا النجاح إليكم جميعاً،
فأنتم الوقود الذي أبقى لهيب الطموح متقدماً في قلبي.

هارون

إهداء

بكل الحب والتقدير، أهدي ثمار جهدي وإنجازي إلى نبع الحنان والعطاء، إلى والدتي الغالية، التي بصبرها ودعائها كانت لي السند في أحلك الأوقات. اللهم اشفها وأبسها ثوب الصحة والعافية، فكل خطوة نجاح أخطوها هي بفضل صلاتها وسهرها. إلى والدي العزيز، الذي زرع فيّ روح الإصرار والتحدي، وقدم التضحيات الجمّة لأرتقي. لا تفي الكلمات حقك، ولكن قلبي يمتلئ بالامتنان والحب لك عزيزي.

إلى إخوتي، رفاق الدرب وشركاء الأمل، الذين كانوا لي الظهر والسند في كل مراحل حياتي. إلى أخي البطل يونس، وإلى إيمان وسلمي، اللذين كانوا لي النور في ضلمات الطريق.

إلى عائلتي الكريمة خالي صالح وعاشور، خالتي تفاحة ... لكم جزيل الشكر إلى اعز أصدقائي، كل خطوة في هذه الرحلة كانت أجمل بوجودكم، وكل تحدٍ كان أيسر بصحبتكم. خصوصًا زهرة بوزيدي، وحات هارون واصدقائي الذين ظلوا أوفياء دائما كما عهدتهم : تاج الدين حدادي وأسامة مغيثي وعبد الحق لعور، وإلى رفاق الدرب مبروكي عمار وأسامة جلال وميلود حوت وإسلام وأكرم أسأل الله له الشفاء، وعبد النور، وسيم ومنصف وصلاح .. وكل من زرع فينا الخير يوما.

وأخيرًا، أهدي هذا العمل إلى روعي التي لم تهن ولم تستكين، وإلى ذاتي التي قاومت وصمدت في وجه الصعاب، ولم تفقد الأمل يومًا، والحمد لله.

الصديق

Résumé

Cette étude s'est intéressée au suivi d'un tas de compost composé de 30 % de déchets d'élagage des arbres et de 70 % de déchets de fruits et légumes. Elle a montré que la surveillance des facteurs de fertilisation tels que le pH, la température, l'humidité et la ventilation, le maintien de ces conditions idéales accélère le processus de compostage et assure sa décomposition optimale. Notre étude a mis 54 jours pour produire un compost caractérisé par : $H^{\circ} = 9,54$, $pH = 7,4$, $CE = 1.89 \text{ ms/cm}$, $TC = 11,1 \%$, $MO = 50.14$, $CO = 29,085 \%$, $C/N = 13,85$. D'autre part, les analyses chimiques effectuées ont également révélé que la présence des concentrations idéales d'éléments nutritifs essentiels pour les plantes comme $N = 2,1 \%$, $P = 1.26\%$ et $K = 1.41\%$. Enfin, au vu de ces résultats encourageants que nous avons obtenus, ils ont permis de dire que le procédé de compostage est une méthode très efficace de valorisation biologique des déchets organiques et qu'il faut l'appliquer dans la vie pratique en généralisant l'utilisation des composts sur les cultures pour diminuer les effets néfastes des engrais chimiques sur le sol, l'environnement et l'homme.

Les mots clés : Compostage, Propriétés de compost, Valorisation, déchets organique

ملخص:

ركزت هذه الدراسة على متابعة كومة سماد تتكون من 30% من نفايات تقليم الأشجار و70% من نفايات الفواكه والخضروات. أظهرت أن مراقبة عوامل التسميد مثل الرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، والرطوبة، والتهوية، والحفاظ على هذه الظروف المثالية يسرع عملية التسميد ويضمن تحللها بشكل مثالي. استغرقت دراستنا 54 يومًا لإنتاج سماد يتميز بـ $H^{\circ} = 9.54\%$ ، $pH = 7.4$ ، $CE = 1.87$ مللي ثانية/سم، $TC = 11.1\%$ ، $MOT = 50.14\%$ ، $COT = 29.085\%$ ، $C/N = 13.85$. من ناحية أخرى، كشفت التحاليل الكيميائية أيضًا عن وجود تركيزات مثالية من العناصر الغذائية الأساسية للنباتات مثل $N = 2.1\%$ ، $P = 1.26\%$ و $K = 1.41\%$. بالنظر إلى هذه النتائج المشجعة التي حصلنا عليها، سمحت لنا بالقول إن عملية التسميد هي طريقة فعالة للغاية للتأمين البيولوجي للنفايات العضوية ويجب تطبيقها في الحياة العملية من خلال تعميم استخدام السماد على المحاصيل لتقليل الآثار الضارة للأسمدة الكيميائية على التربة والبيئة والإنسان.

الكلمات المفتاحية: التسميد، خصائص السماد، تثمين، مخلفات عضوية.

Abstract :

This study focused on monitoring a compost pile composed of 30% tree pruning waste and 70% fruit and vegetable waste. It demonstrated that monitoring fertilization factors such as pH, temperature, humidity and ventilation, and maintaining these ideal conditions accelerates the composting process and ensures its optimal decomposition. Our study took 54 days to produce a compost characterized by: H^o= 9.54%, pH= 7.4, Electrical Conductivity (CE)= 1.89 ms/cm, Carbon (C)= 11.1% Organic Matter (MO)= 50.14%, Organic Carbon (CO)= 29.085%, C/N Ratio= 13.85, Furthermore, the chemical analyses performed also revealed the presence of ideal concentrations of essential nutrients for plants, such as: Nitrogen (N)= 2.1% ; Phosphorus (P)= 1.26%, Potassium (K)= 1.41%. Finally, in light of these encouraging results we have obtained, they have allowed us to state that the composting process is a very effective method of biological valorization of organic waste and that it should be applied in practical life by generalizing the use of composts on crops to reduce the harmful effects of chemical fertilizers on the soil, the environment, and human.

Keywords : Composting , Compost properties, Recovery, Organique waste

Abréviation

C	Carbone
N	Azote
MS	Matière sèche
MO	Matière Organique
P	Phosphore
K	Potassium
Ca	Calcium
Mg	Magnésium
pH	potentiel hydrogène
USA	United States of America
H°	Humidité
TEE	Teneur en eau
CE	Conductivité électrique
M	Masse
TC	Teneur en cendre
CO	Carbone Organique
n	Normalité
TG	Taux de germination
IG	Indice de germination

T°	Température
pHi	pH initial
pHf	pH finale
C/N	Rapport carbone azoté

Figures et photographies et tableau

Les figures :

Figure 1 : Schéma du processus de compostage	4
Figure 2 : Localisation d'étude.....	17
Figure 3 : Évolution de pH de compost	29
Figure 4 : Évolution de température	30

Le tableau :

Tableau 1 : Les résultats de TG et IG	33
--	-----------

Les photographies :

Photographie 1 : Mesure de pH par un pH-mètre	19
Photographie 2 : Mesure ma température par un thermomètre	21
Photographie 3 : Test de germination de lentille avec différentes doses de compost	25
Photographie 4 : La matière première utilisée dans l'étude.....	27
Photographie 5 : La matière finale (compost mature)	27
Photographie 6 : Les graines après 4 jours de la mise en marche du processus germination.....	34

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abréviation

Figure et photographie et tableau

Introduction générale

Introduction	1
---------------------------	----------

Partie bibliographique

1. définition d'un compost	3
2- Définition du compostage	3
3- Processus de compostage	4
4- Objectif de compostage.....	5
5- Types de compostage	5
5.1- Compostage anaérobie	5
5.2- Compostage aérobie.....	6
6- Les phases du processus de compostage	6
6.1-La phase mésophile	6
6.2- La phase thermophile	7
6.3- La phase de refroidissement.....	7
6.4- La phase de maturation	7
7- Les paramètres de compostage	8
7.1- Les paramètres physiques de contrôle du bon déroulement du procédé :.....	8
7.1.1- Le taux d'oxygène lacunaire	8
7.1.2- L'humidité.....	9
7.1.3- La température	9
7.2- Les paramètres physico-chimiques de compostage	10
7.2.1 Le rapport C/ N	10
7.2.2- pH.....	11
7.3- Les paramètres de suivi de la qualité du compost.....	11
7.3.1- Teneur en éléments fertilisants	12
7.3.2- Maturité du compost	13
7.3.3- Métaux lourds	13
7.4- Les activités des êtres vivants dans le compostage.....	14
7.4.1- Les micro-organismes	14
7.4.2- Les macroorganismes.....	14
8- Amélioration des propriétés du sol par le compost.....	14
8.1- propriétés physiques.....	14
8.1.1- Stabilité de la structure.....	14
8.1.2- Porosité et l'aération	15
8.1.3- Humidité du sol.....	15
8.2- Propriétés chimiques	15
8.2.1- pH.....	15
8.2.2- la Capacité d'échange cationique (CEC).....	16

Sommaire

8.1.3- Propriétés biologiques.....	16
9- Les besoins des plantes dans le compost	16

Matériel et méthodes

1. Zone d'étude.....	17
2. Méthodes expérimental.....	18
2.1- La méthode de compostage	18
2.2- étapes du compostage.....	18
2.3- Matériel utilisé.....	18
3. Méthodes analytiques.....	19
3.1- Mesure du pH.....	19
3.2- Mesure de H°	19
3.3- La conductivité électrique	20
3.4- Température	20
3.5- La teneur en cendre (la matière minérale)	21
3.6- Teneur en carbone organique (CO) et la matière organique (MO).....	22
3.7- Azote total.....	23
3.8- Dosage de phosphore	24
3.9- Dosage de potassium.....	24
3.10 - Taux et indice de germination.....	24

Résultats et discussions

1. Résultats des paramètres analysés.....	28
1.1- pH.....	28
1.2- La température	29
1.3- La conductivité électrique CE.....	30
1.4- L'humidité.....	31
1.5- La teneur en cendre TC.....	31
1.6- Teneur en (CO) et (MO)	31
1.7- Le rapport C/N	32
1.8- Dosage d'azote.....	32
1.9- La teneur en potassium et phosphore.....	32
1.9.1- Le phosphore total.....	32
1.9.2- Le potassium	33
1.10- Indice et taux de germination.....	33

Conclusion générale

Conclusion.....	35
------------------------	-----------

Références bibliographiques

Introduction générale

Introduction

Depuis l'Antiquité, la fertilité du sol est un souci des agriculteurs. Où les engrais ont joué un rôle essentiel dans l'amélioration de la fertilité des sols et l'augmentation de la production agricole.

Les Chinois ont rassemblé et composté toutes les matières organiques du jardin, des champs, des maisons y compris les matières fécales. Au Proche-Orient par exemple, une aire de dépôt des déchets urbains était aménagée devant les portes de Jérusalem: certains déchets étaient brûlés et les autres compostés.

Les anciens Romains et les Égyptiens adoptèrent des méthodes de fertilisation des sols utilisant des cendres, des déjections animales et un mélange d'engrais vert, même à une époque où ils ne savaient pas à quel point elles étaient bénéfiques pour le sol et les plantes. Les Romains appelaient ainsi les préparations de légumes et de fruits avec des adjonctions d'huiles, de sel et d'autres adjuvants (Znaïdi, 2001).

Mais, dès le XVII^e siècle, avec notamment Bernard Palissy en France, des ouvrages sur la fertilisation sont édités, anticipant en partie sur les découvertes faites sur la nutrition des plantes deux siècles plus tard par Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), Nicolas-Théodore de Saussure (1803-1873) et surtout Justus von Liebig (1803-1873) qui écrit en 1840 son fameux traité de chimie appliquée à l'agriculture tel que les 3 éléments essentiels (azote, phosphore , potassium) sont devenue bien connus (Michel Bornuat, 2009).

Durant le siècle suivant (1850-1950), ces éléments ont constitué une source importante de fertilisation. Depuis lors, l'utilisation des engrais chimiques s'est largement Sa consommation a doublé à l'échelle mondiale depuis 1950 et a été multipliée par 5 ou 10 en 30 ans.

L'usage d'engrais chimiques a des conséquences graves pour la qualité du sol et la biodiversité parce que l'utilisation excessive de ces substances chimiques ne ralentit pas le développement naturel des écosystèmes, mais nous amène à la destruction et à la désertification (Azmi Mohammad Abu Rayyan, 2010). D'un autre côté, cela affecte les consommateurs ,Les fruits et légumes cultivés avec ces engrais présentent des résidus chimiques qui causent des problèmes de santé, tels que des troubles hormonaux, des problèmes de croissance..., Les légumes et les fruits cultivés avec une utilisation excessive

d'engrais chimiques peuvent avoir une diminution de leur qualité nutritionnelle, ce qui peut entraîner une perte de valeur nutritionnelle pour les consommateurs. et conduit également à la pollution environnementale qu'elle provoque en altérant la qualité de l'eau et la santé du système écologique. Voici des solutions prometteuses pour résoudre ces problèmes, qui sont des alternatives durables aux engrais chimiques. On peut citer parmi ces options les engrais organiques, qui proposent d'améliorer les caractéristiques du sol (telles que la rétention d'eau, le pH neutre, la richesse en éléments nutritifs et les processus biologiques pour favoriser l'activité bactérienne) (Mrabet, 2011). Et l'augmentation de la production avec une qualité supérieure et une alimentation sécurisée (Hensler *et al.*, 1970). Aussi, conserver la santé humaine, des plantes et des animaux. Ce type de solutions est écologique, préserve la biodiversité et favorise l'agriculture durable à long terme.

Il est important d'adopter des stratégies efficaces afin de favoriser l'agriculture durable et de limiter les activités qui ont un impact négatif sur l'environnement. Pour passer à des méthodes respectueuses de l'environnement, il faut investir dans la recherche et le développement de méthodes alternatives aux engrais chimiques, comme le développement de l'utilisation d'engrais organiques, qui est le sujet de cette étude.

Pour atteindre cet objectif, le présent mémoire est subdivisé en quatre parties :

- Partie bibliographique, rassemble des généralités et notions essentielles sur le compost et le compostage et leurs propriétés.
- Partie Matériel et méthodes, présente le matériel et les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail.
- Partie résultats et discussion, mentionne les résultats obtenus au cours de notre étude expérimentale.
- Enfin, une conclusion qui permettra de tirer quelques perspectives nécessaires pour mieux approfondir dans le travail.

Partie bibliographique

Les engrais organique (compost) est l'une des technologies utilisées pour réduire l'utilisation excessive d'engrais chimiques. Le compost est respectueux de l'environnement et travaille à fournir les nutriments nécessaires à la croissance de la plante sous une forme accessible et appropriée. Ces éléments se transforment de leurs images complexes en absorption facile.

1. définition d'un compost

Le compost est un mélange de débris organiques en décomposition et de matières minérales, destiné à nourrir et à alléger le sol qu'il enrichit en l'humus.

Pour Smeesters (1993), le compost est une matière brunâtre qui ressemble à du terreau. Il provient de la décomposition contrôlée des matières organiques par des millions d'organismes vivant ; depuis les bactéries microscopiques jusqu'aux vers de terre. Un bon compost provient d'un équilibre entre des matériaux riches en azote et en carbone (déchets organiques, matière végétale sèche, bois broyé).

2- Définition du compostage

Il est difficile de définir le compostage, car c'est un processus complexe. Il existe différentes interprétations du compostage en fonction de la nature des transformations observées et des réactions biochimiques, ainsi que de la maîtrise de la technique par l'homme.

Mustin (1987) le considère comme étant un procédé biologique assurant la décomposition des constituants organiques. Quant aux (Gobat *et al.*, 1998), le compostage est un procédé de traitement intensif des déchets organiques qui met en œuvre, en les optimisant, des processus biologiques aérobies de dégradation et de stabilisation des matières organiques complexes.

Hoitink (1995) voit dans le compostage une technique artificielle qui émarre et se poursuit sous conditions maîtrisées, au lieu d'accepter le résultat d'une décomposition naturelle incontrôlée. La définition la plus précise du processus reste celle de Godden (1986), qui désigne par le compostage un processus de transformation biologique de matériaux organiques divers. C'est un processus oxydatif qui comprend une phase thermophile. Les produits formés sont principalement du CO₂ et un produit stabilisé : le compost mûr. Les déchets organiques de départ sont colonisés, transformés par une succession de différentes populations microbiennes.

Le compostage est donc un processus de décomposition et de transformation contrôlée de déchets organiques biodégradables d'origine végétale et/ou animale, sous l'action de populations microbiennes diversifiées évoluant en milieu aérobie.

3- Processus de compostage

Le processus de compostage schématisé sur la figure 1 est assuré par différentes communautés de micro-organismes, constituées majoritairement de bactéries, d'algues... qui se succèdent. Ces micro-organismes dégradent la matière organique en libérant du dioxyde de carbone, de l'eau et de l'énergie (Mustin, 1987).

Des micro-organismes dont la température de croissance optimale est comprise entre 20 et 45°C se multiplient alors rapidement, notamment grâce à la présence de matière organique facilement biodégradable (sucres simples et acides aminés libres). Leurs métabolismes très actifs engendrent une production intense de chaleur suite à la libération de l'énergie due à la rupture des liaisons chimiques. L'élévation de la température du compost va inhiber leurs propres activités. De nouvelles communautés de micro-organismes thermophiles vont se développer et poursuivre la dégradation. Après cette phase de dégradation active, de nouveaux micro-organismes (mésophiles) et des champignons poursuivront la dégradation jusqu'à l'obtention du compost. Une élévation de la température est cependant cruciale pour la qualité du compost, car la chaleur détruit les pathogènes et les graines d'adventices (Tchegueni, 2011).

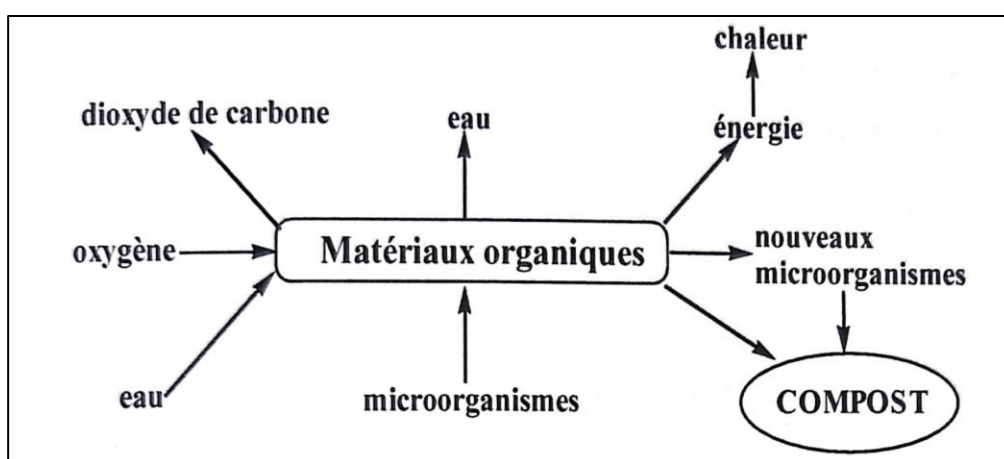


Figure 1 : Schéma du processus de compostage (source : FAO soilbulletin 56)

Pour survivre et se multiplier ces micro-organismes ont besoin de l'oxygène de l'eau et de matière dégradable.

4- Objectif de compostage

D'après Bayard et Gourdon (2010), le compostage est un traitement biologique des déchets organiques permettant de poursuivre un ou plusieurs des objectifs suivants :

- Recycler les déchets pour réduire les pollutions ou les nuisances associées à son évolution biologique.
- Réduction de la masse du déchet.
- Production d'un compost naturel riche en nutriments pour améliorer la qualité des sols et favoriser la croissance des plantes.
- Le compostage réorganise la matière organique pour piéger une partie importante du carbone dans les composés humiques et par conséquent une diminution de l'effet de serre additionnel.
- Lorsque le compost est valorisé en tant q'amendement organique, on peut parler de stockage du carbone dans les sols agricoles.
- Le compostage limite également la pollution des eaux superficielles et les eaux souterraines par la réduction des pertes d'azote nitrique.

5- Types de compostage

Le compostage peut être divisé en deux catégories selon la nature du processus de décomposition en :

5.1- Compostage anaérobie

La décomposition se produit quand l'oxygène (O) est absent ou présent en quantité limitée. Dans ce processus, les micro- organismes anaérobies dominent et élaborent des composés intermédiaires comme du méthane, des acides organiques, du sulfure d'hydrogène et d'autres substances. En l'absence d'oxygène, ces composés s'accumulent et ne sont pas métabolisés. Un grand nombre de ces composés ont des odeurs fortes et certains d'entre eux présentent une phytotoxicité. Comme le compostage anaérobie est un processus s'effectuant à basse température, les graines d'adventices et les pathogènes ne sont pas affectés. De plus, le processus nécessite souvent plus de temps que le compostage aérobie. Ces inconvénients contrebalancent les avantages de ce processus, à savoir le peu de travail nécessaire et la perte limitée d'éléments nutritifs au cours du processus (Misra, 2005).

5.2- Compostage aérobie

Le compostage aérobie a lieu en présence d'une grande quantité d'oxygène. Au cours de ce processus, les micro-organismes aérobies décomposent la matière organique et produisent du gaz carbonique (CO₂), de l'ammoniac, de l'eau, de la chaleur et de l'humus, qui est le produit organique final relativement stable. Bien que le compostage aérobie puisse produire des composés organiques intermédiaires comme certains acides organiques, ceux-ci sont ensuite décomposés par des micro-organismes aérobies. Le compost ainsi obtenu, qui a une forme relativement instable de matière organique, ne comporte que très peu de risque de phytotoxicité. La chaleur générée accélère la décomposition des protéines, des graisses et des sucres complexes tels que la cellulose et l'hémicellulose et réduit la durée du processus. De plus, ce processus détruit de nombreux micro-organismes, qui sont des pathogènes pour les humains ou les plantes, ainsi que les graines d'adventices, dans la mesure où la température atteinte est suffisamment élevée (Misra, 2005).

Bien que les éléments nutritifs soient perdus en quantité plus importante lors du compostage aérobie, celui-ci est considéré plus efficace et utile que le compostage anaérobie pour la production agricole.

Un effet de compostage peut aussi être obtenu par dégradation enzymatique des matières organiques qui passent à travers le système digestif des vers de terre. Ce processus est appelé vermicompostage (Misra, 2005).

6- Les phases du processus de compostage

Le compostage se découpe en quatre phases biologiques importantes. Avant tout cela, il y a une courte période de latence qui permet aux micro-organismes de coloniser le compost. Cette période dure environ un jour. Durant ces phases, la température est variable. Nous étudierons donc ces quatre étapes une par une.

6.1-La phase mésophile

C'est la phase initiale de compostage. Les matières premières sont envahies par les micro-organismes mésophiles indigènes (bactéries et champignons essentiellement); leur activité engendre une montée en température (de 10-15C° à 25-35C°) un dégagement important de CO₂ (d'où la diminution du rapport C/N) ainsi qu'une acidification. La dégradation de la

cellulose durant cette phase est responsable de plus de 75% de la perte de poids sec (Michaud, 2007).

6.2- La phase thermophile

Elle est atteinte au centre du tas, à des températures élevées (de l'ordre de 60 à 70°C) pour les composts agricoles, auxquelles ne résistent que des microorganismes thermo tolérants ou thermophiles (arrêt de l'activité des champignons, développement des actinomycètes et des bactéries thermophiles) (Michaud, 2007).

Les pertes en azote, minéralisé sous forme ammoniacale (NH₄⁺) qui peut être volatilisé sous forme d'ammoniac (NH₃) dans certaines conditions, ainsi que l'évaporation d'eau, sont plus importantes au cours de cette phase. Libération de CO₂ peut entraîner, à la fin des phases thermophiles, jusqu'à 50% de perte en poids sec. Les hautes températures caractérisant la phase thermophile ne concernent que le centre du tas (Diaz *et al.*, 2007). Les matières présentes en bordure du tas doivent être reprises par un ou deux retournements. Après un retournement on observe la succession des trois phases (mésophile, thermophile, de refroidissement) (Itab, 2001) ; Les températures atteintes en phase thermophile sont cependant de moins moins élevées au fur et à mesure des retournements. Cette technique permet de s'assurer que tous les éléments du tas subissent les différentes phases de compostage afin que le produit final soit homogène et entièrement assaini.

6.3- La phase de refroidissement

C'est la phase intermédiaire entre la phase thermophile et la phase de maturation. Elle prend fin avec le retour à la température ambiante. Le milieu est colonisé de nouveau par des microorganismes mésophiles. Ils dégradent les polymères restés intacts en phase thermophile et incorporent l'azote dans des molécules complexes.

6.4- La phase de maturation

Cette phase présente peu d'activités micro biologiques (recolonisation parades champignons) mais est adaptée à la colonisation par le macrofaune, en particulier les lombrics lorsque ceux-ci sont présents dans l'environnement du tas (Michaud, 2007). Les matières organiques sont stabilisées et humifiées par rapport aux matières premières mises à composter.

Les trois premières phases sont relativement rapides par rapport à phase maturation. Leur durée ainsi que l'amplitude des variations de température dépendent cependant des matériaux de départ et

des conditions techniques dans lesquelles s'effectue le compostage. Les dates des retournements ne peuvent donc être fixées selon un calendrier précis. La phase dénaturation se prolonge a priori jusqu'à l'épandage du compost (Misra *et al.*, 2005)

Il est impossible de définir une période de maturation puisque celle-ci dépend de la composition des matières premières...etc.

7- Les paramètres de compostage

Du taux d'oxygène lacunaire, de l'humidité, de la température, des caractères physico-chimiques des matériaux mis en compostage (Tchegueni, 2011).

Ces paramètres sont en fait ceux qui influencent les conditions de vie des micro-organismes. Ces paramètres ont été progressivement cernés et identifiés comme agissant sur les transformations. Le contrôle de ces paramètres est donc déterminant pour obtenir un compost de bonne qualité.

Le bilan du compostage peut se résumer ainsi et cette réaction montre bien que le suivi de ces paramètres va être indispensable pour évaluer la bonne marche du système en compostage :

7.1- Les paramètres physiques de contrôle du bon déroulement du procédé :

7.1.1- Le taux d'oxygène lacunaire

La présence d'oxygène (dioxygène en fait) est indispensable au bon déroulement du compostage : il est en effet consommé d'une part par les micro-organismes au cours de leur respiration et d'autre part, par les réactions d'oxydation consommatrices d'oxygène. La décomposition de la matière organique conduit ainsi à un dégagement de gaz carbonique dont l'augmentation est corrélée à une baisse du taux d'oxygène. Il est donc nécessaire d'apporter, dans la matière à composter, de l'oxygène par aération pour maintenir un taux d'oxygène suffisant.

On considère généralement que le seuil minimal nécessaire pour maintenir des conditions aérobies est d'environ 5 % d'oxygène : ce seuil ne devra pas être dépassé car la mise en place de conditions anaérobies déséquilibrerait la flore en place au profit d'une autre et le système évoluerait alors vers le processus de méthanisation, avec production de biogaz et d'un digestat (résidu solide).

On parle ici d'oxygène lacunaire car il est contenu dans les « vides », les lacunes existants entre les différentes particules de la matière mise à composter : il est défini comme le

pourcentage d'oxygène dans l'air des « vides ». Ce pourcentage d'espaces vides n'est pas fixe et va varier en fonction : - de la granulométrie (taille des particules) et de la forme des particules organiques, - de la quantité d'eau présente. La vitesse du transfert de l'oxygène, de l'espace lacunaire aux micro-organismes conditionne la vitesse du compostage, car le substrat organique biodégradable présent partout en grande quantité, n'est pas un facteur limitant (Tomati *et al.*, 1995).

Ce premier paramètre nous permet de distinguer deux systèmes de compostage : - dans le cas de substrats pâteux ou liquides (dans lesquels il n'existe pas d'espaces lacunaires) on doit apporter l'oxygène au milieu par agitation ou par bullage : on parle alors de système actif de compostage, - pour des déchets solides où le renouvellement de l'air des lacunes n'est pas provoqué, on parle de système passif.

Les besoins des micro-organismes aérobies évoluent en cours de fermentation. Ils sont maximaux au démarrage du compostage lors des premières phases de dégradation intense de la matière organique fermentescible ; la disparition progressive de cette fraction provoque une diminution proportionnelle des besoins en oxygène, jusqu'à la maturation du compost où une faible consommation résiduelle est encore enregistrée. La consommation de l'oxygène par une masse organique est donc un paramètre direct de l'activité des micro-organismes aérobies qui permet de situer le stade d'évolution atteint par un compost (Tomati *et al.*, 1995 ; Tremier *et a.*, 2005).

7.1.2- L'humidité

L'eau est nécessaire à la vie des êtres vivants qui interviennent au cours du compostage. Une teneur minimale est donc requise pour assurer leur besoin en eau.

Généralement, pour le compostage, l'humidité optimale est située entre 50 et 80 % de la masse brute. L'excès d'eau réduit le taux d'oxygène et, par conséquent, l'activité des microorganismes. Dans ce cas, une aération, par retournement du tas, est nécessaire pour réduire l'excès d'eau. La teneur en eau peut aussi diminuer à la suite de l'évaporation d'une grande quantité d'eau provoquée par la chaleur libérée lors de la fermentation. Un arrosage de la masse en fermentation peut s'avérer nécessaire (Richard *et al.*, 2002).

7.1.3- La température

L'augmentation de température de la masse en compostage constitue le paramètre le plus facilement mesurable. Cette élévation de température est due, elle, à l'action des micro-

organismes qui, en oxydant la matière organique des substrats, libèrent l'énergie contenue dans les liaisons chimiques des molécules constitutives entraînant l'élévation de la température (50-70 °C). Une partie de l'énergie est récupérée par l'organisme, mais une grande part est perdue et dissipée dans l'atmosphère, ce qui fait descendre la température à (35-45 °C). Le suivi de la température permet donc une mesure indirecte de l'intensité des dégradations aérobies, même s'il ne reflète pas la qualité de ces dégradations, le bon suivi de la fermentation aérobie, comme le dosage de la consommation d'oxygène ou la mesure du flux de chaleur.

Les micro-organismes ne sont pas seuls responsables de ce phénomène, car il existe une certaine inertie thermique de la masse de compost qui lui confère une capacité auto-isolante et qui maintient une température élevée à l'intérieur du tas alors que la fermentation a diminué. La température des tas est auto-régulée, L'élévation de température est très importante pour la destruction des germes pathogènes, des graines adventices que peuvent contenir les végétaux mis à composter. La qualité de cette « hygiénisation » du compost est vitale pour éviter un transfert de pollution lors de son utilisation future, surtout en agriculture (Tchegueni, 2001).

7.2- Les paramètres physico-chimiques de compostage

Les matières organiques d'origine végétale ou animale peuvent servir à la fabrication du compost à condition qu'elles soient fermentescibles et non toxiques ou ne contiennent pas des composés toxiques pouvant détruire les microorganismes. Ces matières organiques constituent une source de nourriture des micro-organismes qui vont effectuer leur transformation. Pour accomplir leurs fonctions vitales (croissance, régulation, reproduction), ces micro-organismes ont des besoins minima pour tous les éléments qui composent leurs fonctions. Un certain équilibre de ces éléments dans ces substrats s'avère indispensable (Mustin, 1987).

En ce qui concerne le compostage, les facteurs indicateurs qui sont retenus pour le matériau à composter sont surtout le rapport entre carbone/azote et le pH.

7.2.1 Le rapport C/ N

Il mesure les proportions relatives en carbone et en azote, nutriments essentiels à la vie des micro-organismes. Le C/N optimal, en début de compostage, que l'on trouve dans la littérature est et se situe dans l'intervalle (20 à 30). La biodégradabilité d'un déchet organique dépend de son rapport C/N. Pour approcher la valeur optimale, on essaie de mélanger

plusieurs types de substrats ayant des C/N différents et qui sont généralement inaptes à être compostés seuls. Lorsque le rapport C/N est trop élevé, c'est-à-dire, lorsqu'un matériau très riche en carbone est abondant (paille par exemple, C/N > 90) la dégradation est très lente. À cet effet, l'addition d'une source d'azote (jeunes feuilles vertes, C/N < 8) est nécessaire. Dans le cas où le rapport C/N est trop faible, c'est-à-dire où le matériau très riche en azote est abondant (fumier, jeunes feuilles vertes), on assiste à la putréfaction du matériau accompagnée de dégagement d'odeurs nauséabondes (Bernal *et al.*, 1996).

Le rapport C/N primaire décroît constamment au cours du compostage pour atteindre à la fin vers (8-20) ; ceci s'explique par le fait que les micro-organismes consomment plus de carbone (principal constituant des molécules organiques) que d'azote (Rchard *et al.*, 2002).

7.2.2- pH

Les micro-organismes ont la capacité de réguler leur pH interne. Cependant, la concentration en ions H₂O dans le milieu extérieur influe grandement sur leur croissance (Mustin, 1987).

La gamme optimale du pH de vie des micro-organismes est située entre 5,5 et 8. Au cours du compostage, le pH peut subir des modifications :

- Soit par une acidification lors de la dégradation des sucres simples et de la dissolution du CO₂ produit en début de compostage.
- Soit une alcalinisation par la production du gaz ammoniac à partir de la matière azotée (Bernal *et al.*, 1996).

La déviation du pH vers des valeurs acides peut être corrigée par aération. L'ajout de chaux ou de la magnésie corrige l'acidité et l'ajout du soufre corrige l'alcalinité (Roig *et al.*, 2004).

7.3- Les paramètres de suivi de la qualité du compost

Le traitement par compostage, s'il se déroule correctement, doit permettre en effet non seulement de dégrader de la matière organique (des déchets), mais aussi de produire un compost mûr, stabilisé (sans danger pour les cultures) et répondant aux réglementations en vigueur en vue d'une commercialisation ou d'une utilisation par la collectivité (Tchegueni, 2011).

Les principaux paramètres à connaître sont : la teneur en matière sèche, en carbone organique, en azote, potasse, phosphore ; le degré de maturité. Il sera utile aussi de connaître

le pH et les teneurs en métaux lourds, germes pathogènes et graines adventices pour prévenir le risque d'un transfert de pollution.

7.3.1- Teneur en éléments fertilisants

Ces résultats sont extraits de la « synthèse de référence : qualité, maturité et efficacité agronomique des composts de déchets verts » : ils concernent uniquement les composts de déchets verts : les teneurs en éléments fertilisants sont donc propres à ce type de compost, mais la variation de leur composition peut être généralisée à tous les types de compost (Devisscher, 1997).

La teneur en matière sèche est généralement comprise entre 50 et 60 %, pour une moyenne de 55 %. Une siccité élevée peut être observée dans le cas d'une aération forcée. La teneur en matière organique (sur MS) est très variable : de 23 à 63 %, avec une moyenne de 41 % sur sec et 24 % sur brut. Le pH a une valeur assez stable, située entre 7 et 8, quels que soient les composts. Quels que soient les composts. Cette caractéristique éliminera d'emblée l'usage du compost pour des plantes acidophiles telles que l'azalée, la bruyère, le rhododendron, la callune, etc. Le rapport C/N est presque souvent proche de 15. La teneur en azote total (mesurée par la méthode Kjeldahl) donne une valeur moyenne de 1,5 % sur sec avec des écarts de 1 à 2,4. Parmi les autres éléments fertilisants, on peut noter une teneur élevée en calcium (CaO 50 kg/tonne brute), une teneur notable en potasse (6,7 kg/tonne brute), et, dans une moindre mesure, en phosphore (environ 3,4 kg/tonne brute). Cette composition du compost va varier en fonction de la maille de criblage utilisée. Ainsi :

- La teneur en matière organique diminue avec la granulométrie.
- À l'inverse, la teneur en éléments fertilisants (N, P, K, Ca, Mg) augmente à mesure que la granulométrie diminue.
- Le rapport C/N diminue avec la maille de criblage.

Enfin, la composition du compost va aussi varier en fonction de la durée du compostage, plus ce temps sera long, plus la dégradation de la matière organique sera importante. Tout au long du processus, on assiste à une diminution de la masse du tas corrélative à une augmentation de la concentration en éléments fertilisants. Dans la pratique, ce paramètre sera à étudier avec précision, car la durée du compostage va déterminer une quantité précise de compost à évacuer et une certaine qualité fertilisante de celui-ci (Devisscher, 1997).

7.3.2- Maturité du compost

Il correspond au degré de stabilité atteint par le produit et cet optimum sera différent selon l'utilisation prévue du compost.

Il est très important que le compost est atteint cet optimum : en effet un compost non mûr est encore riche en carbone facilement assimilable par les micro-organismes. Cette richesse en carbone peut provoquer un blocage de l'azote (phénomène dit de la « faim d'azote »). Cet effet de blocage est dû à l'utilisation trop importante de l'azote du compost par les bactéries dégradant la matière organique. Ceci se produit quand ces bactéries ne peuvent se fournir en azote à l'intérieur du compost.

Différents paramètres peuvent être utilisés pour déterminer la maturité du compost. On peut citer :

Le rapport C/N dont la valeur recommandée se situe dans l'intervalle (8-20) (Bernal *et al.*, 1996).

La température qui décroît en fin de compostage est également un moyen de connaître si le compost est mûr. Il faut néanmoins rester prudent quant à l'utilisation de la température comme témoin de maturité à cause de l'inertie thermique du compost. On peut aussi mesurer le degré d'humidification, le pH .en général, on utilise certains tests de maturité pour cela (Devisscher, 1997).

7.3.3- Métaux lourds

La présence de métaux lourds dans le compost peut avoir diverses origines. Le plomb contenu dans les gaz d'échappement représente une source importante de métaux lourds : il provient essentiellement des végétaux bordant les axes routiers et des feuilles mortes ramassés sur les chaussées. On peut également citer le cuivre provenant des fongicides ou le cadmium provenant des apports phosphorés ou des piles « boutons » jetées avec les ordures ménagères. L'usure des marteaux fréquemment utilisés pour broyer les déchets avant le compostage et celle de l'aire de travail peut aussi enrichir le compost en éléments-traces métalliques.

Le risque de teneurs élevées réside essentiellement dans la concentration qui se produit au cours du compostage puisqu'il y a perte de matière organique et que les métaux lourds ne sont pas « dégradés ».

La surveillance de ces paramètres de qualité va se faire tout au long du processus, par des analyses précises. Leurs résultats vont déterminer la possibilité d'utilisation du compost, surtout en agriculture (Devisscher, 1997).

7.4- Les activités des êtres vivants dans le compostage

Les micro-organismes et les macroorganismes sont les êtres vivants responsables de la décomposition de la matière organique. Ils sont des agents naturels qui décomposent des substances organiques, et seulement des déchets végétaux et animaux.

7.4.1- Les micro-organismes

Ils sont responsables de l'augmentation rapide de la température du compost. Les bactéries : elles sont toujours présentes dans les déchets organiques.

- **Les bactéries** : restent actives durant tout le compostage, et en particulier à haute température. Elles se multiplient très rapidement. Cette multiplication rapide et le grand nombre d'espèces différentes permettent l'utilisation de résidus organiques (Toumela *et al.*, 2000).
- **Les champignons** : ils agissent sur les matières qui résistent aux bactéries. Les champignons ne résistent pas à des températures supérieures à 50 °C. À côté de ces deux types de micro-organismes, on retrouve également dans le compost les actinomycètes, des algues et des virus (Slimani, 2005).

7.4.2- Les macroorganismes

Les principaux macroorganismes du compost sont les lombrics, les insectes, les acariens, les gastéropodes... Etc. En prend les lombrics comme exemple. Les grands lombrics entraînent dans leurs terriers des fragments de feuilles. Ils ingèrent ainsi un mélange de débris organiques et leurs excréments constituent un milieu idéal pour les activités microbiologiques qui conduisent à l'élaboration du compost mûr. Beaucoup d'autres macroorganismes apparaissent surtout dans la phase de maturation du compost (Remadna, 2020).

8- Amélioration des propriétés du sol par le compost

8.1- propriétés physiques

8.1.1- Stabilité de la structure

La stabilité des agrégats ne peut être obtenue en sol pauvre sans apport d'amendements organiques qui seuls permettent la formation d'un complexe argilo-humique jouant le rôle de

liant entre les particules minérales. Dans les sols cultivés, l'augmentation de la stabilité des agrégats entraîne une amélioration des autres propriétés physiques (aération, conductivité hydraulique...).

Toutes les formes de la matière organique ont une action positive sur la stabilité structurale du sol, mais à des degrés différents.

L'apport des amendements organiques dans le sol ou la restitution des résidus des cultures est devenu une nécessité pour préserver le patrimoine sol (Mustin, 1987).

8.1.2- Porosité et l'aération

Le compost entraîne une augmentation des espaces d'air dans les sols. Il facilite, de ce fait, le drainage et l'aération des sols. En effet, l'utilisation du compost permet d'améliorer la structure du sol par formation des complexes argilo-humiques. La porosité et l'aération sont deux caractéristiques très importantes du sol pour juger l'état de la qualité du sol. La bonne aération du milieu augmente la vitesse d'évolution de la matière organique. Les amendements organiques améliorent aussi bien la macroporosité que la microporosité du sol (pagaliai *et al.*, 1993), ont constaté qu'une application de 50 T/ha d'un compost à un sol limono-sableux a entraîné une amélioration nette de la microporosité totale (22%), le sol témoin ayant 13% seulement, la micro-porosité a également augmenté.

8.1.3- Humidité du sol

Le compost augmente la capacité de rétention d'eau des sols. Cette bonne rétention de l'eau grâce à le compost est un atout considérable des sols en période de sécheresse. Les amendements organiques augmentent à la fois l'humidité et la capacité au champ (Mustin, 1987).

8.2- Propriétés chimiques

8.2.1- pH

L'acidification des sols est une tendance générale qui sera d'autant plus forte que l'activité biologique productrice de CO₂ sera intense.

La présence d'un complexe argilo-compost saturé par des bases est le meilleur garant de la non- acidification des sols. Les substances du compost agissent comme un tampon contre les cerrements du pit au niveau du sol. Les modifications du pH du sol sont très difficiles à considérer, car les métaux lourds, toxiques à faible dose, deviennent plus disponibles à des pH

acides. La modification du pH dépend de la nature des matières organiques à apporter (Bougnom *et al.*, 2009).

8.2.2- la Capacité d'échange cationique (CEC)

La CEC d'un sol dépend à la fois de sa texture et de sa composition minéralogique. Le compost augmente la CEC des sols, donc augmente leur capacité à retenir les éléments nutritifs. Les complexes (argilo-compost) améliorent la capacité d'échange cationique du sol. Ils fixent les cations et agissent donc comme des réservoirs d'éléments nutritifs. Entre les nitrates et les phosphates, peuvent également être fixés les cations par le biais de sites positifs en périphérie des complexes argilo-compost (Mustin, 1987).

8.1.3- Propriétés biologiques

Le compost stimule l'activité biologique (la fixation biologique de l'azote atmosphérique par les bactéries...) des sols. Par son apport en matière organique, le compost fournit une source d'éléments nutritifs aux microorganismes présents dans le sol, favorisant ainsi leur croissance et leur développement. Le compost accroît ainsi la biodiversité du sol (Bordeleau, 1999), contribuant à des phénomènes tels que la phyto-protection des plantes contre certaines infections et la lutte aux mauvaises herbes (García-Gil *et al.*, 2000).

9- Les besoins des plantes dans le compost

Dans l'agriculture durable, le compost est l'un des éléments essentiels qui contribuent à améliorer la qualité du sol et à nourrir les plantes de manière naturelle et performante. Le compost se distingue par sa richesse en divers éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes, tels que l'azote, le phosphore et le potassium, ainsi que des oligo-éléments tels que le fer, le calcium ... (Sulzberger, 2003).

Matériel et méthodes

1. Zone d'étude

Nous avons réalisé cette opération dans la serre de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Abbes Laghrour Khenchela.

35.469475,7.094933

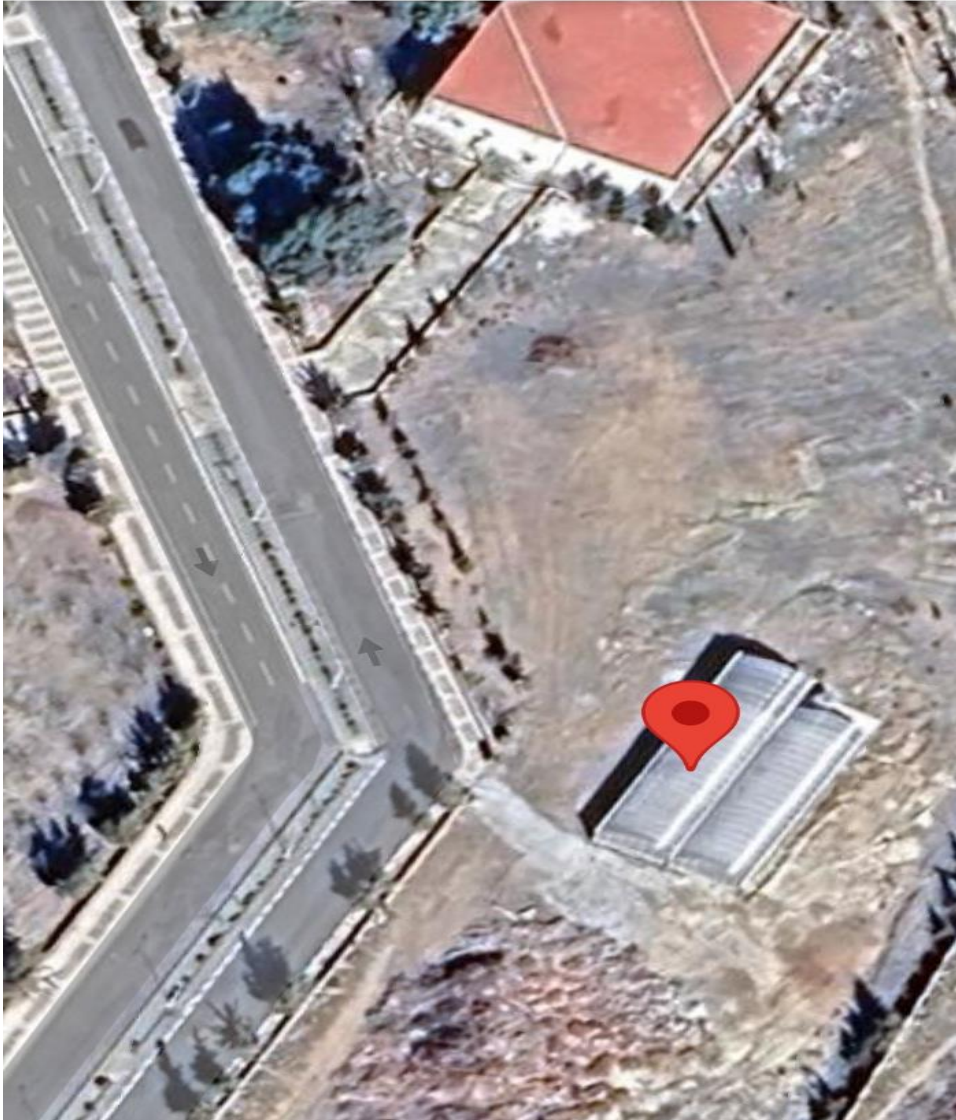


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (*Source : Google maps, 2024*)

2. Méthodes expérimental

2.1- La méthode de compostage

Lors de cette étude, un tas de compost a été constitué avec 16,5 kg de broyat d'élagage d'arbres et 30,5 kg de déchets de légumes et de fruits, mesurant 90 cm de long, 40 cm de large et 30 cm de haut. Pour maintenir la température et l'humidité et accélérer la biodégradation des matières organiques, le tas a été recouvert d'un film plastique. Le choix du compostage aérobie a été fait en suivant les recommandations de Mustin (1987) pour favoriser une maturation plus rapide du compost, cette méthode fournissant un environnement riche en oxygène pour la croissance des micro-organismes décomposeurs.

2.2- Étapes du compostage

Le processus de Compostage comprend plusieurs étapes :

- **Broyage** : Les matériaux volumineux ont été broyés pour réduire leur taille, augmenter la surface exposée et favoriser les interstices entre les particules.
- **Disposition en couches alternées** : les matériaux broyés ont été disposés en tas avec des couches alternées de broyat d'élagage d'arbres et de déchets de légumes et de fruits.
- **Homogénéisation** : Après une période de 7 jours, les couches du tas ont été mélangées conformément aux recommandations de Mustin (1987).
- **Retournement et arrosage** : le tas a été retourné tous les 2 jours et arrosé lorsque nécessaire pour maintenir l'humidité et l'aération.
- **Suivi des paramètres** : la température, l'humidité et le pH du tas ont été mesurés tous les 2 jours pendant la durée du Compostage

2.3- Matériel utilisé

Dans notre expérience, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Broyeur
- Une balance
- pH-mètre
- Un thermomètre
- Hygromètre
- Arrosoir
- Fourche

- Bêche
- Film plastique

3- Méthodes analytiques

3.1- Mesure du pH

La mesure du pH est effectuée sur une suspension de 10 g de compost dans 50 ml d'eau distillée. Après dix minutes d'agitation et une heure de repos le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre.



Photographie n° 1 : La mesure de pH par un pH-mètre

3.2- Mesure de H°

Elle est déterminée après passage de l'échantillon à 80°C à l'étuve pendant 48 h et calculée comme suit (tchegueni, 2011) :

$$H(TEE) = \frac{Pt - Ps}{Pt} \times 100$$

Avec :

H : Humidité (teneur en eau).

Pf : poids total.

Ps : poids sec.

3.3- La conductivité électrique

- **Principe**

La conductivité électrique (CE) totale est mesurée sur un extrait à 1/5 (masse de compost/volume de solution) à température ambiante, grâce à un conductimètre.

- **Matériels utilisés**

- ✓ Agitateur mécanique
- ✓ Entonnoir.
- ✓ Balance.
- ✓ Conductimètre.
- ✓ Bêchers de 100 ml.
- ✓ Pissette pour l'eau distillée de 500 ml.
- ✓ Barreau mantique.
- ✓ Tube à essai.
- ✓ Papier filtre

- **Mode opératoire**

- ✓ Peser dans un bécher une masse de 10g de compost déjà sèche.
- ✓ Mélanger les 10g de compost avec 50ml d'eau distillée à température ambiante.
- ✓ Homogénéiser le mélange par agitation magnétique pendant 30 minutes.
- ✓ Laisser reposer 3 minutes.
- ✓ Filtrer le mélange dans le tube à essai avec du papier filtre.
- ✓ Plonger l'électrode du conductimètre dans le liquide et effectuer la mesure.
- ✓ Lire la valeur de CE après la stabilisation de lecture (Magdich *et al.*, 2020).

3.4- Température

La température a été mesurée durant tout le processus du compostage par un thermomètre à sonde. La sonde de 50 cm de longueur est introduite complètement des différents côtés du tas pour avoir la moyenne de la température.



Photographie n°2 : Mesure la température par un thermomètre

3.5- La teneur en cendre (la matière minérale)

Après évaporation de l'échantillon ($M = 10$ g) à 105 °C, on place la matière sèche dans un four à moufle à chauffage électrique à 550 °C pendant 5h afin de calciner la matière (Magdich *et al.*, 2020).

La teneur en cendre est déterminée par le calcul suivant.

$$TC(\%) = \frac{M1}{M0} \times 100$$

TC : teneurs en cendres (%)

M1 : masse de l'échantillon sèche

M0 : masse de l'échantillon après la calcination

3.6- Teneur en carbone organique (CO) et la matière organique (MO)

- **Principe**

La teneur en matière organique (MO) est déterminée en calcinant une masse de 0,5 g de compost dans un four à 600 °C pendant 6 heures. Elle est obtenue par différence de pesée entre la masse de l'échantillon séché à 105 °C et la masse de l'échantillon après calcination (El Fels, 2014).

Elle s'exprime par (%) et peut se donner à partir de la relation suivante :

$$MO(\%) = \frac{(M_s - M_c)}{M_s} \times 100$$

Avec :

Mo(%) : pourcentage de la matière organique

Ms : masse de l'échantillon après passage à l'étuve à 105 °C

Mc : masse de l'échantillon après calcination.

De pourcentage de la matière organique totale

(MO %), le pourcentage du carbone organique (CO %) est déterminé en appliquant la relation suivante :

$$CO(\%) = \frac{MO(\%)}{1.724}$$

- **Matériel utilisé**

- ✓ Balance de précision
- ✓ Spatules ou pinces
- ✓ Étuve
- ✓ Four à moufle
- ✓ Creusets

- **Mode opératoire:**

Peser une masse de 0,5 g de compost préalablement séché à 105 °C.

On pose les échantillons dans le four à moufle à 600 °C environ 6 heures.

Après 6 heures, nous prenons le nouveau poids de l'échantillon, puis calculons CO et MO à travers les équations.

3.7- Azote total

L'azote total est déterminé par la méthode Kjeldahl. La matière organique azotée de l'échantillon est minéralisée par l'acide sulfurique concentré à chaud en présence de catalyseur. L'azote des composés minéraux et organiques est transformé en sulfate d'ammonium au cours de l'attaque oxydante. Dans un distillateur d'azote, l'ion ammonium est ensuite déplacé par la soude 40 % et entraîné à la vapeur puis fixé par l'acide borique 2 % et enfin titré par l'acide sulfurique 0,02N en présence de l'indicateur coloré. Les réactifs utilisés pour le dosage de l'azote total sont :

- Acide sulfurique concentré (H₂SO₄).
- Catalyseur (5 g de K₂SO₄ + 0,5 g de CuSO₄ + 0,25 g de sélénium).
- Hydroxyde de sodium (NaOH) 40 %.
- Acide borique (H₃BO₃) 1n
- Acide sulfurique (H₂SO₄) 0,02n
- Indicateur coloré (rouge de méthyle 0,1 g et vert de bromocrésol 0,5 g dans l'éthanol à 95 % 500 ml).

Dans un matras, on introduit 0,5 g de compost, 10 ml de l'acide sulfurique concentré et 0,5 g du catalyseur Kjeldahl. La digestion se fait à chaud jusqu'à ce que les échantillons deviennent blancs. Le minéralisât refroidi est récupéré avec 100 ml d'eau distillée pour la distillation. Un blanc est réalisé dans les mêmes conditions.

Dans les matras de distillation, on introduit le minéralisât et 50 ml de soude 40 % et dans un erlenmeyer de 250 ml, on met 10 ml de l'acide borique 1N puis on procède à la distillation à l'aide d'un distillateur d'azote.

Le distillat est dosé avec l'acide sulfurique H₂SO₄ 0,02 N en présence d'indicateur coloré. L'Azote total est donné par la formule suivante :

$$N(\%) = \frac{1.4 \times N \times (Ve - Vt)}{P}$$

Avec :

N(%) : azote total

Ve : volume de titre de l'échantillon (ml)

Vt : volume de titre de témoin (ml)

N : normalité de la solution titrant (acide sulfurique 0.02N)

P : poids en gramme de la prise d'essai (g)

3.8- Dosage de phosphore « méthode Joret-Hebert »

Pesée 4 g du compost avec 100 ml d'oxalate d'ammonium (NH₄), puis agitée la solution pendant deux heures. Après l'agitation, filtrer la suspension dans une fiole de 100ml et compléter au trait de jauge à l'eau distillée. La réduction est obtenue en maintenant le tube au bain-marie bouillant à 80 °C pendant 10 min, la solution virant au bleu. Puis faire un dosage par un spectrophotomètre à l'absorbance 660 nm.

3.9- Dosage de potassium

Pesée 5 g du compost avec 100 ml d'acétate d'ammonium (C₂H₇NO₂), puis agitée la solution pendant une heure. Après l'agitation filtrer la suspension dans une fiole de 100 ml et compléter au trait de jauge à l'eau distillée. Puis faire un dosage par un photomètre à flamme à une longueur d'onde de 766.5 nm (khene *et al.*, 2021).

3.10 - Taux et indice de germination

Ce test est basé sur le pouvoir germinatif des graines du lentille. Il consiste à semer aléatoire des graines de lentilles dans des boites pétri contenant différents pourcentages de composts et de sols (5 graines par boîte).

Le taux de germination est évalué par rapport au témoin (100 % sol).

Les graines sont comptées et les longueurs des racines sont mesurées.

- **Le taux de germination (TG)** est calculé par la formule suivante :

$$TG = \frac{GG}{GS} \times 100$$

Avec

TG: Taux de germination

GG : Nombre de graines germées

GS : Nombre de graines semées

- **L'indice de germination (IG)** est calculé par la formule suivante :

$$IG (\%) = \left(\frac{GC}{GT}\right) \times \left(\frac{LC}{LT}\right) \times 100$$

Avec :

IG: Indice de Germination.

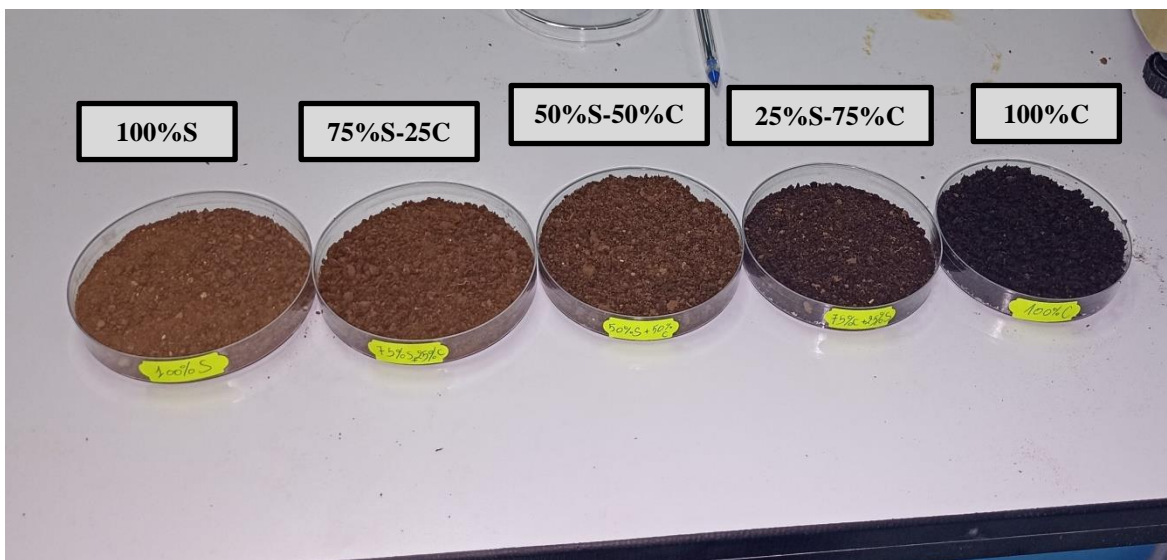
GC: Nombre de graines germées dans le cas d'apport du compost.

GT: Nombre de graines germées dans le cas du traitement témoin.

LC: Longueur des racines dans le cas des apports du compost.

LT: Longueur des racines dans le cas du traitement témoin.

Les différentes proportions des composts et des sols sont : 100% S, 75% S + 25% C, 50% S + 50% C, 25% S + 75% C, 100% C (S : sol et C : compost) (kabil *et al.*, 2016).



Photographie n°3 : Test de germination de lentille avec différentes doses de compost

Résultats et discussion

Le processus naturel de décomposition peut être régularisé et accéléré par l'homme. Le processus de décomposition dans le tas se déroule de façon plus intense et les conditions sont optimales du fait que le tas se compose presque uniquement de matière organique.

Le compostage du tas de MO (les fruits et les légumes et les déchets d'élagage) a duré 54 jours moyennant des arrosages et des retournements réguliers ; ceci a abouti à un compost mur caractérisé par :

- Sa température est similaire à la température ambiante ;
- Il est granuleux, foncé et sent bon ;
- on ne distingue plus à l'œil nu les composés d'origine ;

Dans notre étude, Nous analysons et discutons les résultats des paramètres (T° , C, pH, MO %, CO %, N, P, K...) obtenus durant le suivi la conversion des déchets de légumes, de fruits et d'élagage des arbres au compost.



Photographie n°4: La matière première utilisée dans l'étude



Photographie n° 5 : La matière finale (compost mature)

1. Résultats des paramètres analysés :

1.1- pH

D'après la courbe de l'évolution du pH au cours du processus de compostage (figure 3)

Notre mesure de pH en début a donné une valeur de $\text{pH}=6.8$, le pH commence à diminuer, atteignant son minimum valeur ($\text{pH}=5.4$) dans le jour 14, Cette baisse du pH peut être expliquée, selon Mustin (1987), par la production d'acides organiques résultant de la dégradation des glucides, des lipides, et d'autres substances. De plus, la production de CO_2 lors de la dégradation aérobie contribue à acidifier le milieu par sa dissolution dans l'eau et la production d'acide carbonique.

Vers les (27e - 33e) jours, il y a un passage par une phase de neutralité ($\text{pH} = 6.9 - 7.4$).

Ensuite, une phase d'alcalinisation, où le pH atteint 7,9 le jour 38. est le résultat d'une part de la production d'ammoniac à partir de la dégradation des amines et d'autre part de la libération des bases précédemment intégrées à la matière organique.

Par la suite, le compost retour à la phase alcaline stationnaire. Cette stabilité est due à la présence d'ions Ca^{2+} qui augmentent au cours du compostage et agissent comme tampons dans le milieu (Juste, 1980).

Le pH 7.2, fait du compost un produit sans risques pour le sol et pour les plantes. La valeur de pH obtenue dans cette expérimentation concorde avec les travaux de (Hellmann *et al.*, 1997).

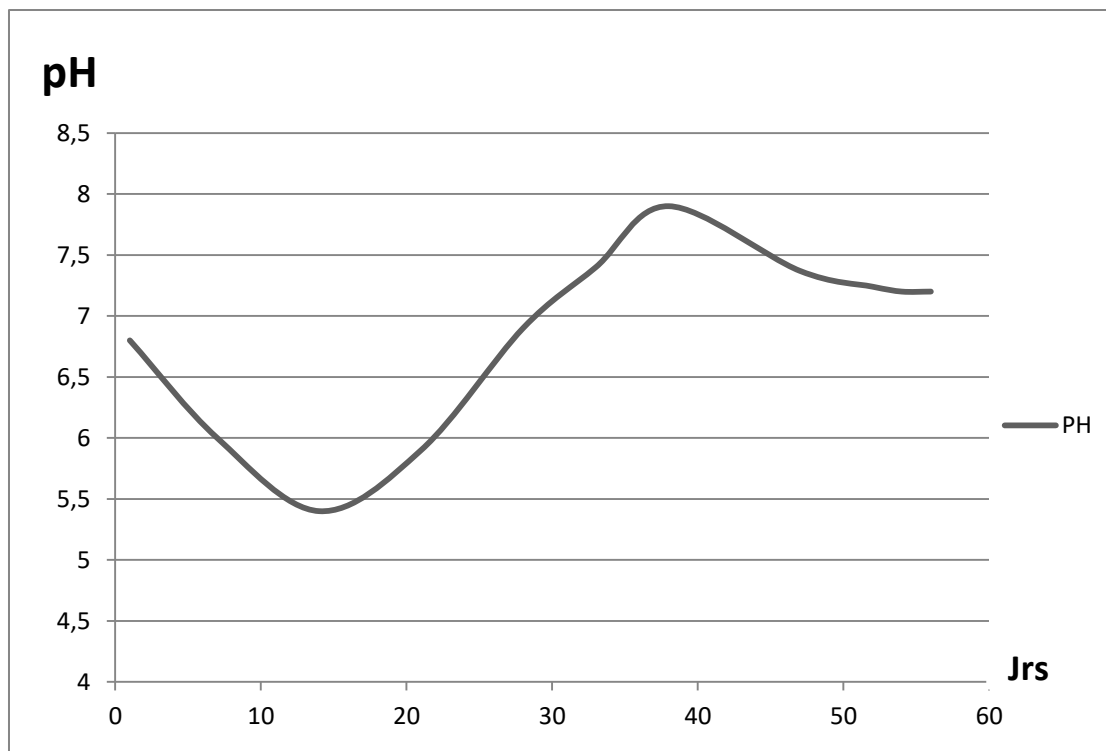


Figure 3. Évolution de pH de compost

1.2- La température

En observant la courbe d'évolution de la température pendant le processus de compostage (figure 4), nous permettons de le diviser en quatre phases :

- **La première phase**

Au début du compostage, la température $T^{\circ 1}$ était de 27°C . Puis il évolue progressivement vers des degrés plus élevés, où : Au jour 7 la température $T^{\circ 2} = 32.8$, Au jour 10 la température $T^{\circ 3} = 36$ Cette augmentation progressive de la température est due au commencement de l'activité des microorganismes.

- **La deuxième phase**

L'augmentation de la température est significative, elle arrive à $T^{\circ 4} = 59^{\circ}\text{C}$ dans le 14e jour pendant 3 jours. Cela est dû à l'activité intense des micro-organismes.

Cette valeur reste inférieure à 70°C , au-dessus de laquelle il y a détruit des organismes vivants et donc dégradation de la qualité du compost. Aussi, comme rapporté par (Godden 1986), la production de chaleur par les micro-organismes est proportionnelle à la masse du tas.

- **La troisième phase**

Aux alentours du 21e jour du compostage, et après le 8e retournement, la température commence un déclin pour atteindre de $T^{\circ}=33.5$ °C au jour 34. Les matières qui restent en bordure elles n'augmentent en température qu'après le retournement lorsqu'elles sont introduites à l'intérieur de pile (Itab, 2001).

- **La phase finale**

On peut considérer que la phase de maturation débute à partir du 38e jour du compostage, puisque le dernier retournement du jour 36 n'a pas eu d'impact significatif sur l'élévation de la température.

À la fin, la température du compost se confond avec la température ambiante, ce qui montre qu'il n'y a plus d'activité microbienne ; le compost est donc mûr et prêt à être utilisé.

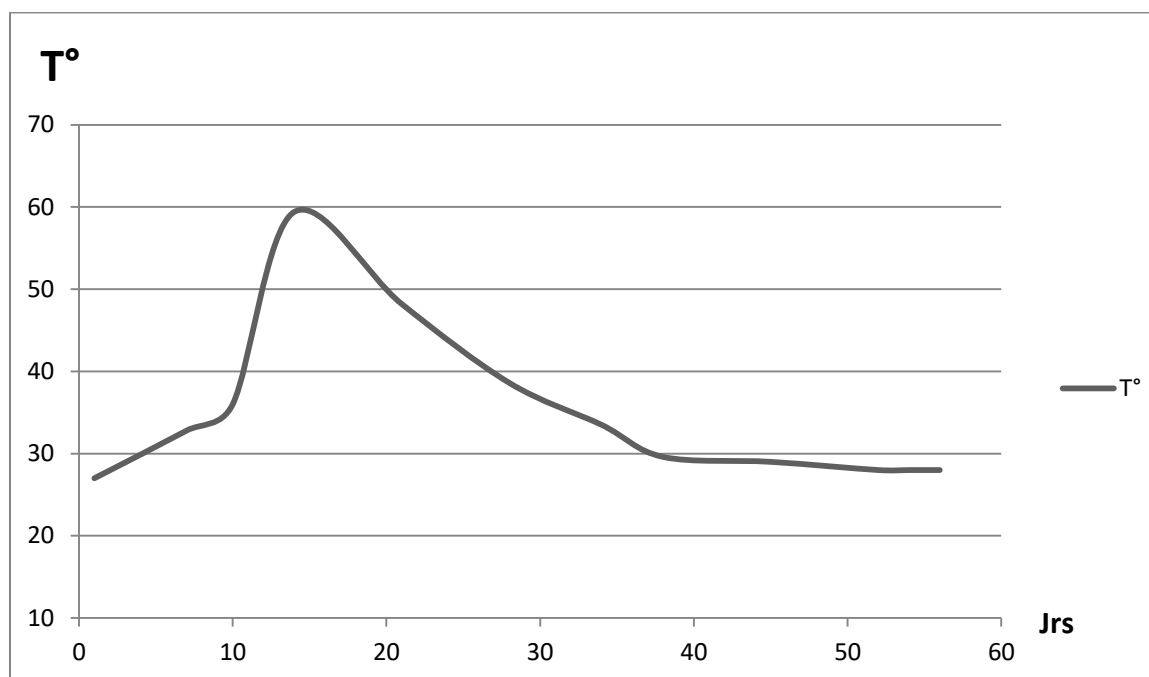


Figure 4. Évolution de température

1.3- La conductivité électrique CE

On ne parle que rarement de conductivité électrique dans la littérature sur le compost. Pourtant elle est directement liée à la salinité et traduit donc un potentiel de phytotoxicité. (Francou, 2003).

La conductivité électrique est déterminée pour voir si le produit a une salinité modérée ou élevée, ce qui permet de connaître le type de cultures appropriées.

La conductivité (CE) de notre compost est de 1.89 ms/cm, ce qui indique que notre compost est moyennement salin. Néanmoins cette teneur peut être expliquée par la richesse de la matière première en matière minérale.

(0-2 ms/cm) est considéré comme adapté à toutes les cultures. Quant au (4 - 2 ms/cm), les cultures sensibles en sont affectées, mais s'il dépasse ces valeurs, il s'oriente vers les cultures résistantes à la salinité (Ghania, 2020).

1.4- L'humidité

Ce paramètres de produit final est rarement mesuré, Mais la teneur en eau de l'échantillon final est de 11,7 %. À cause de la perte d'eau par la lixiviation et à l'évaporation, donc ce taux d'humidité est faible, notre échantillon est sec. Ce taux est en accord avec les standards mondiaux en matière de compost.

1.5- La teneur en cendre TC

L'analyse de notre échantillon de compost a révélé une teneur en matières minérales de 11.2 %, ce qui renseigne sur une assez bonne teneur en éléments minéraux de l'échantillon. La source de ce teneur provient de la décomposition de diverses matières organiques utilisées dans le processus de compostage. Au cours du processus de biodégradation, les micro-organismes transforment ces matières en une forme que les plantes peuvent utiliser, ce qui inclut la libération de minéraux et de nutriments dans le compost (Demeyer *et al.*, 2001)

Ce taux ne présenterait pas de risques environnementaux à court et long terme (Demeyer et al., 2001 ; Hébert et al., 2008).

1.6- Teneur en (CO) et (MO)

Après l'analyse de la matière organique au laboratoire, nous avons obtenu la valeur de 50.14%, alors que le carbone organique est de 29.085%.

Cette proportion de matière organique du compost est un indicateur de la bonne qualité du compost (Mustin, 1987). La principale raison de cette proportion est l'utilisation par les micro-organismes des substances organiques indispensables à leurs métabolismes (Mustin, 1987).

1.7- Le rapport C/N

Le rapport C/N est un paramètre très important au cours d'un processus de compostage. Ce rapport est le critère le plus courant pour déterminer la maturité d'un compost. (Meriem *et al.*, 2021).

Dans notre étude, le ratio C/N était de 26,70 au départ ce ratio primaire décroît constamment au cours du compostage pour atteindre à la fin vers 13,85 ; ceci s'explique par le fait que les micro-organismes consomment plus de carbone (principal constituant des molécules organiques) que d'azote.

On considère qu'une valeur inférieure à 25 caractérise un compost mûr, alors qu'un rapport inférieur à 20 et même 15 est préférable (Biddlestone et Gray, 1988). Ce qui signifie que ce compost est mature.

1.8- Dosage d'azote

Le résultat de l'analyse de la teneur initiale en azote total de notre matière première a été de 1,84 %. Cette valeur augmente pour atteindre 2.1 % dans le compost mature.

D'après Mustin (1987), l'augmentation du pourcentage d'azote total lors du processus de compostage vient de la dégradation des protéines des matériaux de départ sous l'effet de la chaleur et de l'action des microorganismes. On peut aussi supposer qu'une partie de l'augmentation de l'azote vient des résidus des microbes et bactéries qui se sont multipliés notamment pendant la première phase du processus du compostage.

Selon (Hashim *et al.*, 2023) L'augmentation de l'azote total est en raison des émissions de dioxyde de carbone par perte de masse, de l'évaporation par perte d'eau et de l'action bactérienne fixatrice d'azote.

1.9- La teneur en potassium et phosphore

1.9.1- Le phosphore total est l'ensemble du phosphore présent dans un échantillon sous forme de phosphates ou de composés organophosphorés (Tchegueni, 2011).

La teneur en phosphore dans notre échantillon d'étude est 1.26%, cette valeur de phosphore dans le compost provient du lessivage de certains minéraux et de la décomposition de la matière organique (Soudi, 2005).

1.9.2- Le potassium (K₂O) de notre compost, obtenu un pourcentage de 1,41%, Ce paramètre de composts présentent de bonnes valeurs et respectent les normes d'une matière organique de bonne qualité (Garba, 2020). La source de potassium dans le compost est la biodégradation des matériaux organiques qui sont décomposés pendant le processus (Francou, 2003).

1.10- Indice et taux de germination

Nous faisons des essais à court terme permettant la détermination des paramètres de germination et d'élongation de la racine à savoir : le (TG), le (IG) et la Longueur de la Racine (LR).

Ce sont des tests indispensables et parmi les plus communément utilisés pour étudier la toxicité des composts et évaluer leur degré de maturité (Gariglio *et al.*, 2002 ; Said-Pullicino *et al.*, 2007).

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau suivant:

Tableau 1. Les résultats de TG et IG

	Taux de germination (%)	Indice de germination (%)
Boite 1 (témoin)	80%	100%
Boite 2	80%	105%
Boite 3	100%	131.25%
Boite 4	100%	137.5%
Boite 5	80%	110%

Les résultats de l'expérience indiquent que les boîtes 3 et 4 ont enregistré le taux de germination le plus élevé avec TG=100 %, surpassant les autres boîtes où TG=80 %. Il

apparaît donc que les mélanges composés de (50 % sol et 50 % compost) ainsi que de (25 % de sol et 75 % compost) sont les plus efficaces pour la germination des lentilles.

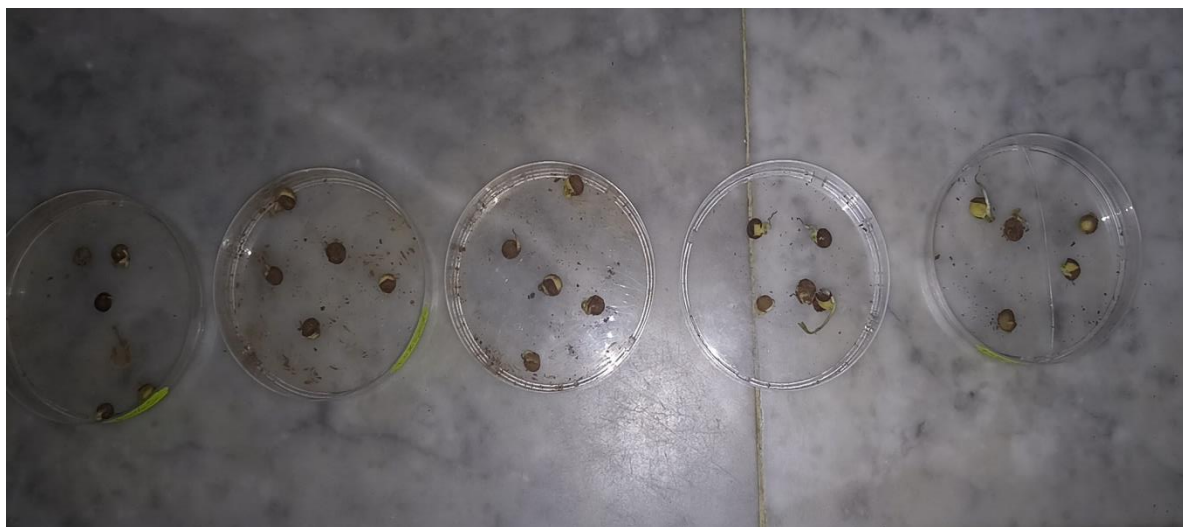
En examinant l'indice de germination, il est évident que toutes les boîtes présentent un indice supérieur à 100%. Cependant, la boîte 4 se distingue par un indice de germination plus élevé que celui des autres boîtes.

Ainsi, le mélange avec (25 % sol et 75 % compost) semble être le plus propice à la germination, ce qui suggère que l'augmentation de la proportion de compost pourrait être bénéfique pour le développement initial des graines.

Il est important de souligner que le compost utilisé dans cette étude s'est avéré être sûr et non toxique, corroborée par l'absence d'effets négatifs observés sur la croissance et le développement des plantules dans les boîtes contenant des proportions élevées de compost.

Selon Bernal (1998), un compost encore immature manifeste une phyto-toxicité qui se traduit par une réduction significative de la croissance ou du pourcentage de germination. Cette inhibition est causée par la production de substances phyto-toxiques telles que l'ammoniaque, l'oxyde d'éthylène et les acides organiques à courte chaîne aliphatique

Donc, cette étude démontre que le compost peut être un amendement efficace pour la germination des graines et que l'utilisation d'un compost sûr et non toxique est essentielle pour garantir une croissance saine des racines.



Photographie n°6 : Les graines après 4 jours de la mise en marche du processus de germination.

Conclusion général

Conclusion

Le compostage s'affirme une solution prometteuse pour la valorisation des déchets organiques, permettant d'obtenir un amendement agricole stable, hygiénisé et de haute qualité agronomique.

Où notre étude a montré que le suivi des analyses de l'évolution de paramètres clés tels que le pH, l'humidité, la température, la teneur en nutriments de base et le rapport C/N au cours du processus de compostage et le maintien de leurs valeurs idéales accélèrent le processus de décomposition et améliorent la qualité de compost.

Les résultats prouvés obtenus montrent la transformation des déchets en un produit stable et hygiénisé répondant aux critères d'un compost de qualité. L'utilisation de ce compost présente de nombreux avantages pour l'agriculture, notamment l'amélioration de la fertilité et de la structure du sol, l'augmentation de la productivité des cultures, la stimulation de la biodiversité et la réduction des risques environnementaux. Cependant, il est crucial de maîtriser le processus de compostage et de caractériser le produit final afin de garantir son innocuité pour la santé et l'environnement. Le calcul de l'indice de germination, comme réalisé dans cette étude, constitue un outil précieux pour évaluer la viabilité et l'absence de phytotoxicité du compost.

En conclusion, le compostage apparaît comme une pratique durable et bénéfique, permettant à la fois de valoriser les déchets organiques et d'améliorer la qualité des sols et la fourniture d'une nutrition équilibrée aux plantes .

Références bibliographie

Références bibliographiques

- **Bayard, R., Gourdon, R.,** (2010). Traitement biologique des déchets. *Techniques de l'ingénieur*.
- **Bernal, M. P., Navarro, A. F., Roig, A., Cegarra, J., & García, D.** (1996). Carbon and nitrogen transformation during composting of sweet sorghum bagasse. *Biology and fertility of soils*, 22, 141-148.
- **Bernal, M. P., Paredes, C., Sanchez, M.A., & J. Cegarra.** (1998). Maturity and stability parameters of compost predes with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*. 63, 91_99.
- **Biddlestone, A. J., & Gray, K. R.** (1988). A review of aerobic biodegradation of solid wastes. *Biodeterioration*, 7, 825-839.
- **Bordeleau, L. M.** (1999). L'usage du compost restaure la biodiversité dans les sols agricoles. *Bio-Bull*, 19, 20-24.
- **Bougnom, B. P., Mair, J., Etoa, F.X., & Insam, H.** (2009). Composts with wood ash addition: A risk or a chance for ameliorating acid tropical soils?. *Geoderma*, 153, 402-407.
- **Breton, B., Hébert, M.** (2008). Recyclage agricole des cendres de bois au Québec- État de la situation, impacts et bonnes pratiques agro-environnementales. Bulletin Mensuel d'Information et de Liaison du PNTTA, p6
- **Chaib, M., Ben ali, A., & HABCHI, A.** (2021). Suivi des paramètres physico-chimiques de compostage des déchets des palmiers dattiers en utilisant les déchets du thé et du café, *Doctorat dissertation, UNIVERSITE AHMED DRAIA-ADRAR*.
- **Devisscher, S.** (1997) - Le compost. Mém. D.E.S.S. *univ Picardie*, 60 p.

- **DIAZ, L., DE BERTOLDI, Bidlingmaier et Stentiford.** (2007). *Compost Science and Technology, (Waste Management)*, Amsterdam – Boston – Heidelberg – London – New York – Oxford - Paris – San Diego – San Francisco – Singapore – Sydney Tokyo, *Med. elsevier*, 8, 381p
- **El Fels, L.** (2014). Suivi physico-chimique, microbiologique et écotoxicologique du compostage de boues de STEP mélangées à des déchets de palmier: validation de nouveaux indices de maturité, *Doctorat dissertation*, Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT; Univ Cadi Ayyad (Marrakech, Maroc).
- **Francou, C.** (2003). Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains. Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage- Recherche d'indicateurs pertinents. *Thèse de Doctorat*, Institut Nationale Agronomique Paris-Grignon, France.
- **Garba, O., Mella, M. T., Kiari, S. A., Grema, M. H. I., & Zanguina, A.** (2020). Valorisation de glume de mil et balle de riz par compostage: caractérisations physico-chimiques des composts. *Afrique Science*, 17(4), 29-38.
- **García-Gil, J.C., Plaza, C., Soler-Rovira, P. & Polo, A.** (2000). Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, 32, 1907-1913.
- **Gariglio, N. F., Buyatti, M. A., Pilatti, R. A., & Acosta, M. R.** (2002). Use of a germination bioassay to test compost maturity of willow (*Salix* sp.) sawdust. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 30(2), 135-139.
- **Ghania, D., Chawech, KH.,** (2020) Évaluation des déchets organiques pour préparer du compost et étudier leurs propriétés physicochimiques et microbiologiques, Univ Kasdi Merbah, Ouargla.

- **Gobat, J.M., Aragno M., Matthey W.** (1998). Le sol vivant. Bases de la pédologie. Biologie des sols. Presses Polytechniques et Univ Romandes. Collection Gérer l'Environnement N°14. Lausanne, Suisse. 519 pages.
- **Godden, B.** (1986). Etude du processus de compostage du fumier. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Univ Libre de Bruxelles. Laboratoire de microbiologie, 136 pages+annexes.
- **Hashim, S., Khaliq, A., Khan, A. A., Ahmad, F., & Ehsan, F.** (2023). Qualitative Effect of Mechanical Turner on NPK Concentration of Compost.
- **He X.T., Logan T. J., Traina S. J.** (1992). Physical and Chemical Characteristics of Selected U.S Municipal Solid Waste Composts. *J. Environ. Qual*, 24: 543-552.
- **Hellmann, B., Zelles, L., Palojarvi, A., & Bai, Q.** (1997). Emission of climate-relevant trace gases and succession of microbial communities during open-windrow composting. *Applied and environmental microbiologie*, 63(3), 1011-1018.
- **Hensler, R. F., Olsen, R. J., Witzel, S. A., Attoe, O. J., Paulson, W. H., & Johannes, R. F.** (1970). Effect of method of manure handling on crop yields, nutrient recovery and runoff losses. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 13(6).
- **Hoitink, H. A. J.** (1995). The Composting Process. Cité par ITAB (2001). Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001.
- **Itab** (2001). Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001p 105-106.
- **Juste, C.** (1980). Avantages et inconvénients de l'utilisation des composts d'ordures ménagères comme amendement organique des sols ou supports. INRA Bordereaux, Journées internationales sur le compost, Madrid.

- **Kabil, E. M., Semlali, L. A., Aajjane, A., & Assobhei, O.** (2016). Phytotoxicité de composts obtenus par compostage accéléré sur des plantes cultivées dans la région des Doukkala, Maroc Phytotoxicity of composts obtained by accelerated composting on crops cultivated in Doukkala region. *Morocco J. Mater. Environ. Sci*, 7(12), 4828-4838.
- **Khene, M., Azouzi, I.** (2021). Valorisation des déchets des palmeraies (Phoenix dactylifera L.) par le Co-compostage aux niveaux de L'itidas (Biskra), 30-48
- **Magdich, S., Rouina, B. B.** (2020). Effets de l'épandage du compost issu des fibres du palmier dattier et du fumier sur les caractéristiques chimiques du sol. *Revue Ezzaitouna*, 16, 1.
- **Michaud, L.** (2007). Tout sur le compost : le connaître, le faire, l'acheter et l'utiliser Éd Multi Mondes.
- **Michel, B.** (2009). Spécial engrais et pesticides Société géologique de France p 27,28.
- **Misra, R. V., Roy, R. N., & Hiraoka, H.** (2005). Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. FAO. ed. Rome.
- **Mrabet, L., Belgtyi, D., Loukili, A., & Attarassi, B.** (2011). Étude de l'effet du compost des déchets ménagers sur l'amélioration du rendement de Maïs et de la Laitue. Afrique Science, *Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 7(2).
- **Mustin, M.** (1987). Le compost: Gestion de la matière organique. Paris (France) Eds. Francois Dubusc.
- **Pagaliai, M., & Vittori, A.L.** (1993). Influence of waste organic matter on soil micro and macro- structure. *Bioresource Technology*. 43: 205-213.
- **Remadna, N., Toumi, L. A.** (2020). Contribution à l'évaluation qualitative d'un compost d'origine mixte. cas de la région de Biskra.

- **Richard, T. L., Hamelers, H. V. M., Veeken, A., & T. Silva.** (2002). Moisture relationships in composting processes. *Compost Science & Utilization*. 10(4), 286-302.
- **Roig, A., Cayuela, M. L., & Sánchez-Monedero, M. A.** (2004). The use of elemental sulphur as organic alternative to control pH during composting of olive mill wastes. *Chemosphere*, 57(9), 1099-1105.
- **Said-Pullicino, D., Kaiser, K., Guggenberger, G., & Gigliotti, G.** (2007). Changes in the chemical composition of water-extractable organic matter during composting: Distribution between stable and labile organic matter pools. *Chemosphere*, 66(11), 2166-2176.
- **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.
- **Smeester, E.,** (1993). Le compostage domestique : comment transformer vos déchets organiques en mine d'or pour le jardin. Ed : Versicolores INC, *bibliothèque nationale du Québec*. 44p.
- **Soudi, B.,** (2005). Le compostage des déchets de cultures sous serres et de fumier,
- **Sulzberger, R.** (2005). Compostage et fertilisation. Belgique, *Chantecler*.
- **Tchegueni, S., A. Kili, K., Collectif.** (2011). Compostage Des Déchets Agro-Alimentaires. *Maurice International Book Market Service Limited*.
- **Tomati, U., Galli, L., Pasetti & Volterra, E.** (1995). Bioremediation of olive-mill wastewaters by composting. *waste management & research*, 13(6), 509-518.
- **Toumela, M., Vikman M., Hatakka, A., & Itavaara, M.** (2000). Biodegradation of lignin in à compost environment: à review. *Bioresource Technology* 72, 169-183.
- **Tremier, A., De Guardia, A., Massiani, C., Paul, E., & Martel, J.L.** (2005). A respirometric method for characterising the organic composition and the temperature

Références bibliographiques

influence on the biodegradation kinetics, for a mixture of sludge and bulking agent to be co-composted. *Bioresource Technology*. 96: 169-180.

Résumé

Cette étude s'est intéressée au suivi d'un tas de compost composé de 30 % de déchets d'élagage des arbres et de 70 % de déchets de fruits et légumes. Elle a montré que la surveillance des facteurs de fertilisation tels que le pH, la température, l'humidité et la ventilation, le maintien de ces conditions idéales accélère le processus de compostage et assure sa décomposition optimale. Notre étude a mis 54 jours pour produire un compost caractérisé par : $H^{\circ} = 9,54$, $pH = 7,4$, $CE = 1.89$ ms/cm, $TC = 11,1$ %, $MOT = 50.14$, $COT = 29,085$ %, $C/N = 13,85$. D'autre part, les analyses chimiques effectuées ont également révélé que la présence des concentrations idéales d'éléments nutritifs essentiels pour les plantes comme $N = 2,1$ %, $P = 1.26\%$ et $K = 1.41\%$. Enfin, au vu de ces résultats encourageants que nous avons obtenus, ils ont permis de dire que le procédé de compostage est une méthode très efficace de valorisation biologique des déchets organiques et qu'il faut l'appliquer dans la vie pratique en généralisant l'utilisation des composts sur les cultures pour diminuer les effets néfastes des engrais chimiques sur le sol, l'environnement et l'homme.

Les mots clés : Compostage, Propriétés de compost, Valorisation, déchets organique

ملخص:

ركزت هذه الدراسة على متابعة كومة سماد تتكون من 30% من نفايات تقليم الأشجار و70% من نفايات الفواكه والخضروات. أظهرت أن مراقبة عوامل التسميد مثل الرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، والرطوبة، والتهوية، والحفاظ على هذه الظروف المثالية يسرع عملية التسميد ويضمن تحللها بشكل مثالي. استغرقت دراستنا 54 يومًا لإنتاج سماد يتميز بـ $H^{\circ} = 9.54\%$ ، $pH = 7.4$ ، $CE = 1.87$ مللي ثانية/سم، $TC = 11.1\%$ ، $MOT = 50.14\%$ ، $COT = 29.085\%$ ، $C/N = 13.85$. من ناحية أخرى، كشفت التحاليل الكيميائية أيضًا عن وجود تركيزات مثالية من العناصر الغذائية الأساسية للنباتات مثل $N = 2.1\%$ ، $P = 1.26\%$ و $K = 1.41\%$. بالنظر إلى هذه النتائج المشجعة التي حصلنا عليها، سمحت لنا بالقول إن عملية التسميد هي طريقة فعالة للغاية للتأمين البيولوجي للنفايات العضوية ويجب تطبيقها في الحياة العملية من خلال تعميم استخدام السماد على المحاصيل لتقليل الآثار الضارة للأسمدة الكيميائية على التربة والبيئة والإنسان.

الكلمات المفتاحية: التسميد، خصائص السماد، تثمين، مخلفات عضوية.