

N° d'ordre :

*REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE*

UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU

*Faculté des Sciences
Département de Chimie*



Domaine : **Sciences de la Matière**

Filière : **Chimie**

Spécialité : **Chimie de l'environnement**

Mémoire de Master
Thème

Caractérisation physico-chimique d'un compost et valorisation

Présenté par : RAHEM Soraya

MOKRANI Lamia

*Soutenu publiquement, le 14 octobre 2021
Devant le Jury composé de :*

Mr KADOUCHE Slimane	MC/A	UMMTO	President
Mme LOUNI Dalila	MC/A	UMMTO	Promotrice
Mme OMOURI Ouardia	MC/A	UMMTO	Co-Promotrice
Mr RAHMOUNE Med Ameziane	MC/B	UMMTO	Examineur

Session 2020 / 2021

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience afin de mener ce modeste travail à terme.

Nous remercions chaleureusement Mme LOUNI Dalila, notre promotrice, pour son disponibilité, son aide précieux, son soutien tout au long de ce travail et ces conseils qui nous ont été très utile.

Nous tenons à remercier également Mme OMOURI Ouardia notre Co-promotrice, qui a collaboré de près à la réalisation de ce travail.

Nous remercions très vivement le jury composé de : Mr KADOUCHE Slimane de nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury et Mr RAHMOUNE Med Ameziane d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.

Un grand merci à l'ensemble du personnel du laboratoire de chimie de Tamda, faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques.

Nous tenons également à adresser nos plus vifs remerciements au(x) :

Enseignants qui nous ont formés durant tout notre cursus ;

Personnel de la bibliothèque de département de chimie pour leur compréhension ;

Personnel de l'administration de département de chimie ;

A tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci 

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail comme signe de reconnaissance et symbole d'affection,

*Mes très chers parents pour tous les efforts
A entrepris et leurs encouragements au fil de mes
années d'études.*

*Mes parents auxquels je souhaite la santé, le
bonheur et une longue vie et que dieu les protège.*

*A mes très chers frères et leurs femmes et leurs petits(es)
enfants.*

A mes chères sœurs et leurs maris et leurs enfants.

A mes chers(es) cousins et cousines.

A mes oncles et tantes.

A toutes mes amis (es).

*A ma chère binôme et amie Lamia pour son soutien moral,
sa patience, sa compréhension tout au long de ce travail.*

Soraya

Dédicaces

Ce travail est dédié à mes très chers parents, sans lesquels je ne peux arriver à accomplir ce que j'ai accompli durant tout mon parcours, et qui étaient présents à mes côtés dans tous mes moments difficiles.

*Je dédie ce mémoire à mon frère et sœurs,
mes copines*

*A mon binôme Soraya, avec qui j'ai
partagé le chemin.*

Lamia

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
Abs	Absorbance
AFNOR	Association Française de Normalisation
B	Boue
C	Concentration massique
°C	Degré Celsius
C0	Compost à l'état initial
C1	Compost à la phase mésophile
C2	Compost à la phase thermophile
C3	Compost à la phase de refroidissement
C4	Compost à la phase de maturation
CE	Conductivité électrique
C/N	Rapport carbone/ azote
F.B	Fumier de Bovin
F.O	Feuilles d'Olivier
FeCl₃	Chlorure de fer (III)
F.C	Folin-Ciocalteu
FTIR	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier
g	Gramme
G.O	Grignon d'Olive
H₂SO₄	Acide sulfurique
H%	Taux d'humidité en pourcentage
h	Heure

Liste des abréviations

HCl	Acide chlorhydrique
j	Jour
°K	Degré kelvin
L	Litre
m	Masse
M	Margine
mm	Millimètre
Min	Minute
MS%	Taux de matière sèche en pourcentage
mS/cm	Mili siemens par centimètre
MEB	Microscope électronique à balayage
NF	Norme française
Na₂CO₃	Bicarbonate de sodium
NaOH	La soude
nm	Nanomètre
pH	Potentiel hydrogéné
PHILIPS XL20	Appareil MEB
TP%	Taux de polyphénols en pourcentage
T	Température
UV	Ultraviolet
λ	Longueur d'onde
μm	Micromètre

Liste des tableaux

Tableau I-1 : paramètres de stabilité et de maturité (en % d'apparition dans la littérature)

Tableau I-2 : composition physique, chimique et biochimique de grignons d'olive.

Tableau I-3 : la composition de grignons d'olive en hémicellulose, cellulose et lignine.

Tableau I-4 : composition physico-chimique indicative des margines

Tableau I-5 : composition chimique global des feuilles d'olivier

Tableau II-1 : Dispositif du compostage.

Tableau III-1: Le refus et tamisas de l'échantillon.

Tableau III-2: Analyse à UV-Visible.

Tableau III-3 : Les bandes d'adsorption enregistrées pour les composts étudiées par IRTF.

Liste des figures

Figure I-1 : les différentes phases du compostage aérobie.

Figure I-2 : courbe de variation du pH au cours du compostage.

Figure II-1: Exploitation agricole appartenant au domaine privé des frères Oumellil situé dans la région de Boukhalfa au nord de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Figure II-2:les constituants brutes ;(A) boue, (B) fumier de bovin, (C) feuilles d'olivier, (D) grignon d'olive, (E) margine.

Figure II-3 : mise en place des andains.

Figure II-4 : Prélèvement des échantillons d'andain pour l'analyse.

Figure II-5 : les étapes de préparation des échantillons.

Figure II-6 : Quelques échantillons en poudre.

Figure II-7 : une tamiseuse.

Figure II-8 : les étapes de détermination de taux d'humidité.

Figure II-9 : Etuvage des échantillons pour déterminer le taux de la matière sèche.

Figure II-10 : Différentes étapes de l'extraction des composés phénoliques.

Figure II-11 : Les étapes de dosage des polyphénols.

Figure II-12 : Dosage de solution filles d'acide gallique.

Figure II-13 : Mesure de pH.

Figure II-14 : les étapes de la mesure de la conductivité électrique

Figure II-15 : Identification des alcaloïdes.

Figure II-16 : Identification des flavonoïdes.

Figure II-17 : Identification des tanins.

Figure II-18 : Identification des tanins gallique.

Figure II-19 : les principales étapes d'analyse à l'UV-Visible.

Figure II-20 : Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR).

Figure II-21 : MEB PHULIPS XL 20.

Figure III-1 : Histogramme de taux d'humidité.

Figure III-2 : Histogramme de taux de la matière sèche.

Figure III-3 : Histogramme de taux de polyphénols des matières premières.

Figure III-4 : Evolution de taux de polyphénols dans le compost.

Figure III-5 : pH des matières premières.

Figure III-6 : Evolution du pH d'un compost.

Figure III-7 : mesure de la CE (mS/cm).

Figure III-8 : Evolution de la CE (mS/cm).

Figure III-9 : Analyse par IRTF.

Figure III-10 : Image MEB de C0.

Figure III-11 : Image MEB de C4.

Remerciement

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

INTRODUCTION.....	1
I GENERALITES SUR LE COMPOSTAGE.....	3
I.1 Historique.....	3
I.2 Définition du compostage.....	3
I.3 Pourquoi composter ?.....	3
I.4 Les différentes phases du compostage.....	4
I.4.1 La phase mésophile.....	4
I.4.2 La phase thermophile.....	4
I.4.3 La phase de refroidissement.....	5
I.4.4 La phase de maturation.....	5
I.5 Les avantages du compostage.....	5
I.6 Inconvénients et limites du compostage.....	6
I.7 Les différents procédés de compostage.....	7
I.7.1 Compostage en andains retournés.....	7
I.7.2 Andains aérés passivement.....	7
I.7.3 Tas statique aéré.....	8
I.7.4 Compostage en récipients clos.....	8
I.7.5 Compostage en casier.....	8
I.8 La qualité du compost.....	9

I.8.1	Définition de la qualité d'un compost.....	9
I.8.2	Maturité et stabilité du compost.....	10
I.9	Caractéristiques physiques du compost.....	11
I.9.1	Conductivité électrique (CE).....	11
I.9.2	La granulométrie.....	12
I.9.3	Teneur en humidité (H).....	12
I.10	Caractéristiques chimiques du compost.....	13
I.10.1	Le pH.....	13
I.10.2	Taux de la matière sèche (MS).....	14
I.10.3	Les composés phénoliques.....	14
I.10.4	Le rapport C/N.....	15
I.10.5	Humification : rapport (AH/AF).....	15
I.10.6	Les teneurs en éléments fertilisants des composts.....	15
I.11	Les paramètres biologiques : Test respirométrique.....	16
I.12	La phytotoxicité.....	16
I.13	Caractéristiques spectroscopique du compost.....	17
I.13.1	La spectroscopie UV-visible.....	17
I.13.2	La spectroscopie infrarouge (IR).....	17
I.14	Morphologie : microscope électronique à balayage (MEB).....	17
I.15	La composition des différents constituants utilisés lors du compostage.....	18
I.15.1	Composition de grignons d'olives.....	18
I.15.2	Composition chimique des margines.....	18
I.15.3	Composition des boues résiduaires.....	19
I.15.4	Composition des feuilles d'olivier.....	19
I.15.5	Composition du fumier de bovins.....	20
I.16	La Valeur agronomique du compost.....	20
I.17	Critères d'évaluation de la maturité d'un compost.....	21

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1 Description du site du compostage.....	22
II.2 Origine des matières compostées	22
II.2.1 Les boues d'épuration urbaines	22
II.2.2 Les sous-produits oléicoles.....	22
II.2.3 Le fumier de bovin	23
II.3 Type de compostage.....	23
II.4 Méthode d'échantillonnage	24
II.5 La mise en œuvre des matériaux	25
II.5.1 Séchage	25
II.5.2 Broyage.....	26
II.5.3 Tamisage.....	26
II.6 Les caractéristiques physico-chimique du compost.....	26
II.6.1 Les caractéristiques physiques.....	26
II.6.1.1 La granulométrie	27
II.6.1.2 Détermination du taux d'humidité	27
II.6.1.3 Détermination de taux de la matière sèche	29
II.6.2 Les caractéristiques chimiques	29
II.6.2.1 Les composés phénoliques	29
II.6.2.2 Dosage des polyphénols totaux.....	31
II.6.2.3 Réalisation de la courbe d'étalonnage	33
II.6.2.4 Détermination du pH.....	34
II.6.2.5 La conductivité électrique	35
II.7 Analyse photochimique.....	36
II.7.1 Identification des alcaloïdes	36
II.7.2 Identification des flavonoïdes.....	37
II.7.3 Identification des tanins.....	37

II.7.4 Identification des tanins galliques	38
II.8 Caractérisation microscopique	38
II.8.1 Analyse à l'UV-Visible	38
II.8.2 Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR).....	39
II.9 Microscopie Electronique à balayage (MEB)	39
 Chapitre III : Résultats et Discussions	
III. Caractérisation physico-chimique d'un compost.	41
III.1. caractérisation physique.....	41
III.1.1.analyse granulométrique	41
III.1.2.Détermination du taux d'humidité	41
III.1.3. Détermination de taux de la matière sèche.....	42
III.2.Caractérisation chimique	43
III.2.1.Détermination de taux de polyphénols.....	43
III.2.3.mesure du pH	44
III.2.4.Mesure de la conductivité électrique.....	45
III.3.Analyse photochimique	46
III.3.1.Identification des alcaloïdes.....	46
III.3.2. Identification des flavonoïdes.....	46
III.3.3. Identification des tanins.....	47
III.3.4. Identification des tanins gallique.....	47
III.4.Caractérisation microscopique.....	47
III.4.1.Analyse à l'UV-Visible.....	47
III.4.2.Spectroscopie infrarouge (FTIR)	48
III.4.3.Microscopie électronique à balayage	50
Conclusion	51
Références bibliographiques.....	52
Annexes	
Résumé	

Introduction générale

INTRODUCTION

Les déchets représentent un des problèmes majeurs de l'environnement, dus au degré d'urbanisation, à l'amélioration du niveau de vie et à la progression du rythme de la consommation. Ces facteurs ont eu pour corollaire une concentration incessante de sources de contamination pour l'environnement. D'autre part, les sols sont de plus en plus appauvris en matières organiques [1].

Le compostage se trouve alors être une solution envisageable pour diminuer les quantités d'ordures ménagères et pour pallier les déficiences en matières organiques.

Le compostage est un procédé aérobie de transformation biologique de matériaux biodégradables pour former, après maturation, un compost stable et riche en humus (Mustin, 1987 ; Giloux, 1995). Cette stabilisation de déchets organiques se caractérise par une succession de phases mésophile, thermophile et de refroidissement, conditionnée par la présence d'une large diversité microbienne active [1].

Cette large diversité microbienne est responsable de la régulation de la décomposition par les microorganismes hétérotrophes (Giller et al., 1997), et de la transformation et du stockage des éléments nutritifs (Howarth et Paul, 1994) [1].

D'un autre côté, cette biomasse microbienne intervient dans le cycle du carbone via les processus de minéralisation et d'humification de la matière organique (Ross and Tate, 1993) et assure également des transformations de la matière organique en éléments minéraux dans le cycle de l'azote (Shen et al., 1989). Elle représente donc un paramètre fiable pour évaluer l'évolution du statut organique (Chaussod et al., 1992 ; Jedidi et al., 2004) et pourrait être utilisé en tant qu'outil de gestion du processus de compostage. Une fois arrivé à maturité, le compost, exempt de pathogènes, est utilisé comme fertilisant pour les sols puisqu'il représente une source parfaite de matières organiques et d'éléments nutritifs nécessaires pour la croissance des plantes (Jedidi et al., 2004) [1].

L'Algérie possède peu d'amendements organiques (Anonyme 1). Il s'agirait donc de trouver des gisements de matière organique. Deux sources majeures apparaissent : le grignon d'olives et les margines qui sont rejetés en grandes quantités dans la nature provoquant des effets nuisibles et nocifs pour l'environnement [2].

La recherche de nouvelles techniques d'élimination et de recyclage des déchets est donc indispensable. Le compostage est devenu l'une des pratiques biologiques les plus

répandues de nos jours. C'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 (Gobat et al., 1998 ; Castaldi et al., 2007). C'est aussi une technique très avantageuse par son faible coût et son impact mesuré sur l'environnement [2].

L'action bénéfique du compost sur la productivité des plantes a été largement démontrée (Lee et al., 2004). Cet effet est dû, d'une part, à l'amélioration des qualités physiques (structure, porosité) et chimiques teneur en azote, en carbone et en oligoéléments des sols (Esse et al., 2001 ; Castaldi et al., 2004) d'autre part à la présence dans ces composts d'une microflore abondante et diversifiée (Gomez et al., 2006). Le compost permet donc de combler le déficit des sols surexploités et d'en améliorer la fertilité à long terme [2].

L'objet de ce travail consiste en un suivi temporel des transformations biochimiques d'andains constitué de grignons d'olive, margine, des boues de station d'épuration, fumier de bovin et les feuilles d'olivier par les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques et spectroscopiques. Les hypothèses suivantes ont été testées :

- i) l'irrigation avec margine **améliore** le processus de compostage,
- ii) les méthodes de caractérisation par spectroscopie pourraient constituer un bon outil de suivi de l'évolution d'un compost.

Notre travail se subdivise en trois (3) chapitres :

- Chapitre I est consacré à la synthèse bibliographique ;
- Chapitre II Matériels et méthodes ;
- Chapitre III Résultats et discussion

Une Conclusion et des perspectives termineront notre travail.

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

I GENERALITES SUR LE COMPOSTAGE

I.1 Historique

Le compostage n'est pas une technique récente mais très ancienne pratiquée depuis l'antiquité. Des siècles auparavant les chinois ont rassemblé et composté toutes les matières organiques du jardin, des champs, de maison 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 [3].

Aussi le mot '**compost**' vient du latin « compositus » qui signifie composé de plusieurs choses. Les romains appelaient ainsi les préparations de légumes et de fruits avec des adjonctions d'huiles, de sels et d'autres adjuvants. C'est sous ce nom que la choucroute a été introduite en Europe centrale au XIème siècle [3].

I.2 Définition du compostage

Le compostage est un processus naturel de «dégradation» ou décomposition de la matière organique par les micro-organismes dans des conditions bien définies. Les matières premières organiques, telles que les résidus de cultures, les déchets urbains et les déchets industriels appropriés peuvent être appliquées aux sols en tant que fertilisant, une fois le processus de compostage terminé [4].

Le compost est une source importante de matière organique pour sol, elle joue un rôle important dans la durabilité et la fertilité, pour une production agricole durable. En plus d'ajouter des éléments nutritifs pour les cultures, la matière organique améliore les propriétés biologiques et physico-chimiques du sol. Ce dernier devient plus résistant au stress hydrique et aux maladies. Il présente un cycle nutritif de bonne qualité en raison d'une activité microbienne vigoureuse [4].

I.3 Pourquoi composter ?

Selon **francou., 2003** le compostage permet de transformer un matériau en fin de vie, le déchet, en un produit utilisable, le compost. L'intérêt premier d'un compost est d'être un amendement organique permettant d'améliorer la fertilité des sols. Par rapport à des déchets non compostés le compostage présente un certain nombre d'autres avantages :

- Le compostage permet de réduire les masses et les volumes d'environ 50% par rapport aux déchets initiaux. Ces réductions sont dues à la minéralisation des composés organiques, à la perte d'eau et à la modification de la porosité du milieu (Das & Keener, 1997 ; Eklind & Kirchmann, 2000a).
- La perte en matière organique entraîne une concentration des éléments minéraux au sein du compost (Kirchmann & Widen, 1994).
- L'augmentation de la température permet la destruction des agents pathogènes. D'autres facteurs qui restent à étudier pourraient intervenir (Sentiford, 1996 ; Sidhu et al., 1999).
- L'action combinée de l'élévation de température et de la libération d'agents inhibiteurs permet la destruction de graines d'adventices [5].

-

I.4 Les différentes phases du compostage

Le compostage est accompagné de production de chaleur. Il est largement admis depuis longtemps que la chaleur générée au sein du compost est essentiellement d'origine biologique, c'est-à-dire due à l'activité microbienne (Waksman et al., 1939). Des oxydations chimiques exothermiques peuvent également prendre part à l'échauffement du compost. Mais l'origine abiotique de l'échauffement est considérée négligeable devant l'origine biologique, lorsque les températures n'atteignent pas des valeurs très stressantes pour l'activité microbienne (plus de 80°C) (Finstein & Morris M.L.1975 ; Miller et al., 1989) [5].

L'évolution schématique de la température au sein du compost permet de définir quatre phases au cours du compostage [5].

I.4.1 La phase mésophile

C'est la phase initiale du compostage. Durant les premiers jours de compostage, la présence de matières organiques facilement biodégradables entraîne une forte activité microbienne (bactéries et champignons) générant une forte production de chaleur et une montée rapide de la température au cœur du compost.

I.4.2 La phase thermophile

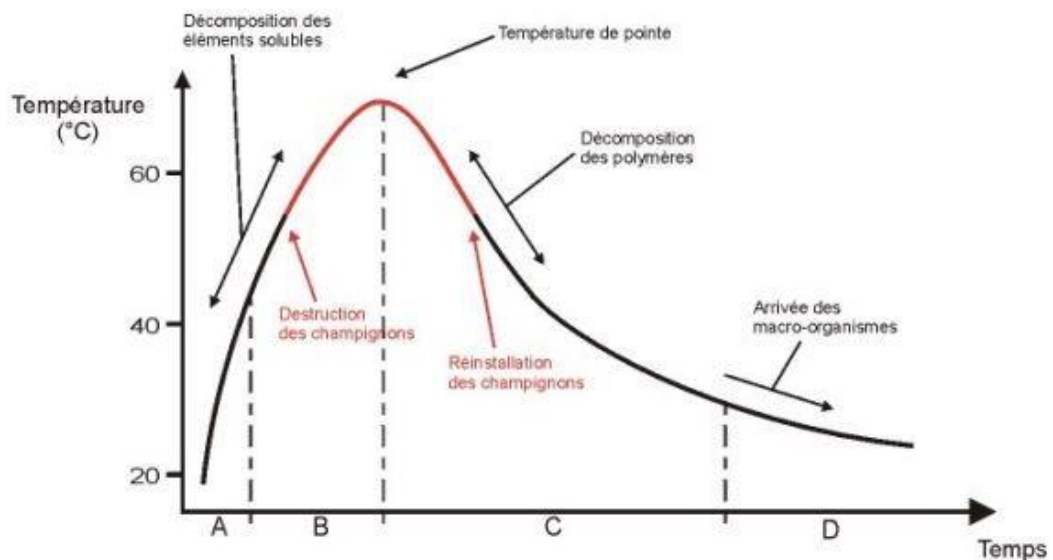
Très vite la température atteint des valeurs de 60°C voire 75°C. Seuls les micro-organismes thermorésistants (essentiellement des bactéries) peuvent survivre à ces hautes températures. Au cours de cette phase, une part importante de matière organique est perdue sous forme de CO₂, et un assèchement du compost lié à l'évaporation de l'eau est souvent observé.

I.4.3 La phase de refroidissement

La diminution de la quantité de matières organiques facilement dégradables provoque un ralentissement de l'activité microbienne. La chaleur générée par la dégradation microbienne est alors inférieure aux pertes dues aux échanges surfaciques et à l'évaporation, entraînant un refroidissement du compost. Cette phase de refroidissement peut être très progressive ou au contraire très rapide en fonction des conditions des climatiques ou de la taille du tas de compost par exemple. Au cours de cette phase, des micro-organismes mésophiles colonisent à nouveau le compost.

I.4.4 La phase de maturation

Au cours de cette dernière phase, les processus d'humification prédominent, ainsi que la dégradation lente des composés résistants. Cette phase de maturation dure jusqu'à l'utilisation des composts.



Légende : A : phase mésophile; B : phase thermophile; C : phase de refroidissement; D : phase de maturation

Figure I-1 : Les différentes phases du compostage aérobique (Mercier, 2009) [6]

I.5 Les avantages du compostage.

Selon Blazy, (2014) ; Amir et al., (2010) et Jouraiphy et al., (2007), le compostage présente beaucoup d'avantages, les principaux sont :

- ✓ Procédé biotechnologique, utilisant les potentialités microbiennes, pour transformer les substrats organiques, en un produit (appelé compost) stable et mature et exempt de toute phytotoxicité ;

- ✓ Il possède un effet à long terme dans le sol comparable aux fertilisants chimiques. Le compost possède d'autres propriétés comme la diminution de l'érosion des sols, l'augmentation de la capacité de rétention en eau ou l'amélioration des échanges gazeux ;
- ✓ Il enrichit et maintient la biodiversité des populations microbiennes des sols ;
- ✓ Le compostage permet d'obtenir un amendement relativement assaini, applicable à l'ensemble des cultures, qui accroît le taux d'humus du sol et stimule la vie microbienne du sol ;
- ✓ La gestion des matières organiques par cette voie offre plusieurs avantages ;
- ✓ Il permet de contrôler les pertes en éléments fertilisants. Il n'est pas possible de supprimer totalement ces pertes qui restent inévitables, en azote gazeux notamment lors de la constitution du tas et des retournements, mais elles sont bien moindres que celles qui se font lors d'un épandage de fumier frais.
- ✓ Il assure une désodorisation des effluents d'élevage. En effet, les micro-organismes du compostage recyclent l'azote ammoniacal responsable des odeurs indésirables ;
- ✓ Il permet la destruction de certains germes pathogènes et de certaines graines d'adventices. C'est la combinaison qui assure cette destruction.
- ✓ C'est un avantage très important pour l'agriculture biologique ; elle diminue les quantités de matière organique à stocker et à épandre. La diminution de masse est de 30 à 60% en moins de 3 mois ;
- ✓ Il permet une délocalisation des épandages dans le temps et dans l'espace, c'est-à-dire une meilleure adéquation du calendrier d'épandage à celui des végétaux et de leur besoins, et aux contraintes pédoclimatiques ;
- ✓ Enfin contrairement aux fumiers et lisiers, le compost, épandu sur prairies, ne risque pas de nuire à l'appétence de l'herbe puisqu'il n'est plus porteur d'odeurs indésirables [2].

I.6 Inconvénients et limites du compostage

Malgré ses avantages suscités, le compostage présente également des inconvénients et limites :

- ✓ Certains parasites et pathogènes ne sont pas détruits ;

✓ Les éléments traces métalliques (métaux lourds) présents dans les matériaux de départ ne sont pas éliminés par le compostage, au contraire : ils se concentrent à cause de la réduction du volume.

✓ Composter convenablement réclame un minimum d'organisation et de disponibilité. Mettre en œuvre un chantier de compostage nécessite de la place, du temps pour le suivi (surveiller que le compostage se déroule bien) et les interventions (retourner l'andain, le couvrir, l'arroser), d'avoir le bon matériel au bon moment (tracteur, chargeur, épandeur, retourneur,...). Ces contraintes peuvent parfois être importantes ;

✓ L'azote est stabilisé dans le compost. Cet élément est alors moins disponible pour les cultures et sa libération dépend beaucoup du climat et du type de sol. L'azote est stabilisé mais il est toujours présent dans le compost [2].

I.7 Les différents procédés de compostage

Il existe une grande variété d'usines de compostage allant des plates-formes les plus simples, constituées uniquement d'une surface à l'air libre pour placer les andains et de quelques engins (broyeurs, tracto-pelles), aux plates-formes les plus sophistiquées constituées d'espaces abrités, d'appareils de contrôle continu de la température, de la teneur en oxygène, de systèmes de ventilation etc... [7].

I.7.1 Compostage en andains retournés

Le compostage en andains consiste à placer un mélange de matières premières dans de longs tas étroits appelés andains remués ou tournés de façon régulière. Ces andains sont aérés essentiellement par un mouvement passif ou naturel de l'air (convection et diffusion gazeuse). Le taux d'échange avec l'air dépend de la porosité de l'andain. Ainsi, la taille de l'andain qui peut être effectivement aéré de cette manière est déterminée par sa porosité. Un andain composé de feuilles peut être bien plus grand qu'un andain humide contenant du fumier. Quand l'andain est trop grand, des zones anaérobies peuvent alors apparaître à proximité du centre et des odeurs sont libérées quand l'andain est retourné. Par contre, les petits andains perdent rapidement de la chaleur et risquent de ne pas réussir à atteindre une température suffisamment élevée pour permettre l'évaporation de l'eau et l'élimination des pathogènes et des graines d'adventices.

I.7.2 Andains aérés passivement

Avec la méthode des andains aérés passivement, de l'air est fourni aux composts par des tuyaux perforés, enfoncés dans l'andain, qui élimine la nécessité du retournement. Les

extrémités des tuyaux perforés, enfoncés dans l'andain, qui élimine la nécessité du retournement. Les extrémités des tuyaux sont ouvertes et l'air circule ainsi dans les tuyaux et à travers l'andain en raison de l'effet de tirage créé par les gaz chauds qui s'élèvent hors de l'andain. Comme les matières premières ne sont pas retournées quand les andains sont achevés, celles-ci doivent être parfaitement mélangées préalablement à leur mise en andain. Il est crucial d'éviter le compactage des matières lors de la préparation des andains.

I.7.3 Tas statique aéré

La méthode du tas statique aéré utilise le système d'aération par tuyau mais est plus avancée, car elle utilise un ventilateur pour fournir de l'air au compost. Le ventilateur offre un contrôle direct du processus et permet de travailler avec des tas plus importants, sans retournement après le début du compostage. L'air est aspiré ou soufflé à travers le tas. Le tas n'étant pas retourné par la suite, la sélection et le mélange initial des matières premières sont cruciaux afin d'éviter une mauvaise répartition de l'air et un compostage irrégulier. Le mélange a également besoin d'une bonne structure afin de conserver, sa porosité tout au long de la période de compostage. Pour le compostage statique en tas, l'air peut être fourni de deux façons : un système d'aspiration avec l'air aspiré à travers le tas ou un système de soufflage grâce au ventilateur injectant de l'air dans le tas.

I.7.4 Compostage en récipients clos

Le compostage en récipient fait référence à un ensemble de méthodes qui confinent les matières à composter dans un bâtiment, un container ou récipient. Ces méthodes sont basées sur l'aération forcée et des techniques de retournement mécanique qui visent à accélérer le processus de compostage. De nombreuses méthodes combinent les techniques des andains et des tas aérés dans le but de surmonter les faiblesses et les techniques des andains et des tas aérés dans le but de surmonter les faiblesses et exploiter les avantages de chaque méthode.

I.7.5 Compostage en casier

Le compostage en casier est peut-être la méthode de compostage en récipient la plus simple. Les matières sont contenues par des murs avec le plus souvent un toit. Les bâtiments ou les silos permettent de stocker des quantités plus importantes de matériaux et d'utiliser l'espace au sol de manière plus efficace que ne le font les tas indépendants. Les casiers permettent aussi d'éliminer les problèmes climatiques, de maîtriser les odeurs et d'offrir un meilleur contrôle de la température. Les méthodes de compostage en casier fonctionnent de la même façon que la méthode du tas statique aéré. Elles comprennent des procédés d'aération forcée à la base du casier et un petit nombre, voire aucun retournement

des matériaux. Les matières à composter peuvent être déplacées d'un casier à l'autre. La plupart des principes et des conseils suggérés pour le tas aéré s'applique également au compostage en casier.

I.8 La qualité du compost

L'évaluation de la maturité du compost a été largement identifiée en tant qu'un des problèmes les plus importants de l'utilisation du compost comme amendement. Pour Mondini & Insam (2003), l'emploi de biodéchets provenant d'horizons divers rend indispensable la détermination de la qualité des composts avant leur utilisation en agriculture. En effet, les plus importants facteurs affectant le succès de l'utilisation de compost comme amendement agricole sont les degrés de stabilité et de maturité (Said-Pullicino et al., 2007). Ainsi, Larre-Larrouy & Thuries (2006) affirment que la gestion du processus de compostage doit tenir compte de la valeur agronomique potentielle du produit final en évaluant son degré de maturité [7].

I.8.1 Définition de la qualité d'un compost

La qualité d'un compost est difficile à définir et demeure une notion évasive [7]. La stabilité et la maturité du compost sont essentielles pour une utilisation optimale comme amendement et source de nutriments pour les plantes (Amir, 2005). Francou (2003) juge que le terme de maturité reste souvent ambigu, bien que fréquemment cité dans la littérature. Dans la majorité des articles, la stabilité et la maturité ne sont, soit définies que de manière implicite, soit pas définies du tout. Deux approches distinctes coexistent pour décrire la qualité des composts. La première s'appuie sur la notion de transformation d'une matière organique initiale très fortement biodégradable, en une matière organique stable en fin de compostage. Le degré de stabilité du compost est alors estimé par la biodégradabilité des matières organiques et par leur humification [7]. La seconde approche considère les effets du compost sur les végétaux. Le degré de maturité est, dans ce cas, relié à l'absence de préjudice pour les plantes suite à l'utilisation de compost. En effet, Tiquia et al. (1997) expliquent que l'apport de compost immature dans un sol engendre des effets négatifs sur la germination et sur la croissance et le développement des plantes. Dans cette optique, le meilleur indicateur de maturité d'un compost reste l'estimation de sa phytotoxicité. De nombreuses études de cet aspect suggèrent qu'un compost stable ne signifie pas

nécessairement qu'il soit mature puisqu'il peut encore avoir un effet inhibiteur ou phytotoxique sur la croissance des plantes [7].

I.8.2 Maturité et stabilité du compost

La qualité du compost est fonction du degré de stabilisation de la M.O. Il est donc essentiel de déterminer le degré de maturité du produit c'est à dire le stade à partir duquel le compost n'entraîne plus d'effet négatif sur les végétaux. Les termes maturité et stabilité d'un compost sont souvent confondues et employés dans un même sens alors qu'ils correspondent à des paramètres différents. Il n'existe pas de définition universelle pour ces paramètres et de nombreux auteurs proposent leur propre définition. Une étude effectuée par ADAS Consulting Limited (2005) recense les diverses définitions proposées dans la littérature. Ainsi le terme de stabilité est défini par 12 paramètres parmi 49 références bibliographiques et la maturité selon 7 paramètres parmi 44 références. La répartition de ces termes recueillis dans la littérature est récapitulée le Tableau I.1 [8].

Tableau I.1: Paramètres de stabilité et de maturité [8]

Stabilité	%	Maturité	%
Activité biologique ou respiration	35	Effets sur les plantes	45
Degrés ou stades de décomposition	20	Degrés de décomposition (C/N)	23
Mauvaises odeurs	14	Activité biologique ou respiration	11
Consommation d'azote	8	Bénéfices agraires (texture, rétention en eau...)	9
Disponibilité des nutriments	6		9
Phyto-toxicité	4		4
Carbone disponible ou autres sources	2	Odeurs	2
Couleur	2		
Dissolution des métaux lourds	2	Pathogènes	
Humidité	2	Couleur	
Risques environnementaux pour la santé	2		
Texture	2		
	100		100

La maturité d'un compost est le plus souvent associée à la germination et à la croissance des plantes incluant la phytotoxicité, l'immobilisation de l'azote et la balance des nutriments, alors que la stabilité combine l'activité microbienne et le degré de décomposition du substrat [8]. Dans la suite de cette étude, les termes de stabilité ou de maturité seront indifféremment employés pour qualifier la qualité du compost. La maturité est souvent évaluée par le rapport C/N. Il a été établi par différents auteurs qu'un rapport C/N voisin de 10-15 correspond à un compost mature. Actuellement, ce rapport seul n'est plus suffisant pour déterminer la maturité d'un compost, il est nécessaire de le combiner avec d'autres paramètres physico-chimiques tels que la M.O.T%, des tests de phytotoxicité [8]. De nombreux auteurs se sont intéressés aux méthodes d'évaluation de la maturité et les ont comparées entre elles [A.D.A.S Consulting Limited, 2005 ; Francou, 2003 ; Avnimelech et al., 1996 ; Morel et al., 1986 ; Godden, 1986]. Aucune n'a été retenue comme la méthode de référence, bien souvent plusieurs analyses biologiques, chimiques ou physiques complémentaires sont préconisées. Les méthodes d'appréciation de la maturité sont basées sur l'état de stabilité de la M.O et ses conséquences sur l'activité microbienne des composts et des sols [8].

I.9 Caractéristiques physiques du compost

Dans un bon compost, le taux d'humidité ne doit pas dépasser 50% (Mustin, 1987). Il doit être de couleur noire, décomposé, c'est-à-dire les particules végétales se défont à la pression des doigts, il est exempt de microorganismes pathogènes et de graines de mauvaise herbes. Un compost mûr doit avoir une température basse, granuleux, foncé et sent la terre fraîche et non l'odeur d'ammoniac [7].

I.9.1 Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique n'est que rarement mentionnée dans la littérature sur le compost. Pourtant elle est directement liée à la salinité et traduit donc un potentiel de phytotoxicité. Hirai et al. (1986) ont montré une proportionnalité entre phytotoxicité et conductivité électrique. Dans leur étude, Garcia et al. (1992) attribuent une inhibition de la germination du cresson à la forte conductivité (4 mS.cm⁻¹) d'un compost d'ordures ménagères [5].

L'évolution de la conductivité, c'est à dire l'évolution de la concentration en sels, s'explique par la combinaison de trois phénomènes. La minéralisation de la matière organique lors du compostage entraîne une augmentation de la concentration en sels et donc une augmentation de la conductivité. Mais elle peut être modérée voire annulée par le lessivage des sels lorsque les andains de composts sont sujets aux précipitations ainsi que par une diminution de l'extractibilité des sels due à leur fixation plus importante sur la matière organique stabilisée. C'est pour cela que la conductivité électrique n'évolue pas dans le même sens en fonction des études. Avnimelech et al. (1996) mesurent une diminution de la conductivité de 8 mS.cm⁻¹ à 4 mS.cm⁻¹. Partant d'un déchet de conductivité de 2.5 mS.cm⁻¹, Michel & Reddy (1998) constatent que l'aération du compost joue sur la concentration en sels : la conductivité est de 3 mS.cm⁻¹ dans le cas du compost bien aéré et dépasse 7 mS.cm⁻¹ dans le cas du même déchet composté avec une aération réduite [5].

Ajoutons que la conductivité électrique est mesurée sur extrait et qu'elle est très sensible au rapport d'extraction et la température à laquelle est réalisée cette extraction. Cela rend difficile la comparaison de résultats issus de travaux différents [5].

I.9.2 La granulométrie

La granulométrie est un facteur qui détermine la vitesse de biodégradabilité. Plus la surface spécifique du substrat sera élevée, plus la zone de contact entre le substrat et les micro-organismes, sera étendue et meilleure sera la fermentation. Si la granulométrie est trop fine, elle provoque un « étouffement », si elle est trop grossière elle provoque un dessèchement dû à des circulations d'air importantes [9].

I.9.3 Teneur en humidité (H)

La teneur en eau (H%) du substrat conditionne l'activité des micro-organismes. La teneur optimale dépend de la densité du milieu, qui est fonction de l'état physique et 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 et 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%. Au contraire, si elle dépasse 70%, l'eau commence à remplir les espaces lacunaires des déchets et empêche les échanges d'oxygène, provoquant des

conditions favorables à l'anaérobiose. Selon certains auteurs [Tiquia et al., 1998 ; Haug, 1993 ; Mustin, 1987 ;] l'optimum de teneur en eau se situe entre 40% et 60%. En fin de procédé, un produit sec ou presque facilite la finition mécanique du compost en évitant un colmatage des équipements [8].

I.10 Caractéristiques chimiques du compost

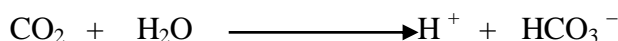
Pour évaluer le degré de maturité du compost de nombreux travaux de recherche se basent sur les caractéristiques chimiques telles que :

I.10.1 Le pH

Le pH oriente les réactions du compostage en favorisant certaines espèces de micro-organismes. Un pH acide est propice au développement des bactéries et champignons en début de compostage, alors qu'en pH basique se développent plutôt les actinomycètes et les bactéries alcalines. La plupart des bactéries qui interviennent dans le compostage ont leur optimum compris entre des pH de 6 à 8, tandis que les champignons sont plus tolérants à des pH de 5 à 8.5 environ. Au cours du compostage, plusieurs processus sont susceptibles de faire varier le pH de la masse organique : L'acidification peut avoir plusieurs origines : elle peut résulter de la production d'acides organiques à partir des glucides, des lipides ou d'autres substances, selon la réaction ci-dessous :



Ces acides se dissocient en solution aqueuse et peuvent s'accumuler jusqu'à acidifier fortement le substrat. Ainsi, la production de CO₂ lors de la dégradation aérobie contribue à l'acidification du milieu par sa dissolution dans l'eau, ce qui génère l'acide carbonique selon la réaction :



D'autre part, l'alcalinisation du milieu serait le résultat soit d'une production ammoniacale à partir de la dégradation des amines (protéines, bases azotée), soit de la libération des bases intégrées auparavant à la matière organique. L'évolution du pH au cours du compostage renseigne sur les différentes phases du processus microbiologique en cours (acidification en phase mésophile par exemple). Selon Mustin, (1987) la mesure du pH est indispensable au cours du compostage, elle permet de suivre un processus fermentaire, ou même de l'orienter favorablement en le contrôlant. D'après Godden (1986) et Gobat et al.

(1998), à la fin de compostage (phase de maturation), le pH s'équilibre vers la neutralité [3].

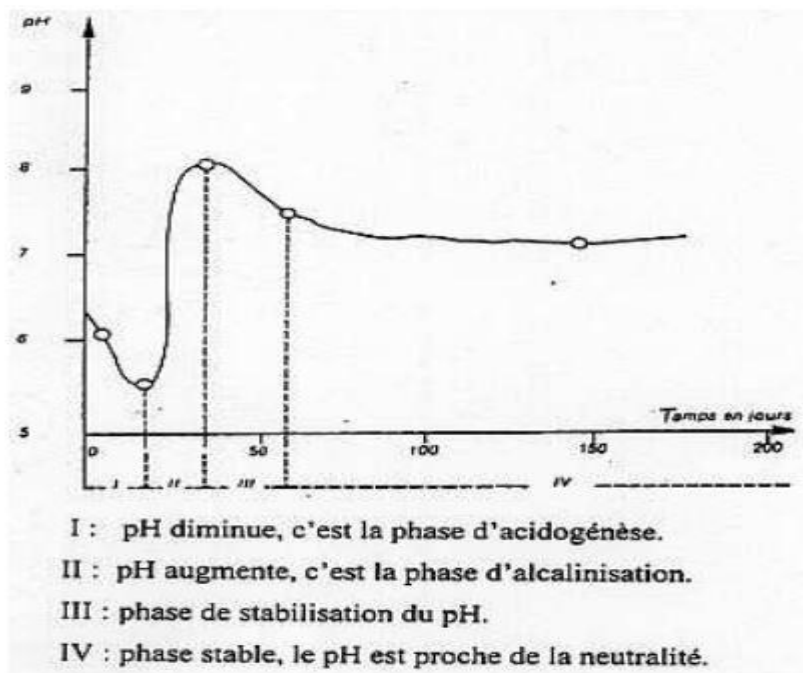


Figure II.2 : Courbe de variation du pH au cours du compostage (Mustin, 1987) [3]

I.10.2 Taux de la matière sèche (MS)

C'est le paramètre principal de la définition de filière et surtout un des plus faciles à mesurer. MS est exprimée en g/l. Rapporté à la masse totale de boue, on l'exprimera en fraction massique S qui correspond à la siccité. Il permet de connaître la qualité de boue à traiter, quel que soit son niveau de concentration dans la filière de traitement [10].

I.10.3 Les composés phénoliques

Les polyphénols constituent une famille de molécules organiques largement présente dans le règne végétal. Ils sont caractérisés, comme l'indique le nom, par la présence de plusieurs groupements phénoliques associés en structures plus ou moins complexes généralement de haut poids moléculaire. Ces composés sont les produits du métabolisme secondaire des plantes [11].

Le terme polyphénols a été introduit en 1980, en remplacement au terme ancien de tannin végétal (végétal tannin), et a été défini par comme suit : « Composés phénolique hydrosolubles, de poids moléculaire compris entre 500 et 3000 Dalton, et ayant, outre les

propriétés habituelles des phénols, la capacité de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et autres protéines. ».

Il s'ajoute à cette définition le fait qu'ils possèdent un pouvoir antioxydant élevé [11].

I.10.4 Le rapport C/N

Le rapport Carbone organique /Azote organique est généralement mesuré pour évaluer la maturité des composts. Le C/N diminue au cours du compostage, ce qui se traduit par la dégradation du carbone qui est libéré sous forme de CO₂. En fin de compostage, deux situations peuvent se présenter :

Le C/N du compost est élevé (15-20) : la matière organique évoluera lentement dans le sol et la libération des minéraux sera faible, par contre le compost donnera des substrats durables qui contribueront au renforcement de la structure du sol. Un C/N important caractérise donc un compost stable à haut pouvoir amendant [12].

Le C/N du compost est faible (<10) : la matière organique évoluera rapidement dans le sol et la minéralisation et l'ammonification seront optimales. Un C/N faible caractérise donc un compost instable et pauvre en composés humiques [12].

I.10.5 Humification : rapport (AH/AF)

Les processus d'humification ont incité de nombreux auteurs à étudier les matières organiques humifiées ou substances humiques. Le fractionnement chimique de la matière organique en humine, acides humiques et fulviques a conduit certains auteurs à élaborer des indicateurs de maturité. Des études montrent notamment une augmentation significative du rapport acide humique sur acide fulvique (AH/AF) au cours du compostage. Les résultats trouvés dans la littérature sont assez concordants avec des valeurs inférieures à 1 pour des composts immatures, et supérieures à 1 ou 3 pour les composts mûrs [7].

I.10.6 Les teneurs en éléments fertilisants des composts

La valeur agronomique des composts peut être définie comme l'aptitude des composts à améliorer la fertilité du sol. En effet, les composts sont des produits riches en matières organiques et en composés minéraux (N, P, K, et oligo-éléments) susceptibles d'améliorer la fertilité du sol [12]. Plusieurs auteurs ont mis en évidence l'augmentation de

la production de certaines cultures occasionnée par l'application des composts et comparable à celle des engrais chimiques, par leur aspect fertilisant, en enrichissant le sol en N, P, K mais, tant qu'amendement organique, en agissant sur la stabilité physique, biologique et chimique des sols [12]. Les composts sont des sources d'éléments minéraux, le phosphore, le potassium, le magnésium, et le calcium peuvent tous être apportés par le compost de déchets urbains [12].

I.11 Les paramètres biologiques : Test respirométrique

Les méthodes respirométriques reposent sur le principe selon lequel, un compost enfin de maturation présente une activité réduite qui peut être mesurée soit par sa consommation en oxygène soit par sa production de dioxyde de carbone. Cette activité respiratoire des micro-organismes présents dans le compost dans des conditions spécifiques d'incubation (humidité, température) est évaluée par le test respirométrique. D'après (Charnay, 2005), un compost non mûr a une demande en oxygène (O₂) et un taux de production de carbone (CO₂) importants, dus à une intense activité microbienne provoquée par la biodégradabilité du substrat [12].

I.12 La phytotoxicité

Les tests phytotoxicité sont des tests de germination et de croissance). Ces tests sont réalisés sur des cultures sensibles (maïs, tomate, laitue, cresson...etc.). Les tests de germination et les tests de croissance s'avèrent nécessaires pour l'évaluation de toxicité [12].

Les composts mûrs ne doivent pas présenter de substances empêchant la germination des graines et la croissance des plantes. L'acide acétique est probablement l'acide organique libéré par les composts immatures, le plus préjudiciable bien qu'il existe également d'autres composés (acétaldéhyde, éthanol, acétone, éthylène, etc.) contribuant aux effets phytotoxiques [12]. Des concentrations élevées en sels et la libération d'acide sont également corrélées à l'inhibition de la germination de plus de 50% sont reconnus comme étant ceux d'un compost sans effet phytotoxique [12].

I.13 Caractéristiques spectroscopique du compost

I.13.1 La spectroscopie UV-visible

Le principe de la spectroscopie UV-visible repose sur des transitions électroniques, i.e. le passage d'un électron d'une orbitale stable vers une orbitale instable, engendrées par l'absorption de radiations électromagnétiques dans les régions UV (200-400 nm) et visible (400-800 nm). Dans le cas des composés organiques, ces transitions électroniques correspondent à des changements d'orbitales moléculaires de groupes fonctionnels spécifiques (chromophores). Ainsi, les spectres d'absorption d'un composé peuvent être utilisés pour sa caractérisation. La spectroscopie UV-visible a ainsi été utilisée par de nombreux auteurs pour caractériser les substances humiques (Swift, 1996 ; Thomsen et al., 2002 ; Domeizel et al., 2004 ; Zbytniewski & Buszewski, 2005) [7].

I.13.2 La spectroscopie infrarouge (IR)

L'IR mesure des intensités d'absorption de radiations électromagnétiques dans les régions infrarouge (2500 – 25000 nm). Le principe repose sur les variations d'énergie de vibration et de rotation. L'IR a suscité beaucoup d'intérêt dans le cadre de l'étude des substances humiques (Sanchez-Monedero et al., 2002 ; Reveille et al., 2003) grâce à l'utilisation de spectromètres à transformés de Fourier. Une revue a notamment été conduite par Chen (2003) sur l'application de l'IR, complétée par des analyses RMN, dans la détermination de la maturité des composts [7].

I.14 Morphologie : microscope électronique à balayage (MEB)

La microscopie électronique à balayage MEB est une technique de microscopie électronique capable de produire des images de haute résolution de la surface d'un échantillon, elle consiste en un faisceau d'électrons balayant la surface de l'échantillon à analyser qui, en réponse, réémet certaines particules. Ces particules sont analysées par différents détecteurs qui permettent de reconstruire une image en trois dimensions de la surface [9].

I.15 La composition des différents constituants utilisés lors du compostage

I.15.1 Composition de grignons d'olives

La composition de grignons varie en fonction des variétés d'olives triturées (Nefzaoui, 1984), le tableau I.1 et I.2 donne une indication sur cette composition [13].

Tableau I.2 : Composition physique, chimique et biochimique de grignons d'olive (Nefzaoui, 1984) [13].

Matière Sèche (MS)	Matières Minérales (MM)	Matières Azotées Totales (MAT)	Cellulose Brute (CB)	Matières Grasses (MG)
75-80%	3-5%	5-10%	35-50%	8-15%

Le grignon est aussi composé d'une fraction riche en lignine provenant des fragments de noyaux, et l'autre renfermant principalement des polysaccharides, comme la cellulose et l'hémicellulose (tableau I.3), dans une moindre mesure, des protéines et de l'huile résiduelle qui dépend de la technique d'extraction (Nefzaoui, 1984) [13].

Tableau I.3 : La composition de grignons d'olives en hémicellulose, cellulose et lignine [13].

Auteurs	Hémicellulose (%)	Cellulose (%)	Lignine (%)
Demirbas (2004)	23,6	24	48,4
Jauhiainen et al. (2005)	44		45
Garcia-Ibanez et al. (2006)	21,5	43,3	38

I.15.2 Composition chimique des margines

La composition chimique des margines est assez variable. Dépend de nombreux facteurs tels que la variété et la maturité des olives, les conditions édaphiques (les caractéristiques du sol) et climatiques, la méthode de culture et en particulier le mode d'extraction de l'huile (Paraskeva et Diamadopoulons, 2006) [13].

Les margines ont une couleur brune à brune-rougeâtre, d'aspect trouble. Ces effluents ont une forte charge saline (des sels de potassium (17,10 g/l) et des phosphates) et sont acides (pH de 4.5 à 5), riches en matières organiques et en polyphénols et peu biodégradables. Ces eaux sont caractérisées par une conductivité de l'ordre de 10 mS.cm-1

due surtout aux ions potassiques, chloriques, calciques et magnésiques. La demande chimique en oxygène (DCO) peut varier de 50 à 220g.l⁻¹. Le tableau I.4 présente un exemple de composition physico-chimique des margines utilisées par Mekki et al. (2008) [13].

Tableau I.4 : Composition physico-chimique indicative des margines (Mekki et al., 2008) [13].

Paramètres	pH	Densité	Conductivité électrique (mS.cm ⁻¹)	Humidité (%)	DCO (g. L ⁻¹)	Matière Organique (%)	Carbone organique Total (g. L ⁻¹)	Phénol (g. L ⁻¹)	Matière Minérale (g. L ⁻¹)
Margines	5,0	1,04	10,50	94,00	120,00	92,42	36,60	3,07	15,80

I.15.3 Composition des boues résiduaires

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période, du mode de traitement et du conditionnement pratiqué dans la station d'épuration. Les boues résiduaires représentent une matière première composée de différents éléments : matière organique : éléments fertilisants N et P, d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes.

La matière organique des boues est constituée de matières éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (digestion, stabilisation) [14].

I.15.4 Composition des feuilles d'olivier

Les feuilles fraîches d'olivier sont caractérisées par une matière sèche aux alentours de 50 %. Le tableau I.5 montre sa composition chimique globale selon différents auteurs.

La composition chimique des feuilles varie en fonction de nombreux facteurs : variété, conditions climatiques, époque de prélèvement, âge des plantations [15].

Les feuilles sont particulièrement riches en carbohydrates. La matière organique est constituée de protéines, de lipides, de monomères et polymères phénoliques (tel que les tannins) et principalement par de polysaccharides (tel que cellulose, hémicelluloses) [15].

Tableau I.5 : composition chimique global des feuilles d'olivier (exprimé en g par 100 g) selon plusieurs auteurs [15].

Composition (en %)	Boudhrioua et al., 2009	Erbay et Icier, 2009	Martin-Garcia et al., 2006	Garcia-Gomez et al., 2003	Fegeros et al., 1995
Eau	46,2-49,7 a	49,8 a	41,4 a	nd	44,0 a
Protéines	5,0-7,6 a	5,4 a	7,0 b	nd	nd
Lipides	1,0-1,3 a	6,5 a	3,2 b	6,2 b	nd
Minéraux	2,8-4,4 a	3,6 a	16,2 b	26,6 b	9,2 b
Carbohydrates	37,1-42,5 a	27,5 a	nd	nd	nd
Fibres brutes	nd	7,0 a	nd	nd	18,0 b
Cellulose	nd	nd	nd	19,3 b	11,4 b
Hémicellulose	nd	nd	nd	25,4 b	13,3 b
Lignin	nd	nd	nd	30,4 b	14,2 b
Polyphénols totaux	1,3-2,3 b	nd	2,5 b	nd	nd
Tannins solubles	nd	nd	nd	nd	0,3 b
Tannins condensés	nd	nd	0,8 b	nd	1,0 b

a correspond aux valeurs exprimées par rapport à la masse fraîche des feuilles d'olivier.

b correspond aux valeurs exprimées par rapport à la masse sèche des feuilles d'olivier.

nd : valeur non déterminée

I.15.5 Composition du fumier de bovins

Selon (Christian Charbonnier (CA04); 2012), 20 t/ha de compost de fumier de bovins apportent en moyenne :

- ✓ 1,3 t de matières organiques stables dans le sol ;
- ✓ 110 kg d'azote (N) dont seulement 15 kg disponibles immédiatement ;
- ✓ 140 kg de potasse (K₂O) entièrement disponibles ;
- ✓ 50 kg de phosphore (P₂O₅) entièrement disponibles [16].

I.16 La Valeur agronomique du compost

La qualité d'un compost se juge sur ses qualités comme amendement organique dans les sols. La valeur amendante est l'aptitude des composts à entretenir ou augmenter le stock de matière organique du sol [9]. Le compost agit tout d'abord en apportant des éléments nutritifs aux sols et aussi en entretenant ou en augmentant le stock de matière organique du sol amendé. Des tests en champ permettent d'estimer les bénéfices de l'apport de composts pour les sols et pour les cultures [9].

I.17 Critères d'évaluation de la maturité d'un compost

D'après **REZEG.Z & al.** (2000), les critères d'évaluation de la maturité d'un compost sont :

- La mesure de la respiration On considère qu'un compost est mature si sa respiration est inférieure à 40 mg O₂/kg MS par heure ;
- Le rapport C/N doit être inférieur à 19 ;
- L'absence de phytotoxicité ;
- Il ne se dégrade plus en anaérobie pendant le stockage ;
- La température est stabilisée en dessous de 30°C ;
- Il doit présenter la bonne odeur caractéristique du terreau [17].

Chapitre II :

Matériels et méthodes

Le but de ce travail consiste à caractériser et analyser les propriétés physico-chimiques d'origine végétale, animale à savoir : le grignon d'olive, les feuilles d'olivier, fumier de bovin, les margines et celle de d'épuration des eaux usées (les boues d'épuration urbaines), ainsi que les composts à différentes phases de processus du co-compostage des boues.

II.1 Description du site du compostage

Le co-compostage a été réalisé dans une exploitation agricole appartenant au domaine privé des frères Oumellil situé dans la région de Boukhalfa au nord de la wilaya de Tizi Ouzou (figure1).



Figure II.1 : Exploitation agricole appartenant au domaine privé des frères Oumellil situé dans la région de Boukhalfa au nord de la wilaya de Tizi Ouzou [18].

Dispositif expérimental

II.2. Origine des matières compostées

II.2.1. Les boues d'épuration urbaines

Elles proviennent de la station de traitement des eaux usées de Boukhalfa.

II.2.2. Les sous-produits oléicoles:

L'extraction de l'huile d'olives, grignons d'olive, feuilles d'olivier et les margines proviennent de l'huilerie de village sid ali bounab ait kharcha Tizi ouzou.

II.2.3. Le fumier de bovin

Il provient d'un éleveur de bovins (Mr BOUZNAD Smail) du village Yahia, commune de Tirmatine.

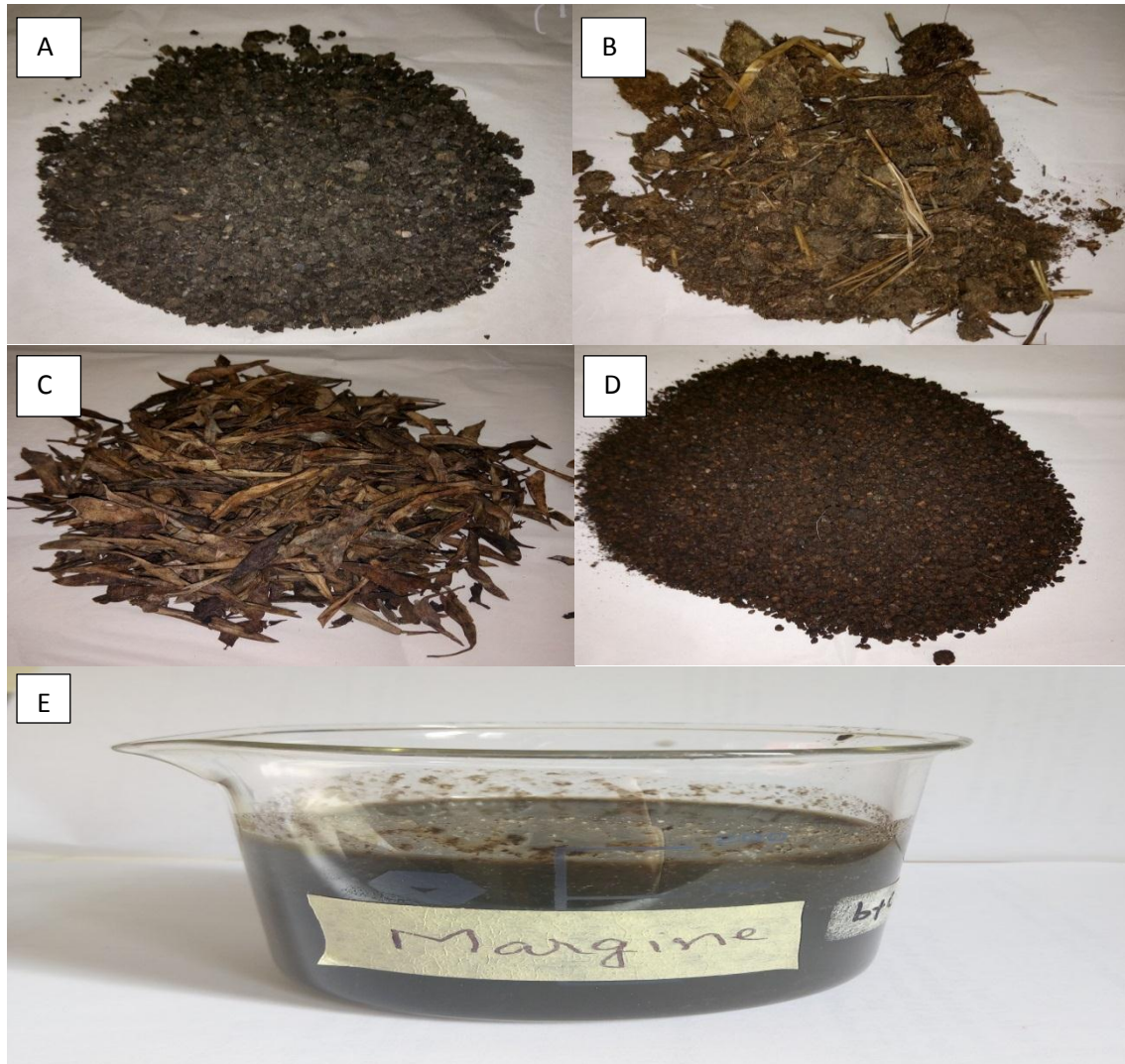


Figure II.2 : les constituants brutes ;(A)boue, (B)fumier de bovin, (C) feuilles d'olivier, (D) grignon d'olive, (E) margine [originale 2021]

II.3. Type de compostage

Le compostage réalisé est celui en andain, sur un l'exploitation agricole du domaine privé située à Boukhalfa. Les proportions des matières utilisés sont synthétisés au niveau du(tableau II.1)

Tableau II.1. Dispositif du compostage

Constituants	Quantité (%)
Boue	50%
Feuilles d'olivier	05%
Grignon d'olive	30%
Fumier de bovin	15%
Liquid d'arrosage	Eau et margine
Quantité d'eau	+ 1600L
Quantité de margine	+ 145L
Nombre de retournement	12

**Figure II.3 : mise en place des andains****II.4. Méthode d'échantillonnage**

L'échantillonnage est réalisé en prélevant aux quatre points cardinaux et au centre de l'andain à raison de 9 échantillons par andain et ceci à chaque phase de compostage. Les prélèvements ont été effectués au temps initial 0 jours, à 7jrs, 5mois, 7mois et 9mois,

Pour obtenir un échantillon homogène ou composite, le quartage selon la norme U44-101 (Figure II.4) a été réalisé pour les 9 prélèvements de chaque phase. Chaque

échantillon composite est réalisé à partir de différents prélèvements effectués suivant les quatre points cardinaux et le centre des andains qui sont ensuite mélangés.

➤ **Principe de quartage (Figure II.4)**

- 1- L'échantillon global : on le divise en quatre parties.
- 2- L'élimination de deux parts opposées.
- 3- L'homogénéisation des parts restantes.

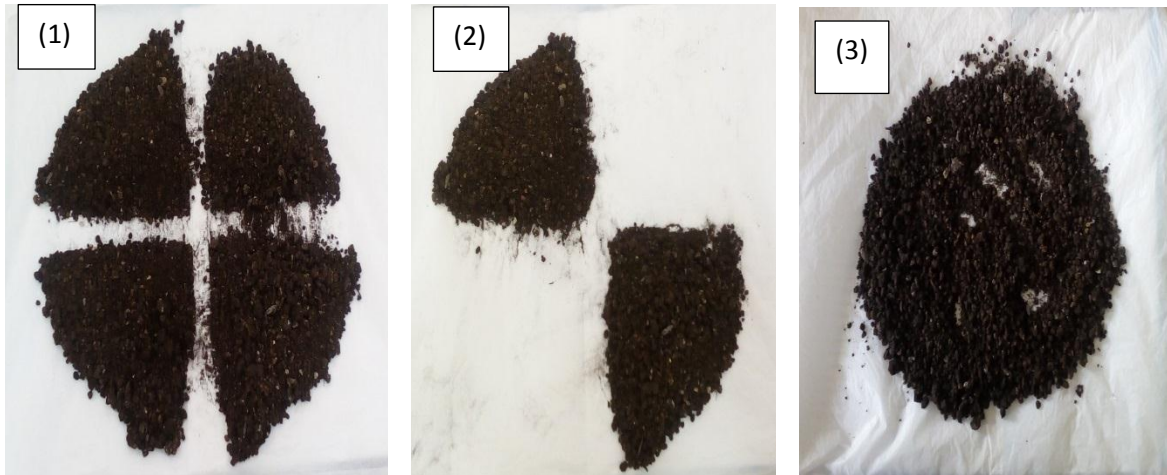


Figure II.4 : prélèvement des échantillons d'andain pour l'analyse [originale 2021]

II.5. La mise en œuvre des matériaux

Préparation du matériel et des échantillons utilisés

On a neuf échantillons solides (feuilles d'olive, boue, fumier de bovin, boue urbaine, compost initial, compost1, compost2, compost3, compost mature) à analyser et un liquide (la margine).

Pour l'obtention d'une fraction fine à base de ces substrats, plusieurs traitements physiques sont effectués, à savoir le séchage, broyage et tamisage.

II.5.1. Séchage

Le séchage des quantités des substrats végétales et composts à l'air libre pendant six jours, cependant certains échantillons n'ont pas subi cette étape, on les a choisis pour déterminer le taux d'humidité et de matière sèche.

II.5.2 Broyage

Afin d'obtenir une fraction fine, on a broyé chaque échantillon seul à l'aide d'un broyeur électrique.

II.5.3. Tamisage

Nous avons tamisé les fibres broyées dans un tamis vibreur de mailles carrées de diamètre 250 μ m, cette manipulation a été réalisée au laboratoire de géologie situé au socle universitaire de Tamda.

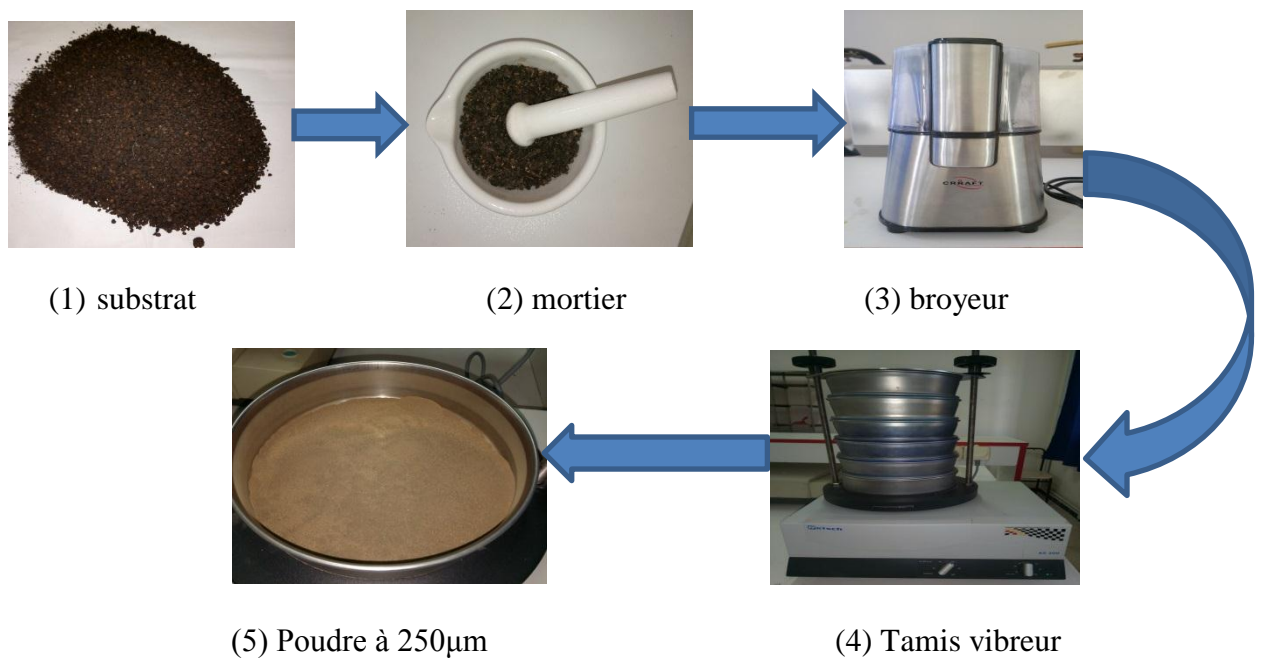


Figure II.5: les étapes de préparation des échantillons [originale 2021]

Les différents échantillons à analyser



Figure II.6: Quelques échantillons en poudre [originale 2021]

II.6. Les caractéristiques physico-chimiques du compost

II.6.1. Les caractéristiques physiques

II.6.1.1. La granulométrie

L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leur caractéristique (taille). La granulométrie est réalisée en utilisant des tamis à mailles carrées, la dimension nominale d'un tamis correspond à la longueur du côté de la maille (en mm) (norme NF X 11-501). L'échantillon est homogénéisé manuellement.

Mode opératoire

- L'échantillon (compost mature) est tamisé sur une colonne de tamis de 0,08 ; 0,16 ; 0,2 ; 0,315 ; 0,5 ; 2,5 ; 3,15 ; 5 et 6,3mm.
- Peser 2,5 kg d'échantillon sec, noter le poids et transférer l'échantillon dans le tamis de 6.5mm fermer le couvercle ;
- Placer le montage sur l'agitateur mécanique et fixer solidement ;
- Agiter à vitesse maximum pendant 15 min ;
- Retirer le montage et le défaire ;
- Peser chaque fraction de l'échantillon à l'aide d'une balance ± 0.01 de précision



Figure : II.7 : une tamiseuse [originale 2021]

II.6.1.2. Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité ou la teneur en eau correspond à la quantité d'eau perdue par une substance lors d'un chauffage à 105 °C durant un temps défini. Elle s'exprime en pourcentage en masse :

$$H(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \times 100$$

m_0 : la tare du creuset (en g) ;

m_1 : la masse du creuset et la prise d'essai avant étuvage ;

m_2 : la masse du creuset et le résidu après étuvage.

Il existe de nombreuses méthodes de détermination du taux d'humidité, parmi ces méthodes on a celle de la mesure par différence de masses qui est la plus fiable pour la déterminer. La norme française (NF B 51-004 février 1942) préconise de mesurer la masse anhydre d'un échantillon après séchage à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ jusqu'à obtention d'une masse constante.

Pour effectuer cette expérience, nous avons suivi la méthode décrite ci-dessous.

Mode opératoire

- Peser les creusets à vide et noter m_0 ;
- Peser 2g de chaque échantillon de diamètre $250\mu\text{m}$;
- Introduire les échantillons dans les creusets et les numéroter puis prendre la masse m_1 ;
- Placer les creusets dans une étuve à 105°C pendant 24h dans le but d'obtention des échantillons anhydres ;
- Sortir les échantillons de l'étuve et les laisser refroidir dans un cristallisoir ;
- Peser les échantillons à nouveaux et noter m_2 ;
- Calculer le taux d'humidité (TH).

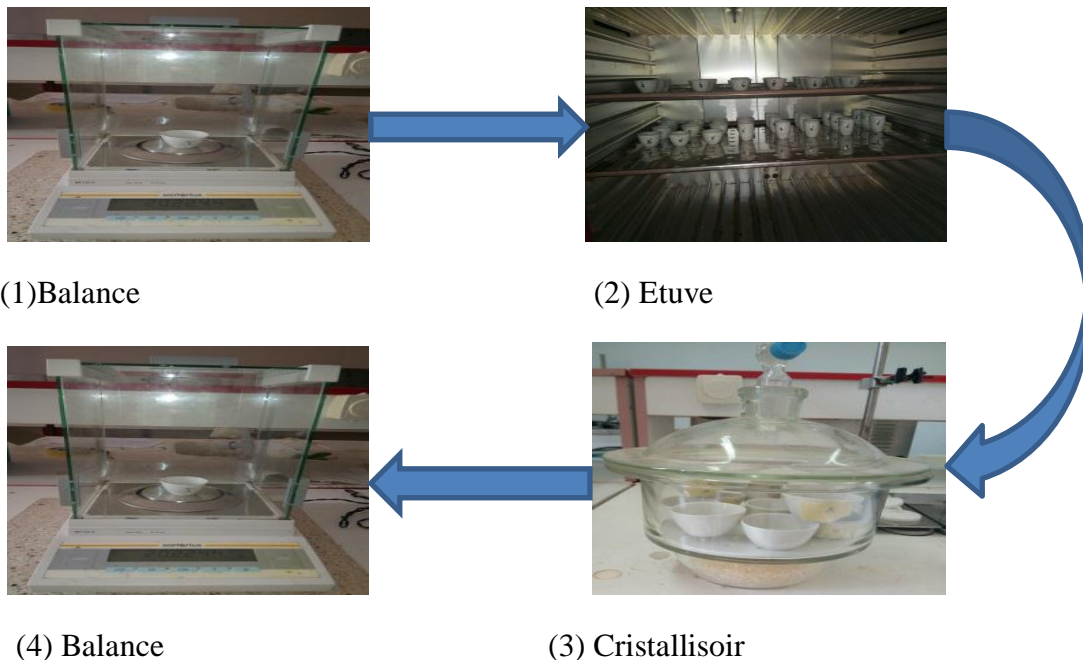


Figure II.8 : les étapes de détermination de taux d'humidité [originale 2021]

II.6.1.3. Détermination de taux de la matière sèche

La teneur en matière sèches est exprimée en pourcentage par rapport au poids de l'échantillon. La méthode de mesure consiste à mettre à l'étuve de 105°C, jusqu'à obtention d'une masse constante.

Soit m_1 la masse de l'échantillon humide et m_2 sa masse après séchage.

$$MS\% = (m_2 * 100) / m_1 \%$$

Mode opératoire

- Peser 50 g de boue et de compost mature non sécher et non broyer ;
- Mettre dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures ;
- Retirer de l'étuve et les laisser refroidir dans un cristalliseur et repeser après séchage et prendre la masse m_1 ;
- après le mettre une autre fois dans l'étuve jusqu'à la stabilisation de la masse ;
- Trois (03) essais ont été réalisés ;



Figure : II.9 : étuvage des échantillons pour déterminer le taux de la matière sèche
[originale 2021]

II.6.2 Les caractéristiques chimiques

II.6.2.1. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux

supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits [19].

Extraction des polyphénols

Méthodes d'extraction des polyphénols, La solubilité des polyphénols dépend du type de solvant (polarité) utilisé, le degré de polymérisation des composés phénoliques, l'interaction des composés phénoliques avec d'autres molécules et la formation de complexes insolubles. Les solvants les fréquemment utilisés pour l'extraction des CP sont, le méthanol, l'éthanol, l'acétone, l'eau, l'acétate d'éthyle, le propanol, le diméthylformamide et leurs combinaisons [20]. Les méthodes appliquées pour les produits et les sous-produits de l'olivier impliquent une extraction solide-liquide, pour les grignons d'olives, ou liquide-liquide, pour huile d'olive et les margines, en utilisant différents solvant organiques et des méthodes conventionnelles d'agitation manuelle ou mécanique [21].

L'agitation mécanique à l'aide d'homogénéisateurs ultrasoniques s'est montrée très efficace pour la récupération des CP. Elle permet une extraction rapide avec une moindre consommation de solvants. Le nombre d'extractions répétées jusqu'à l'épuisement du substrat, améliore également le rendement d'extraction en polyphénols totaux [22].

Préparation des produits chimiques utilisés

- Réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois : Pipeter 2.5ml de F.C dans une fiole de 25ml et ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge ;
- Réactif du Folin-Ciocalteu sans dilution : Prendre 2.5 ml ;
- Méthanol à 80% (80% de méthanol+20% d'eau distillée) ;
- Solution de Na₂CO₃ à 74g/l ;
- Solution d'acide gallique à 0.5g/l (dissoudre 0.5g dans 1L d'eau distillée).

Préparation des solutions

Mode opératoire

- Peser 2 g de chaque échantillon à l'aide d'une balance de 0.0001 de précision ;
- Ajouter 30 ml de méthanol à 80% pour chaque échantillon et les mettre sous agitation pendant 120 min ;
- Filtrer et récupérer les filtrats dans un erlenmeyer fermé.



(1) Les échantillons

(2) l'agitation

(3) la filtration

Figure II.10: Différentes étapes de l'extraction des composés phénoliques
[originale2021]

II.6.2.2. Dosage des polyphénols totaux

Parmi les méthodes de quantification des composés phénoliques, nous utilisons dans notre laboratoire un protocole utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Il s'agit d'une méthode analytique biochimique nécessitant la prise d'échantillons, l'extraction des composés phénoliques à partir de ces échantillons puis d'une mesure spectrophotométrique des extraits. D'où on peut traiter beaucoup d'échantillons et avec peu de matière végétale à extraire. Tous les organes de l'arbre peuvent être étudiés de la feuille jusqu'aux racines en passant par le bois.

Dosage des polyphénols utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu :

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé par spectrophotométrie, selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu [23]. Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait [24]. On réalise une gamme étalon en milieu aqueux avec un polyphénol témoin, en général de l'acide gallique.

Principe : Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La

coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux [19].

L'extraction des polyphénols a été effectuée au laboratoire de chimie socle SNV à TAMDA et le dosage des polyphénols a été fait à l'aide d'un spectrophotomètre à UV visible à une longueur d'onde de 760nm, au niveau de laboratoire de chimie de l'environnement de département de chimie de la faculté des sciences à UMMTO.

Pour s'assurer que les résultats sont fiables, le dosage des composés phénoliques a été réalisé en trois essais, par la suite on a calculé la moyenne des densités optiques mesurées

Mode opératoire

- Prendre 0.5ml d'extrait de chaque échantillon et le dilué 20fois, puis les mettre dans des tubes à essai.
- Ajouter pour chaque tube 2,5ml du réactif F-C et les laisser pendant 3 minutes pour assurer le contact, puis rajouter 2ml de Na_2CO_3 à 74g/L ;
- Mettre les tubes à essai dans le bain-Marie pendant 5minutes à température $T=50^\circ\text{C}$;
- Mesurer l'absorbance de chaque échantillon à une longueur d'onde de 760 nm par un spectrophotomètre à UV.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique/g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

L'expression utilisée pour calculer le pourcentage en polyphénols est exprimée comme

suit:
$$\text{Totaux de polyphénols (\%)} = \frac{C \times V}{1000 \times m} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

C : concentration en équivalent acide gallique g/L ;

V : volume de la solution (0,5 ml) ;

m : poids de l'échantillon à l'état frais.

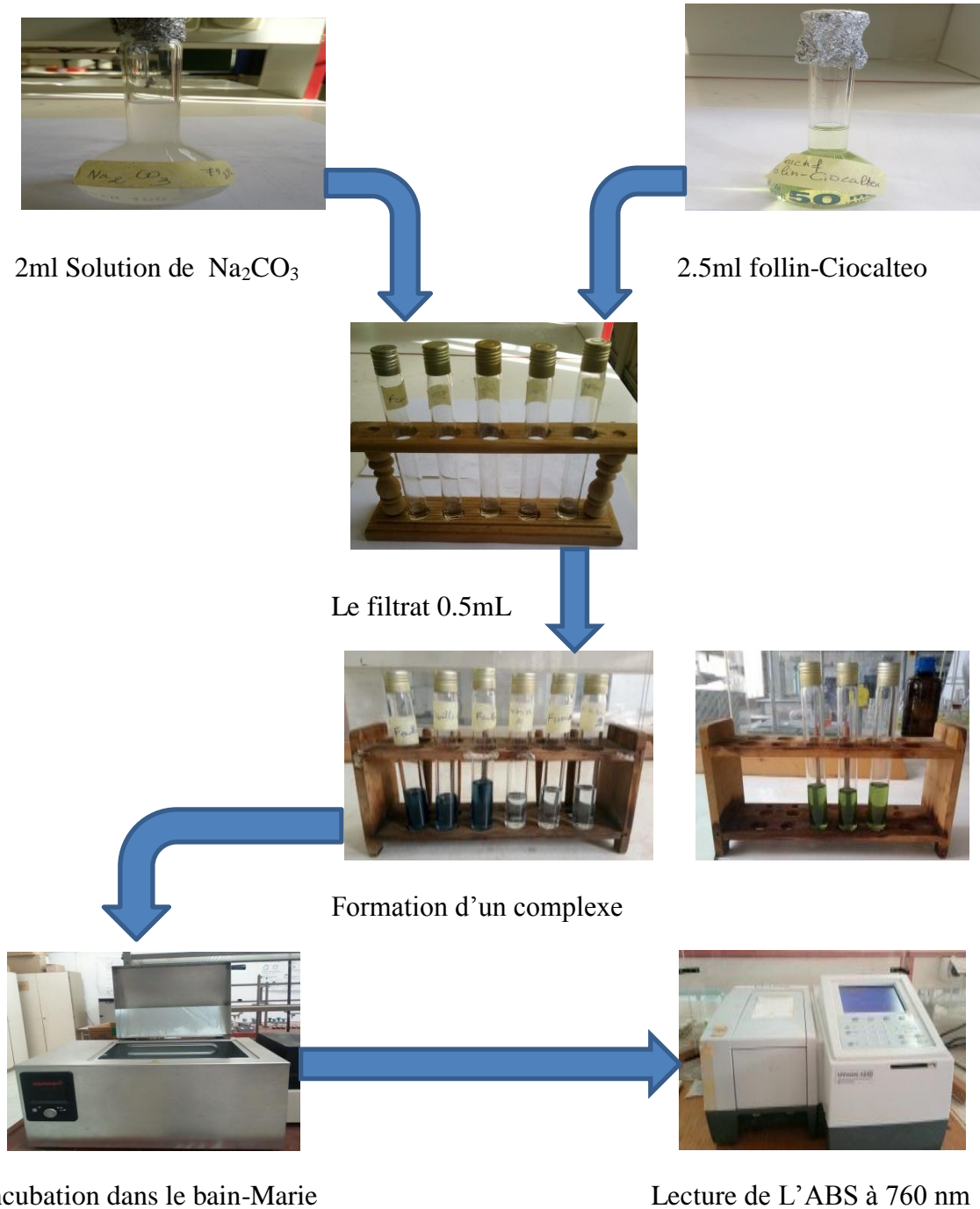


Figure II.11 : Les étapes de dosage des polyphénols [originale2021]

II.6.2.3 Réalisation de la courbe d'étalonnage

Le taux de poly phénols totaux extraits, a été calculé à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y = ax$) établie avec des concentrations précises d'acide gallique g.L-1 comme standard de référence.

Mode d'opérateur :

Pour réaliser une courbe d'étalonnage, suivre le protocole expérimental ci-dessous :

- Peser 0,5g d'acide gallique, et le dissoudre dans 1L d'eau distillé ;

- Préparer 6 solutions filles de concentration de 0,01;0,03 ; 0,05 ; 0,07 ; 0,09 et 0,1 g/l à partir de la solution mère d'acide gallique à 0,5 g/l ;
- Mélanger 0,5 ml de chaque solution fille avec 2,5 ml de réactif du Folin-Ciocalteu dans un tube à essai et les laisser en contact pendant 3min ;
- Ajouter 2ml de Na_2CO_3 à concentration 74g/l ;
- Mettre les solutions obtenues dans un bain-Marie pendant 5minute à une température de 50°C;

Effectuer une lecture de chaque solution fille par un spectromètre UV visible à une longueur d'onde de 760nm.



Figure : II.12 : dosage de solution filles d'acide gallique [originale2021]

II.6.2.4.Détermination du pH

Le pH du sol est une mesure d'acidité ou de l'alcalinité des sols. Le pH du sol est considéré comme l'une des principales variables dans le sol, car il contrôle de nombreuses processus chimiques, ce potentiel hydrogène affecte la disponibilité des éléments nutritifs des plantes.

La détermination du potentiel hydrogène ou pH est effectuée sur des suspensions aqueuses selon la norme (AFNOR 2000). Il définit l'acidité de produit considéré, la mesure de pH se fait directement par lecture sur un pH-mètre à électrode combiné.

Mode opératoire

- 100ml d'eau distillée sont ajoutés à 20g d'échantillon broyé à 250 μm dans des bouteilles en verre fermés ;
- Agiter les solutions pendant 15 min ; et laisser reposer une durée de 2 heures ;
- Mesurer le pH pour la phase aqueuse de chaque solution à l'aide d'un pH-mètre ;
- Etalonner le pH-mètre, en utilisant des solutions tampons ;

- Immerger l'électrode dans la phase aqueuse, noter ensuite la valeur du pH-mètre. Il faut rincer l'électrode avec l'eau distillée avant et après de chaque mesure.



Les suspensions aqueuses

le pH-mètre

Figure II.13 : mesure de pH [originale 2021]

II.6.2.5. La conductivité électrique

Elle est déterminée selon la norme ISO 11265 (1994) qui consiste à extraire l'échantillon avec de l'eau à $20 \pm 1^\circ\text{C}$ dans une proportion au 1/5 ; cette extraction a pour but de faire dissoudre les électrolytes. L'extraction consiste à placer 20g de l'échantillon dans 100 ml d'eau, et à laisser agiter la solution pendant 30 minutes puis la filtrer. De la même manière, on effectue une détermination à blanc en mesurant la conductivité de l'eau à la même température. La conductivité électrique spécifique de l'extrait filtré est mesurée à l'aide d'un conductimètre AMEL de type 123 et le résultat est corrigé à une température de 25°C .

Mode opératoire

- 25mL d'eau distillée sont ajoutés à 05g d'échantillon broyé dans des bouteilles fermées avec un barreau aimanté ;
- Agiter les solutions à l'aide des agitateurs magnétiques pendant 30 min ;
- Filtrer les solutions et récupérer les filtrats ;
- Etalonner le conductimètre avec l'eau distillée ;
- Effectuer la lecture aux filtrats à l'aide d'un conductimètre.

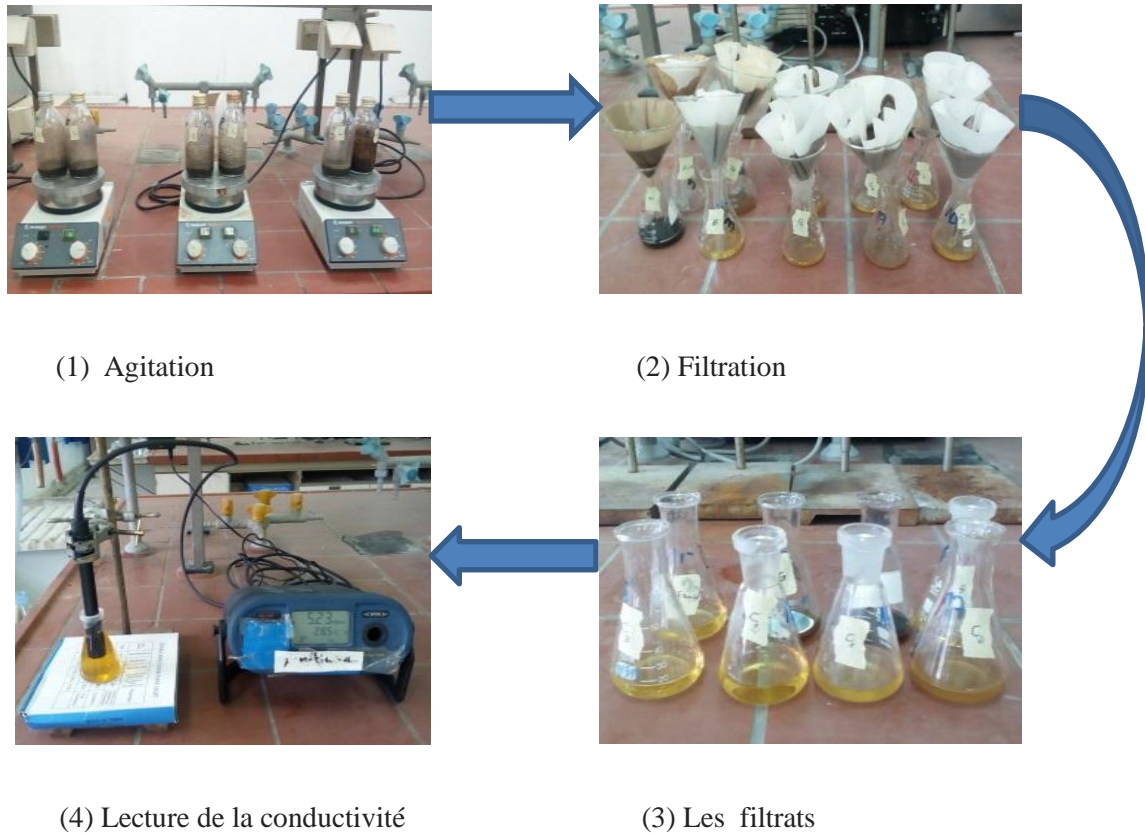


Figure II.14 : les étapes de la mesure de la conductivité électrique [originale 2021]

II.7. Analyse photochimique

Les tests d'analyse photochimique

Préparation de l'infusé

- Dans un erlenmeyer de 250mL, introduire 10g de poudre végétale ;
- Ajouter 70mL d'eau distillée bouillante ;
- Laisser infuser pendant 15 min puis filtrer sur papier filtre ;
- Le filtrat est ajusté à 100 mL avec d'eau distillée.

L'infusé ainsi obtenu est utilisé pour la recherche des différents composés chimique

II.7.1. Identification des alcaloïdes

On prend une petite quantité le l'infusé de chaque échantillon dans des tubes à essai on les ajoute 02 gouttes du réactif Dragendroff qui donne un précipité rouge.

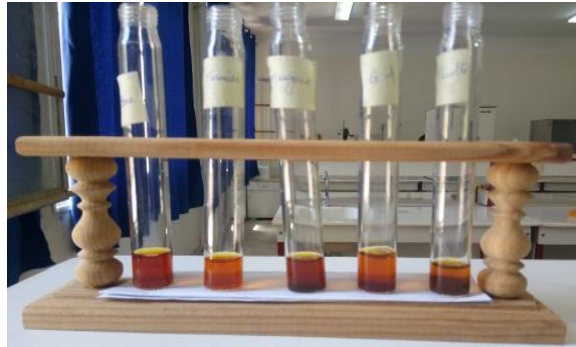


Figure II.15 : Identification des alcaloïdes [originale2021]

II.7.2. Identification des flavonoïdes

Dans des tubes à essai on prend 5mL de l'infusé, on ajoute 5mL d'HCl, un copeau de Mg et 1mL d'alcool iso butanol. La réaction est positive lorsque la coloration set rouge orangé.

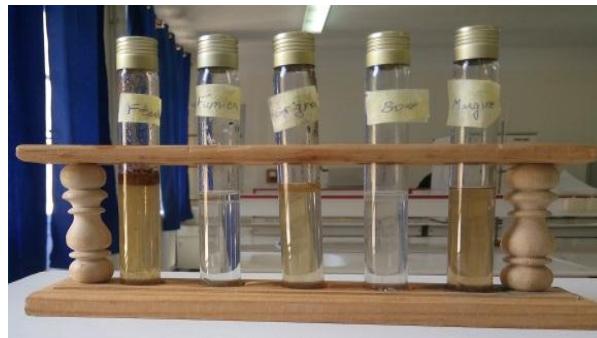


Figure II.16 : Identification des flavonoïdes [originale2021]

II.7.3. Identification des tanins

Dans des tubes à essai introduire 5 mL de l'infusé, ajouter goutte à goutte la solution aqueuse de FeCl_3 à 5%.

La présence des tanins développe une coloration verdâtre.

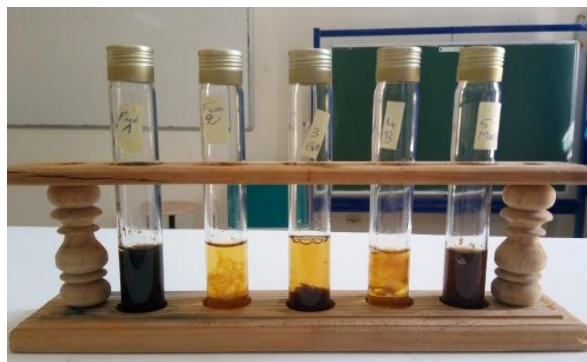


Figure II.17 : Identification des tanins [originale2021]

II.7.4. Identification des tanins galliques

On sature l'infusé par l'acétate de sodium, puis on lui ajoute quelques gouttes de FeCl_3 . La réaction est positive lorsque la coloration bleu noirâtre apparaît.



Figure II.18 : Identification des tanins gallique [originale2021]

II.8. Caractérisation microscopique

II.8.1. Analyse à l'UV-Visible

La spectroscopie UV – visible est une technique utilisée par de nombreux auteurs pour caractériser les substances humiques. 1 g de compost et 50 ml de NaOH 0,5 M sont agités pendant 2 heures. Une centrifugation (25 min, 3000 rpm) et suivie d'une mesure d'absorption à plusieurs absorbances spécifiques (450 et 665 nm) permettent de calculer le rapport de Welt : $E_4 (465\text{nm})/E_6 (650\text{nm})$ utilisés dans la littérature pour décrire les matières organiques [23].



(1) L'agitation

(2) La centrifugeuse

(3) Le spectrophotomètre UV-Visible

Figure II.19 : les principales étapes d'analyse à l'UV-Visible [originale2021]

II.8.2. Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR)

Analyses spectroscopie infra-rouge La spectroscopie FTIR est largement utilisée comme méthode de base pour la caractérisation des substances organiques issues de l'humification des boues d'épuration, des traitements des boues d'épuration, et des eaux usées traitées par bioréacteur à membrane. L'attribution des bandes d'absorption dans la région (4000-2000 cm^{-1}) du spectre FTIR reste assez précise dans le cas de l'étude des substances humiques extraites des sols, des boues, des composts, des sédiments de réservoirs d'épurations et des eaux usées. En revanche, l'indexation des autres régions du spectre FTIR reste délicate [25].



Figure II.20 : Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR)

Caractéristique morphologique**II.9. Microscopie Electronique à balayage (MEB)**

La microscopie électronique à Balayage a été proposée pour la première fois en Allemagne en 1935, par KNOLL et VON ARDENNE, et développé par ZWORYKIN, HILLIER et SNYDER dans les laboratoires aux Etats-Unis (1940). Elle a connu son véritable essor dans les années 60, grâce aux progrès techniques de la télévision et des détecteurs électrons.



Figure II.21: MEB PHULIPS XL 20

Principe

L'appareil utilisé est un microscope électronique à balayage de type 'PHILIPS XL 20' au niveau de laboratoire de recherche de HASNAOUA à U.M.M.T.O.

Le microscope électronique à balayage n'est pas proprement dit un microscope conventionnel dans le sens optique du terme. En effet, il n'y a pas formation d'une image par une lentille objective comme cela est le cas en microscopie optique et en microscopie électronique en transmission, mais l'image est formée de manière séquentielle en balayant la surface de l'échantillon et en recueillant les particules émises. Suivant le type de particules détectées le microscope électronique à balayage fournit des images différentes dont les informations peuvent être complémentaires [26].

Mode opératoire

Dans un premier temps, l'échantillon à analyser est collé sur un porte échantillon en métal et de forme circulaire, adaptable au porte-objet du microscope. Le dispositif contenant l'échantillon est placé dans la chambre intérieure du microscope et peut être déplacé à l'aide de verniers, permettant de réaliser le balayage. L'échantillon ne passe pas par une métallisation préalable, car le microscope possède une caractéristique de pression contrôlée ainsi un détecteur d'électrons rétrodiffusées produit des électrons primaires à partir d'un filament de tungstène chauffé à 2700 K°. Les micrographies obtenues permettent d'observer la microstructure de la surface de l'échantillon [27].

Chapitre III :

Résultats et discussions

III. Caractérisation physico-chimique d'un compost

III.1. caractérisation physique

III.1.1.analyse granulométrique

L'analyse granulométrique consiste à étudier la répartition de différents grains des échantillons en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille...etc.). Nous avons tamisé à sec le compost mature.

Le tableau 1 représente la répartition des grains de l'échantillon dans notre manipulation.

Tableau 1 : les refus et tamisas de l'échantillon

Diamètre (mm)	Refus (g)
>6,3	48,9
6,3	131
5	572,2
3,15	366,8
2,5	1004,9
0,5	221,4
0,315	53,8
0,2	17,3
0,16	50,8
0,08	30,5
Masse totale	2497,6
Masse perdue	1,3
Masse initiale	2498.9

Le compost mature en grande quantité à savoir 1004,9g à des grains de diamètre 2,5mm.

On peut pour cela conclure que ce compost est aéré et surtout poreux.

III.1.2.Détermination du taux d'humidité

Nos analyses ont été effectuées sur des boues et le compost mature afin de déterminer le taux d'humidité et le taux de la matière sèche.

Les résultats obtenus sont représentés dans la (figure01) et la (figure 02)

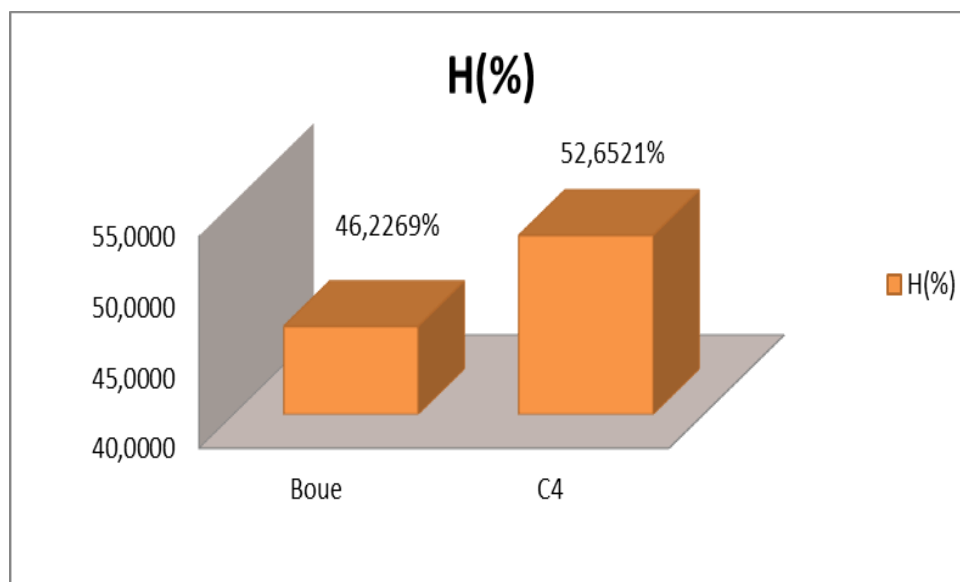


Figure 01: Histogramme de taux d'humidité

Le taux d'humidité reste appréciable car il est en accord avec (CHARNAY, R.2007) qui affirme que la teneur en eau d'un compost doit être située entre 40 et 60% pour mieux absorber l'oxygène [8].

III.1.3. Détermination de taux de la matière sèche

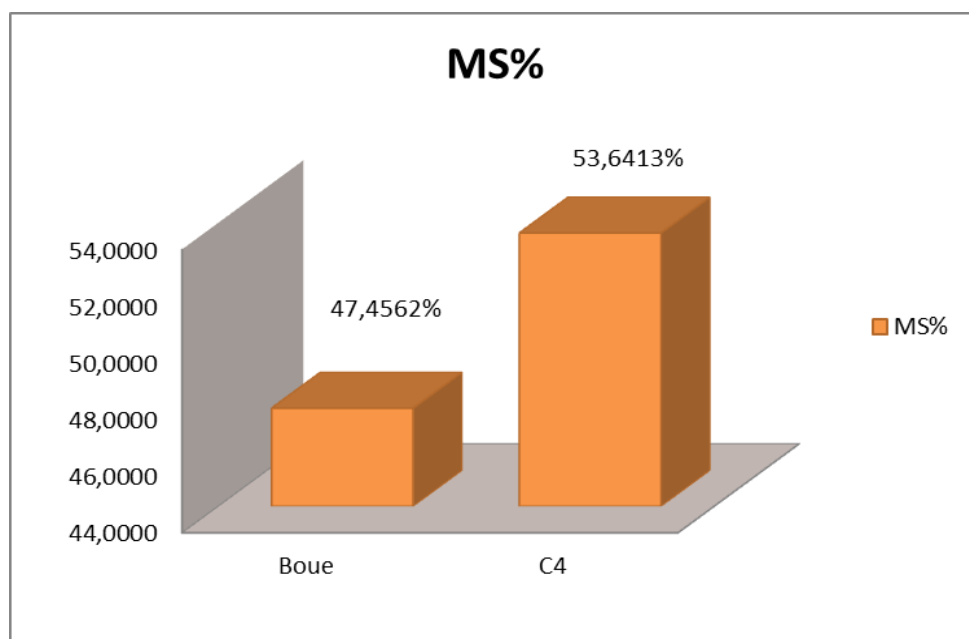


Figure 02 : Histogramme de taux de la matière sèche

L'histogramme de taux de matière sèche, répond aux exigences d'un compost avec une matière organique stable, selon Albrecht il serait appréciable à partir de 30%. Dans notre cas l'ajout des boues aux sous-produits oléicoles apportera un meilleur amendement.

III.2. Caractérisation chimique

III.2.1. Détermination de taux de polyphénols

L'effet bénéfique de l'huile d'olive sur la santé humaine est attribué, entre autres, à sa contenance en composés phénoliques. L'intérêt croissant aux composés phénoliques de l'huile d'olive est étendu à tous les produits de l'olivier qui peuvent être consommés comme aliments (olive de table, pâte d'olive) ou qui sont engendrés comme sous-produit de l'industrie oléicole (margine, grignon, feuille, bois). Ce travail vise l'étude de la distribution quantitative en phénols totaux dans les différents organes de l'olivier (pulpe d'olive, noyau d'olive, feuilles et rameau). Les pourcentages de répartition de la concentration en phénols totaux dans les feuilles, le rameau, la pulpe et le noyau d'olive sont respectivement 35%, 26%, 25% et 14%. Ce résultat montre un élargissement des sources potentielles de composés phénoliques [28].

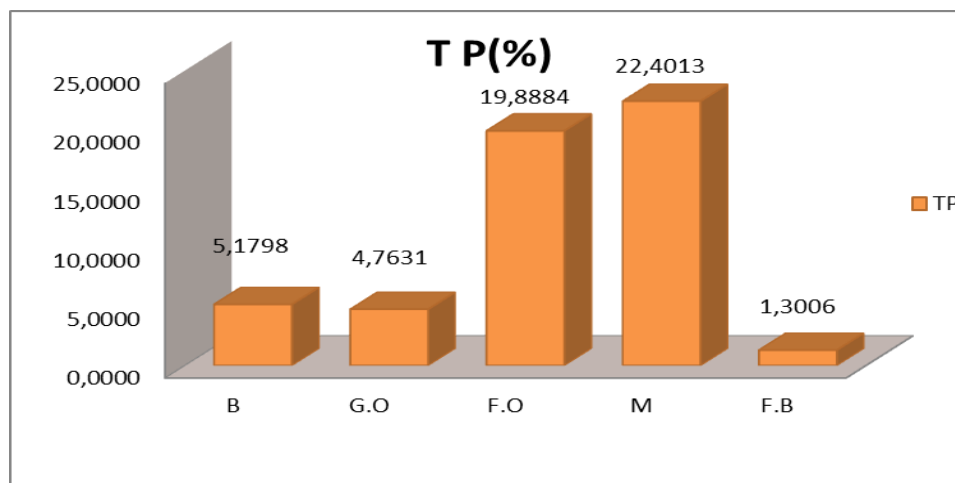


Figure 03 : Histogramme de taux de polyphénols des matières premières

Nos résultats correspondent à la littérature qui nous précise que le taux de polyphénol le plus élevé est celui de la margine (22,40%).

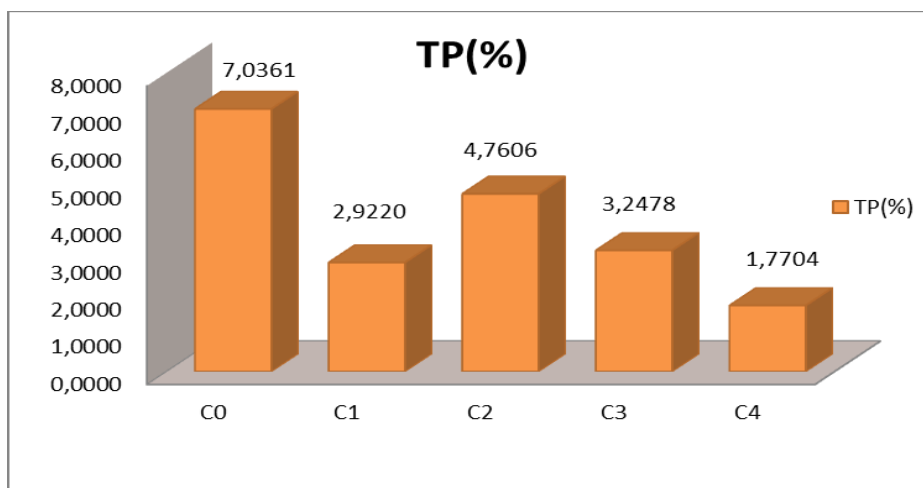


Figure 04 : Evolution de taux de polyphénols dans le compost

L'évolution du taux de polyphénols du compost initial (C0) jusqu'à sa maturité(C4).On constate qu'il y a une forte diminution de la phase initiale C0 =7,03% à la phase finale dite de maturation C4=1,77%.

Cependant on peut affirmer que dans la phase thermophile C2= 4,76% une légère augmentation de taux de polyphénols par rapport à la phase mésophile C1=2,92%, il s'agirait d'une activité des microorganismes dans la phase thermophile. A maturité notre compost ne serait pas toxique.

III.2.2.mesure du pH

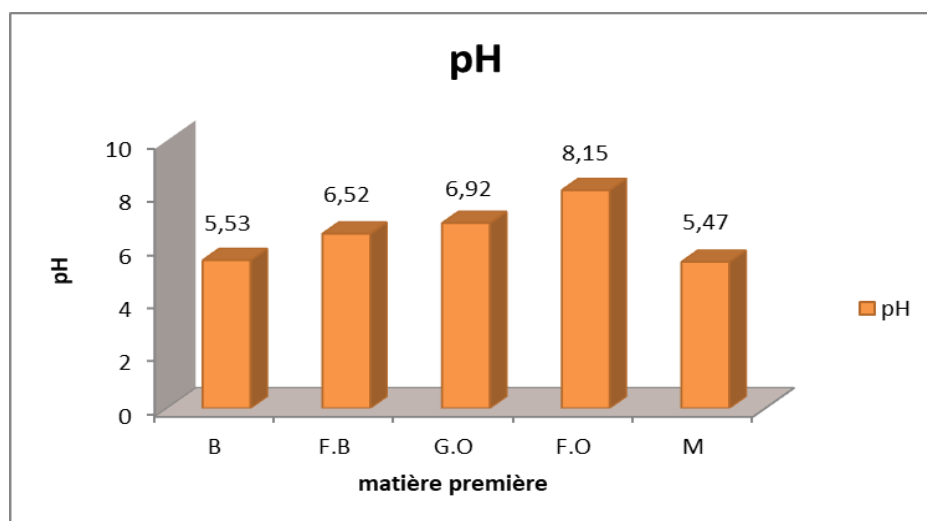


Figure 05 : pH des matières premières

Le pH est dans les normes, la margine et les boues ont un pH de 5,5 sont acides à l'origine, par contre le reste (fumier de bovin, grignon et feuilles d'olivier) est presque neutre ou faiblement basique.

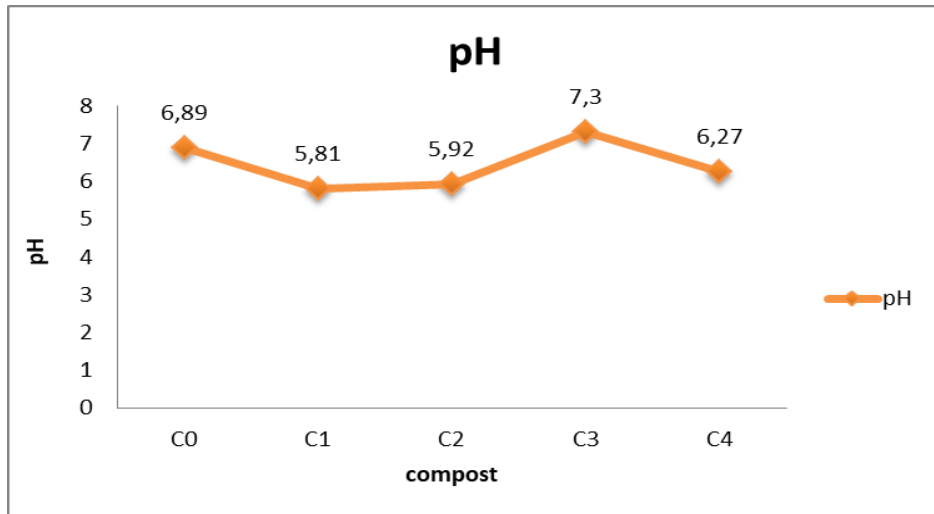


Figure 06 : Evolution du pH d'un compost

D'après l'évolution de pH ou cour du compostage, on constate que dans les phases mésophile et thermophile le pH reste acide à 5,87. Cependant pendant la phase de refroidissement le pH est augmenté de 7,3 et se stabilise à la phase de maturation à 6,27 est neutre.

On peut confirmer que la biodégradation de la matière organique par les microorganismes (champignons et bactéries) joue sur l'évolution des paramètres température et pH au cours de compostage.

III.2.3.Mesure de la conductivité électrique

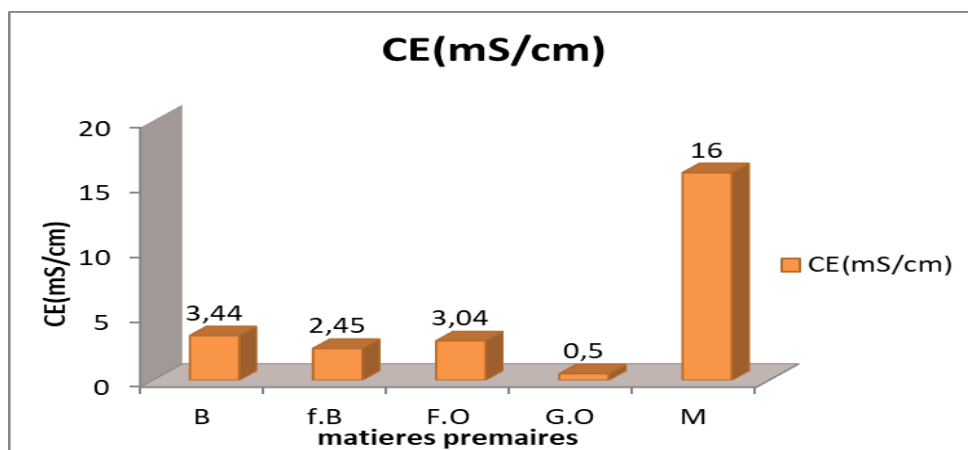


Figure 07: mesure de la CE (mS/cm)

La conductivité électrique est importante dans la margine 16 mS/cm par contre elle est faible dans le grignon d'olive 0,5mS/cm. On peut l'attribuer à la concentration des sels des produits.

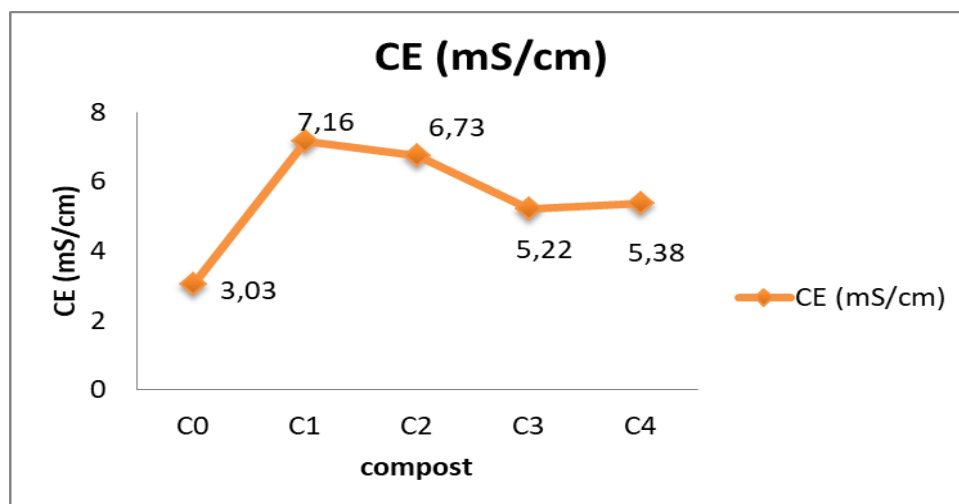


Figure 08 : Evolution de la CE (mS/cm)

La conductivité électrique est importante dans la margine 16 mS/cm par contre elle est faible dans le grignon d'olive 0,5mS/cm. On peut l'attribuer à la concentration des sels des produits.

La conductivité est 3.03 mS/cm du compostage, elle évolue dans la phase mésophile 7,16mS/cm puis diminue dans la phase de refroidissement, et se stabilise à 6,26mS/cm à la maturation du compost.

Selon Michel & Reddy (1998) le compost aéré ne doit pas dépasser pas 7mS/cm [5].

III.3. Analyse photochimique

III.3.1. Identification des alcaloïdes

L'existence des alcaloïdes dans l'échantillon qu'on utilise lors du compostage :
On a une coloration orange avec un peu de précipité rouge dans ses substances suivantes
Feuilles d'olivier > Grignon d'olive > Margine
Par contre dans les Boue et fumier de Bovin n'existent pas.

III.3.2. Identification des flavonoïdes

Apparition d'une coloration orangé dans le Grignon d'olives > feuilles d'olivier, mais elle n'apparaît pas dans les boues, Fumier et Margine donc les flavonoïdes n'existent pas dans ces trois substances.

III.3.3. Identification des tanins

Coloration verdâtre

Feuilles d'olivier > Margine

Les tanins restent inexistant dans les boues, le fumier de bovin et le grignon d'olive.

III.3.4. Identification des tanins gallique

Feuilles d'olivier > Margine

Seuls les feuilles d'olivier et la margine contiennent des tanins galliques vu la coloration bleu noirâtre qui apparait.

Ces identifications nous révèlent que seuls les produits oléicoles, feuilles d'olivier, margine et les grignons d'olive sont toxiques, car ils réagissent aux identificateurs chimiques.

III.4. Caractérisation microscopique**III.4.1. Analyse à l'UV-Visible**

Tableau 2 : les résultats de l'analyse à l'UV-Visible sont résumés dans le tableau suivant.

	0 jours	07 jours	05 mois	07 mois	09 mois
E4= 465nm	0.6028	0.3141	0.3014	0.2166	0.2130
E6=650nm	0.0847	0.0474	0.0433	0.0322	0.0311
E4/E6	7.11	7.25	6.96	6.72	6.84

Afin de caractériser les substances humiques contenues dans le compost, nous avons utilisé la spectroscopie UV-Visible dans l'intervalle de nm 465nm à 650, utilisée par de nombreux auteurs [7].

L'adsorption des radiations électromagnétiques dans les régions UV (200-400nm) et visible (400-800nm) est associée à des transitions électroniques dues à l'excitation d'un électron d'une orbitale stable vers une orbitale instable. Dans les composés organiques ces transitions électroniques correspondent à des changements d'orbitales moléculaires de groupes fonctionnels spécifiques (chromophores) [7].

Selon Albrecht, les absorbances entre 460nm et 480nm répondent aux matières organiques en début d'humification, dans la région 600-670nm les matières organiques sont fortement humifiées et condensées avec d'abondants groupes aromatiques [7].

Nos résultats correspondent à la littérature citée ci-dessus. La diminution de rapport de poids E4/E6 de 7,11 à C0 à 6,84 à C4 nous a révélé l'humidification des matières organiques.

III.4.2. Spectroscopie infrarouge (FTIR)

Les résultats de l'analyse spectrale par Spectrométrie Proche Infrarouge (FTIR) des différentes poudres de compost à différents stades de l'initial jusqu'à le mature, sont représentés dans la figure 09.

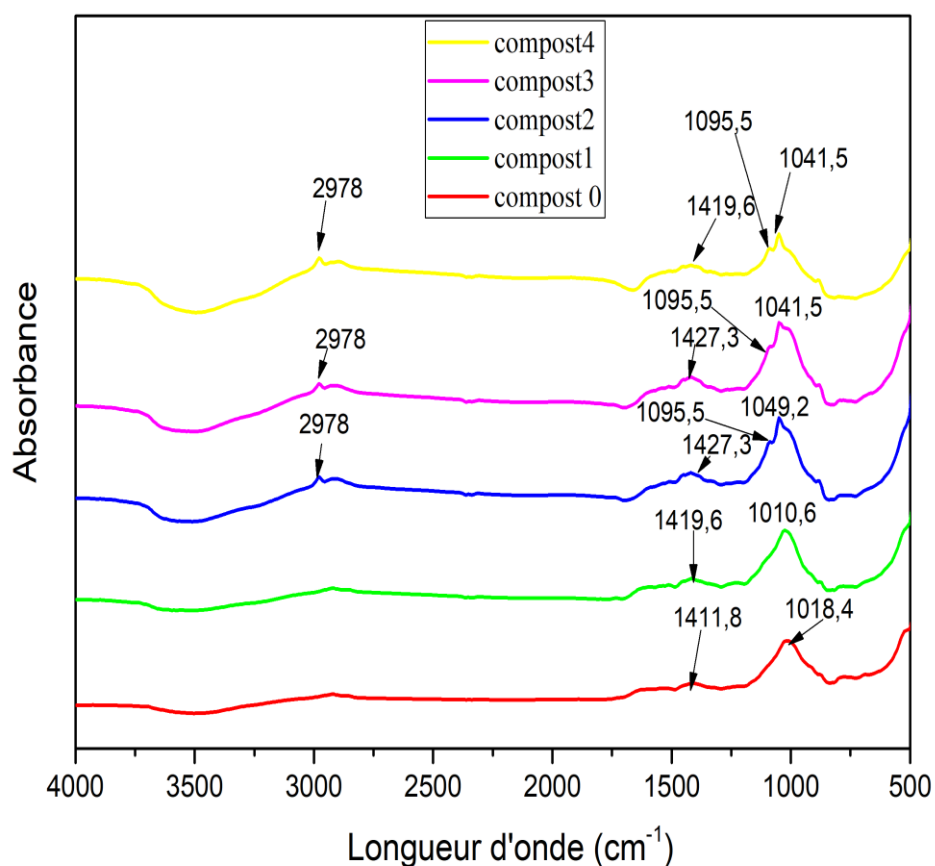


Figure III-9 : Analyse par IRTF

L'analyse par IRTF obtenue montre la présence de différentes bandes de vibration. Chaque bande d'absorption qui apparaît sur le spectre correspond à une fonction ou à un groupement chimique. Les différentes bandes caractéristiques des constituants de nos charges sont résumées dans le (tableau 3)

Tableau 3 : Les bandes d'absorption enregistrées pour les différents composts étudiés par IRTF

Nombre d'onde (cm ⁻¹)					Type de vibration (cm ⁻¹)	
Compost0	Compost1	Compost2	Compost3	Compost4		
1018,4	1010,6	1049,2	1041,5	1041,5	élongation forte	=CH ₂ Alcènes
1411,8	1419,6	1427,3	1427,3	1419,6	Elongation moyenne	C-C Alcanes
-	-	2978	2978	2978	élongation symétrique moyenne	=CH ₂ Alcène
-	-	1095,5	1095,5	1095,5	Elongation Forte	Alcane
-	-	1095,8	-	-	Elongation variable	Ethers C-O
-	-	-	1087,2	-	Elongation variable	Alcool primaire
-	-	-	-	1103,2	Elongation variable	Alcool secondaire

III.4.3. Microscopie électronique à balayage

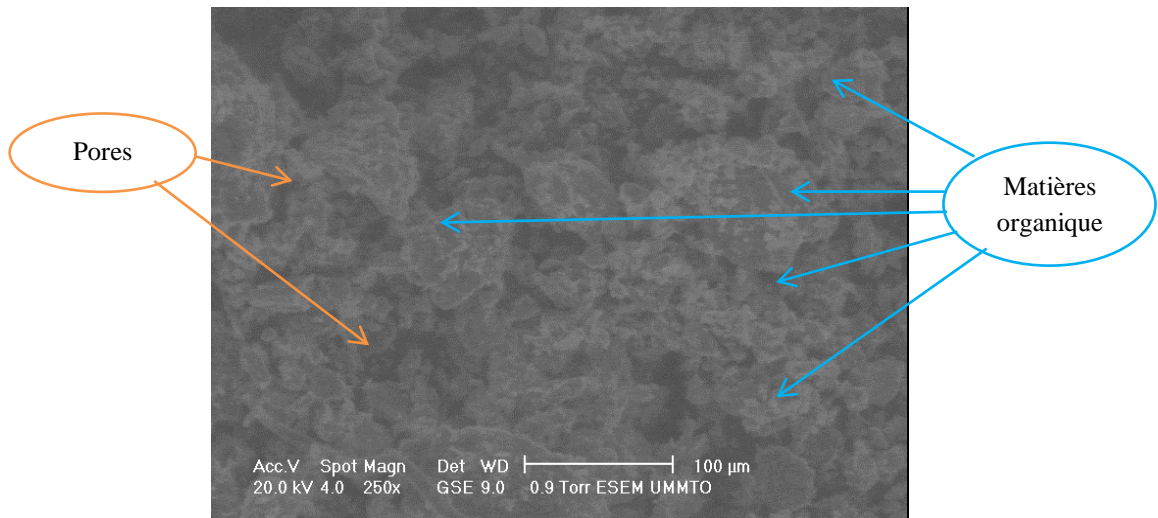


Figure 10: Image MEB de C0

A l'état initial C0 on constate que le compost est compact, faible porosité, la matière organique apparaît foncée, plus volumineux.

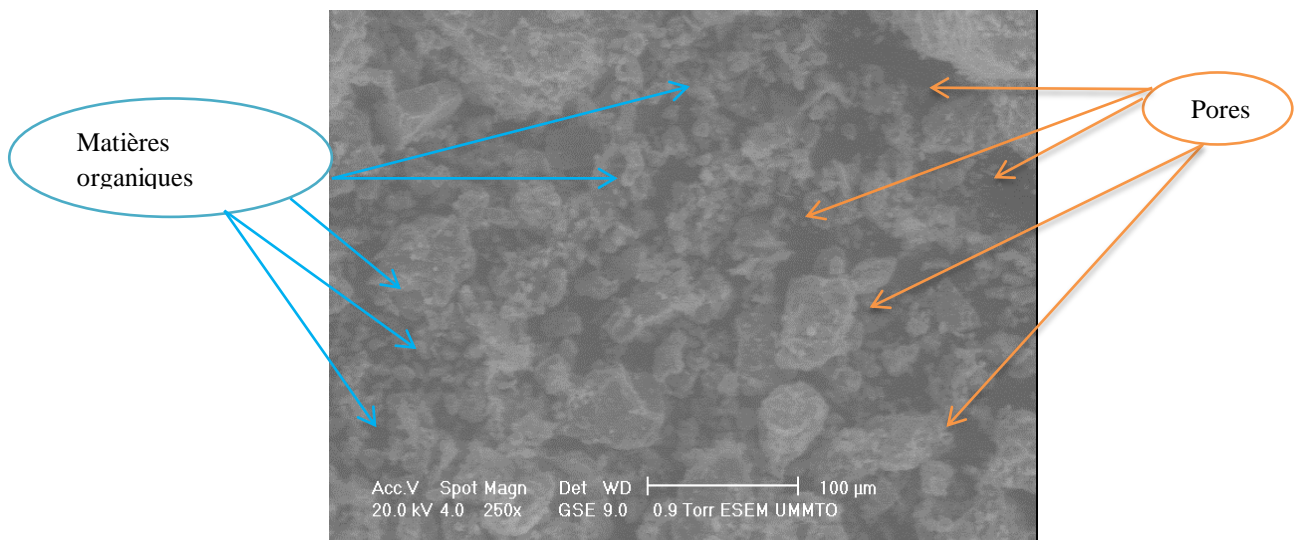


Figure 11: Image MEB de C4

A l'état final C4, la présence des pores est importante, le compost à un aspect granuleux, on peut affirmer que la matière organique s'est diffusée (décomposée).

Conclusion générale

L'objectif de notre travail est la caractérisation physico-chimique d'un compost élaboré à partir (boue, fumier, margine, feuilles d'olivier, grignon d'olive).

Ce compost a été étudié dans toutes ses phases (initiale, mésophile, thermophile, refroidissement et maturation).

Les tests d'identification effectués sur les matières premières ont révélé, l'existence des tanins gallique, alcaloïdes et flavonoïdes dans les feuilles d'olivier et la margine.

Le dosage des polyphénols des composés contenus dans le compost, a montré le taux le plus élevé était contenu dans la margine avec 22,40 % et de 19,88% dans les feuilles d'olivier. Il décroît à la maturation du compost.

En prenant le pH des échantillons du compost à chaque stade, on a trouvé que celui-ci était acide $\text{pH} = 5,87$ dans les phases mésophiles et thermophiles ; cependant à la phase de refroidissement il augmente de 7,3, il devient stable à la maturation du compost de 6,27.

A la maturité le compost présente une conductivité de 6,26 mS/cm. Selon la littérature, c'est un compost aéré.

Afin de caractériser les substances humiques contenues dans le compost, on a utilisé la spectroscopie à UV-Visible. Dans l'intervalle prévu entre 465nm et 650nm, des résultats ont montré que le rapport de welt (E4/E6) diminue, il rejoint la littérature qui préconise l'humidification des matières organiques.

Après avoir fait la synthèse de notre caractérisation physico-chimique de ce compost, on peut conclure que ce compost répond aux normes établies par les auteurs. Il reste un bon fertilisant pour des cultures.

Perspectives

- ✓ Des tests de phytotoxicité seraient indispensables.
- ✓ Dosage des composés organiques des matières premières (lignine, cellulose, hémicellulose).
- ✓ Test des éléments de traces métalliques (ETM).
- ✓ Une analyse RMN permettant de quantifier les structures organiques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1]: **Ben Ayed. L, Hassen. A, Jedidi N, Saidi. N, Bouzaiane O, et al., 2005.** Caractérisation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours d'un cycle de compostage d'ordures ménagères. Déchets Sciences et Techniques, INSA de Lyon 2005, 40, pp.4-11.
- [2] : **ISSAOUN. D., TIBICHE. G., 2015.** Co-Compostage des Grignons d'oliviers et de Boue d'épuration : Approche Expérimentale pour une production durable de compost. Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Faculté des Sciences Agronomiques.
- [3] : **ZNAÏDI EL A.2002.** Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Mémoire de Master. Tunisie.
- [4]:**R.V. MISRA, R.N. ROY, H. HIRAOKA. FAO, BANGKOK, 2005.** Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, Rome, 2005.
- [5] : **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 national agronomique Paris Grignon, 289p.
- [6] : **MERCIER, EDDY., 2009.** Le compostage, comment ça marche ? In Le compostage [En ligne]. <http://www.compostage.info/inde.php/comment-ça-marche> (page consulté le 10 février 2009)
- [7] : **ALBRECHT, R. 2007.** Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique. Thèse de Doctorat. L'université Paul Cézanne 31-34, 59, 62,63,66, 102 p.
- [8]:**CHARNAY F., 2005.** Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement : élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de Doctorat. L'université de Limoges. 277 p.
- [9]: **AZZI. H., TEBANI. S., 2015.** Contribution à la Valorisation des sous produits oléicoles par Co-Compostage : Caractérisation Morphologie et Spectroscopique. Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Faculté des Sciences Agronomiques.

[10]: **FILALI. S., 2018.** Evaluation des teneurs en phosphore et en potassium assimilables des boues urbaines pour l'amendement des sols agricoles de Tizi-Ouzou.

Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Faculté des Sciences Agronomiques.

[11]: <http://www.wikipedia.fr/fr.Wikipedia.org/wiki/polyphenols-48k>,2009.

[12]: **BICABA L. F. D., 2017.** Evaluation des paramètres physico-chimiques des composts à base des résidus de mangue dans le village de Samagan, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso).

Mémoire de Master. Université Naziboni. Institut Du Développement RURAL.

[13]: **CHOUCHENE A., 2012.** Etude expérimentale et théorique de procédés de valorisation de sous-produits oléicoles par voies thermique et physico-chimique. Food and Nutrition. Univ.de Haute Alsace-Mulhouse.

[14]: **AMIR, S. 2005.** Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost.

Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomie, Institut National Polytechnique (ENSAT-INP), Toulouse, France, 341p.

[15]: **AOUIDI.F, 2012.** Etude et valorisation des feuilles d'olivier. Olea Europaea dans l'industrie Agro-alimentaire.

Thèse de doctorat En Génie Biologique. L'institut National des Sciences Appliquées et de Technologie.

[16]: **Christian Charbonnier (CA04). 2012.** Fumier de Bovin et Compost. LES SOLS VIVANTS BIO.

[17]: **REZEG.Z., ZIDIA., 2020.** Valorisation des déchets menagers par compostage aspects physico-chimique et biologique.

Mémoire Master. Université Mohamed Khider de Biskra.

[18] :Google earth. Exploitation agricole.

[19] : **Nathalie Boizot, Jean Paul Charpentier.** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Cahier des Techniques de l'INRA, INRA, 2006, pp.79-82. hal-02669118 .

Références bibliographiques

- [20] : **ATOLOVICH. M., PRENLER. P., ROBARDS. K., RAYAN. D. 2000.** Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits. *Analyst*;125:989-1009.
- [21]: **YAKHLEF Wahiba. 2019** Caractérisation des profils phénoliques et évaluation de l'activité antibactérienne du contenu phénolique des margines monovariétales : Méthodes d'extraction des polyphénols. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences : Université Larbi Ben M'Hidi Oum El-Bouaghi.
- [22]: **Obied H.K., Allen M.S., Bedgood D.R., Prenzler P.D., Robards K., Stockmann R. (2005b)**Bioactivity and analysis of biophenols recovered from olive mill waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 53: 823-837.
- [23]: **Singleton.V.L. , Orthofer. R. , Lamuela-Raventos. R.M., "Analysis of total phenols and other oxidant substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent" Methods Enzymol.,1999, Vol. (299), page: 152.**
- [24]: **Fahima Ali-Rachedi, Souad Meraghni, Nourhène Touaibia & Sabrina Mesbah,** «Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea sub. Maritima L.*», *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* [En ligne], Volume 87 - Année 2018, Articles, 13 – 21 URL : <https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=7398>.
- [25] : **LOUBNA el fels.2014.** SUIVI PHYSICO-CHIMIQUE, MICROBIOLOGIQUE ET ECOTOXICOLOGIQUE DU COMPOSTAGE DE BOUES DE STEP MELANGEES A DES DECHETS DE PALMIER: VALIDATION DE NOUVEAUX INDICES DE MATURITE. Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse).
- [26] : **BENYOUCEF. S., HARRACHE DJ., (2014)** : Caractérisation de la microstructure de sciure.
- [27] : **Martial.,(2017),**"Modification de l'énergie de surface du bois par fluoration", thèse de doctorat, Université Clermont Auvergne.
- [28]: **Fathia.A.et al., 2009.** Etude de la répartition quantitative des phénols totaux dans l'olivier en fonction des organes et leur degré de maturité.*Olivebioteq* 2009, page : 376.

Annexes

Annexe 1: le tableau suivant résume les matériels et les réactifs utilisés au laboratoire

Tableau : Matériels et les réactifs utilisés au laboratoire.

Matériels	Réactifs
Erlenmeyer	Méthanol
Entonnoir	
Verre de montre	Folin-Ciocalteu pure et dilué
Balance analytique	
Barrons magnétiques	Carbonate de sodium Na_2CO_3
Papier filtre	HCl
Pipettes jaugés	Dragendroff
Fioles jaugés (100ml, 250ml, 1000ml, 25ml)	Coupeau de Mg
Etuve	FeCl_3
Four à moufle	Acétate de sodium
Spectrophotomètre	
pH-mètre	
Conductimètre	Echantillons (feuilles d'olivier, grignon
Creusets	d'olive, margine, boue d'épuration, fumier
Tubes à essai	de bovin et les 05 composts de différentes
Porte tube	stades de prélèvement)
Plaques magnétiques	

Annexe 2 : les refus et tamis de l'échantillon

Diamètre (mm)	Refus (g)
>6,3	48,9
6,3	131
5	572,2
3,15	366,8
2,5	1004,9
0,5	221,4
0,315	53,8
0,2	17,3
0,16	50,8

0,08	30,5
Masse totale	2497,6
Masse perdue	1,3
Masse initiale	2498.9

Annexe 3: Les résultats obtenus lors des tests de taux d'humidité sont résumé dans le tableau suivant.

Echantillon	Essais	m ₁	m ₂	m ₁ /m ₂	m ₁ /m ₂ *100	H(%) moyen
Boue	N° 01	50,0000	23,9542	0,479084	47,9084	46,22
	N° 02	50,0000	23,2763	0,465526	46,5526	
	N° 03	50,0000	22,1099	0,442198	44,2198	
C4	N° 01	50,0000	26,2738	0,525476	52,5476	52,65
	N° 02	50,0000	26,1295	0,52259	52,5476	
	N° 03	50,0000	26,5749	0,531498	52,2590	

Annexe4 : les résultats obtenus lors des tests de taux de la matière sèche sont résumé dans le tableau suivant

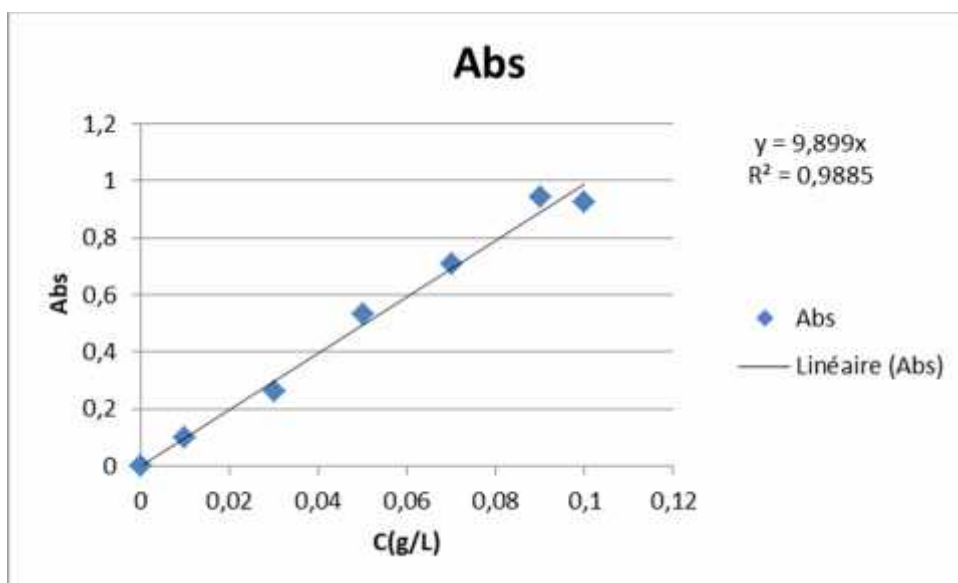
Echantillon	Essais	m ₁	m ₂	m ₁ /m ₂	m ₁ /m ₂ *100	MS(%) moyen
Boue	N° 01	50,0000	21.9783	0,4396	43,9566	47,45
	N° 02	50,0000	24.7082	0,4942	49,4164	
	N° 03	50,0000	24.4978	0,4900	48,9956	
C4	N° 01	50,0000	26.7347	0,5347	53,4694	53,64
	N° 02	50,0000	26.8366	0,5367	53,6732	
	N° 03	50,0000	26.8907	0,5378	53,7814	

Annexe 5 : Détermination des taux de phénols totaux dans nos échantillons La concentration des polyphénols totaux est déterminée par la méthode de Folin-Ciocalteu à partir d'une courbe d'étalonnage utilisant l'acide gallique comme témoin.

Résultats des absorbances obtenus des solutions filles d'acide gallique

C (g/L)	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	0,1
ABS	0,1018	0,2612	0,5341	0,7087	0,9425	0,9233

Annexe 6: Courbe d'étalonnage avec l'acide gallique 0.5g/l avec Folin-Ciocalteu (dilué 10 fois)



Annexe 7: Résultats des absorbances et taux de polyphénols des échantillons avec (Folin-Ciocalteu dilué 10 fois)

Echantillon	Essai	Absorbance	Absorbance moyenne	Taux de polyphénols (%)
Boue	N° 01	0,2667	0,2051	5,17
	N° 02	0,2325		
	N° 03	0,116		
Grignon d'O	N° 01	0,2257	0,1886	4,76
	N° 02	0,2040		
	N° 03	0,1360		
Feuilles d'O	N° 01	0,8518	0,7875	19,88
	N° 02	0,7317		
	N° 03	0,7791		
Margine d'O	N° 01	0,9442	0,8870	22,40
	N° 02	0,8720		
	N° 03	0,8448		
Fumier de B	N° 01	0,0594	0,0515	1,30
	N° 02	0,0410		
	N° 03	0,0542		

C0	N° 01	0,3067	0,2796	7,03
	N° 02	0,2435		
	N° 03	0,2886		
C1	N° 01	0,1234	0,1157	2,92
	N° 02	0,1224		
	N° 03	0,1012		
C2	N° 01	0,1885	0,1885	4,76
	N° 02	0,1987		
	N° 03	0,1783		
C3	N° 01	0,1268	0,1286	3,24
	N° 02	0,1354		
	N° 03	0,1235		
C4	N° 01	0,0730	0,0701	1,77
	N° 02	0,0714		
	N° 03	0,0660		

Phénols totaux (%)= $(C \cdot V / 1000 \cdot m) \cdot 100$

La concentration C est calculée d'après la courbe d'étalonnage en utilisant la relation:

$$A = C \cdot L \cdot c$$

A: l'absorbance.

c: c'est la pente de la courbe d'étalonnage.

L: c'est la longueur de la cuve qui est égale à 1 cm.

C: la concentration.

De là on retire la concentration et on aura: $C = A / (L \cdot c)$.

Annexe 8: Les résultats de la mesure du pH sont résumés dans le tableau suivant

Echantillon	Boue	Fumier de B	Grignond'O	Feuilles d'O	Margine
Essai 1	5,52	6,51	6,93	8,16	5,49
Essai 2	5,53	6,52	6,92	8,18	5,50
Essai 3	5,54	6,53	6,91	8,13	5,42
pH moyen	5,53	6,52	6,92	8,15	5,47

Annexes

Echantillon	C0	C1	C2	C3	C4
Essai 1	6,92	5,82	5,90	7,30	6,26
Essai 2	6,90	5,84	5,93	7,29	6,27
Essai 3	6,87	5,79	5,94	7,31	6,28
pH moyen	6,89	5,81	5,92	7,30	6,27

Annexe 9 : les résultats de mesure de la conductivité électrique

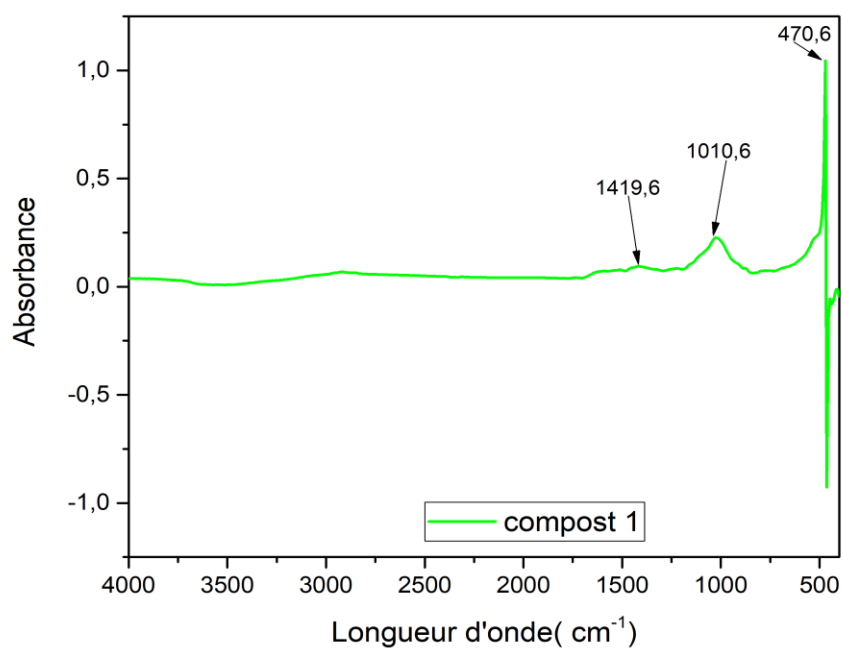
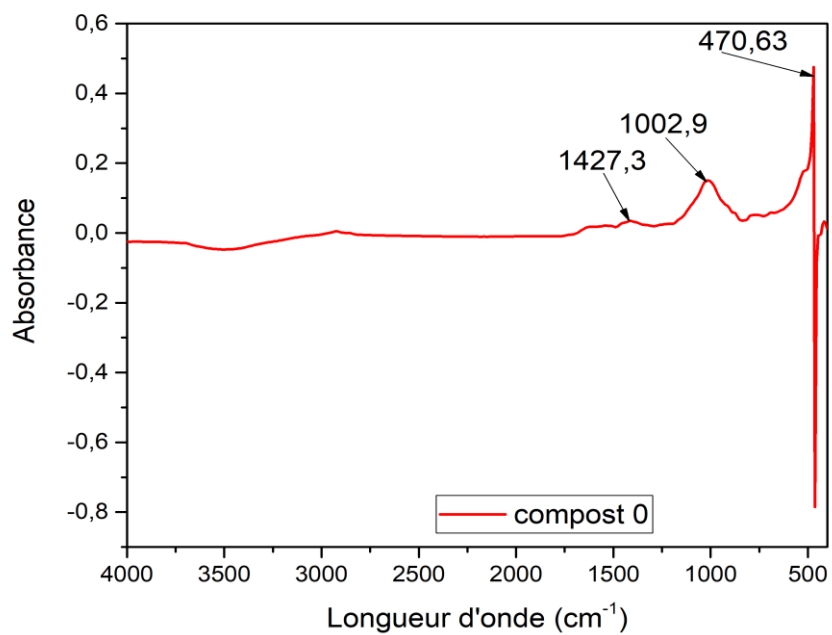
Echantillon	Boue	Fumier de B	Grignon d'O	Feuilles d'O	Margine
Essai 1	3,39	2,45	0,51	3,01	16,00
Essai 2	3,44	2,43	0,49	3,04	15,99
Essai 3	3,42	2,45	0,50	2,98	16,03
CE moyen (mS/cm)	3,41	2,44	0,50	3,01	16,00

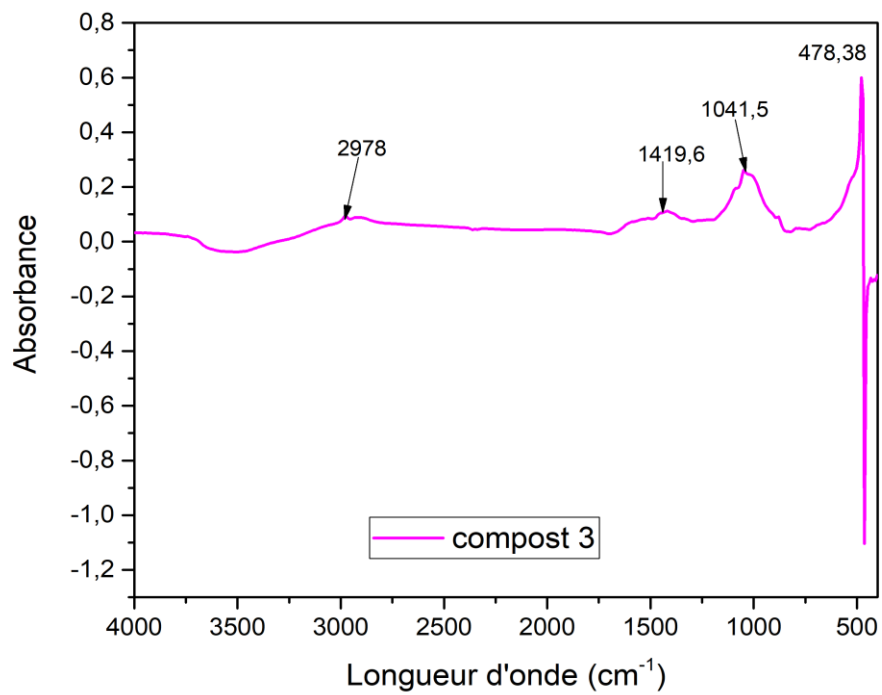
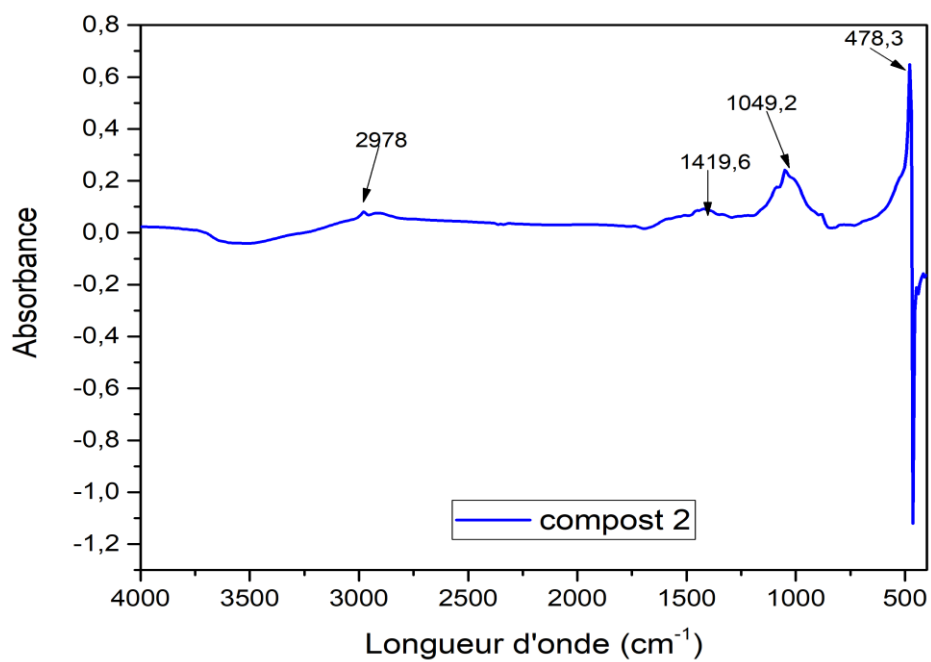
Echantillon	C0	C1	C2	C3	C4
Essai 1	3,02	7,14	6,73	5,22	6,25
Essai 2	3,03	7,16	6,70	5,20	6,27
Essai 3	3,05	7,19	6,75	5,23	6,28
CE moyen (mS/cm)	3,03	7,16	6,72	5,21	6,26

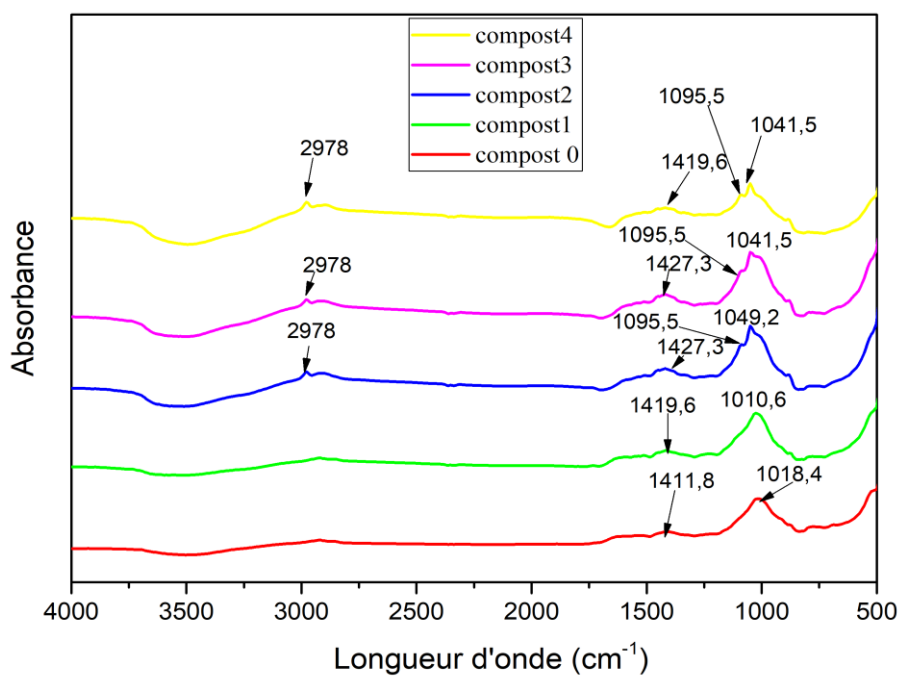
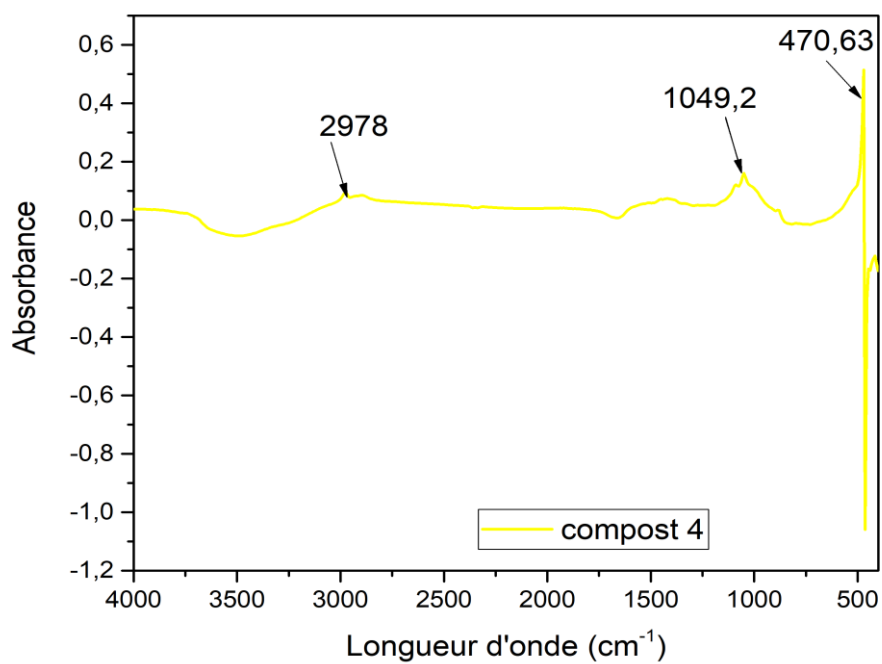
Annexe 10 : les résultats de l'analyse à l'UV-Visible sont résumés dans le tableau suivant.

	0 jours	07 jours	05 mois	07 mois	09 mois
E4= 465nm	0.6028	0.3141	0.3014	0.2166	0.2130
E6=650nm	0.0847	0.0474	0.0433	0.0322	0.0311
E4/E6	7.11	7.25	6.96	6.72	6.84

Annexe 11 : l'analyse par infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)







Résumé

L'objectif de ce travail est la caractérisation physico-chimique d'un compost et son évolution, ce compost a été obtenu d'un compostage en andain au bout de (09) mois, constitué de boue résiduaire urbaine, de fumier de bovin et de sous-produits oléicoles d'où le grignon d'olive, feuilles d'olivier et margine, notre compostage est sous forme d'andain aéré.

L'évolution schématique de la température au sein du compost permet de définir quatre phases au cours du compostage .Ces phases sont largement décrites dans la littérature (la phase mésophile, thermophile, phase de refroidissement et phase de maturation).

Les caractères physiques sont déterminés par la granulométrie, taux de l'humidité et de matière sèche, cependant lacaractérisation chimique à évaluer la mesure du pH, la conductivité électrique, le taux des composés phénoliques réalisé par la méthode colorimétrique de dosage par spectrophotométrie de Folin-Ciocalteu, une caractérisation structurale par infrarouge à transformée de Fourier (IRTF), l'analyse à UV-Visible et anatomique par microscopie électronique à balayage (MEB) du compost.

Les résultats obtenus ont révélé un compost qui serait conforme à être utiliser dans un sol agraire.

Mots clé : boue urbaine, fumier de bovin, sous-produit oléicoles, compost, caractérisation, Folin-Ciocalteu.

Abstract

The objective of this work is the physic-chemical characterization of compost and its evolution, this compost was obtained from a composting windrow after [09] months, consisting of urban sludge, cattle manure and olive by-product where the olive pomace, olive leaves and margin, our composting is in the form of windrow aerated.

The schematic evolution of the temperature within the compost allows defining four phases during the composting process. These phases are widely described in the literature [the mesophilic phase, thermophilic phase, cooling phase and maturation phase].

The physical characteristics are determined by the granulometry, rate of moisture and dry matter, however the chemical characterization to assess the measurement of pH, electrical conductivity, the rate of phenol compounds carried out by the colorimetric method of determination by spectrophotometer of Folin-Ciocalteu, structural characterization by Fourier Transform Infrared [FTIR], UV-Visible and anatomical analysis by scanning electron microscopy [SEM] of compost.

The results obtained revealed compost that would be suitable to be used in an agrarian soil.

Key words: urban sludge, cattle manure, olive by-product, compost, characterization, Folin-Ciocalteu.