

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ de BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT.

Intitulé du mémoire

Etude d'un compost issue d'une biomasse végétale

Présenté par :

BELDI Nora

Encadré par :

M^{me} LARIBI.H

Co-encadré par:

M^{elle} SAADOUNE.Z

Année universitaire 2017/2018

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. COMPOST	3
II. LES TYPES DU COMPOST	3
II.1. Compost aérobie.....	3
II.2. Compost anaérobie.....	3
III. COMPOSTAGE.....	3
IV. LES MECANISMES IMPLIQUES	4
V. FACTEURS DU REUSSITE DU COMPOSTAGE	6
VI. OBJECTIFS DU COMPOSTAGE.....	7
VI.1. Effets physico-chimiques du compost sur les sols.....	7
VI.2. Valorisation agronomique des composts par apport d'éléments fertilisants....	7
VI.3. Amélioration des aspects biologiques des sols amendés	9
VI.4. Effets remédiant des amendements organiques	9
VII. MATURATION D'UN COMPOST	9
VIII. MARC DE RAISIN	10
IX. VALORISATION DES SOUS-PRODUITS DE LA VINIFICATION	10

CHAPITRE II: MATERIELS ET METHODES

I. SITE D'EXPERIMENTATION.....	12
II. ETAPES DE CONFECTION DU COMPOST	12
III. CARACTERISATIONS DES PARAMETRES PHYSIQUES ET CHIMIQUES	12
III.1. Mesure de la température	12
III.2. Mesure du pH.....	12
III.3. Humidité.....	13
III.4. Matière organique et dosage du carbone.....	13
III.5. Dosage des protéines.....	14
III.6. Dosage des sucres réducteurs(Miller)	14
IV. TESTS BIOLOGIQUES	14
IV.1. Préparation des pots	14
IV.2. Test d'indice de germination.....	15

IV.3. Test de germination.....	15
--------------------------------	----

CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSIONS

I. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DU MARC DE RAISIN	16
II. COMPOST OBTENU	16
III. EVOLUTION DE LA TEMPERATURE	17
IV. EVOLUTION DU pH	18
V. EVOLUTION DE L'HUMIDITE	19
VI. EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE.....	20
VIII.TESTS BIOLOGIQUES	21
VIII.1. Test de germination.....	21
VIII.2. Indice de germination (IG).....	22

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Courbe théorique d'évolution de la température et du pH au cours du compostage	6
Figure I.2 : Répartition approximative des sous-produits dans l'industrie du vin	11
Figure II .1 : Dispositif de compostage.....	12
Figure III.1 : Evolution de la température au cours du compostage.....	18
Figure III.2 : Evolution du pH pendant le compostage.....	19
Figure III.3 : Evolution de l'humidité pendant le compostage	19
Figure III.4 : Evolution de la MO pendant le compostage	20
Figure III.5 : Evolution du COT % pendant le compostage	21
Figure III.6 : Taux de germination (%) des graines de blé sur des composts purs ou mélangés au sol	21
Figure III.7 : Graines de blé germées après 4 jours de la mise en marche du processus germinatif.....	22
Figure III.8 : Plantules de blé après deux jours de germination	23
Figure III.9 : Les plantes après quatre jours de germination	23
Figure III.10 : Taux d'indice de germination (%) des graines de blé sur les extraits de composts purs ou mélangé à l'eau distillée	24

LISTE DES FIGURES

Tableau I.1 : Rôles des éléments minéraux	8
Tableau I.2 : Conditions opératoires nécessaires pour une mise en œuvre optimale d'un procédé de compostage	10
Tableau II.1 : Conditions de germination des graines de blé.....	14
Tableau III.1 : Résultats physico-chimiques du Marc de raisin.	16

LISTE DES ABREVIATIONS

C : Compost

COT: Carbone total

DNSA : Acide 3,5-dinitrosalicylique

E :Eau

EC : Extrait de compost

H: Humidité

IG: Indice de germination

mg/L : Milligramme par litre

MO: Matière organique

pH: potential d'hydrogène

S : Sol

Résumé

Afin d'éliminer et de valoriser les bio déchets, notre objectifs est donc d'étudier le processus du compostage et de suivre l'évolution chimique et biologique des composts.

Notre étude a porté sur un compostage de trois mois des sous-produits de vinification.

Le compost a été caractérisé par des paramètres physico-chimiques (matières organiques, carbone totale, humidité et pH) et biologiques (Indice de germination) qui ont mis en évidence que c'est un substrat viable et non phytotoxique avec un taux de germination (%) supérieur à 50% pour différentes doses

Mot clé : déchets, sous-produits de vinification, compost, taux de germination

Abstract

To eliminate and enhance the organic waste, our objective is to study the composting process and its chemical and biological evolution. Our study focused on three months composting of winemaking by-products.

Compost was characterized by physico-chemical parameters (organic matter, total carbon, moisture and pH) and biological parameters (germination index), this parameters highlighted that this is a viable substrate and non-phytotoxic with a germination rate greater than 50% for different doses.

Keys words: waste, winemaking by-products, compost, germination index

ملخص

من اجل القضاء على النفايات وتقييمها، هدفنا هو دراسة عملية صنع السماد و متابعة تطوره الكيميائي و البيولوجي

دراستنا تمت خلال ثلاثة اشهر على منتجات صناعة النبيذ. تم تقييم السماد بمعايير فيزيوكيميائية (المادة العضوية، الكربون الاجمالي، الرطوبة و درجة الحموضة) و معايير بيولوجية (معدل الانبات) التي أبرزت أن هذه الكتلة الحيوية صالحة و غير سامة للنبات بمعدل انبات اكثر من 50% من جرعات مختلفة.

الكلمات الرئيسية: النفايات، منتجات صناعة النبيذ، السماد، معدل الانبات.

INTRODUCTION GENERALE

L'exploitation des sous-produits a bénéficié au cours de ces dernières années d'un regain d'intérêt pour des raisons économiques aussi bien qu'environnementales. L'importance de ces sous-produits réside dans leur abondance, leur faible coût ainsi que dans le fait qu'ils représentent une source organique naturelle disponible partout sur la planète. Cependant, aujourd'hui, l'industrie mondiale utilise moins de 10% de la biomasse végétale produite et des quantités énormes des résidus sont brûlées chaque année, ce qui cause un problème environnemental sérieux. Actuellement, plusieurs pays ont imposé de nouvelles réglementations pour limiter la Combustion de ces coproduits en réponse aux restrictions concernant l'émission de gaz à effet de serre à l'origine du réchauffement climatique.

Par valorisation, on entend toute transformation de résidus ou de sous-produits industriels alimentaires en vue de les réintroduire sur le marché à titre de nouveaux ingrédients ou comme nouveaux produits. L'agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) définit la valorisation comme "le ré-emploi, le recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir de déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie". Chaque procédé de valorisation permet de réaliser des économies de matières premières et contribue de façon directe au respect et à la sauvegarde de l'environnement. Le concept de valorisation des déchets est né de l'idée que l'entreprise doit considérer ses déchets comme une ressource à exploiter et non comme des rebuts dont il faut se débarrasser! En effet beaucoup de matériaux sont réutilisables dans diverses applications après leur fin de vie attribuée.

Ceci a permis de stimuler l'intérêt pour l'utilisation des sous-produits en tant que ressource naturelle renouvelable. En effet, des coproduits de l'agriculture ont été utilisés comme une source renouvelable d'énergie et pour la production de nombreux composés chimiques, incluant le bioéthanol, le charbon actif.

Le compostage est une méthode de valorisation biologique des sous-produits qui aboutit à la fabrication du compost, matière organique servant à la régénération des sols. La valorisation des composts en amendements et fertilisants organiques améliore la qualité des sols tout en participant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et constitue une solution alternative au traitement des bio-déchets. L'utilisation du compost en

agriculture aide à la protection des sols par une diminution d'utilisation d'engrais chimique.

Ce mémoire est divisé en trois parties principales. La première est consacrée à une étude bibliographique, qui aborde les généralités sur le compost, l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des composts, et plus particulièrement de leurs matières organiques.

La deuxième partie présente l'ensemble des matériels et méthodes utilisés pour notre étude. Les caractéristiques d'élaboration des composts qui ont servi à notre travail y sont détaillées.

La troisième partie traite les résultats de caractérisation de la matière organique de ces composts et son évolution au cours du compostage, et l'étude de la valeur agronomique des composts

Et en dernier une conclusion et quelques perspectives.

I. COMPOST

Le compost est un mélange de débris organiques en décomposition et de matières minérales, destiné à nourrir et à alléger le sol qu'il enrichit en humus [1]. Pour SMEESTERS, le compost est une matière brunâtre qui ressemble à du terreau. Il provient de la décomposition contrôlée des matières organiques par des millions d'organismes vivant ; depuis les bactéries microscopiques jusqu'aux vers de terre [2].

Un bon compost provient d'un équilibre entre des matériaux riches en azote et pauvres en carbone (déchets organiques, fumiers), riche en carbone et pauvre en azote (matière végétale sèche, bois broyé) et intermédiaires entre les deux (matière végétale verte) [3].

II. LES TYPES DU COMPOST

II.1.Compost aérobie

-Il ne dégage pas d'odeur désagréable

-La maturation est beaucoup plus rapide (il peut être prêt en six mois environ)

-Les graines des mauvaises herbes et les germes pathogènes sont détruits lors de l'élévation de température résultant de la fermentation oxydative. Cependant, son seul inconvénient est qu'il nécessite une intervention humaine plus importante que le compost anaérobie [3].

II.2.Compost anaérobie

C'est le compost résultant d'un entassement de débris végétaux qui se décomposent sur place, les inconvénients d'un tel compost sont : Odeurs désagréables du au pourrissement, évolution plus lente que celle d'un compost aérobie (il lui faut environ un an pour être prêt) Et les risques de problèmes phytosanitaires car sa température reste basse et les organismes pathogènes ne sont pas détruits

III. COMPOSTAGE

Le compostage est un processus aérobie de dégradation de composés organiques par l'action successive des micro-organismes (bactéries, levures, et champignons), dont la concentration peut atteindre des millions, voir des milliards par gramme de compost [4].

- Une phase dite oxydative, au cours de laquelle l'oxydation biologique des composés facilement biodégradables se fait principalement par des bactéries. Cette forte activité microbienne entraîne une augmentation de la température jusqu'à 60-75°C, c'est pour cela que cette phase est appelée aussi phase thermophile.

- Une phase dite de maturation caractérisée par un ralentissement de l'activité microbiologique et la prédominance des phénomènes d'humification. Les microorganismes les plus actifs sont les champignons et les actinomycètes qui dégradent les substances les plus polymérisées. Au cours de cette phase, on assiste à une stabilisation croissante de la matière organique qui se traduit par une diminution de sa biodégradabilité résiduelle

IV. LES MECANISMES IMPLIQUES

Il existe deux types de compostage, en présence et en absence d'oxygène. La nature du processus de décomposition y est directement liée. Lors de carence en oxygène, les microorganismes anaérobies dominent et élaborent des composés intermédiaires tels que du méthane, du sulfure d'hydrogène et quelques autres substances spécifiques des fermentations anaérobies. En l'absence d'oxygène, ces composés ne sont pas métabolisés et s'accumulent.

Un grand nombre de ces composés présentent de forts pouvoirs olfactifs et certains d'entre eux peuvent entraîner une phytotoxicité lors de l'épandage des composts comme amendements organiques. De plus, le compostage anaérobie est un processus s'effectuant à basse température; ainsi, les graines d'adventices et les pathogènes ne sont pas affectés et détruits par l'élévation de chaleur caractérisant un processus aérobie. Enfin, ce processus anaérobie nécessite davantage de temps que le compostage en présence d'oxygène. Ces inconvénients contrebalancent fortement les avantages de ce procédé et notre étude ne portera donc que sur le compostage aérobie, bien que plusieurs travaux aient montré la présence possible de zones anaérobies dans un compost dit « aéré » [5].

De telles zones peuvent être expliquées par l'intense activité microbienne consommatrice d'oxygène et génératrice de gaz carbonique, combinée à un manque d'aération du compost. Dans la plupart des écosystèmes, la libération de chaleur d'origine biologique est très diffuse et disparaît trop rapidement pour engendrer une élévation de température significative. Cependant, la décomposition de matières organiques reste un cas à part pouvant produire une intense chaleur. En effet, le processus de compostage peut être très simplement schématisé par la production de chaleur au cours de l'action de microorganismes en présence d'oxygène. La matière organique peut alors subir deux types de processus : une minéralisation complète jusqu'au CO₂ ou une humification et une production de substances humiques [6].

Plusieurs phases théoriques se succèdent au cours du compostage (Figure I.1). La première est appelée phase mésophile du fait des températures atteintes inférieures à 45°C. Des micro-organismes dont la température de croissance optimale est comprise entre 20 et 45°C se multiplient alors rapidement, notamment grâce à la présence de matière organique facilement biodégradable (sucres simples et acides aminés libres). Leurs métabolismes très actifs engendrent une production intense de chaleur et élèvent ainsi la température du compost à un point tel que leurs propres activités sont inhibées. A ce moment, débute la phase thermophile où quelques champignons ainsi que de nombreuses bactéries thermophiles (température de croissance optimale comprise entre 50 et 70°C) poursuivent le processus, en augmentant encore la température du milieu jusqu'à 65 -70°C voire plus. Durant cette phase très active, une importante part de la matière organique est perdue par minéralisation du carbone organique et dégagement de CO₂, et un assèchement du compost lié à l'évaporation de l'eau est souvent observé. Cependant, la hausse de température est cruciale pour la qualité du compost, car la chaleur détruit les pathogènes et les graines d'adventices. Ces deux premières phases peuvent être assimilées à une première phase dite de dégradation. Cette phase dégradative (phase mésophile et thermophile) est suivie par une période de ralentissement de l'activité, pendant laquelle la température diminue graduellement. Des micro-organismes mésophiles colonisent à nouveau le compost. S'en suit alors une phase de maturation constructive où apparaissent lentement des éléments précurseurs de l'humus. La dégradation lente des composés résistants entraîne une coloration brun foncé à noir du compost et rend celui-ci plus fin et homogène [7]. Sa texture ressemble alors à celle d'un sol. Le compost est alors mature et le processus est achevé.

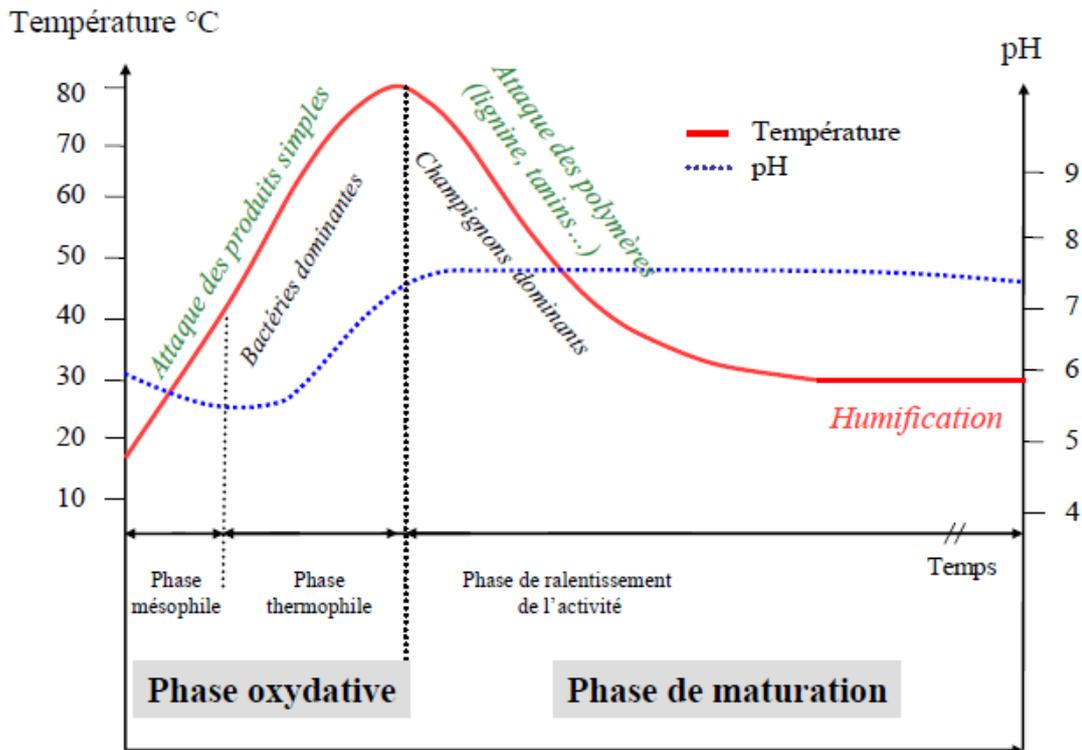


Figure I.1: Courbe théorique d'évolution de la température et du pH au cours du compostage [8]

V. FACTEURS DU REUSSITE DU COMPOSTAGE

Pour le compostage, les principaux paramètres d'importance pratique sont :

a) Aération

Dans toute fermentation aérobie, les organismes ont besoin d'oxygène pour oxyder les matières organiques. Ce besoin est maximal au départ et diminue progressivement au cours du temps

b) Humidité

Nécessaire à la vie des micro-organismes, le produit de départ ne doit être ni trop humide, ni trop sec (apparition de feutrage gris ou blanchâtres caractéristiques des composts trop secs). Au cours du compostage, sous l'effet de la chaleur et de la ventilation, les tas perdent de l'eau par évaporation et diminuent de volume.

c) Température

Dès le début du compostage, la température s'élève rapidement. En effet, les dégradations aérobies dégagent de la chaleur.

VI. OBJECTIFS DU COMPOSTAGE

La mise en décharge étant interdite pour de nombreux bio-déchets (sauf les déchets ultimes), leur incinération coûteuse et peu populaire, le compostage devient de plus en plus une solution pratique, simple. Elle présente de nombreux avantages, le principal étant la valorisation des déchets pour la production d'un amendement organique stable. En effet, le champ d'application du compostage s'est élargi avec l'évolution des techniques de compostage et la problématique de gestion collective des déchets ménagers. Cette filière concerne tous types de déchets organiques tels que les déchets verts, les bio-déchets ménagers, les boues de stations d'épuration collectives ou industrielles, les déchets agroalimentaires, les effluents d'élevage...

VI.1. Effets physico-chimiques du compost sur les sols

De nombreuses études ont montré le rôle bénéfique du compost sur les qualités physiques et chimiques des sols amendés. Par exemple, une amélioration des propriétés physiques, une augmentation de la conductivité hydrique et une diminution de la densité des sols ont été observées [9]. De même, l'incorporation de compost au sol s'avère efficace pour lutter contre la dégradation de la surface du sol [10].

Les amendements en matière organique stable augmentent le pouvoir tampon et la capacité d'échange des sols, deux paramètres qui conditionnent la nutrition minérale des plantes [8]. De plus, l'incorporation de composts permet de réduire l'acidité du sol, et de diminuer ainsi les risques d'exportation des métaux vers la plante [11].

VI.2. Valorisation agronomique des composts par apport d'éléments fertilisants

Un constat général est la chute du taux de matière organique et donc l'appauvrissement des sols cultivés par excès d'utilisation d'engrais minéraux solubles [10]. Le premier intérêt des amendements organiques est donc une diminution de la part de ces engrais lixiviables et leur remplacement par des déchets organiques valorisés. Les applications de compost dans les sols améliorent durablement et efficacement la fertilité du [12]. De même, les amendements de composts favorisent le processus de reforestation en améliorant la nutrition et la croissance des plantes, et surtout en augmentant leur potentiel de survie en période de sécheresse.

La valorisation agronomique des composts est aussi souvent comprise comme étant l'apport d'éléments fertilisants. Les substances organiques sont caractérisées par trois éléments principaux: Carbone, Hydrogène et Oxygène représentant en masse plus de 90 % du résidu sec des végétaux. Cependant, de nombreux autres éléments font partie des éléments nutritifs majeurs pour les plantes. Ceux-ci sont classés en deux groupes: les macroéléments tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le soufre, le calcium et le magnésium présents à des proportions de quelques pour mille à quelques pour cent de la matière sèche et les éléments nutritifs secondaires ou oligo-éléments (proportion inférieure à 0,1 % de la matière sèche). Les rôles principaux des éléments nutritifs sont résumés dans le Tableau I.1.

Tableau I.1 : Rôles des éléments minéraux

Eléments	Proportions	Rôles
<u>Macro-éléments</u>		
Calcium	1 à 2 % MS	Forme facilement des chélats, diminue la perméabilité cellulaire, contrôle l'ouverture de canaux ioniques transmembranaires, active certaines enzymes, rôle de messenger secondaire de certaines hormones
Magnésium	0,1 à 0,7 % MS	Constituant de la chlorophylle, active de nombreuses enzymes
Soufre	0,1 à 0,6 % MS	Constituant de composés organiques soufrés. Carence en S est très sévère et provoque une chlorose (disparition de la chlorophylle)
Sodium	Taux variables	Rôle sur la pression osmotique (algues) mais pas toujours indispensable (certaines plantes en C4 n'en exigent pas: maïs, sorgho, canne à sucre...)
Chlore	Taux variables	Rôle dans la turgescence cellulaire (avec K ⁺), nécessaire à la photosynthèse
Silicium	Taux variables	Inutile pour la plupart des plantes sauf pour les Gramminées et quelques autres végétaux
<u>Oligo éléments</u>		
Fer	< 0,1 %	Catalyseur biochimique: constituant des groupements prosthétiques (hèmes), constituant des protéines Fer-soufre
Cuivre	< 0,1 %	Constituant de la cytochrome oxydase (fin de chaîne respiratoire), des phénol oxydases, de certains transporteurs d'électrons (photosynthèse) et de la superoxyde dismutase (destruction de l'ion superoxyde : très toxique)
Molybdène	< 0,1 %	Impliqué dans la réduction des nitrates et de l'azote atmosphérique
Zinc	< 0,1 %	Cofacteur de plusieurs enzymes (phosphatase alcaline, carboxypeptidase...)
Bore	< 0,1 %	Contribue à l'intégrité de la paroi en stabilisant les chélats calciques, rôle dans les transports
Manganèse	< 0,1 %	Rôle dans diverses oxydo-réductions

VI.3. Amélioration des aspects biologiques des sols amendés

Plusieurs travaux ont montré que les activités enzymatiques sont stimulées par l'ajout d'amendements organiques dans les sols [13] [14].

Un amendement organique suffisamment important dans un sol semi-aride augmente significativement les activités enzymatiques pendant au moins 360 jours. En revanche, l'ajout d'amendements organiques immatures produit l'effet inverse; une diminution initiale de ces activités [15].

L'addition de compost mature dans un sol améliore la qualité du sol et favorise le développement végétal, mais réduit aussi le nombre de maladies occasionnées par les pathogènes issus du sol [16] [17].

VI.4. Effets remédiant des amendements organiques

L'addition d'amendements organiques permet une remédiation de sols pollués, en luttant notamment contre la toxicité saline [18]. De même, l'épandage de compost est capable de diminuer, à court terme, le possible stress toxique qu'exercent le nickel (Ni) et le zinc (Cr) sur les végétaux dans un sol pollué. En effet, même si l'apport de compost constitue une source exogène d'éléments traces métalliques (ETM), il constitue un milieu nutritif pour les racines des végétaux (humus) plus dilué en Ni et Cr que le milieu naturel au préalable contaminé en ces deux éléments [12].

VII. MATURATION D'UN COMPOST

La phase de maturation devient prédominante sur la phase de fermentation aérobie suite à l'épuisement du milieu molécules simples. Les activités enzymatiques produisent des phénomènes de polymérisation et de polycondensation des molécules néoformées au cours de la fermentation aérobie, à des températures comprises entre 20 et 30°C. Ces processus d'humification sont lents et peuvent durer plusieurs mois [19].

Tableau I.2 : Conditions opératoires nécessaires pour une mise en œuvre optimale d'un procédé de compostage [19]

Conditions opératoires	Fermentation aérobie	Maturation
Température	60 à 70 °C	20 à 30°C
Teneur en eau	60 à 80 % de la masse brute	40 à 60% de la masse brute
Ph initial de la matière	6 à 8	7 à 8
C/N	20 à 30	-
Temps de biodégradation	4 à 6 semaines	1 à 3 mois
Besoins en air	0.1 à 1 Nm ³ /min	< 0.1 N m ³ / min

VIII. MARC DE RAISIN

Les marcs issus de la vinification sont riches en composés d'intérêt. Ils sont constitués du résidu solide restant après l'étape de pressurage du vin blanc ou du vin rouge [20]. Les marcs de raisin représentent environ 20% du poids des raisins utilisés pour la vinification ce qui équivaut à plus de 15 millions de tonnes par an. La composition du marc varie considérablement en fonction de la variété de raisins et du procédé de vinification employé. Le marc est essentiellement constitué de trois parties solides résultant du pressurage des raisins : pépins, pellicules (peaux de raisin) et rafles (tiges). Une large gamme de produits est présente dans ces marcs notamment les tartrates, l'éthanol, l'acide malique, les hydrocolloïdes et les fibres alimentaires.

IX. VALORISATION DES SOUS-PRODUITS DE LA VINIFICATION

Des quantités considérables de sous-produits sont générées lors de la vinification. Dans la figure I.2, une répartition approximative des déchets générés dans l'industrie du vin est

présentée. Le marc de raisin est le principal sous-produit de la vinification et représente 62% des déchets totaux.

Le reste des déchets sont constitués des lies, qui sont générés lors du processus de fermentation du vin; des rafles, comprenant les branches et les feuilles de la vigne, et des eaux usées. La valorisation des sous-produits de la vinification est en plein développement et de nombreuses études sont tournées vers la recherche de nouveaux modes de valorisation.

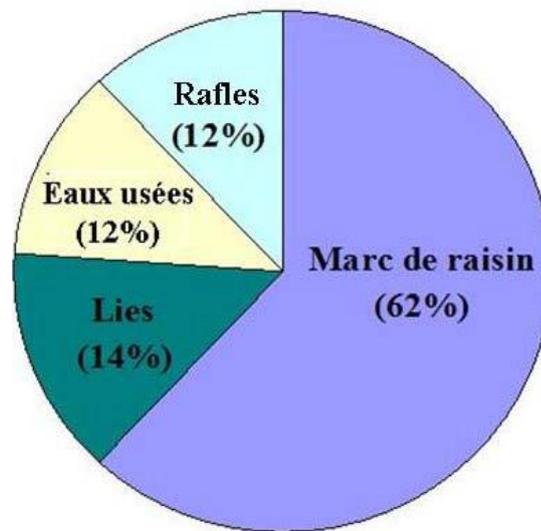


Figure I.2 : Répartition approximative des sous-produits dans l'industrie du vin [21]

I. SITE D'EXPERIMENTATION

La biomasse végétal a été obtenu dans le mois de septembre 2017 de l'unité de production et de commercialisation du vin située à Amer El-Ain la Wilaya de Tipaza

II. ETAPES DE CONFECTION DU COMPOST

Broyage : sert à réduire la taille de la matière première grossière pour accroître les surfaces d'attaques et un maintien suffisant interstices entre les particules

La mise en œuvre : nous avons préparé une corbeille en plastique qui est trouée des quatre cotés (aération, évacuation de lixiviat) et tapissées d'une moustiquaire afin d'éviter la perte du compost et de sciure après la décomposition de la matière organique



Figure II .1 : Dispositif de compostage

III. CARACTERISATIONS DES PARAMETRES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

III.1. Mesure de la température

Avant le prélèvement d'un compost, la température est mesurée in situ à l'aide d'un thermomètre électronique équipé d'une sonde de pénétration.

III.2. Mesure du pH

La mesure du pH est réalisée selon la norme internationale. Le pH est mesuré après mise en solution de 5g de l'échantillon dans 25 ml d'eau distillée. La méthode employée consiste à préparer une suspension de substrat séché, dilué dans 5 fois son volume d'eau

(1/5), la laisser en agitation pendant 5 mn puis la faire reposer pendant au moins deux heures. La lecture du pH se fait moyennant par un pH-mètre. [22]

III.3. Humidité

Pour mesurer l'humidité on met l'échantillon dans l'étuve directement après l'échantillonnage pendant 24h à une température de 105 °C. [22]

La détermination de l'humidité est selon l'équation suivante :

$$H\% = \frac{MH - MS}{MH} \times 100$$

Avec : M_H : Masse avant séchage

M_S : Masse après séchage

III.4. Matière organique et dosage du carbone

La détermination de la matière organique (MO) et des cendres a été effectuée en deux étapes:

- On pèse 20g de substrat et on met dans l'étuve pendant 24 heures à 70 °C ;
- On réalise la calcination de 3g de l'échantillon, préalablement séché à 900 °C pendant au moins 6 heures dans un four à moufle et on détermine le résidu sec ou masse après calcination. La teneur en MO est déterminée selon l'équation suivante :

$$MO (\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

Avec : M_1 : Masse avant calcination (mg) ;

M_2 : Masse après calcination (mg).

À partir de la MO, une déduction de la teneur en Carbone Organique Total (COT) a été possible en appliquant la relation suivante [22]:

$$COT (\%) = \frac{MO\%}{1,8} \times 100$$

III.5. Dosage des protéines

Le dosage des protéines est basé sur la réaction de Biuret

Dans un tube à essai propre, on induit 1 ml de la solution à doser auquel on ajoute 1 ml de solution NaCl à 0,9 %. Les tubes sont soigneusement agités et on ajoute alors 2ml de réactif de Biuret

Après 15 min, les mesures d'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 540 nm. La concentration en protéine est exprimée en mg en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec la gélatine.

III.6. Dosage des sucres réducteurs(Miller)

Pour le dosage des sucre on prépare la solution de réactif de DNSA. Ensuite on ajoute 1 ml de ce réactif avec 1ml du milieu à doser.

Les tubes sont agités et placés dans un bain mari bouillant pendant 5min, après, ils sont refroidis dans un bain d'eau glacée. Une fois refroidi on ajoute un volume de 10ml d'eau distillée puis homogénéiser.

L'absorbance est mesurée a une longueur d'onde de 540nm. La concentration est exprimée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec le Glucose.

IV. TESTS BIOLOGIQUES

Dans cette étude, deux tests de phytotoxicité ont été utilisés. Le test de germination et le test d'indice de germination sur la culture du blé

IV.1. Préparation des pots

Des pots en plastiques sont remplis d'une quantité donnée de sol mélangé avec du compost avec des différentes doses en allant de 25% à 100%. Les différentes conditions de germination sont répertoriées dans le Tableau II.1.

Tableau II.1 : Conditions de germination des graines de blé

Graines	T(C°) possible de germination	T(C°) idéale de germination	Trempage dans l'eau (Heure)	Germination (Jour)
Blé	20	20	12	2-3

IV.2. Test d'indice de germination

Le principe consiste à placer des graines de blé dans une série de boîtes de Pétri avec du papier filtre imbibé de doses croissantes d'extrait des composts parallèlement à une série témoin (sans extrait de compost). L'ensemble est placé dans une chambre de germination (incubateur) à 27°C pendant 4 à 6 jours. En fin de la germination, les graines sont comptées et les longueurs des racines sont mesurées. L'indice de germination (IG) est calculé par la formule suivante [23]:

$$IG = \frac{GB}{GT} \times \frac{LB}{LT} \times 100$$

Avec :

IG: Indice de Germination,

GB: Nombre de graines germées dans le cas d'apport du compost,

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

LB: Longueur des racines dans le cas des apports du compost,

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

Les différentes doses d'extraits de compost et d'eau distillée utilisées au cours de cette expérience sont les suivantes: 100% E, 75% E+ 25% EC, 50% E+ 50% EC, 25% E+ 75% EC, 100% EC. (E: Eau ; EC: extrait de compost).

IV.3. Test de germination

Ce test est basé sur le pouvoir germinatif des graines du blé plantes. Il consiste à semer des graines de blé dans des pots contenant différents pourcentages de composts et de sols. Le taux de germination est évalué par rapport au témoin (100% sol). Les différentes proportions des composts et sols sont: 100%S, 75%S+25%C, 50%S+50%C, 25%S+75%C, 100%C (S: sol et C: compost).

I. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DU MARC DE RAISIN

Les résultats d'analyses physico-chimiques de marc de raisin avant de procéder au compostage sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : Résultats physico-chimiques du Marc de raisin.

pH	4.51
Teneur en eau %	10
Teneur en cendre %	5.15
Acidité titrable %	4.7
Sucre réducteurs (g/l)	18.4
Protéine (mg/l)	1,71

Les résultats obtenus montrent que le pH de notre Marc de raisin est de 4.51 cette valeur permettra un bon développement de la levure *Saccharomyces cerevisiae* afin de favoriser.

Taux de cendres est faible peu de cendres a base sèche. Nous avons 5.15% MF.

Donc les résultats de l'analyse montrent que le Marc de raisin est riche en sels minéraux.

La teneur en eau de marc de raisin est 10 %.

L'acidité titrable de marc de raisin est de 4.7%.cette acidité favorise la fermentation par *saccharomyces cerevisiae*.

Les sucres sont les constituants les plus importants de marc de raisin. Pour cette étude, la teneur en sucres obtenus relativement élevés et elle est de 18.4% on remarque que le marc de raisin est riches en sucres par rapport au jus de raisin qui entre 20 % et 30% [24].

II. COMPOST OBTENU

Le compostage a duré 50 jours moyennant des arrosages et des retournements selon les besoins ; ceci a abouti à un compost mur caractérisé par :

- Il ne dégage pas d'odeur d'ammoniac ;

- Sa température est similaire à la température ambiante ;
- Il est granuleux, foncé et sent bon.

III. EVOLUTION DE LA TEMPERATURE

La figure III.1 représente l'évolution de la température du substrat (compost) en fonction du temps. Elle se compose de trois phases : mésophile, thermophile, et de refroidissement ou de maturation.

L'étude de l'évolution de la température au cours du processus du compostage montre que la température de départ (la phase mésophile) est très faible ou la température du compost suit la température ambiante qui est étendu aux alentours de 32 jours pour atteindre des températures de 25 °C, cela signifie que l'activité microbienne n'a pas encore démarré. Aux alentours du 34 ème jour du compostage, la température commence une croissance rapide pour atteindre la valeur maximale de 40°C pendant 3 jours, due à la présence de la matière verte et des microorganismes responsables de la dégradation de la matière organique, bactéries et champignons mésophiles [25]. A ce moment commence la phase thermophile qui a duré 15 jours débute ou les températures augmente jusqu'à 40°C .

La longue durée de la phase mésophile, peut s'expliquer par le fait que l'échantillon ne renferment pas un composé très riche en carbone et peuvent donc présenter un manque de porosité et d'aération nécessaire pour le bon développement des microorganismes. Cette aération indispensable a été apportée suite au retournement [26].

La phase de refroidissement et de maturation du compost entraîne de la température jusqu'à 25 °C, résultat d'un ralentissement de l'activité des microorganismes responsables à l'épuisement des matières organiques facilement dégradables [27] et la présence des macro organismes, essentiellement les lombrics [28]

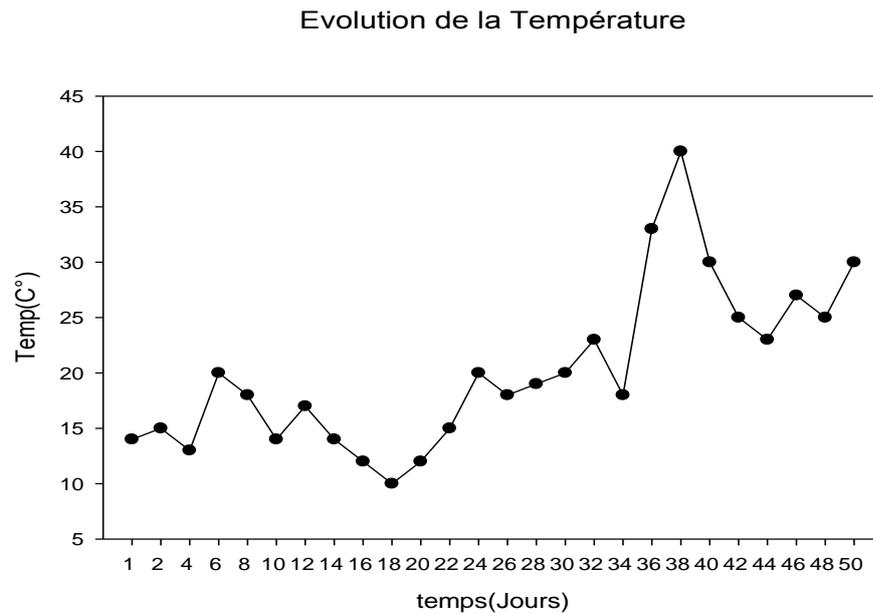


Figure III.1 : Evolution de la température au cours du compostage

IV. EVOLUTION DU pH

D'après la courbe de l'évolution du pH au cours du processus du compostage il est à remarquer que le pH dans les milieux étudiés varie au début et à la fin du compostage. Le départ est avec un pH légèrement acide qui est due à la libération et l'accumulation des molécules d'acides organiques produites par les premiers colonisateurs dans des conditions d'anaérobiose instaurées au début du processus du compostage, puis augmente progressivement où il devient proche de la neutralité 6,45 pour devenir basique à la fin du compostage [29]

Plusieurs travaux ont observé des variations du pH au cours du processus de compostage des déchets ménagers, le pH devient légèrement acide puis augmente progressivement pour devenir neutre puis basique [30] [31]

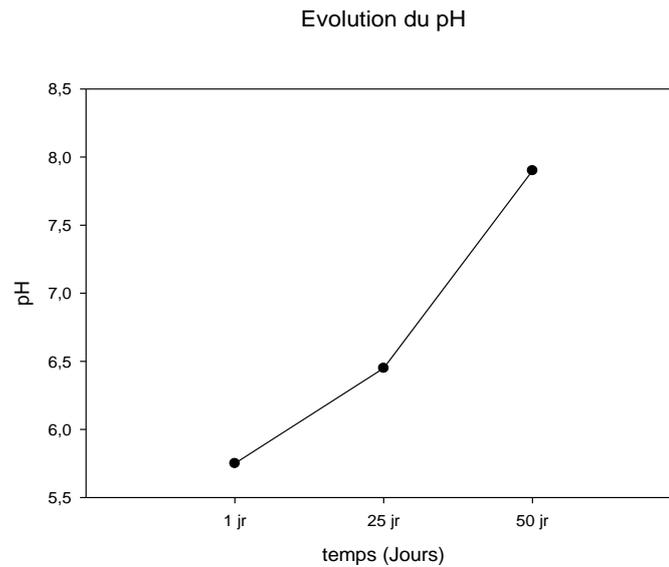


Figure III.2 : Evolution du pH pendant le compostage

V. EVOLUTION DE L'HUMIDITE

Le taux d'humidité été élevée au début du compostage de 79,9% puis diminue progressivement suivant l'élévation de la température ambiante, en comparant à la règle générale ou l'humidité doit être comprise entre 50% et 70 % [32].

Cependant, une teneur en eau trop faible limite le développement microbien, et dans le cas d'une humidité trop élevée, l'eau sature les espaces lacunaires et étouffe les micro-organismes dans le tas du mélange à composter [33]

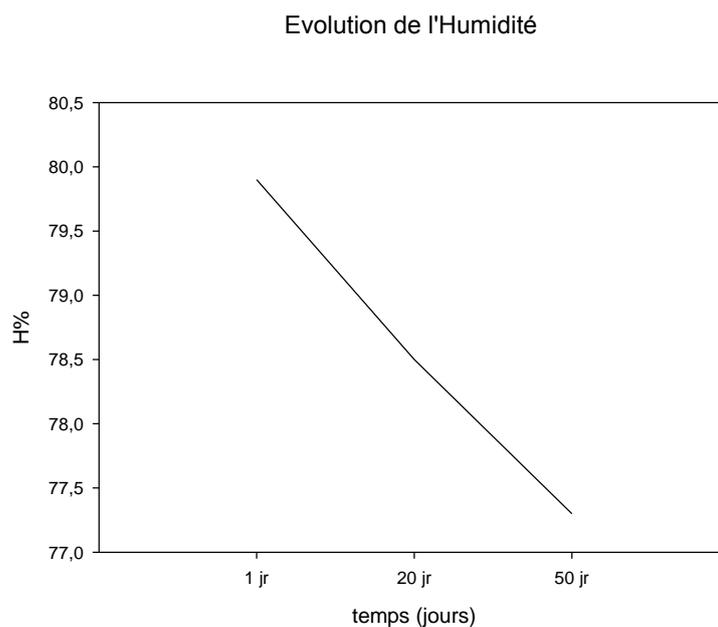


Figure III.3 : Evolution de l'humidité pendant le compostage

VI. EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE

Les résultats obtenus dans nos essais montrent que le taux de la matière organique a augmenté (figure III.4)

Les recherches montrent que les teneurs en matière organique diminuent au cours de la maturation des composts. Cette augmentation de matière organique peut être expliquée par un mauvais échantillonnage ou des tas ont pas été bien homogénéisés, et la taille des particules sont pas très fines, qui a chamboulés les résultats.

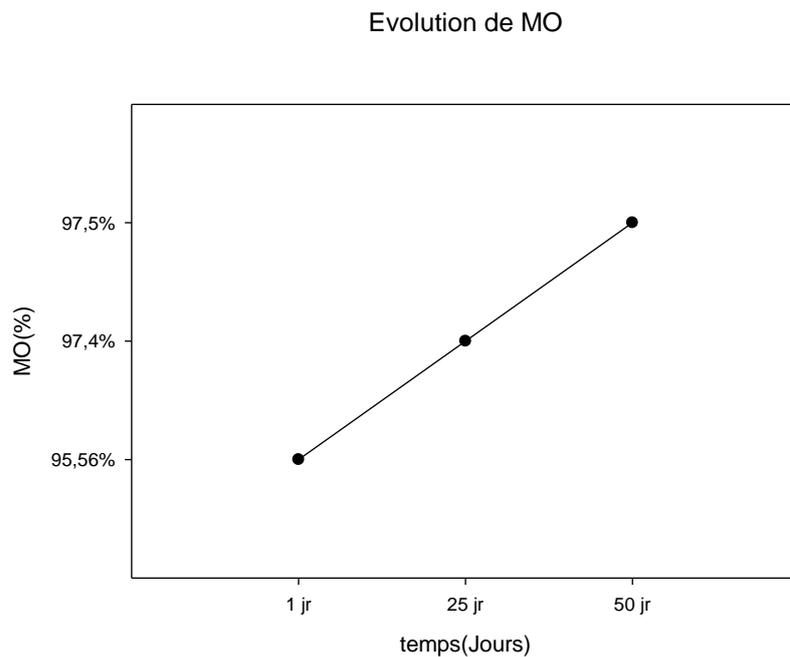


Figure III.4 : Evolution de la MO pendant le compostage

VII. EVOLUTION DU CARBONE TOTALE

Les résultats obtenus dans nos essais montrent que le taux du carbone à augmenter durant le processus du compostage (figure III.5).

Les taux du carbone à la fin du compostage situé entre 25,03 % et 48,07% pour des composts de déchets verts [34], ce qui est similaire à nos résultats.

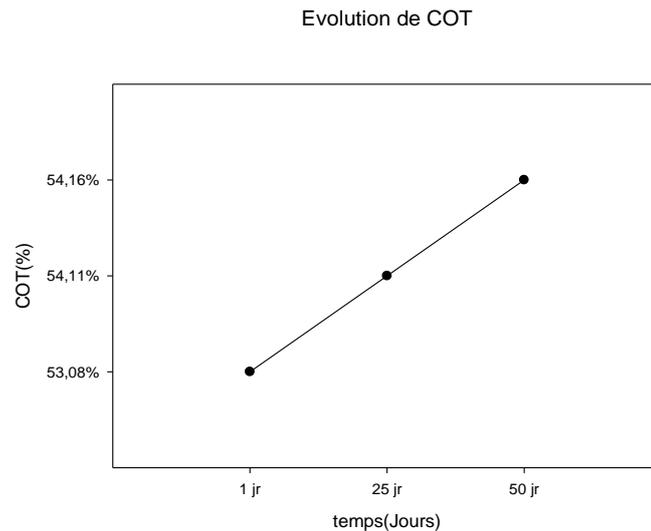


Figure III.5 : Evolution du COT % pendant le compostage

VIII. TESTS BIOLOGIQUES

VIII.1. Test de germination

Le test de germination est un moyen d'évaluation de la toxicité liée à l'incorporation des composts immatures dans le sol.

La figure III.8 présente les résultats des taux de germination des graines de blé sur les différents composts produits.

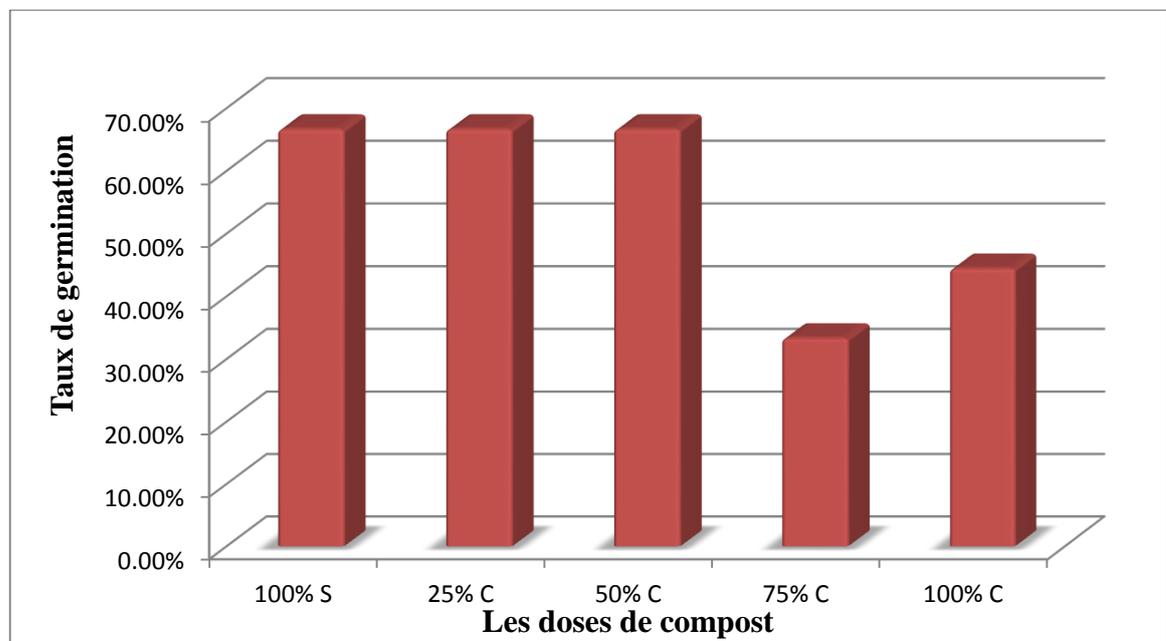


Figure III.6 : Taux de germination (%) des graines de blé sur des composts purs ou mélangés au sol (C : compost, S : sol)

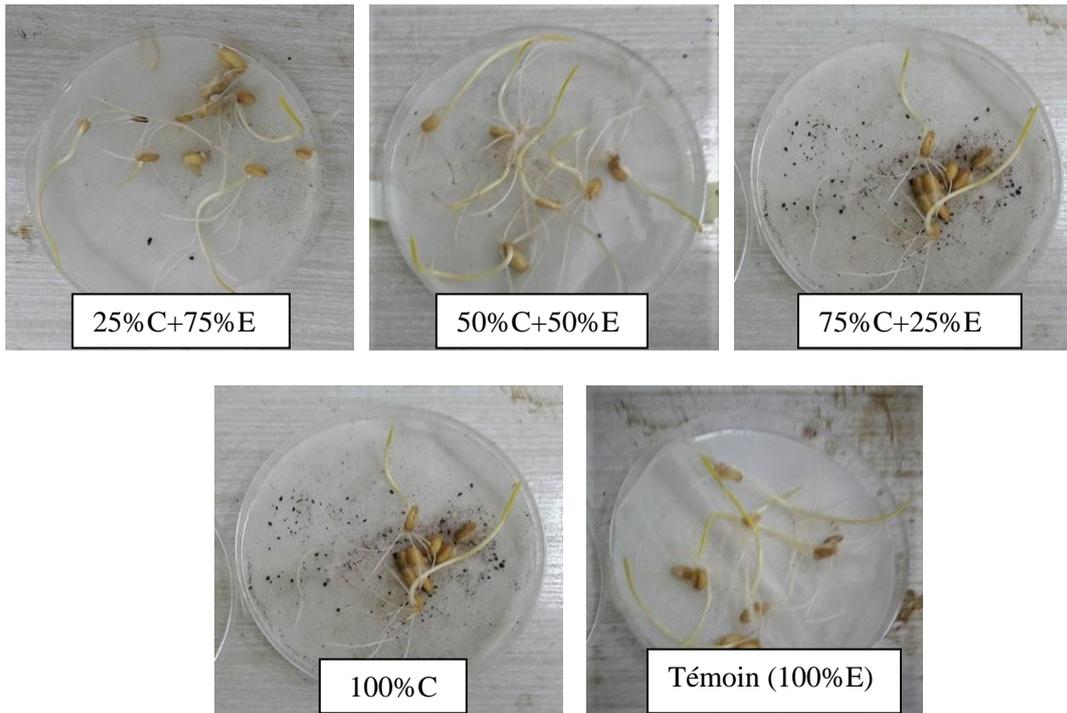


Figure III.7 : Graines de blé germées après 4 jours de la mise en marche du processus germinatif

Les taux de germination significativement plus élevés ont été obtenus avec l'apport de 50% et 25% et les plus faibles taux de germination ont été obtenus avec l'apport de 75%

VIII.2. Indice de germination (IG)

Au cours de notre expérimentation nous avons mené à la fin du compostage, un test de germination avec des graines de blé .Cet essai est mené pour tester la qualité du compost obtenu avec le marc de raisin.



Figure III.8 : Plantules de blé après deux jours de germination



Figure III.9 : Les plantes après quatre jours de germination

Ainsi, la figure III.12 montre que c'est un substrat viable et non phytotoxique. En effet le taux de germination (%) est supérieur à 50% pour les différentes doses.

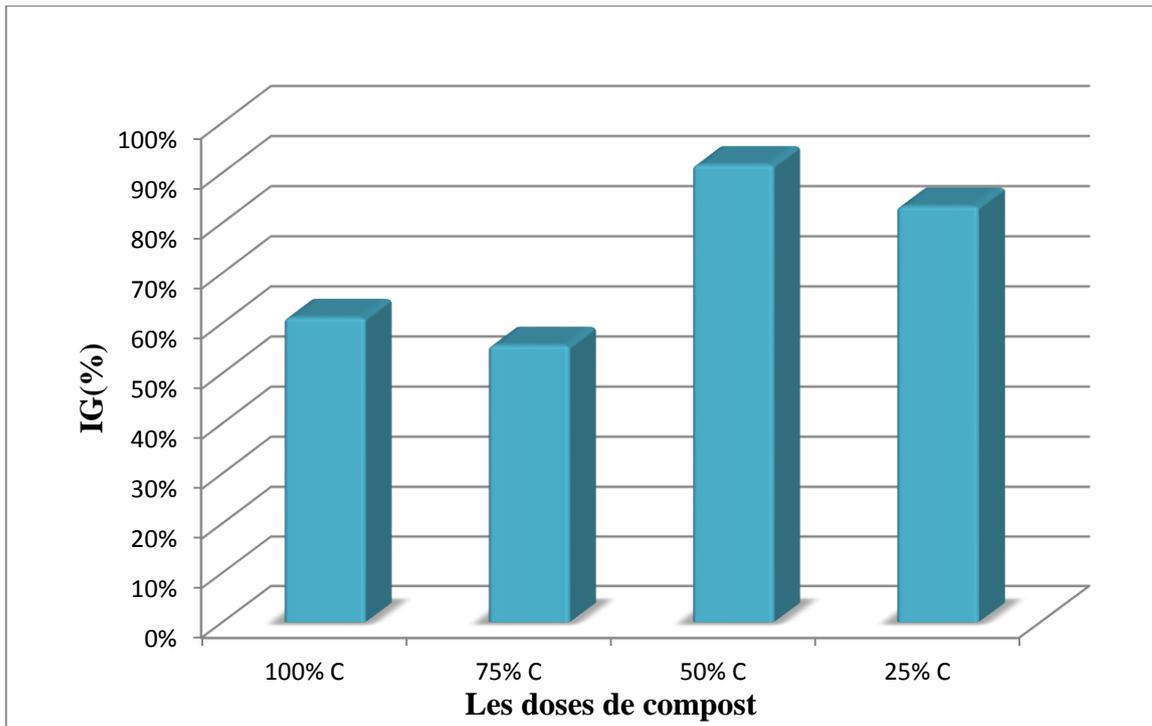


Figure III.10 : Taux d'indice de germination (%) des graines de blé sur les extraits de composts purs ou mélangé à l'eau distillée

Les méthodes d'évaluation de la maturité du compost sont nombreuses, parmi eux les tests de germination. Ces tests sont réalisés au laboratoire sur des végétaux divers et les doses de compost incorporées varient généralement de 0 à 100% [35]

La figure III.12 montre que le % de germination va de 50% à 100%. Ainsi, les IG les plus significatifs sont obtenus avec les doses 25% et 50% du compost

Cependant, plusieurs études montrent que la stabilisation des composts entraîne une diminution du risque de phytotoxicité [35] [36]. Ainsi, tous les mélanges que nous avons effectués, ne présentent pas de phytotoxicité pour les plantes, en effet le % de germination est supérieur à 50%.

CONCLUSION GENERALE

Au regard de la pénurie constante des matières premières énergétiques et alimentaires, la valorisation des sous-produits constitue une des premières étapes de l'engagement environnemental de la société et permet de majorer l'image des entreprises auprès des différents interlocuteurs (clients, fournisseurs, média...) de plus en plus exigeant en terme d'éthique et de respect de l'environnement. La valorisation des sous-produits s'inscrit aussi dans une démarche de développement durable.

Le compostage est un procédé prometteur de valorisation de déchets puisqu'il permet d'obtenir, à partir de déchets organiques, un produit stable, hygiénisé et pouvant être utilisé comme amendement agricole. Notre étude s'est focalisée sur la valorisation organique des sous-produits de vinifications « le marc de raisin »

Le compostage est le résultat de l'action de nombreux mécanismes chimiques et biologiques conduisant à des modifications de la composition et des structures chimiques qui permettent l'obtention d'une matière organique mature et stable.

La méthode « conventionnelles est tout d'abord confirmé l'existence des deux phases au sein du compostage : une première phase bio-oxydante suivie d'une phase de maturation.

A la lumière de l'ensemble des résultats, la maturation d'un compost semble clairement dirigée vers l'élaboration d'une matière organique humifiée. Cependant, l'obtention d'un produit utilisable en agriculture, sans danger pour la santé ou pour l'environnement, requiert de posséder des méthodes permettant sa caractérisation comme le calcul de l'indice de germination qui a permis de mettre en évidence que c'est un substrat viable et non phytotoxique avec un taux de germination (%) supérieur à 50% pour les différentes doses

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] COUPLAN. F, MARMY.F., 2009- Jardinez au naturel : jardin bio facile. Edition : Sang de la terre et groupe Eyrolles. 314 p.
- [2] SMEESTER. E., 1993- Le compostage domestique : comment transformer vos déchets organiques en mine d'or pour le jardin. Ed : Versicolores INC, bibliothèque nationale du Québec. 44p.
- [3] COUPLAN. F, MARMY.F., 2009- Jardinez au naturel : jardin bio facile. Edition : Sang de la terre et groupe Eyrolles. 314 p.
- [4] Amir, S., Hafidi, M., Lemee, L., Merlina, G., Guiresse, M., Pinelli, E., Revel, J. C., Bailly, J.R. & Ambles, A. 2006. Structural characterization of humic acids, extracted from sewage sludge during composting, by thermochemolysis-gas chromatography-mass spectrometry. *Process Biochemistry* 41, 410-422.
- [5] He, Y., Inamori, Y., Mizuochi, M., Kong, H., Iwami, N. & Sun, T. 2000. Measurements of N₂O and CH₄ from the aerated composting of food waste. *The Science of The Total Environment* 254, 65-74.
- [6] Finstein, M. S. & Morris, M. L. 1975. Microbiology of municipal solid waste composting. *Advances in Applied Microbiology* 19, 113-51.
- [7] Hsu, J.-H. & Lo, S.-L. 1999. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformations during composting of pig manure. *Environmental Pollution* 104, 189-196.
- [8] Mustin, M. 1987. *Le Compost, Gestion de la Matière Organique*, F. Dubusc eds, pp. 957, Paris.
- [9] Wong, J. W. C., Ma, K. K., Fang, K. M. & Cheung, C. 1999. Utilization of a manure compost for organic farming in Hong Kong. *Bioresource Technology* 67, 43-46.

- [10] Bresson, L. M., Koch, C., Le Bissonnais, Y., Barriuso, E. & Lecomte, V. 2001. Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. *Soil Science Society of America Journal* 65, 1804-1811.
- [11] Bolan, N. S., Adrianob, D. C., Natesana, R. & Koob, B.-J. 2003. Effects of Organic Amendments on the Reduction and Phytoavailability of Chromate in Mineral Soil. *Journal of Environmental Quality* 32, 120-128.
- [12] Guittonny-Larcheveque, M. 2004. Valorisation d'un compost de boues urbaines en garrigue pour le reboisement : Comportement des jeunes arbres d'une plantation et modifications de la dynamique de la végétation naturelle après amendement, Thèse de Doctorat, Université Paul Cezanne, 227p.
- [13] Serra-Wittling, C., Houot, S. & Alabouvette, C. 1996. Increased soil suppressiveness to *Fusarium* wilt of flax after addition of municipal solid waste compost. *Soil Biology and Biochemistry* 28, 1207-1214.
- [14] Crecchio, C., Curci, M., Pizzigallo, M. D. R., Ricciuti, P. & Ruggiero, P. 2004. Effects of municipal solid waste compost amendments on soil enzyme activities and bacterial genetic diversity. *Soil Biology and Biochemistry* 36, 1595-1605.
- [15] Pascual, J. A., Hernandez, T., Garcia, C. & Ayuso, M. 1998. Enzymatic activities in an arid soil amended with urban organic wastes: Laboratory experiment. *Bioresource Technology* 64, 131-138.
- [16] Erhart, E., Burian, K., Hartl, W. & Stich, K. 1999. Suppression of *Pythium ultimum* by biowaste composts in relation to compost microbial biomass, activity and content of phenolic compounds. *Journal of Phytopathology-Phytopathologische Zeitschrift* 147, 299-305.
- [17] Cotxarrera, L., Trillas-Gay, M. I., Steinberg, C. & Alabouvette, C. 2002. Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium* wilt of tomato. *Soil Biology and Biochemistry* 34, 467-476.

[18] Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J. L. & Hernandez, M. T. 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology & Biochemistry* 38, 1413-1421.

[19] HUMEAU.PH, LE CLOIREC. P., 2010- Emissions gazeuses et traitement de l'air en compostage. Edition. Techniques Ingénieur.

[20] Crespo, J.G., Brazinha, C. (2010). Membrane processing: Natural antioxidants from winemaking by-products. *Filtration & Separation*, 47, 32-35.

[21] Ruggieri, L., Cadena, E., Martínez-Blanco, J., Gasol, C.M., Rieradevall, J., Gabarrell, X., Gea, T., Sort, X., Sánchez, A. (2008). Recovery of organic wastes in the Spanish wine industry. Technical, economic and environmental analyses of the composting process. *Journal of Cleaner Production*, 17, 830-838.

[22] M'SADAK Y., ELOUAER M., EL KAMEL R., 2013- Evaluation du comportement chimique des composts sylvicoles, des tamisats et des mélanges pour la conception des substrats de culture. *Revue « Nature & Technologie »*. C- Sciences de l'Environnement, n 08. Pages 54 à 60.

[23] Zucconi F., Pera A., Forte M and De Bertoldi M., (1981). « Evaluating toxicity of immature compost ». *Biocycle* 22: 54-57.

[24] : LARWENCE, A. ; HAMMOUDA, F. ; SALAH, A., 1984. Valeur alimentaire des marcs de raisin. III-Role des tanins condensés dans la faible valeur nutritive des marcs de raisin chez le mouton : effet d'une addition de polyéthylène glycol 4000. *Ann. Zootech.*, 33 :533-543.

[25] DALZELL H.W., A.J. BIDDELLESTONE, K.R. GRAY et K. THURAIRAJAN (1988). Soil management: compost production and use in tropical and subtropical environments. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), *Soils Bulletin*, 56, 186 p.

[26] ITAB (2001). Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001p 105-106.

[27] SOUDI B. (2001). Compostage des déchets ménagers et valorisation du compost - cas de petites et moyennes communes au Maroc. Revue H.T.E., 121, 32-56.

[28] FITZPATRICK G.E., P.J. STOFFELLA et B.A. KAHN (2001). Compost utilization in ornamental and nursery crop production systems. Dans : Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. P.J. STOFFELLA et A.K. BRIAN (Éditeurs), Lewis Publishers, New York, États-Unis, Chap. 6, pp.135-150.

[29] RIGANE H. (2014). Valorisation des rejets organiques par le processus de compostage pour l'amendement des sols : intérêts agronomique et environnemental. Dans : Valorisation des déchets par compostage - Synthèse des travaux réalisés. Univ. Sfax, Unité de recherche : Environnement côtier et urbain, Tunisie, pp. 12-57.

[30] ATTRASSI. B, KRIMOU.D et MRABET. L., 2007- Etude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers, Revue de Microbiologie Industrielle Sanitaire et Environnementale. N°1, p : 23-30.

[31] ADEDIRAN J. A., TAIWO L. B., SOBULO R. A. 2003- Effect of Organic Wastes and Method of Composting on Compost Maturity, Nutrient Composition of Compost and Yields of Two Vegetable Crops. Journal of Sustainable Agriculture, Vol. 22(4).

[32] SGHAIROUN M, FERCHICHI A., 2011- Composting Heap Palm Tree's Products in Southern Tunisia. Journal of Environmental Science and Engineering, 5 :886-889.

[33] AMIR. S., 2005- Contribution a la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse. 341p.

[34] ZNAÏDI I., 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. Master of science degree mediterranien organic agriculture.

[35] FRANCO. 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 de l'institut national agronomique PARISGRIGNON, Ecole Doctorale ABIES.

[36] ZNAÏDI. I., 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. Master of science degree mediterranien organic agriculture. Mediterranien Agronomic Institute Of Bari, Italy. 104p.

CHAPITRE I :
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE II :
MATERIELS ET
METHODES

CHAPITRE III :
RESULTATS ET
DISCUSSIONS