



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة

Université Saad Dahleb Blida

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de master en science agronomique

*Département : Biotechnologie Spécialité : Biotechnologie des plantes
aromatique et médicinales et produits naturels*

Thème

**Évaluation de l'effet d'un compost à base de plantes
sur le développement de plans de Souci des jardins :
Calendula officinalis**

Présenté par : **Brahmia Nihel** et **Bachir chérif Meriem**

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

	Nom	Grade
Président	GHANAI. R	MAA
Promoteur	Dr. BELGUENDOZ. R	MCB
Examineur	Dr. OUTTAR. F	MCB

Promotion 2015/2016

Introduction

L'agriculture biologique, préserve et améliore le milieu naturel, elle contribue à la souveraineté alimentaire et aide à faire face au changement climatique, elle respecte la vie en utilisant des semences paysanne, une fertilisation organique et une optimisation d'usage d'eau. Cette méthode repose en premier sur une voie naturelle de valorisation comportant de nombreux avantages qui est le compostage riches en matière organique, azote, phosphore et oligo-éléments et, issu de déchets verts, constitués de résidus issus de l'entretien des espaces verts, des zones récréatives, des jardins privés, des serres ou des terrains de sports et la taille des arbres, tous sont une source importante de déchets organiques collectés par les municipalités et les producteurs.

Les problèmes de traitement et en général de gestion des déchets municipaux en Algérie et dans les pays en développement demeurent cruciaux à cause des stratégies, moyens, techniques faibles, l'évolution démographique et l'urbanisation forcée et la quantité de déchets urbains produits qui ne cesse de croître. Les déchets enfouis ou évacués en périphérie des villes dans des décharges plus ou moins contrôlées perdent alors un potentiel de valorisation important en termes de recyclage de matériaux et de production d'un amendement organique par compostage.

Ce procédé biologique aérobie de dégradation de la matière organique, fortement développé depuis quelques années dans certains pays, permet d'obtenir un amendement constitué d'une matière organique stable et humifiée renfermant des nutriments. Ce procédé de valorisation est l'une des biotechnologies les plus complexes qu'il soit quant à la compréhension des phénomènes impliquées, en raison des changements d'états physiques et biologiques innombrables durant le processus.

L'incorporation de compost au sol s'avère efficace pour lutter contre la dégradation de la surface du sol (Bresson et al., 2001), améliorer sa porosité et sa structure (Pagliai et al., 2004), permettent également une diminution de l'apport des engrais minéraux lixiviables, améliorent durablement et efficacement la fertilité du sol (Guittonny-Larchevêque, 2004), favorisent les processus de reforestation en améliorant la nutrition et la croissance des plantes et, surtout augmentent leur

potentiel de survie en période de sécheresse et accroissent le pouvoir tampon et la capacité d'échange des sols, deux paramètres conditionnant la nutrition minérale des plantes (Mustin, 1987).

Ce présent travail, entrepris pour la première fois dans notre laboratoire, est effectué en collaboration avec l'Etablissement de Développement des Espaces Verts à Alger. Il avait pour premier objectif de Valoriser les déchets organiques issus de quelques plantes médicinales et aromatiques locales choisies par nous-même et de mettre au point une méthodologie de suivi des mécanismes de transformations chimiques et biologique menant à la stabilisation de la matière organique durant le compostage pour produire un compost biologique à usage agricole à haute valeur nutritive. Un second objectif était d'appliquer ce compost dans la production d'une plante saine à intérêt aromatique et médicinal «*Calandula officinali*».

Pour parvenir à l'élaboration de cette méthodologie nous avons commencé par une synthèse bibliographique généraliste sur le compostage qui comporte la définition du procédé, des déchets, le processus de compostage, la présentation des plantes utilisées dans le compostage et celle utilisé dans l'essai de culture. Ensuite, et en premier lieu, la présentation des protocoles d'échantillonnage et de compostage, les analyses physico-chimiques de caractérisation des composts etenfin, les méthodes d'analyses statistiques utilisées. Enfin, la présentation des résultats obtenus des analyses physico-chimiques impliqués du compostage des déchets verts et ceux de la plante test.

1. Généralité sur le compost

1.1. Origine et historique du compost

Le mot compost a une origine latine il signifie: mêlé, composé, mis ensemble, c'est un mélange de composants, le verbe composter n'est apparu qu'au *XIV^e siècle*.

Le compostage remonte au néolithique, à la découverte de l'agriculture et de l'élevage, on ne tarda pas à constater qu'après un certain temps un tas de végétaux organique devenait comme de la terre, nous avons les premières traces de recyclage de matière organique proche de Jérusalem, au Proche-Orient et en Chine. Ces pays deviennent des experts en art de la transformation de la matière organique, ils utilisaient aussi les excréments humains devenus fertiles par fermentation méthanique ou par le compostage. Les templiers, du *XIII^e siècle* maîtrisaient parfaitement le compostage des déchets forestiers, mais les compétences orientales furent optimisées par l'agronome anglais Albert Howard qui travailla en Inde de 1905 à 1931, son travail servit de base à la méthode actuelle (www.wikipedia.fr) (Michel Mustin et al.1987).

1.2. Définition :

Pour Gotschall et al. (1991), le compostage est la culture de la faune et de la flore naturelle du sol activée par aération du tas. Pour Michel Mustin et al. (1987), le compostage peut être défini comme un procédé biologique contrôlé de conversion et de valorisation des substrats organiques (sous-produits de la biomasse, déchets organiques d'origine biologique) en produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humiques. Tant dis que Gobat et al. (1998), considèrent le compostage comme un procédé de traitement intensif des déchets organiques qui met en œuvre, des processus biologiques aérobies de dégradation et de stabilisation des matières organiques complexes.

2. Objectifs du compostage

Le compostage est un traitement biologique des déchets organiques permettant de poursuivre les objectifs suivants:

- La stabilisation du déchet pour réduire les pollutions ou nuisances associées à son évolution biologique, dues principalement à la présence de matières organiques Biodégradables, on parle de stabilisation biologique ou bio stabilisation de la matière organique, accompagnée d'une hyginisation. Spencer (1991).

- Réduction du gisement par diminution de la masse des déchets. Collins, (1991).
- Production d'un amendement organique des sols agricoles. Tyler,(1992).

3. Avantages du compost

Le compost a un effet sur :

- L'amélioration de la productivité du sol. Conrard, (1994).
- L'amélioration des propriétés physiques, chimiques, biologiques et texturales, du sol et l'augmentation du rendement (Séréme et Mey, 2007).
- La croissance des végétaux et des racines : apporte aux cultures matières organiques et en oligo-éléments.
- La lutte contre l'érosion des sols
- La capacité de rétention d'eau et sur la porosité du sol : la quantité d'eau disponible pour le végétal croît de 0,5% et la porosité du sol de 1% (Charnay, 2005), il augmente la capacité de rétention en eau et modifie le pH.
- Les propriétés physiques du sol : augmentent la teneur de la matière organique du sol, (Crecchio et al. 2004; Garcia et al., 2004; Montemurro et al., 2006; Walter et al., 2006), aussi il augmente la stabilité des agrégats du sol en améliorant ainsi la structure du sol (Hernando et al., 1989 ; Annabi et al.2007).
- La photosynthèse: en augmentant le CO₂ dans la première couche d'air au-dessus du sol (Epstein et al.,1976).

4. Inconvénient du compostage

- Tous les composts ne possèdent pas le potentiel de protection des plantes contre les maladies (Fuchs et Larbi, 2004 et Hoitink et al., 1997),
- Absence d'azote minéral.
- Peu d'effets directs de l'azote ou faible.
- Minéralisation de l'azote variable en fonction des conditions pédoclimatiques.

- Nécessite un produit de départ adapté et équilibré (suffisamment pailleux et humide avec un taux de MS < 50%)
 - Emanation d'odeur d'œuf pourris s'il n'y a pas d'équilibre (excès d'humidité et manque d'oxygène). (Fowler, 1994).
 - Nécessite du matériel pour les différentes étapes de fabrication et l'épandage.
 - Epandage rapide après fabrication ou couverture du tas après refroidissement.
 - Peut engendrer des problèmes de pollution s'il contient de grandes teneurs en éléments trace métalliques (ETM), des éléments indésirables et des micro-organismes pathogènes (Compaoré et al., 2010).

Exemple de dysfonctionnement du compostage industriel en Algérie : usine de compostage de Béni Mered à Blida (El Watan, 2013). Les objectifs n'ont pas été atteints pour répondre aux exigences de l'agriculture locale. La quantité de compost produite était de l'ordre de 7500 t/an, les objectifs n'ont pas été atteints pour répondre aux exigences de l'agriculture locale, selon une étude réalisée par GAPCO en février 2002 dans le cadre d'une mission GTZ, le compost de Béni Mered ne répond pas aux exigences d'un compost valorisable en agriculture. La station a connu plusieurs arrêts de fonctionnement et elle n'est plus fonctionnelle depuis 2004 pour les raisons suivantes:

- non disponibilité des pièces de rechange du matériel motorisé.
- coût élevé des travaux de rénovation
- mauvaise maintenance des équipements par un personnel peu qualifié
- non maîtrise des frais d'exploitation de plus en plus élevés
- type d'ordures ménagères réceptionnées non triées
- qualité du compost produit et non contrôlée par un laboratoire
- inexistence de stratégie en matière de revalorisation des déchets organiques
- substances indésirables qui peuvent contaminer les sols
- odeurs nauséabondes dues à une mauvaise maîtrise du procédé de compostage

5. Différents procédés de compostage selon les déchets composables

Il existe plusieurs systèmes de compostage. Chacun présente ses avantages et ses inconvénients. Le procédé est choisi selon la surface, le type de déchets et le volume produit.

5.1. Compostage en tas

Comme son nom l'indique, cette méthode de compostage consiste à mettre en tas les déchets au fond du jardin, elle permet de composter de grandes quantités et facilite leur manipulation. En revanche, les déchets à l'air libre peuvent attirer les animaux et ce n'est pas très esthétique. Le compostage en tas convient en général, aux grands jardins où le voisinage est éloigné. (Mustin,1987 et Gillet,1985).

5.2. Compostage en andains

C'est le compostage lent; disposés sur une plate-forme à l'air libre, consiste à placer un mélange de matières premières dans de longs tas étroits appelés andains qui sont remués ou tournés de façon régulière. Les andains sont aérés essentiellement par un mouvement passif ou naturel de l'air. (Ngnikam et al, 2002).

5.3 Compostage sous aération forcée

Se traduisant par une dégradation plus rapide des déchets, c'est le compostage accéléré, qui permet un meilleur contrôle des processus et une moindre consommation d'espace. (Ngnikam et al, 2002).

5.4. Compostage en bac

Les déchets sont ici stockés dans un bac en bois ou en plastique, de taille et de forme variables. Cette technique convient aux petits jardins et aux déchets essentiellement alimentaires. Elle évite les nuisances et permet un compostage plus rapide, mais les manipulations sont malaisées. Le compostage en bac requiert aussi davantage de temps. (Rajaomanana,1996 ; Wass et al.,1996 ; et Gillet ,1985).

5.5. Compostage en silo auto-construit

Les silos peuvent être en bois ou en parpaings. Ils permettent de composter des quantités assez importantes et les manipulations s'y effectuent aisément. Cette technique convient à tous les types de jardins. Seul bémol : le compostage en silo auto-construit demande d'être un peu bricoleur. (Zurbrugg,2003 b).

5.6. Compostage de surface

Cette technique consiste à répandre sur le sol certains déchets de jardin broyés. Elle est réservée aux déchets verts et doit être appliquée avec précaution car certaines plantes, trop fragiles, risquent d'en souffrir. (Colardeau,1976).

5.7. Lombricompostage

Il s'agit d'une technique de compostage avec des lombrics, adapté aux petites surfaces idéal quand on n'a pas de jardin. Il fonctionne toute l'année mais n'aiment pas les températures excessives: il faut le bien disposer à l'abri, ou à l'intérieur (garage, cuisine, palier...). (Zurbrugg, 2003 b).

6. Processus du compostage

Le procédé comporte deux étapes principales, la première se caractérise par l'activité microbienne menant à la décomposition des matières biodégradables et à la stabilité du résidu organique, la deuxième étape se caractérise par la conversion d'une partie de la matière organique restante en substances humique. (Adani et al., 1995).

D'une manière détaillée, Kaiser (1983), décrit le processus de compostage en quatre étapes. Les trois premières correspondent à la fermentation, et la dernière correspond à la maturation, les phases du procédé de compostage sont :

6.1. Phase mésophile

Pendant cette phase, la température augmente progressivement à partir de la température ambiante, et le pH diminue à cause des acides organiques produits par la dégradation des glucides et des lipides par les micro-organismes (Kaiser, 1983, Mustin, 1987 ; Riachi, 1998 ; Tuomela et al., 2000). La température moyenne de cette phase est comprise entre 30 et 40°C, les microorganismes dégradent les composés simples: sucres, protéines, hémicellulose en gaz et produits minéraux (CO₂, H₂O, NO₃), à partir de 40°C, les micro-organismes mésophiles sont progressivement remplacés par des micro-organismes thermophiles: bactéries, champignons et actinomycètes, sachant que la production de la chaleur est supérieure à la perte de cette dernière.

6.2. Phase thermophile

Les champignons thermophiles poursuivent le processus et le pH remonte car les microorganismes utilisent les acides organiques (Albrecht, 2007), au-dessus de 60°C, la dégradation de la matière organique ne s'effectue plus que grâce aux bactéries et aux actinomycètes thermophiles. Pendant cette phase, l'azote minéralisé (NH₄⁺) peut être

volatilisé en fonction du pH en forme ammoniacale (NH_3) (Mustin, 1987; Riachi, 1998). Une part importante de la matière organique est perdue sous forme de CO_2 (environ 50%) et l'assèchement du compost est lié à l'évaporation de l'eau. L'humidification par arrosage et l'aération par retournement sont très importants pendant cette phase. La production de chaleur est équivalente à la perte de chaleur.

6.3. Phase de refroidissement

On remarque une diminution de la quantité de matières organiques facilement dégradables ce qui provoque un ralentissement de l'activité microbienne, ceci favorise un refroidissement du compost, cette phase peut être très progressive ou au contraire très rapide en fonction de la nature du substrat, des conditions climatiques ou de la taille du tas de compost, les micro-organismes mésophiles colonisent à nouveau le compost et la production de chaleur est inférieure à la perte de chaleur (Francou, 2003).

6.4. Phase de maturation

Des auteurs (Mustin, 1987 ; Chevalier, 1990 ; Leclerc, 2001) décrivent la phase de maturation comme une phase de stabilisation pendant laquelle, le taux de décomposition décroît et la température chute.

C'est la phase la plus longue, il y a des réactions secondaires de condensation et de polymérisation qui conduisent à la formation d'humus avec les acides humiques particulièrement résistants à la dégradation. Le compost atteint la maturité quand sa température devient stable, quand il ne prend pas d'azote au sol lorsqu'on l'incorpore à ce dernier, une partie de l'azote protéique devient résistante à la dégradation microbienne en s'incorporant aux acides humiques (Yulipriyanto, 2001).

7. Paramètres de compostage

Les propriétés du compost varient tout le long de l'état d'avancement du processus, voici quelques paramètres expliquant cette évolution:

7.1 Micro-organismes

Albrecht (2007), considère que pendant la phase mésophile les micro-organismes sont responsables de la dégradation des composés facilement biodégradables (glucides,

protides et lipides) par contre, les champignons et les actinomycètes attaquent les polymères difficilement biodégradables (celluloses, lignines) pendant la phase de ralentissement de l'activité microbienne (Mustin, 1987).

Tableau 1: Micro-organismes contribuant au compostage (Mustin, 1987).

Type d'organisme vivant	Nombre par kilogramme de compost
Bactérie	De 1 milliard à 10 milliards
Actinomycètes	De 1 million à 100 millions
champignons	De 10.000 à 1 million
Algues	10 millions
Protozoaires	Jusqu'à 5 milliards
Virus	Indéterminés
Acariens	10.000
Lombrics	Jusqu'à 1000
Crustacés (cloportes)	Jusqu'à 1.000
Gastéropodes (escargots, limaces)	20

7.2. Paramètres physico-chimiques

L'activité microbienne est influée par les paramètres de conduite du procédé et d'autres paramètres liés aux déchets

7.2.1. Température, T (°c)

Les recherches (Klamer et Baath, 1998, Hassen et al., 2001) ont démontré qu'une température située entre 40 et 70°C pendant les deux premières phases du compostage réduit la quasi-totalité des pathogènes (USEPA,1993). Cependant, la température du compostage doit atteindre un niveau qui assure la réduction des pathogènes, généralement, c'est 55°C maintenus pendant 4 jours. Un contrôle précis de la température est nécessaire pour éliminer les pathogènes, tout en gardant la communauté microbienne du compostage en bonne condition. La température optimale du compostage, sera celle qui permet une :

- Hygiénisation, une dégradation rapide, une évaporation de l'eau, et une humification du compost, $T > 60^{\circ}\text{C}$
- Une vitesse de dégradation rapide, $T > 40^{\circ}\text{C}$ une humification active en évitant les trop fortes températures qui aboutissent à la réduction des micro-organismes et à la cuisson du compost.

7.2.2. Taux d'humidité

Selon la nature des déchets à composter l'humidité idéale est généralement comprise entre 50 et 60 % (Barrigton et al., 2002 ; Mustin 87). Les conditions d'anaérobiose localisées commencent à se produire au-delà de 65-70 %, le taux maximal d'humidité pour un substrat donné est déterminé par le taux maximal d'espaces lacunaires qui n'entraînent pas d'inhibition des micro-organismes. L'espace lacunaire sera d'autant plus élevé que la teneur en matériaux structurants (ligno-cellulosiques) sera élevée (Mustin, 1987).

Pendant le processus du compostage, la teneur en eau peut augmenter à cause des réactions chimiques d'oxydation et de combustion, ou diminuer simultanément par évaporation à cause de l'augmentation de la température. Les travaux de Kuala et Aldine (2004), ont montré que le développement microbien est réduit par une teneur en eau trop faible, des arrosages sont nécessaires pour compenser cette perte d'eau, et qu'une saturation des espaces interstitiels provoque un étouffement des micro-organismes par des teneurs en eau élevées.

7.2.3. Apport en oxygène

La ré-oxygénation du compost est importante pour maintenir une activité microbienne suffisante, le seuil minimal pour maintenir des conditions aérobies est d'environ 5% d'oxygène.

Les micro-organismes responsables de l'oxydation de la matière organique utilisent l'oxygène présent dans la phase gazeuse des pores et y libèrent leurs produits de respiration (Tremier et al., 2005).

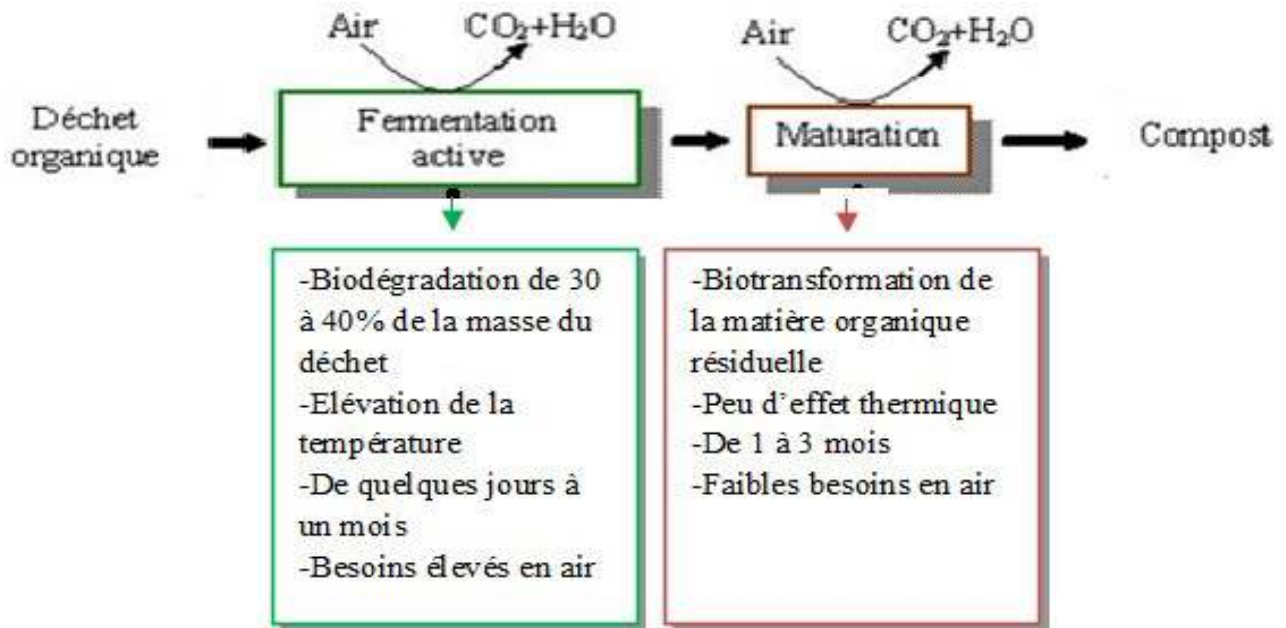


Figure 1: Besoins des microorganismes en oxygène pendant les étapes du compostage

7.2.4 Nature du substrat

Les matériaux initiaux ont une grande importance sur le bon déroulement du compostage. Lors d'un compostage, les micro-organismes ont besoin d'oxygène et de nourriture pour le bon déroulement de la dégradation.

Les matériaux de départ servent de support et de nourriture aux microorganismes. C'est pourquoi, il doit y avoir des matériaux structurants pour accroître la porosité du compost (déchets verts, paille etc....) et d'autres sources de carbone qui contribuent à la nourriture des micro-organismes (sciure, déjection animale, etc....).

- **Structure du substrat**

Si les tas ne nécessitent pas une aération par retournement, la taille des matériaux initiaux doit être importante (Rynk, 1992) et leur quantité et structure doivent être adaptées de façon à avoir une bonne aération des tas (Yulipriyanto, 2001).

- **Rapport C/N**

Le rapport C/N de la partie fermentescible caractérise la valeur nutritive des micro-organismes (azote, phosphore, potassium et oligo-éléments), parce qu'ils exigent du

carbone comme une source d'énergie (Larsen and McCartney, 2000). Si le rapport est au-dessous de 25, l'azote est, en grande partie, perdu sous forme d'ammoniac par voie de volatilisation et s'il est trop élevé la dégradation est longue (Soudi,2001).

Si le rapport C/N est faible, on ajoute des matières riches en carbone si ce rapport est fort, on ajoute des matières riches en azote et certaines boues résiduaires, ce rapport permet de réduire la masse de la matière organique initiale de 35 à 50 % (Aboulam, 2005).

7.2.5. Durée

Pour un compostage en tas avec des fréquences de retournement régulières, la durée de compostage peut être de l'ordre de 6 à 9 semaines de fermentation suivies par 12 à 15 semaines de maturation (Yulipriyanto,2001).

7.2.6. Pertes en matières pendant le compostage

La disparition de la matière organique par l'activité des bactéries aérobies conduit à une perte de matières sèches dans le compost.

En Guinée, le suivi de l'évolution des principaux paramètres d'un compost en fonction de la durée du compostage des déchets ménagers montrent une perte de 1/3 de la matière organique, la diminution du volume de l'andain et l'augmentation des substrats < 10 mm (Matejka et al., 2001).

7.2.7. Acidité et pH

Selon, Sundberg et al., (2004), le pH du compost varie entre 5,5 et 8,0. Au départ du compostage le pH est légèrement acide, en raison de la formation d'acides organiques pendant la décomposition de substrats organiques et de la volatilisation de l'ammoniac initial. Ensuite, la disparition des matériaux organiques facilement dégradables et la minéralisation conduisent à une augmentation du pH (Mckinley et Vestal, 1985). Cette courbe explique les changements du pH lors du processus du compostage.

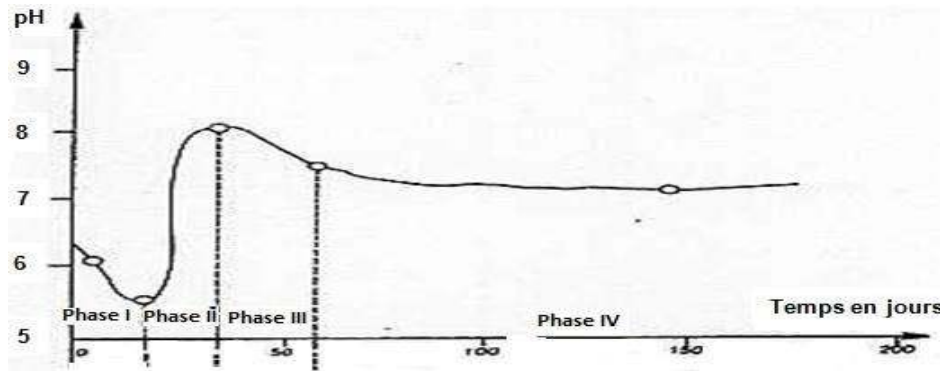


Figure2: Variation du pH au cours du compostage (McKinley et Vestal, 1985).

8. La valorisation des déchets verts un marches très promoteur

D'après Guaraldo (1987) cité par [Rajaomanana (1996)], on regroupe sous le terme générique «déchets verts » les résidus d'entretien des espaces verts ces résidus végétaux sont très divers de nature ligneuse et/ou cellulosique et plus ou moins riches en azote, appelés couramment résidus verts.

Le tableau si dessous explique quelques types d'espaces verts engendrant quelques types de résidus verts:

Tableau 2: Typologie des déchets végétaux (Matejka et al., 2001).

Types d'activités urbaines			Matières et types de déchets vendus	
Espaces verts et publics, des zones d'habitat	Parcs de loisir, de chemin et de rivière	Espaces urbains désertés ou négligés		
<ul style="list-style-type: none"> Arbres isolés 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres d'alignement Haies homogènes 		Branches	<ul style="list-style-type: none"> Branchage et tronçons d'élagage
<ul style="list-style-type: none"> Citrus-acrobates 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres d'alignement Haies hétérogènes 	<ul style="list-style-type: none"> Landes temporaires ou éphémères 	Lignes-matériaux	<ul style="list-style-type: none"> Talles d'arbres éphémères Talles de haies hétérogènes
<ul style="list-style-type: none"> Plantes en pot Plantes en pot Arbres isolés Arbres isolés 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres et arbustes isolés 	<ul style="list-style-type: none"> Sécheresses éphémères Talles de sport 	Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> Branches et tronçons d'élagage Branches et tronçons d'élagage Branches et tronçons d'élagage

Les marchés les plus porteurs s'appuient sur des amendements fabriqués à base de résidus des grandes cultures et le maraichage dont les sols, souvent surexploités, sont en général assez pauvres en matière organique, ils deviennent assez sensibles au tassement et subissent une perte de fertilité. Les filières les plus rémunératrices correspondent à un marché très étroit et à un amendement élaboré dont la fabrication nécessite plusieurs opérations mécaniques (criblage, ensachage...). Celles-ci occasionnent des charges d'exploitation et de commercialisation supplémentaires, rarement couvertes en totalité par le prix de vente du terreau.

En conséquence, il est primordial de privilégier les débouchés de proximité pour un compost brut ou peu affiné et favoriser une reprise en vrac par les services municipaux, les paysagistes et les particuliers. Cette démarche responsabilise par ailleurs les usagers en leur montrant l'intérêt du tri à la source des matières organiques recyclables en humus [Ngnikam, 2006].

Le tableau ci-dessous évalue les paramètres d'un compost fabriqué à base de déchets verts et explique la possibilité de ces débouchés:

Tableau 3: Les débouchés du compost de déchets verts [Ngnikam, 2006].

Usages	Grande culture		Idem culture	Jardin et potagers
	Apport azoté	Apport phosphoré		
Composition	Frais séchés			Traité chimiquement
Granularité	Grossière et hétérogène		moyenne	Fine et homogène
Ratio C/N	Élevé (produit non mûre)		Faible (utilisation d'un produit mûre pour limiter les risques de phytotoxicité)	
Durée en t/ha	20 à 30 t/ha les 3 à 5 ans en fonction de l'assolement.		30 à 40 t/ha les 5 ans	10 à 20 t/ha les 2 ans (sauf en légumière)
Buts recherchés	Restoration des propriétés mécaniques des sols. Amélioration de l'activité biologique.		Amélioration de la capacité de rétention en eau. Meilleure régulation du stockage et de la fourniture des éléments nutritifs.	
	Fourniture d'éléments nutritifs			
Accessibilité des marchés	←←← Marchés peu occupés et particulièrement laborieusement occupés dans le cas de matières organiques très peu de certains sols.		→→ Marchés occupés et partiellement occupés par des fumiers agricoles	→→ Dépend de la volonté politique pour un produit rendu en valeur.

1. Aperçu historique sur l'utilisation des plantes aromatiques et médicinales

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales «P.A.M.» est associée à l'évolution des civilisations. Elles n'étaient pas seulement utilisées pour des fins de nourriture, l'homme a découvert, il y a 3 millions d'années, par une suite d'échecs et de réussites, l'utilisation des plantes pour son bien-être, en médecine et en parfumerie. À partir du néolithique et avec l'apparition de l'agriculture et la sédentarisation, les hommes deviennent capables de poser un diagnostic, de retrouver la plante qui soigne et qui guérit le malade. La Chine, berceau de la phytothérapie, l'Inde, le Moyen Orient, notamment au cours de l'ère arabo-musulmane, l'Égypte, la Grèce, les romains, constituent des civilisations phares pendant lesquelles les plantes aromatiques et médicinales ont connues la première place. Les médicaments étaient d'origine végétale et étaient répartis dans chaque catégorie en herbes, arbres, fruits, graines et légumes, plus tard. De nos jours l'utilisation des plantes aromatiques et médicinales s'élargie de jours en jours, on les utilise pour leurs propriétés particulières bénéfiques pour la santé de tous les vivants, notamment pour l'environnement. (Dunstan Y. Khatteli H., Gammoudi T., 2013)

2. Généralité sur les P.A.M

Les plantes aromatiques et médicinales contiennent suffisamment de molécules aromatiques qui possèdent des propriétés odorantes avec plusieurs organes producteurs comme les feuilles, les fleurs, les fruits, les graines, l'écorce, les racines ect...les plantes médicinales quant à elles ont en général un ou plusieurs principes actifs qui leur permettent de prévenir ou de soigner certaines maladies. L'usage de ces plantes reste le domaine des spécialistes et il ne faut pas oublier que, si la plupart d'entre elles nous guérissent, d'autres sont toxiques et dangereuses, en cas de doute, un avis médical est recommandé (Sanago, 2006).

3. Principes actifs contenus

Le principe actif est une molécule contenu dans une drogue végétale ou dans une préparation à base de drogue végétale et utilisé pour la fabrication des médicaments (Pelt, 1980). Cette molécule présentant un intérêt thérapeutique curatif ou préventif pour l'homme ou l'animale, elle est issue de plantes fraîches ou desséchées, provenant des racines, écorces, sommités fleuries, feuilles, fleurs, fruits, ou encore des graines. Il existe différents groupes de principes actifs dont les poly phénols acides, les phénoliques, les flavonoïdes, les tanins et les alcaloïdes.

4. Les utilisations

Les grands types d'usages des plantes aromatiques et médicinales utiles à l'homme peuvent être classé selon l'usage comme suit:

Plantes pour tisanes boissons hygiéniques et d'agrément

Plantes à parfum

Plantes à usages aromatiques et condimentaires

Plantes à usages cosmétiques: dont les plantes astringentes, cicatrisantes adoucissantes, les plantes à usages pigmentaires et celles à usages capillaires ect...

Plantes à usages alimentaires: dont les plantes à boissons, a protéines, à glucides et vitamines et les plantes oléagineuses

Plantes à usages industriels: dont les plantes tinctoriales, les plantes à fibres textiles et les plantes à insecticides ect...

D'après (Iserin et al., 2001) ; l'exploration du monde végétal, est encore capitale à l'heure actuelle, elle est réalisée par: l'étude chimio taxonomique, l'étude ethnopharmacologique et l'étude pharmacologique

5. Aspects Environnementaux

Sous l'influence des facteurs climatiques, socioculturels et économiques, certaines

P.A.M spontanées deviennent de plus en plus rares, il est nécessaire d'encourager la protection des ressources phylogénétiques qui va dans le même sens des bonnes exploitations et des bonnes valorisations de ces plantes, le développement de la production des P.A.M en intensif contribue à satisfaire la demande et préserver la nature. La sécheresse prolongée de ces dernières années a affecté les nappes naturelles des plantes aromatiques et médicinales obligeant les autorités à limiter les zones d'exploitation (Benghanou, 2012).

6. Aspects économiques

Si on considère les opportunités et la rentabilité économique, on peut classer les PAM selon leur contribution à l'économie nationale, régionale et locale ; si les plantes aromatiques et médicinales seront valorisé ils contribueront à l'amélioration des indicateurs macro-économiques, particulièrement, à l'amélioration de l'équilibre de la balance commerciale, publié dans (le Monde.fr 2011 par Laetitia Van Eeckhout.)

6.1 Les P.A.M en Algérie

L'Algérie importe presque la totalité de ses besoins en plantes aromatiques et médicinales, les importations des huiles essentielles notamment celles du citron et de l'orange proviennent des pays méditerranéens comme la France, l'Italie, ou l'Espagne alors que l'inde, la chine et le Pakistan sont les principaux fournisseurs d'épices du marché Algérien pourtant ; on peut trouver et produire ces plantes en Algérie, ces même plantes souvent marginalisées par les politiques agricoles adoptées par le pays au profit

Des grandes cultures comme les céréales, publiées dans (El Watan, 2014, par Mohammed Abdelli.)

6.2 Au Maghreb

Le Maroc est déjà passé à l'échelle de l'exportation de certains extraits de plantes aromatiques et médicinales vers l'Europe. Dans d'autres pays du Maghreb, comme la Tunisie les plantes aromatiques et médicinales sont une source de revenus, néanmoins, elles font face à de nombreux défis tels que la dégradation des terres, la déforestation et la pollution. (Anonyme, 2013).

6.3 Dans le monde

Les produits finis à base de plantes médicinales et aromatiques sont de plus en plus prescrits, le marché mondial des traitements phytosanitaire, alimentaire, cosmétique ou pharmaceutique basé sur les plantes devrait selon toutes vraisemblances passer de 19,5 milliards de dollars en 2008 à 32,9 milliards en 2013, soit un taux de croissance annuel de 11,0% selon une étude menée en 2009 par BCC recherche.

Le schéma ci-dessous représente une étude régionale couvrant les principales régions productrices : l'Afrique, la Chine (et autres pays d'Asie de l'est), l'Inde (et autres pays d'Asie), l'Amérique du Nord et du Sud exprimé ci-dessous dans la :figure 3.

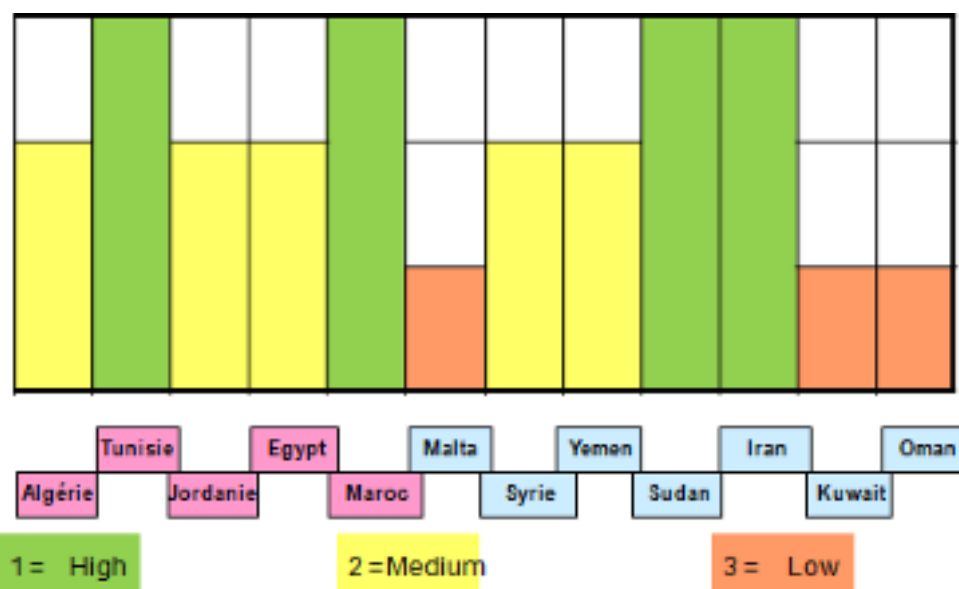


Figure 3: Importance des PAM pour la subsistance / bien-être d'un nombre important de petits exploitants agricoles dans la région MENA. Source : (Safwat, 2011)

7. Généralité sur le *Calendula officinalis*

7.1. Historique

Son nom provient du latin calendae signifiant premier jour du mois, le terme pourrait avoir été choisi en référence à la particularité de son rythme diurne, s'ouvrant à l'aube, se refermant au coucher du soleil, elle est dénommée la fiancée du soleil. On extrait des fleurs une teinture jaune pour les textiles elles étaient aussi employées en cuisine sous le nom de safran des pauvres. En Europe depuis le XII^e siècle, elle servait à favoriser la sudation en cas de fièvre et à traiter la jaunisse, Albert Le Grand recommande son usage comme cicatrisant troubles de l'intestin, les piqûres d'insectes et de serpents. Au XIX^e siècle, les Éclectiques, un groupe de médecins américains qui utilisaient les plantes en conjonction avec les médicaments officiels. (www.wikipedia.com)

7.2. Place du calendula dans la description botanique

Le tableau ci-dessous est une fiche technique du *Calendula officinalis* qui inclut sa systématique sa description morphologique ainsi que sa phénologie

Tableau 4: Fiche technique du *Calendula officinalis*

Systematique	Description morphologique	phénologie
Règne: planta Sous règne: angiospermes Ordre: asterales Famille: asteraceae Genre: Calendula Nom binomiale: <i>Calendula officinalis</i> L, 1753	Végétation: vivace, mellifère, aromatique et médicinale Hauteur: de 30 cm à 1m Feuille: oblongues de contour régulier, légèrement dentelé. entoure la tige, tendres et charnues et peuvent mesurées jusqu'à 7 cm. Fleur: capitules d'un diamètre variant de 3 à 10 cm, ligulées, de	Semi: Mars ,avril, mai, juin Floraison: Juin, juillet, aout, septembre, octobre

	<p>couleur jaune pâle à l'orange foncé. Elles s'ouvrent et se ferment avec le soleil.</p> <p>Fruit: achaine en forme de bateau et à surface rugueuse.</p> <p>Graine: jaune pâle, de forme irrégulière allant de la vrille à l'ailée</p>	
--	---	--

8. Conditions propices au développement de *Calendula officinalis*

8.1. La luminosité

Le souci est une plante héliophile, elle ne tolère pas l'ombre. Il ne peut s'adapter à une faible intensité lumineuse.

8.2. PH et salinité

Le souci croît dans des sols à pH de 4.5 à 8.2, l'idéal étant de 6.6, dans un sol riche en aluminium échangeable, Foy et Wheeler, (1979), le souci croît aussi bien en sol salin que non-salin, Mackova et al., (1988).

8.3. Humidité

Le souci croît bien avec 30 à 138 cm de précipitations par année, un pF de 2,5 est le meilleur potentiel parmi ceux testés (2, 2.5 et 2.8). Penka (1978) a établi que le contenu en huile essentielle du souci ne variait pas que la plante soit irriguée ou non.

8.4. Température

En début de culture, le souci doit être protégé du gel, le souci croît préférentiellement à des températures entre 15C° et 28C° et dans un endroit abrité du vent.

9. Fertilisation

Si on compare la fertilisation organique à la fertilisation inorganique, la plupart des études de fertilisation sur le souci ont été faites avec des fertilisants minéraux, la plus

récente étant celle de Sigedar et al. (1991) en Inde. Le souci répond cependant très bien à la fumure organique, la fertilisation au fumier donne des résultats supérieurs aux fertilisants inorganiques dans les cultures ornementales de *Calendula*.

En Égypte, dans une étude de deux ans, El-Gengaihi et al.,(1982) a comparé différents taux de fumures inorganiques NPK sur la floraison et le contenu en composés médicinaux du *Calendula officinalis*.

10. Les maladies et les ravageurs du souci

Le tableau ci dessous résume les ravageurs et les maladies qui menacent le calendula:

Tableau 5: Maladies et les ravageurs du *Calendula officinalis*

Ravageurs	Maladies
<p>Le souci n'a pas de ravageurs spécifiques mais peut subir l'attaque des :</p> <ul style="list-style-type: none"> Limaces Pucerons Aleurodes Chenilles Thrips Méloés 	<p>(<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) plusieurs régions du monde. (<i>Alternaria calendulae</i>) maladie spécifique au souci, plusieurs régions du monde. (<i>Pseudomonas solanacearum</i>) en Indonésie(<i>Alternaria alternata</i>) en Inde.(<i>Erysiphe cichoracearum</i>) le mildiou en Californie et en Floride</p>

11. Composition des parties utilisées

Selon Jeff (1956), Seules les fleurs, récoltées en été juste après leur éclosion, sont utilisées en phytothérapie (fraîches ou séchées), le souci des jardins contient:

Une huile essentielle, cette huile essentielle résineuse et balsamique, aux vertus bactéricides, est présente dans les poils glanduleux qui recouvrent les feuilles.

Une combinaison de carotène et de manganèse qui confèrerait à la plantes ses propriétés anti-inflammatoires comme pour l'arnica.

Des stérols, des alcools triterpéniques dont le Faradiol retrouvé chez toutes les fleurs composées à fleurs jaunes (Arnica, / calendula, héliantus, taracacum, tussilago),des triterpènes pentacycliques,des polysaccarides immunostimulants.

12. Domaine d'utilisation du souci des jardins

12.1. Utilisation agricole

Comme plante ornementale : Les variétés récentes les mieux adaptées pour la production des plus belles fleurs pour l'ornement sont selon Ivanova et al.(1989): Orange King, Kabluna Goldgelb, Balls Lemon, Balls Orange et Campfire.

Comme plante nématocide: très efficace en raison de ces vertus nématocides, le souci fait une excellente plante compagne pour les poireaux, ail et oignons ainsi que pour les fraisiers et la tomate.

Comme plante pour les insectes bénéfiques : Les fleurs du souci fournissent du pollen et du nectar à plusieurs insectes utiles dont les syrphes et les guêpes parasites.

Comme plante insectifuge et insecticide: Murakoshi et al. (1975) ont testé des extraits à l'éthanol des feuilles de souci sur le ver à soie. L'extrait n'empêchait pas les larves de se nourrir mais elles mourraient après l'ingestion de cet extrait.

12.2. Utilisation vétérinaire

Le calendula stimule la circulation sanguine des chevaux de course des chèvres et des moutons

Les fleurs sont un stimulant pour les animaux piteux.

Les feuilles traitent les verrues les cas de vomissures, d'ulcères internes et de fièvres, et tous les maux d'artères et de veines. Ivanova et al. (1989)

12.3. Utilisation médicinale et cosmétique

Le souci est considéré comme: analgésique, bactéricide, diurétique, laxatif, stimulant. Il a été utile pour soigner le saignement des gencives, les ulcères chroniques et les varices.

Le souci est le plus souvent employé sous forme de teinture (mêlé à l'alcool) ou d'extrait liquide. La teinture est utilisée pour soigner le choléra, les crampes, les éruptions, la fièvre, la grippe, les hémorroïdes, la jaunisse, les maux d'estomac, les maux de dents, la tuberculose, le typhus, les ulcères et les blessures.

Les infusions de la fleur seraient bonnes pour les yeux et pour faciliter la venue des règles chez la femme. (Ivanova et al. 1989)

12.4. Utilisation alimentaire

Comme plante oléagineuse: potentiel de production, le *Calendula officinalis* est une plante industrielle pour la production d'huile ; Meier zu Beerentrup et Röbbelen, (1987). l'acide gras principal étant l'acide calendique.

Comme colorant: en Inde, on utilise le souci pour teindre la laine, et les fleurs séchées en poudre servent à colorer les fromages, le beurre et les boissons.

Comme plante alimentaire: en Angleterre, le souci était cultivé avec l'épinard, dans le sud de l'Europe, les pétales frais sont utilisés pour garnir les salades. Les feuilles et les pétales peuvent être infusés, on peut aussi confire les boutons de fleurs dans le vinaigre.

13. La posologie du calendula

13.1. Dosage

Plusieurs paramètres font que le dosage diffère selon le produit utilisé, l'âge de l'utilisateur et son cas ect... voici quelques dosages générales des produits les plus utilisés :

L'huile de calendula est utilisée en massage, sur les peaux sèches et irritées, 2 ou 3 fois par jour.

L'infusion de souci officinal peut être bue à raison de 3 tasses par jour, en cas de troubles digestifs ou de mycoses (teigne, muguet)

En teinture, les utilisations sont semblables à celles de l'infusion. Pour un usage interne, on se limitera à 30 gouttes diluées dans de l'eau, 3 fois par jour ; Meier zu Beerentrup et Röbbelen, (1987)..

13.2. Contre-indications

Usage interne interdit aux femmes enceintes ou allaitantes et aux enfants de moins de 6 ans.

13.3. Effet indésirables

Une application prolongée de certaines préparations contenant de l'alcool (teinture mère) peut engendrer des irritations.

L'objectif de ce travail est la valorisation des déchets verts issus de plantes aromatiques et médicinales en compost, et l'impact de ce dernier sur la croissance de *Calendula officinalis*.

De la sélection des plantes en passant par la mise en tas du compost jusqu'à l'essai de semis, ce chapitre renferme le matériel utilisé et les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques employées pour déterminer la qualité fertilisante agronomique du compost fabriqué, et le diagnostic foliaire sur la teneur en sucres solubles en chlorophylle et en proline contenus dans la plante test

1. Matériel non biologique utilisé

Nous utilisons un matériel pour traiter les déchets verts, un matériel pour procéder au compostage et un autre pour semer la plante test

1.1. Matériel utilisé en traitement des déchets verts

- Camions de transport
- Chargeur équipé d'une fourche crocodile
- Balance
- Brouettes
- Pelles

1.2. Matériel non biologique utilisé en compostage

- Tracteur kubota
- Tuyau d'arrosage et Arrosoir
- Thermomètre numérique
- Tamis (25 mm, 4mm)
- Pelle
- bâches de 15m

1.3. Matériel non biologique utilisé dans le semis du *Calendula officinalis*

- 100 pots de 7cm et 100 pots de 14 cm de diamètre
- Arrosoir
- Tamis a 4 mm
- Pelle a main

2. Matériel biologique

Le matériel végétal utilisé lors du compostage est différent de celui que nous utilisons en semis de la plante test.

2.1 Matériels d'élaboration du compost

- Super 46
- Eau
- Espèces valorisées (Fiches techniques des espèces valorisées en broyat lors du compostage)

Tableau 6: Fiche technique des algues rouges


Systématique	Morphologie	Composition chimique	Domaine d'utilisation
<p>Règne : Planta Classe : floridoficeae Ordre : Corallinales famille : corallinaceae Genre: Coralina Nom binomiale : Coralina sp L, 1758</p>	 <p>Végétation : aquatique unicellulaires flagellés ou, mais des formes coloniales et non-mobiles Hauteur : jusqu'à 2m couleur : rouge</p>	<p>Minéraux Alcaloïdes Histamine acétylcholine Lipides caroténoïdes Polysaccharides sulfaté ect...</p>	<p>Cosmétique Médicale Alimentaire Veterinaire (aliments de bataille) Industriel (teinture pour les textiles) Agricole (amendement) ect....</p>

Tableau 11: Fiche technique du figuier Banyan

Systématique	Morphologie	Composition chimique	Domaine d'utilisation
<p>Règne : Planta Classe : Magnoliopsida Ordre : uricales famille : Moraceae Genre: Ficus Nom binomiale : <i>Ficus retusa</i> L, 1753</p>	<div data-bbox="660 573 887 869" data-label="Image"> </div> <p>Végétation : arbre sempervirent Hauteur : 80 cm au maximum. Tiges : courtes, dressées et très ramifiées. Feuilles : elliptiques, vernissées, lisses et vert sombre. Fleurs : cachées dans des réceptacles ou se développe le fruit Fruits : peuvent être jaune rouge vert ou bleu-pourpre.</p>	<p>Alcaloïdes Latex Huile essentielle Tanins Résine.</p>	<p>Ornementale Médicale (écorce et feuilles) Cosmétique (feuille et écorces)</p>

2.2. Matériel biologique utilisé dans le semis du *Calendula officinal*

- Graines de souci
- Compost végétale mur
- Sable
- Eau

3. Présentions du site d'étude

Situé à la pépinière El Alia, commune de Oued Smar, banlieue Est de la wilaya d'Alger dans la Harrach. L'établissement de développement des espaces verts d'Alger épic EDEVAL est une société étatique qui se charge de l'aménagement des espaces verts dans la willaya d'Alger l'établissement propose les services suivant : Gestion des espaces verts, plantation d'arbres, paysagisme extérieur, plantation de parc, la tonte de gazon, la taille de haie, l'arrosage, la création des jardins, et l'élagage des arbres. Le site s'étends sur une ancienne plaine marécageuse de la Mitidja il bénéficie d'un climat méditerranéen.

4. Modalité de traitement des déchets verts

Le traitement des résidus verts passe par plusieurs étapes à savoir la collecte, la réception, le tri, et enfin la valorisation en broyat.

4.1. Le traitement des déchets verts

La collecte des espèces des plantes est effectuée dans la région d'Alger au mois d'Aout 2015. La cueillette c'est déroulée durant la matinée par temps stable car c'est est un facteur très important pour la présence qualitative et quantitative des principes actifs. Le tableau si dessous renseigne sur la date et le poids des espèces broyés

Tableau 12: Poids des espèces broyées en kilogrammes

Date de la réception / cueillette	Espèces sélectionnées	Poids des espèces broyées
10 /2015	<i>Ficus elastica</i>	1237.5 Kg
	<i>Ficus retusa</i>	
	<i>Schinus molle</i>	
	<i>Platanus hispanica</i>	
	<i>Corallina officinalis</i> (algue)	

4.2 La réception des déchets verts :

Les végétaux sont transportés par des camions de l'établissement vers une plate forme de réception ou ils seront entasser jusqu'à la prochaine étape, celle du tri.

4.3 Le tri des P.A.M :

Nous faisons le tri après la réception des déchets, nous divisons les espèces en catégories : arbres, arbustes, puis nous choisissons les espèces seines en éliminant celles qui sont malades ou contaminées, et tout en évitant aussi la présence de corps étrangers, enfin nous désignons les espèces selon les calibres des broyeurs.

4.4 Le broyage des végétaux

Nous utilisons deux broyeur composteur compact BVN avec une capacité de 10 cm de diamètre et de 20 cm de diamètre. Selon les calibre des broyeurs et sur la même plate forme le broyage a permit une réduction considérable du volume des végétaux ; éventuellement nous arrosons les végétaux afin d'atteindre un taux d'humidité adéquat. (Annexe2 : Figure8)

5. Procédures adaptées au compostage des déchets verts

Le compostage des déchets verts est un processus naturel de dégradation de la matière organique, établis par les micro-organismes dans des conditions bien définies, dans le but d'atteindre cette décomposition nous adoptons ces procédures.

5.1. La mise en tas du compost

Notre choix c'est porté sur le compostage en tas, c'est une longue technique qui au bout de 6 mois permet l'obtention d'un bon produit fini. Après le broyage, nous disposons le mélange sur l'aire de fermentation en le mettant en tas, a la mise en tas le compost pèse 1237.5 kg.

5.2. Division du tas (construction des tas)

Après une semaine, le temps nécessaire pour une bonne montée de température, nous concéderons que la phase thermophile est finie. Nous divisons donc le tas de manière équitable:

- Un compost biologique: 3 tas traités avec un purin d'ortie
- Un compost chimique: 3tas traités avec l'adjuvant chimique super 46
- Un compost témoin: 3 tas non traités

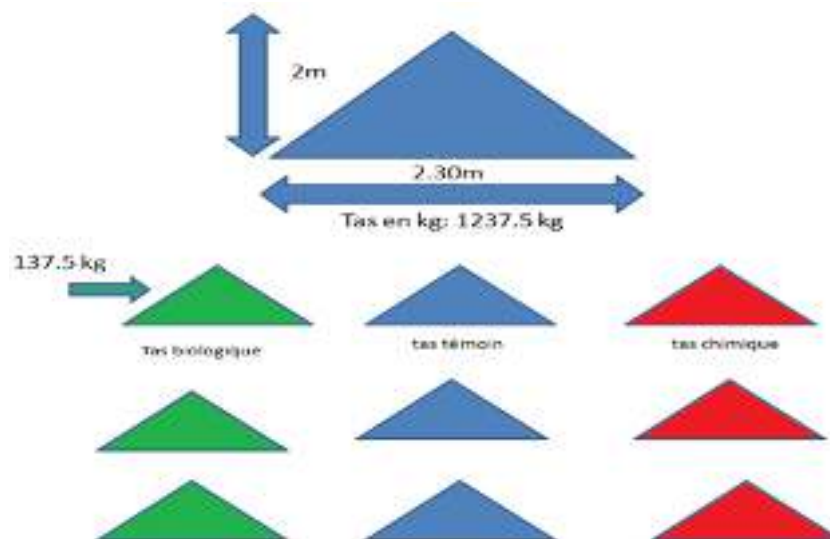


Figure 10: Division du tas initial

5.3. Les activateurs du compost

Un activateur biologique ou naturel, tous comme un accélérateurs chimique a pour but, l'accélération du processus de décomposition de la matière organique, ces activateurs ont la faculté d'accroître la population des micro-organismes afin qu'ils puissent dégrader la matière a compostée.

5.3.1. Activateur biologique:

le purin d'ortie est un amendement biologique riche en azote, en éléments organiques et minéraux et en oligoéléments. Pour le préparer nous utilisons 15 kg d'ortie que nous avons préalablement cueillis a El Harache dans la wilaya d'Alger, nous les coupons grossièrement et nous les répartissons sur des

jerricans en plastique remplies d'eau. (Annexe2 : Figure 11 ;12)

Quotidiennement, nous brassons le mélange de chaque jerrican à l'aide d'un manche à balai et on surveille son évolution, nous remarquons une quantité importante de petites bulles flottée sur une surface blanche et légèrement moussante.

Au bout de 13 jours les bulles et la mousse ne se forment plus, la fermentation était donc terminée, nous filtrons donc juste ce qu'il faut du purin, pas trop finement, car ce dernier devait gardait une partie de ses propriétés.

5.3.2. Activateur chimique super 46

appelé aussi activateur industriel, ou encore composants énergétiques sur l'emballage, le super 46 est un engrais chimique (irritant et nocif pour les cultures).

Dans le but d'ajusté le taux d'azote et d'accélérer la dégradation du compost, nous arrosons les trios tas chimiques avec 200 g de produit diluées dans 10 L d'eau. (Annexe 2 : Figure 13)

6. Suivi de la transformation de la matière

Afin d'obtenir un bon produit final nous suivons le processus durant plus de six mois les paramètres suivant:

6.1. La température

Le suivi de la température est effectué à l'aide d'un thermomètre, qu'on enfonce dans le cœur du dôme du tas, nous prélevons la température au début de la phase thermophile et au terme de la phase de maturation, on a enregistré 19 C° a la mise en tas et 21C° a la fin du processus.

6.2. L'aération

Le compostage aérobique nécessite d'importantes quantités d'oxygène, nous effectuons six retournements pendant ce processus, a raison d'un retournement par mois a chaque fois que nous apportons de l'oxygène au tas, nous remarquons une évacuation particulièrement importante de la chaleur surtout durant la phase de dégradation, plus nous avançon dans le temps plus cette chaleur dégagée diminue.

6.3. L'arrosage

Pour maintenir une humidité équilibrée nous arrosons surtout en début de cycle, et après chaque retournement, car l'excès d'eau diminue la quantité d'air disponible dans le volume du compost. Pour testé l'humidité du substrat nous utilisons le test de poigné qui se résume à comprimer une poignée de compost dans la main et :

- Si des perles d'eau commencent à apparaître le taux d'humidité est bon.
- Si rien n'apparait le compost est sec.
- Si une quantité importante d'eau s'écoule dans la main le compost est mou.

6.4 .La maturation

La maturation se caractérise par une dégradation moins soutenue. Le compost frais se transforme en un compost mûr, riche en humus, qui se caractérise par une couleur sombre, un aspect homogène et une bonne odeur de sous bois, pour confirmer la maturation du compost nous procédons a un test de maturation, ce dernier ce résume a prendre la température du compost, nous le ré humidifions à 50% puis nous l'aérer

par brassage intense, puis reprendre ca températures a nouveau, l'absence de toute remontée de température indique que le compost est vraiment stabilisé.



Figure 14: Compost mature

6.5.Le tamisage

Le l'endemain de la fin du processus nous procédons aux tamisages afin de séparer le composte mur de la matière végétale non décomposé cela facilitera son utilisation dans les bacs a semis. Pour la première opération de tamisage nous utilisons un tamis d'un calibre de 25 mm et pour la deuxième opération nous utilisons un tamis de calibre plus réduit 4mm, gardera tt les déchets pour les incorporer dans un tas afin qu'ils poursuivent leur dégradation.

6.6. Mesure du poids

Au terme du processus, après les opérations de tamisages nous mesurons le poids du compost après chaque opération et nous enregistrons que le compost perd près de 2/3 de son volume initial après le 1^{er} tamisage et près de 1/3 après le deuxième tamisage.

6.7. Le stockage

Au terme de la maturation et après le double criblage l'excédent de cette matière organique très fertile est stocké dans des sacs en plastique légèrement troué et placé dans un endroit sec et a l'ombre a fin qu'il conserve longtemps ces propriétés

7. Méthode de culture et de fertilisation de *Calendula officinalis*

Maintenant que le compost végétale est près à être utilisé nous allons l'essayé sur le souci officinal une plante plus au moins exigeante

7.1. Test de germination

Un test de germination permet, au prix du sacrifice de quelques graines, de connaître la faculté germinative d'un lot de semences. Il consiste à mesurer le taux de germination d'une semence sur un substrat donné.

Nous adaptons le nombre de graine à faire germer à la quantité de semences disponibles, l'échantillon n'a pas était sélectionné, il représente l'ensemble du lot destiné au semis final pour ne pas fausser la pertinence des résultats.

Nous disposons 20 graines de *Calendula officinallis* sur un papier absorbant qu'on a préalablement humidifié, puis nous les mettons dans un sac hermétique.

Le taux de germination se calcule pour chaque répétition :

$$\text{Taux de germination} = \text{Nombre de signe positives} \times \frac{100}{\text{Nombre de graines semées}}$$

7.2. Le semi du *Calendula officinalis*

Le souci des jardins, est une espèce de plantes herbacées pérenne, riche en éléments nutritive cités au préalable en bibliographie le semi de cette plante nécessite une: culture Sous abri, dans une serre contrôlée car le souci n'est pas très rustique il craint le froid et des intempéries diverses.

7.2.1 La Technique de semi

nous lavons les pots, pour éliminer tous les éventuels germes pathogènes, puis nous les rinçons à l'eau claire puis nous tamisons le sable finement, en suite nous prévenons une quantité de composte de chaque tas et une autre de sable pour le mélange afin d'obtenir un substrat léger et homogène pour préparons 10 lots de pots de 7cm chaque lots contient 10 pot, chaque lot sera divisé en deux, 5 pots

accueilleront la proportion de 50 % de compost et 50 % de sable et les 5 pots restants accueilleront les proportions de 75 % de sable et de 25 % de compost (exemple appliquer sur le lot du compost biologique : B1 ; B2, B3) pareille pour les autres lots de compost chimique et non traité (Fig.19)

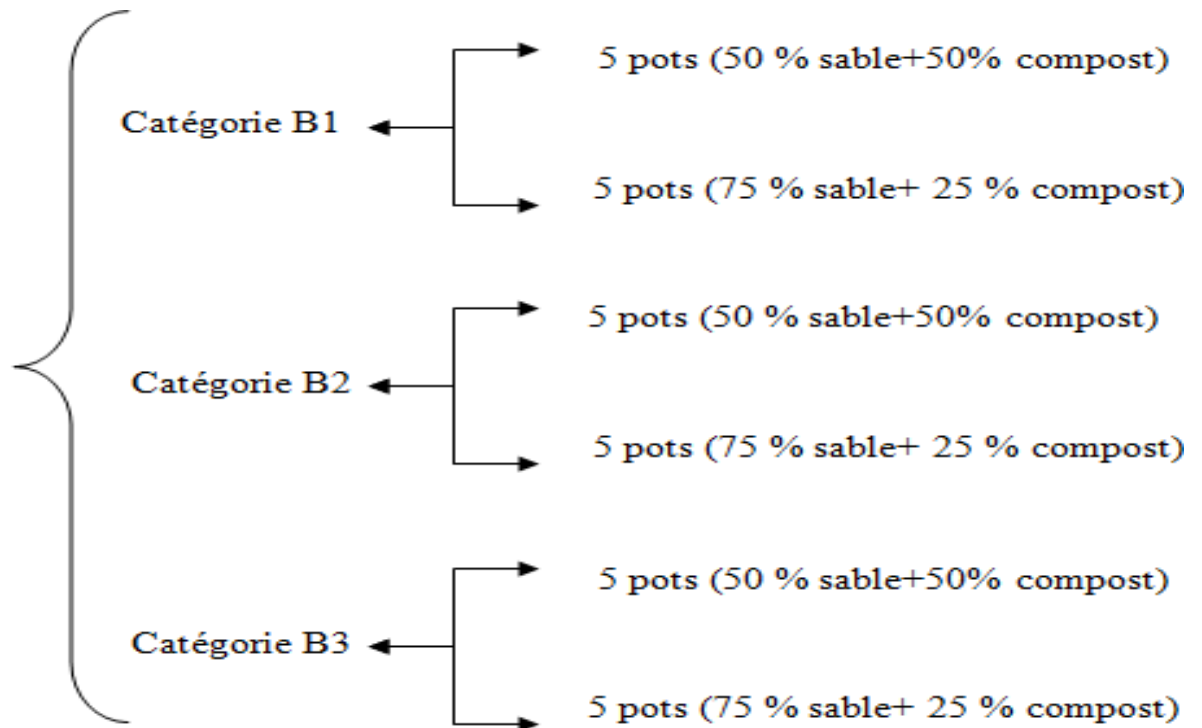


Figure19 : technique de semi (exemple : appliqué sur le lot biologique)

... nous épandons au fond du pot un lit de galée expansée puis nous remplissons les pots avec le mélange compost et sable en laissant bien déborder la matière de tous les côtés, puis nous nivelons la terre en faisons des mouvements doux d'avant en arrière pour bien répartir le mélange et après cela nous tassons doucement avec le plat de la main, le niveau de la terre doit se situer à 1 cm sous le bord de la terrine, enfin nous semons les graines à 1 cm de profondeur en les répartissant uniformément. Précipitation, et nous les couvrirons d'une fine couche de mélange en tassant légèrement puis on a arrosé par trempage.



Figure : Le souci en pot (edeval_Alger 2016)

7.3. Le suivi du souci

Après le suivi de la germination nous continuons de suivre la taille en maintenant le même intervalle temporelle, sachant qu'à l'intérieure ou à l'extérieure de la serre les mesures sont prises le matin.

8. Analyses physicochimiques

dans le même établissement nous effectuons deux types d'analyses les premières concernent le compost les secondes sont des analyses foliaires concernent la plante test

8.1. Présentation du laboratoire d'analyse

Le laboratoire d'analyse de Phytopathologie et biologie moléculaire est une unité propre rattachée à l'Institut national supérieur agronomique, situé à El Harrach -Alger.

9. Prélèvement et l'échantillonnage du compost

Il est important de connaître la valeur fertilisante du compost à travers l'analyse chimique, et pour que cette dernière ait de l'intérêt, l'échantillonnage devait être représentatif de l'ensemble du tas.

Nous utilisons la méthode ADEME (**A**ssociation des Professionnels en Conseil

Climat Énergie et Environnement, 2004), adaptée au compost de déchets verts, elle consiste à :

- Ouvrir le tas à différents endroits
- dégager le produit écroulé à la base
- prélever au moins 500 g et homogénéiser soigneusement

9.1 Analyses effectuées sur le compost

A la fin du processus nous dosons les analyses suivantes le phosphore le potassium le taux de calcaire et la conductivité; le carbone l'azote totale et le pH, ces trois paramètres sont mesurés au début et à la fin du processus

9.1.1. Dosage du carbone (C)

Pour déterminer le carbone organique total nous utilisons la méthode de Walkley et Black (2010) le carbone de la matière organique est oxydé par un

mélange de dichromate de potassium et d'acide sulfurique. On admet que l'oxygène consommé est proportionnel au carbone que l'on veut doser, l'excès de dichromate inutilisé dans la réaction est dosé par le sel de Mohr.

Calcul :

$$\bullet C \% = (T_0 - T_1) \times \frac{0.615}{P}$$

$$\bullet M.O = C \% \times 1.72$$

Moyenne de témoin : T_0 .

Echantillon = T_1 .

9.1.2. L'azote total (N)

L'azote total est dosé par la méthode de KJELDAHL

- Minéralisation : Opérer sur un échantillon de 0.5 à puis l'introduire dans un matras de 250 ml, ajouter 2g de catalyseur (composé de 250 g de K_2SO_4 , 250 g de $CUSO_4$ et 5g de Se) et 20 ml d'acide sulfurique concentré (densité = 1.84). porter le

matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration verte stable laisser refroidir, ajouter ensuite peu à peu avec précaution 200 ml d'eau distillé en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

• Distillation : Transvaser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (Buchi). Rincer la burette graduée dans un bécher destiné à recueillir le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur composé de :
 20g d'acide borique et de 200 ml d'éthanol absolu
 10 ml d'indicateur contenant : $\frac{1}{4}$ (2.5 ml) de rouge de méthyle à 0.2% (0.2 g dans 100 ml) dans l'alcool à 95° et $\frac{3}{4}$ (7.5 ml) de vert de bromocrésol à 0.1% (0.1 g dans 100 ml) dans l'alcool à 95°. Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 50 ml de lessive de soude ($d = 1.33$) (330 g de soude dans 1 litre d'eau distillé), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins, titrer en retour par l'acide sulfurique N/20 (50 ml H₂SO₄ 1N + 950 ml d'eau distillé) ou N/50 (20 ml H₂SO₄ 1N + 980 ml d'eau distillé) jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initial de l'indicateur

1 ml d'H₂SO₄ (1N) 0.14g d'N
 1 ml d'H₂SO₄ (N/20).....0.0007 g d'N
 $Ng = X \cdot 0.0007 \cdot 100/Y \cdot 200/A$

X : descente de la burette

Y : poids de l'échantillon de départ

A : volume de la prise d'essai

Teneur en MAT (%MS) = $N \cdot g \cdot 6.25$

9.1.3. Le phosphore assimilable (P₂O₅)

Pour calculer le phosphore assimilable (P) nous utilisons la méthode JORET – HEBER, (NF X31-161 Décembre 1999). L'acide phosphorique est extrait par l'oxalate d'ammonium (NH₄)₂C₂O₄.

Colorimétrie : le dosage est basé sur la formation et la réduction d'un complexe acide phosphorique-acide molybdique.

L'addition d'acide ascorbique et du réactif sulfomolybdique à un milieu contenant des ions phosphates provoque par chauffage l'apparition d'une coloration bleue que l'on peut doser au colorimètre.

Réactifs utilisés :

- réactif sulfomolybdique
- Solution d'acide sulfurique (C₆ H₈ O₆) 1g \ 1l d'eau distillée
- Solution étalon d'ortho phosphate KH₂ PO₄ (50 ppm)
- Solution d'Oxalate d'ammonium 0,2 N

9.1.4. Le potassium (K₂O)

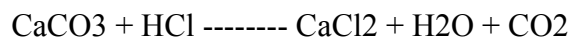
Le dosage du phosphore se fait sur l'extrait obtenu par minéralisation selon la procédure générale (Pauwels et *al* 1992).

9.1.5. Calcaire total

Pour calculer le calcaire total nous utilisons la méthode gazométrique qui consiste à :

Distinguer une mole de CaCO₃ pour permettre le dégagement d'une mole de gaz carbonique.

On attaque un poids connu de terre par l'acide chlorhydrique



Appareillage : Calcimètre de Bernard

Réactifs :

- HCl 1/2 c
- eau distillée saturée en NaCl (300g/l)

Calculs :

$$\text{CaCO}_3\% = \frac{V' \times 0,3}{V \times P} \times 100$$

V = volume de CO₂ produit par 0,3g de CaCO₃ pur et sec.

V' = volume de CO₂ produit par x g de CaCO₃ contenu dans un poids P de sol.

P = poids de la prise d'essai de terre en gramme.

9.1.6. Le pH

Pour mesuré le pH on nous utilisons la méthode potentiométrique:
Peser 20g de terre fine et sec, puis les introduire dans un bêcher de 100 ml.
Ajouter 50ml d'eau distillée bouillie.
Brasser énergiquement la terre de manière à obtenir une suspension, soit avec un agitateur magnétique durant quelques minutes.
Abandonner pendant 2heures le contenu de bêcher.
Procéder à la mesure du pH mètre.
Remettre en suspension toute la terre a l'aide d'un agitateur, puis introduire l'électrode dans la solution.
La lecture du pH se fait lorsque l'aiguille de l'appareil s'est stabilisée, après chaque mesure rincer les électrodes avec de l'eau distillée et les essuyer avec du papier Joseph.

9.1.7. Humidité

Pour calculer l'humidité nous utilisons la méthode traditionnelle de l'armoire à dessiccation qui consiste a :
peser un poids de compost à l'état frais, puis le mettre dans l'étuve après 48h on le pèse a nouveau.

Calcule :

$$H \% = \frac{(Pf - Ps) * 100}{Ps}$$

10. Echantillonnage et analyses foliaires (azote total, phosphore assimilable) effectuées sur le *Calendula officinalis*

De chaque catégorie nous avons prélevé des feuilles saines en épargnant les dernières feuilles juvéniles. Les échantillons prélevés ont était placés dans des sacs de papiers étiquetés, afin de limiter les pertes d'eau par l'évapotranspiration jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

Ces analyses diront si le programme d'amendement du sol fournit assez d'éléments nutritifs pour une croissance optimale, c'est un bon moyen de savoir si l'alimentation minérale d'un peuplement est satisfaisante, il repose sur l'existence d'une relation assez précise entre la concentration d'un élément donné dans la feuille et la croissance.

Pour les analyses foliaires de l'azote total et du phosphore assimilable on utilisé le même protocole que celui utilisé dans les analyses précédentes effectuées sur le compost (méthode de KJELDAHL).

11. Analyse de la variance :

12. Test de corrélation : la corrélation entre le phosphore et l'azote a été analysé par le test de corrélation linéaire par le logiciel past 2007.

1. Caractérisation physicochimique du compost

Une série d'analyses physicochimiques a été effectuée sur le compost produit à partir d'eucalyptus, d'algue rouge, l'ortie, le platane, le faux poivrier, le caoutchouc et le figuier banyan, dans le but de déterminer les teneurs en éléments minéraux.

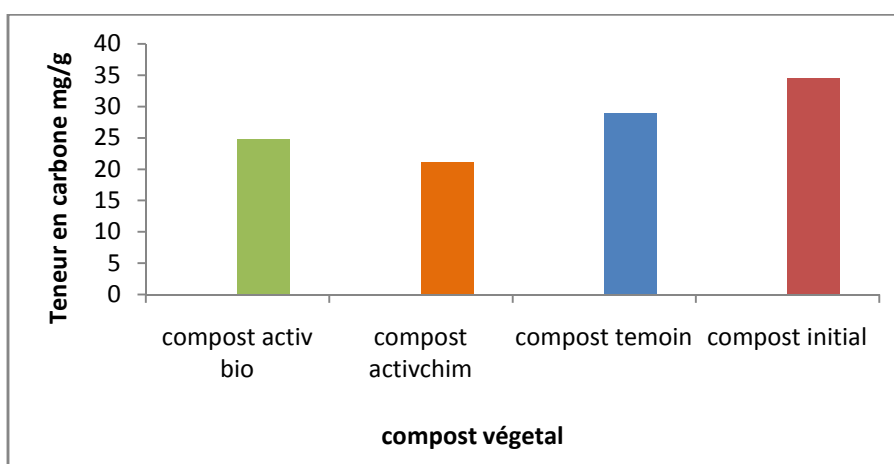
1.1. Détermination des teneurs en carbone, et azote et le rapport C/N

• Dosage du carbone

D'après les résultats, les teneurs en carbone entre les trois types de compost est variable de la mise en tas à la phase finale. Le carbone était de 34,6 mg/g en début de processus et, après 190 jours il a affiché 28,95mg/g (témoin), 24,79mg/g pour le compost traité biologiquement et 21,09mg/g pour le compost traité chimiquement nous remarquons un déficit du taux de carbone de 59,05% chez le compost traité chimiquement, 16,33% chez le témoin et 28,36% chez le compost traité biologiquement (Tab.13).

Cette différence est liée, d'une part à l'ajout d'activateur qui est responsable du degré de dégradation de la matière organique au niveau de chaque tas, qui est meilleur chez le compost traité chimiquement suivi de celui traité biologiquement et, d'autre part, à la composition chimique des plantes aromatiques et médicinales utilisées dans la production du compost montrant leur richesse en principes actifs favorisant la fermentation du compost (Fig. 22).

Ces résultats dépendent de la durée du processus responsable de la perte de la matière organique dans le cas des déchets très fermentescibles qui varie entre 30% et 50% (Jeris et Regan, 1973)



Variation des teneurs en carbone

• Dosage de l'azote total

Les tas traité par le produit chimique contiennent les teneurs les plus élevées en azote qui est de 1.91 mg/g, suivi des tas traité biologiquement par le purin d'ortie avec 1.61 mg/g puis des tas non traités avec 1.40 mg/g (Tab.13).

Les résultats de l'azote total montrent, qu'au cours du processus de compostage, le pourcentage d'azote augmente pour tous les traitements (Fig.23).

Cette augmentation du pourcentage d'azote total peut s'expliquer par la nature des activateurs de décomposition ajoutés (chimique et biologiques) ou à des résidus des microbes et des bactéries qui se sont multipliés au niveau du compost non traité (Mustin, 1987).

Nos résultats sont compatibles avec ceux de Charny, (2005) ; qui obtient un intervalle se situant entre 1.21mg/g et 1.98mg/g et admet que l'augmentation du pourcentage d'azote total lors du processus de compostage vient de la dégradation des protéines des matériaux de départ sous l'effet de la chaleur et de l'action des microorganismes.

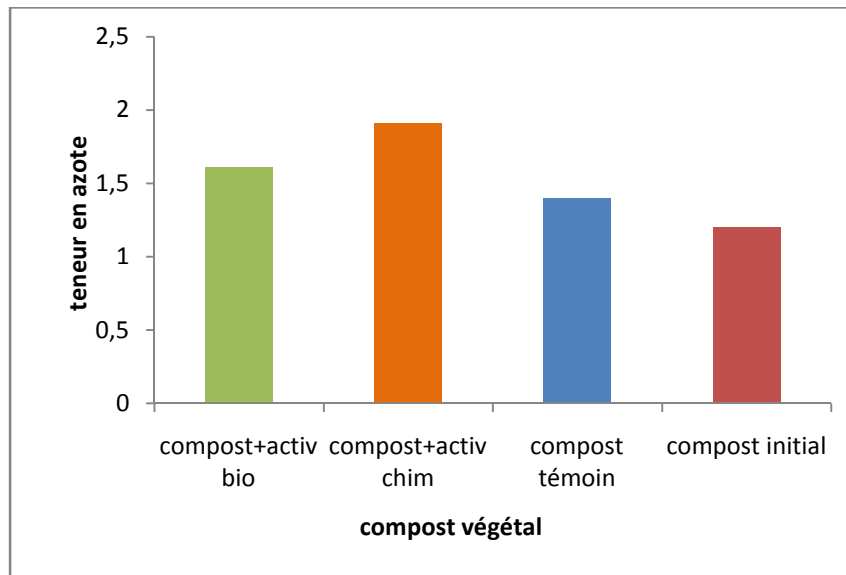


Figure 23: Variation des teneurs en azote total

• **Le rapport C/N**

A la mise en tas le rapport C/N était de 28.83, et à la fin du processus ce même rapport atteint 15.39 dans les tas biologiques, 15.15 dans les tas chimiques et 15.06 dans les tas non traités (Tab.13).

Ces résultats sont en accord avec ceux de Godden (1995), qui estime que pour un compost végétal l'optimum du rapport C/N doit se situer entre 15 et 30.

Cependant, cette diminution du C/N pourrait s'expliquer par un lessivage suite aux arrosages, et à la libération du carbone sous forme de CO₂ (Mustin 1987).

1.2. Dosage des éléments fertilisants

• **Le phosphore**

Dans les tas témoin et les tas traité chimiquement le taux de phosphore est de 1.23 et dans les tas traité biologiquement par le purin d'ortie est de 1.78 (Tab.14).

Ce dernier est plus élevé et peut s'expliquer par l'apport du purin d'ortie riche en azote lors des arrosages ou, aux fourmis et aux vers de terre présents dans le compost qui brisent les particules de compost et libèrent plus de phosphore dans le tas (Itab, (2001d).

Nos résultats exprimés dans la (Fig.24); sont en accord avec ceux de (Itab, 2001d), qui a travaillé sur un compost d'origine végétale montrant un taux idéal de phosphore compris entre 0.8 et 2.8, et a mentionné qu'au-delà de 4% le phosphore

peut gêner l'assimilation du fer et du zinc. Gervy(1970), estime qu'un sol est considéré comme riche en phosphore assimilable lorsque sa teneur dépasse 0,3%, moyennement riche quand cette dernière est comprise entre 0.15 ‰ et 0.3 ‰, et pauvre quand elle est inférieure à 0.15%. Ceci confirme que notre substrat est riche en phosphore assimilable.

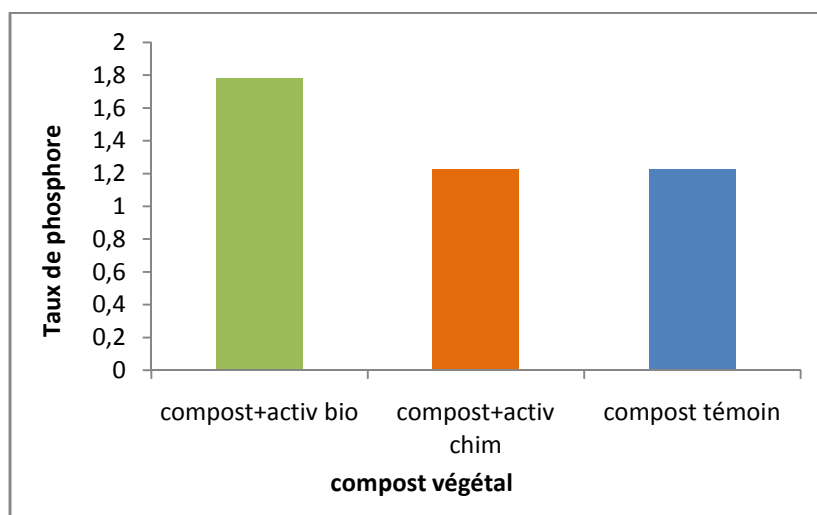


Figure 24: Variation des teneurs en phosphore assimilable

• Les taux en potassium

Le taux de potassium est de 1.66% dans les tas traité par le purin d'ortie, 2.69% dans les tas traité par le produit chimique et 1.29% dans les tas témoins (Tab.14).

Nous déduisons que cette différence est due aux traitements apportés aux deux premiers tas de compost. Le traitement chimique semble favoriser la richesse en phosphore du compost (Fig.25).

Dans l'ensemble, nos résultats sont légèrement supérieure à ceux de Soumaré et al., (2003); qui mentionnent des taux de potassium d'un compost biologique compris entre 0.4% et 2.2%. Ceci montre la bonne qualité du compost obtenu à partir des plantes choisie et le processus de compostage suivi durant la période de production.

Nous pouvons conclure que les composts étudiés sont riches en éléments minéraux (N,P,K) qui peuvent être apportés par différents types de déchets ligneux (Charnay, 2005). Leur caractère fertilisant leur permet d'agir comme des engrais chimiques, en enrichissant le sol en N, P, K, mais leur principal effet en tant

qu'amendement organique agissent sur la stabilité physique, biologique et chimique des sols (Bertoldi et al.,1983).

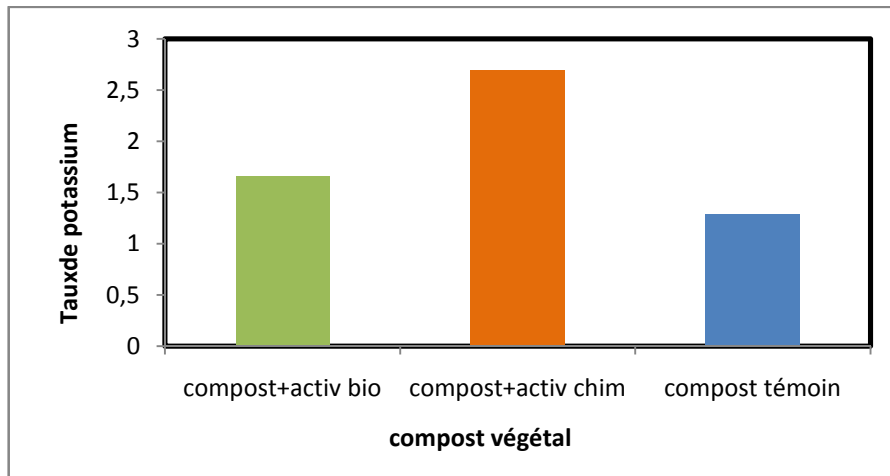


Figure 25: Variation des teneurs en potassium

1.3. Mesure du pH

A la mise en tas, le pH était acide 6.8 %, et en fin du processus le pH des tas augmente et devient 7.3 dans les tas témoins et 8.1 dans les tas traité biologiquement et 7.1 dans les tas traité chimiquement (Tab.15).

Les résultats du pH des tas chimiques ainsi que ceux des tas témoins, (Fig 26). S'accordent avec ceux obtenus par Maaro (2004) à Ontario; qui a affirmé que l'effet tampon naturel du compostage permis l'utilisation de substances dans une gamme de pH allant de 5 à 8.

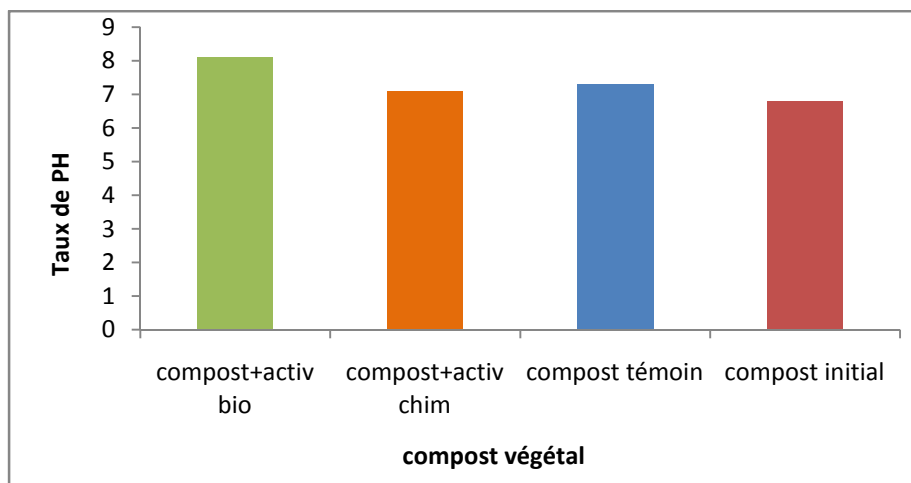


Figure 26: Variation des taux de pH

1.4. Résultats de l'humidité relative

Au début du compostage l'humidité était de 62%, valeur idéale pour un début de fermentation (Barrigton et al., 2002 ; Mustin 87), après 190 jours, le taux d'humidité dans les tas traités chimiquement est de 53%, 51% dans les tas traités biologiques et 49% dans les tas non traités (Tab.16).

Cette diminution peut s'expliquer par le rapprochement des retournements des tas et par l'augmentation de la température, ces derniers sont synonymes des pertes en eau sous forme de vapeur ; Mustin, 1(997).

Nos résultats (Fig.27), sont conformes à ceux de Barrigton et al., (2002), qui affirment que l'humidité idéale pour un compost d'origine végétal est comprise entre 50 et 60 %.

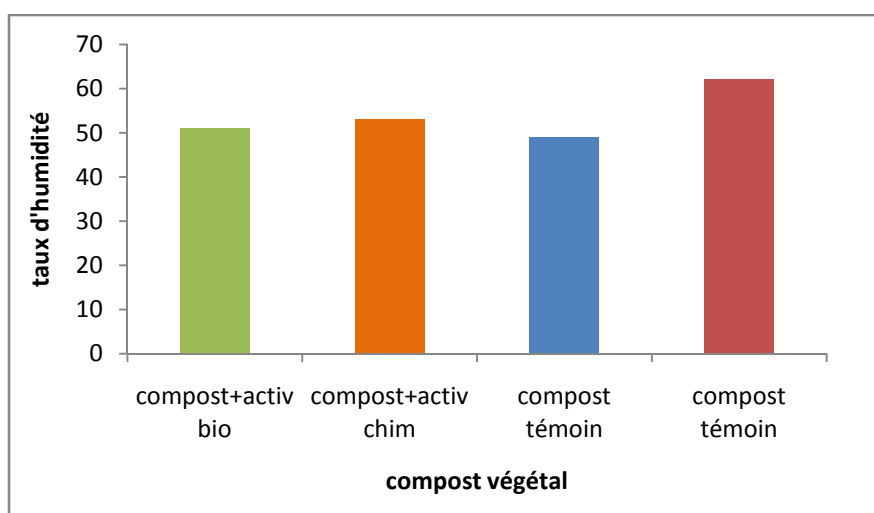


Figure 27: Variation du taux d'humidité selon les types de compost

1.5. Mesure de la conductivité

La conductivité la plus importante est enregistrée dans les tas traités biologiquement (2.23 ms/cm) suivi de 1.90 ms/cm dans les tas traités chimiquement et enfin 1.67ms/cm pour les tas non traités (Tab.17).

Ces résultats (Fig.28), sont en accord avec ceux obtenus en 2004 par Maaaro de l'Ontario qui affirme que la conductivité doit être comprise entre $0.75 \leq CÉ \leq 3.5$. Ceci nous laisse dire que ces amendements produits ont une conductivité électrique qui appartient au domaine dans lesquels les substrats fertilisants sont considérés comme conductibles.(Barrigton et al., 2002).

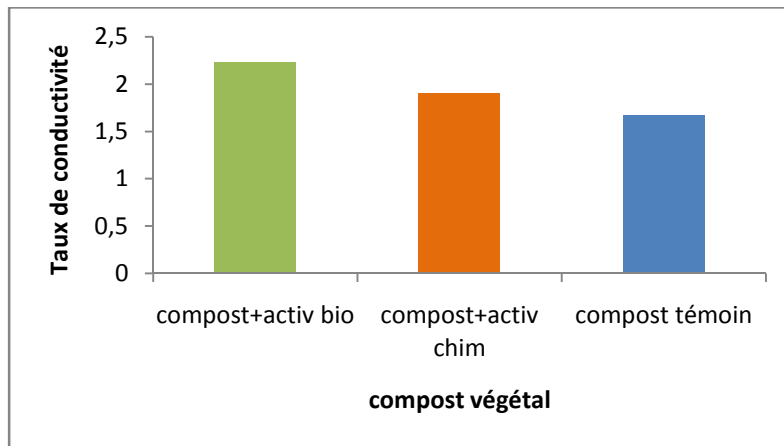


Figure 28: Variation de la conductivité selon les types de compost

1.6. Dosage du calcaire total

Le taux de calcaire total est de 4.82% dans les tas traités chimiquement, et de 4.43% dans les tas traités biologiquement, ces deux types de compost ont des taux au-dessus de la moyenne $\text{CaCO}_3\text{T} \leq 5\%$ ce qui les classe parmi les composts peu calcaire, le compost témoin présente un taux de 6.1%, il se situe dans le domaine des composts modérément calcaire $5 < \text{CaCO}_3\text{T} \leq 12,5$ (Tab.18).

Le principale constituant du calcaire est le calcium donc, on peut déduire que ce compost est aussi modérément riche en calcium cet oligo-élément peu chasser et remplacer les ions hydrogènes qui peuvent rendre le compost acide Baradat, (1986).

Nos résultats (Fig.28), sont en accord avec ceux de Baradat (1986), qui a trouvé que l'idéal pour un compost végétal mur est un taux de calcaire situé entre $5 < \text{CaCO}_3\text{T} \leq 12,5\%$.

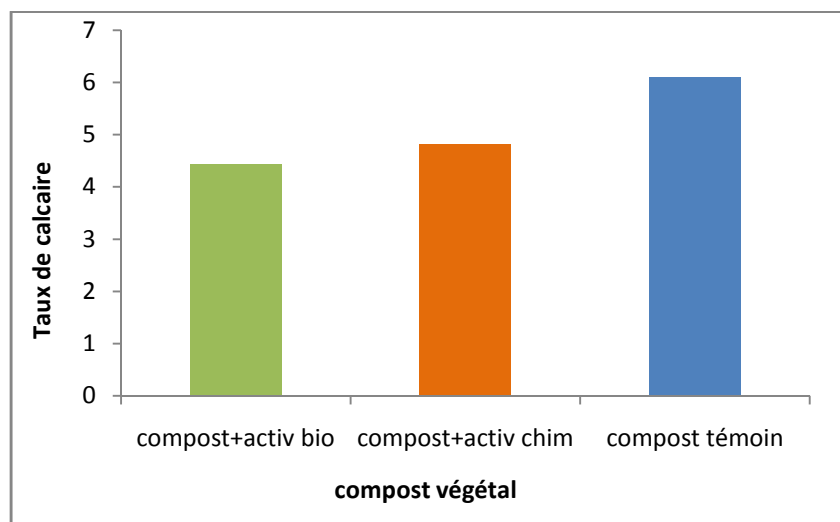


Figure 29: Variations des taux de calcaire

1.7. Variation du poids du tas lors du compostage

Le poids du tas initial était de 1237.5 kg, en fin de processus du compostage (maturation) et après deux tamisages successifs le poids devient 409kg, donc il a diminué de 1/3 du poids initial (Tab.19).

Cette perte en volume peut être expliquée par la transformation de la matière carbonée sous forme de CO₂ volatil et par l'évaporation de l'eau (Fig.30).

Nos résultats sont en accord avec ceux de Tiquia et al., (2002) qui affirment qu'après maturation, le compost présentent des granulométries très hétérogènes estqu'il subis une décomposition jusqu'à à 1/3 de son volume initial.

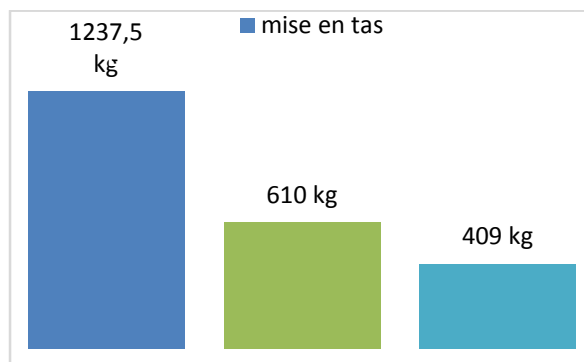


Figure 30 : Variation du poids de compost au cours du processus de compostage

1.8. Analyse effectuée sur le support sable

Selon les résultats d'analyse montrés dans le (Tab.20). Le sable a un pH basique et contient peu de phosphore, en revanche, il est dépourvu de carbone, d'azote, de calcaire et de potassium, c'est pourquoi on ne l'utilise que pour les plantes non exigeantes, ou comme support mélangé à du terreau pour des raisons financière car il revient beaucoup moins cher que le compost ou un autre amendement.

2.Présentation de la plante médicinale et aromatique test : *Calendula officinalis*

Après semis, un suivi a été mené à fin d'étudier la germination et la croissance de la plante médicinale et aromatique test : *Calendula officinalis*. Par la suite, une série d'analyses physicochimiques foliaires ont été effectuées dans le but de déterminer les teneurs des éléments minéraux. Ces tests nous renseignent sur le bon développement de la plante qui est lié à la composition du compost utilisé

2.1. Test de germination

Ce test consiste à mesurer le taux de germination d'une semence sur un substrat donné, mais aussi pour évaluer la phytotoxicité du compost qui peut engendrer la destruction de la semence.

Nous avons obtenu 17 graines germées sur 20 graines semées, ce qui nous donne un taux de germination de 85%. Ce taux est supérieur au seuil minimum fixé par les directives européennes pour la commercialisation des semences, qui est de 65%. Ces graines d'origine locale ont montré un pouvoir germinatif élevé, toutes les graines obtenues étaient saines et en bon état.

2.2. Germination en pot

Pour cette culture, nous utilisons comme support le sable de rivière mélangé au compost obtenu avec deux doses différentes. Ensuite nous comparons le taux de germination obtenues avec celui du sable pure (témoin négatif).

Les plantes semées dans le compost biologique et celle semées dans le compost chimique ont montré un taux de germination de 80% avec la 1^{er} dose (25%) et 70% respectivement, suivi des plantes semées dans le compost non traitées avec une moyenne de 63.66% pour la 1^{er} dose et 60% pour la seconde dose (Tab.21).

Les composts traités ont plus d'effet sur la germination, notamment la 1^{ère} dose. Il faut signaler que dans ces composts tous les taux sont majoritairement élevés par rapport aux normes européennes (65%). 55 % est le taux de germination dans le sable seul qui est le plus faible, il n'est donc pas un support assez riche pour le calendula, plante moyennement exigeante. (Fig.31 ; 32).

On peut expliquer le taux de germination pour les plantes semées dans le compost non traité par une perte du pouvoir germinatif des semences provoqué par une dormance des semences ou des anomalies dans les organes de reproduction tel que l'absence d'embryon.

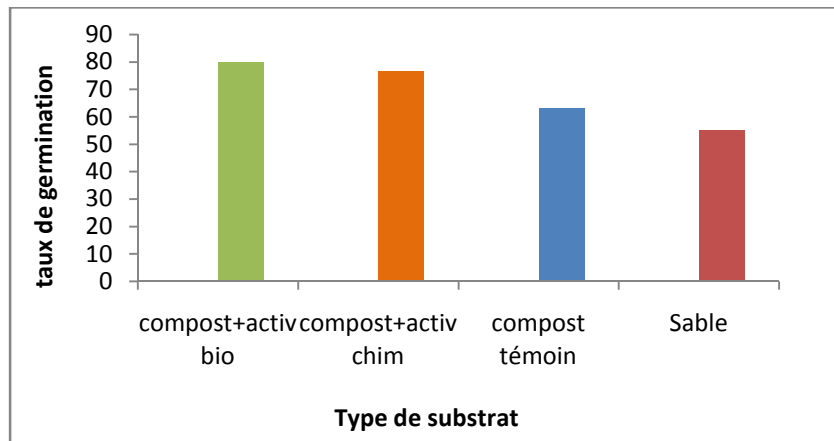


Figure 31: Taux de germination 25% compost et 75% sable

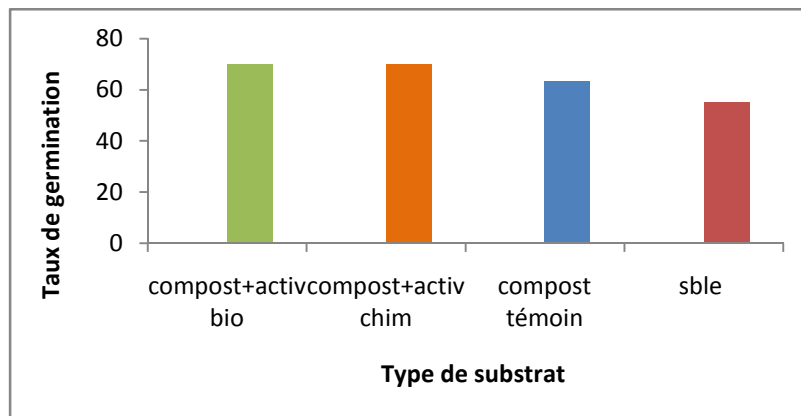


Figure 32: Taux de germination dans 50% compost + 50% sable

La figure 33 renseigne sur la différence entre les taux de germination du calendula par apport aux types et aux proportions de composts n'est pas significatif ($p = 0.363$), la différence de germination des graines de calendula est non significative entre les doses de composts utilisées ($p = 0.279$) (Tab.27).

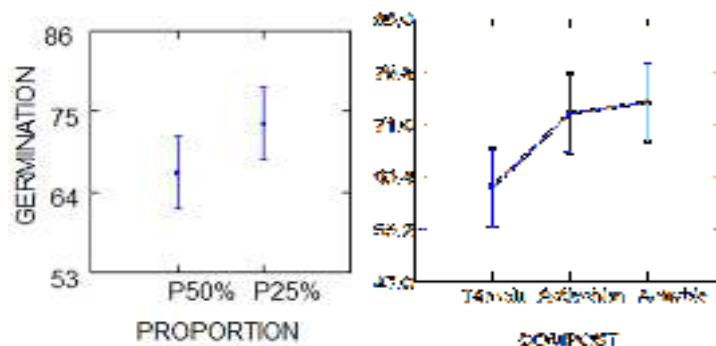


Figure 33: Analyse de la variance du taux de germination des plantes de Calendula par rapport aux types et aux proportions de compost

2.3. Suivi de la croissance de la tige de *Calendula officinalis*

Le suivi de la croissance de *Calendula officinalis* a été effectué dans 4 substrats différents.

2.3.1. Taille de la tige des plantes semées dans 25% compost + 75% sable

Les figures suivantes expriment les résultats de la taille des tiges des plantes semées dans un substrat composé de 25% compost + 75% sable.

Le suivi de la taille des tiges des plantes du 11 mars jusqu'au 2 mai montre une croissance de:

9.62 cm au niveau des plantes semées dans le compost traitées biologiquement, 10.54 cm dans les plantes semées dans le compost traité chimiquement, 9.66 cm au niveau dans les plantes semées dans le compost non traité et enfin 4.95 cm au niveau des plantes semées dans 100% sable (Tab.22)

La tailles des plantes semées dans le sable (5.51cm) est largement inferieur a celle semées dans le substrat chimique (11.11 cm), dans le substrat biologique (10.86cm) et dans le substrat non traité (10.16cm) autres substrats: aussi la différence de croissance entre les tiges des plantes semées dans le compost non traité et les autres plantes semées dans d'autres compost, peut s'expliquer par le choix des plantes broyées, qui sont riches en molécules bio stimulantes (Fig.34).

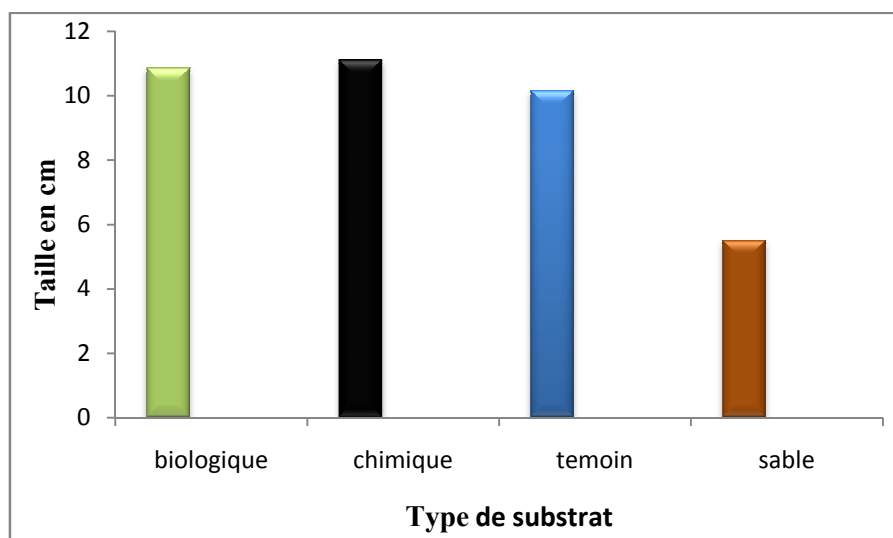


Figure 34: Variation de la taille des tiges des plantes de calendula semées dans 25% compost + 75% sable

2.3.2. Taille de la tige des plantes semées dans 50% compost 50% sable

Le suivi de la taille des tiges des plantes de calendula d 11 mars jusqu'au 2 mai montre une croissance de:

10.12 cm au niveau des plantes semées dans le compost traitées biologiquement, et dans le compost traité chimiquement, 9.99 cm au niveau dans les plantes semées dans le compost non traité et enfin 4.95 cm au niveau des plantes semées dans 100% sable.

Les résultats montrent une diminution de la taille des tiges des plantes semées dans le compost traité chimiquement et celui qui est traité biologiquement par rapport au 1^{er} dosage (25% compost + 75% sable), ceci peut être expliqué par le fait que les plantes de calendula ne peuvent pas supporter un surplus de fertilisation. Ailleurs, la taille des tiges des plantes semées dans 100% sable, n'augmente que de 4.95 ceci est probablement dus a une nutrition inappropriée par rapport aux calendula qui est une espèce moyennement exigeante en éléments nutritives (Tab.23).

La taille des plantes semées dans le sable est inférieur a toute taille (5.51cm) ainsi la taille des plantes semées dans le compost non traité est de (10.44cm) celle des plantes semées dans le compost biologique est de (10.62cm) et enfin la taille des plantes semées dans le compost chimique et de (10.67cm) cependant le compost traités chimiquement ou biologiquement ont un effet qui couvre celui du compost non traité sur la variation de la taille des tiges de la semence (Fig.35).

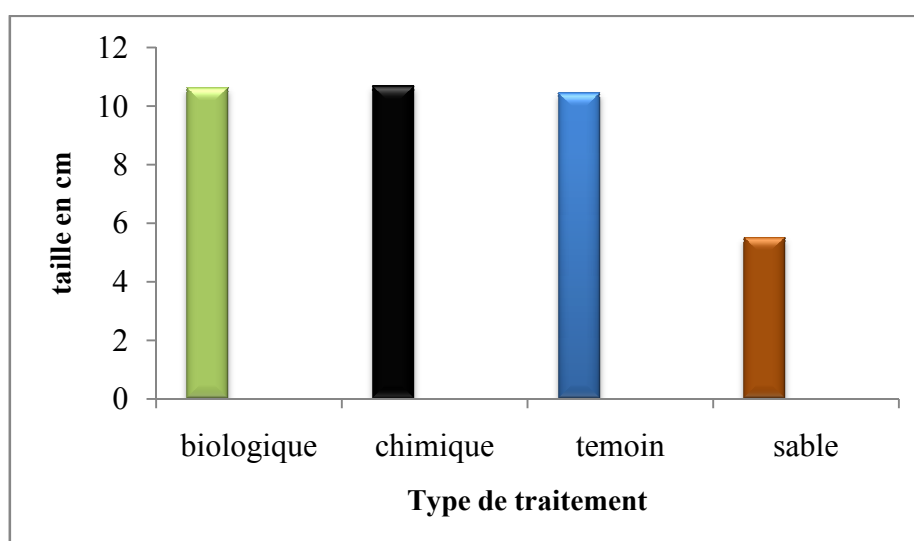


Figure 35: Variation de la taille des tiges des plantes de calendula semées dans 50% compost + 50% sable

La figure 36 renseigne sur la différence de croissance entre les plantes de calendula par rapport aux types et aux proportions de compost. La différence de croissance est hautement significative selon la date de prélèvement et selon le type de composte ($p=0,000$), ce qui montre l'effet de type de compost sur la croissance de la plante. Le meilleur compost est celui traité chimiquement suivi du compost sans traitement et enfin celui traité biologiquement. Entre l'effet des proportions aucune différence significative ($p=0,747$) observée sur la croissance des tiges (Tab.28).

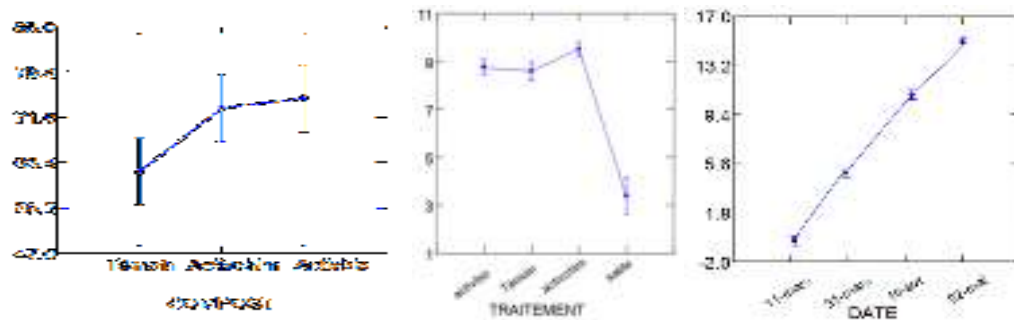


Figure 36: Analyse de la variance de la croissance des plantes de calendula (tiges) selon la composition et le types du compost.

2.4. Suivi du nombre de feuilles produites par la plante

La capacité de la plante à produire des feuilles dépend du substrat sur lequel se développe Vartanian, (1967).

Le suivi du nombre des feuilles du calendula du 11 mars jusqu'au 2 mai (Fig.37, 38), montre une augmentation constante de 8 feuilles au niveau des plantes semées dans le compost non traité dans les deux doses. Pour les plantes semées dans les composts traités, on enregistre 7 feuilles au niveau des plantes semées dans le compost traitées biologiquement, et celui qui est traité chimiquement pour le 1^{er} dose mais on enregistre une diminution de nombre de feuilles qui est de 6 feuilles dans la 2eme dose, néanmoins. Les plantes semées dans 100% sable enregistrent une augmentation de 5 feuilles seulement (Tab. 24).

La différence du nombre de feuilles entre les plantes, peut être expliquée par les résultats obtenus dans la partie compost, qui montre que la teneur en potassium est Plus élevée dans le compost traité chimiquement suivi par le compost traité par le purin d'ortie que le compost non traité.

Nos résultats sont en accord avec ceux de (Youcef et Strent., 1983 ; Hoffmann et al., 1989); qui notent que l'apport d'un amendement au taux de K supérieur à 1,50 diminuerait le nombre de feuilles car plus la concentration de cet élément augmente. Plus la concentration en sel diminue, ou qu'au contraire, le K s'accumule davantage dans la partie foliaire. On rappelle que le K dans le compost était de 1,29 jusqu'à 1,96. Les histogrammes en dessous montrent les variations de nombre de feuilles des plantes de calendula semées dans 25% compost et 50% compost

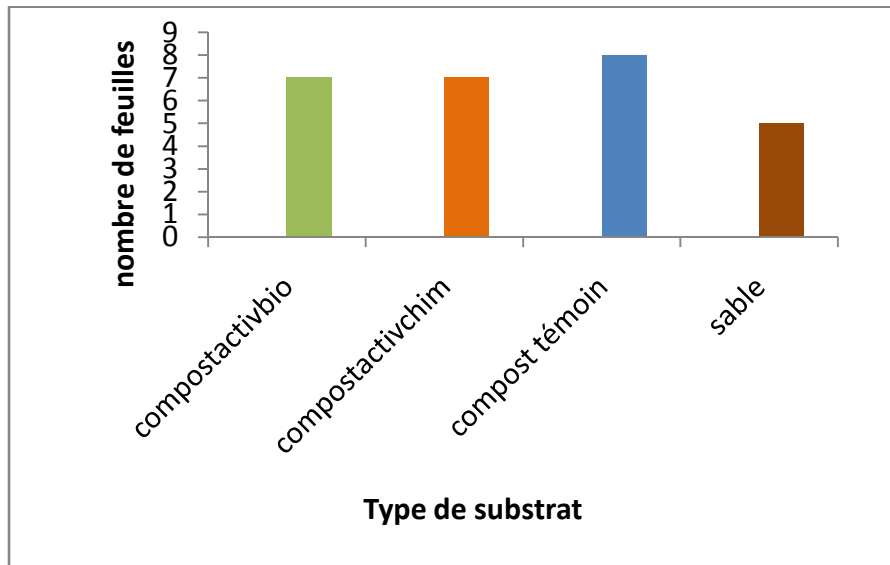


Figure 37: Variation de nombre de feuilles des plantes de calendula semées dans 25% compost + 75% sable

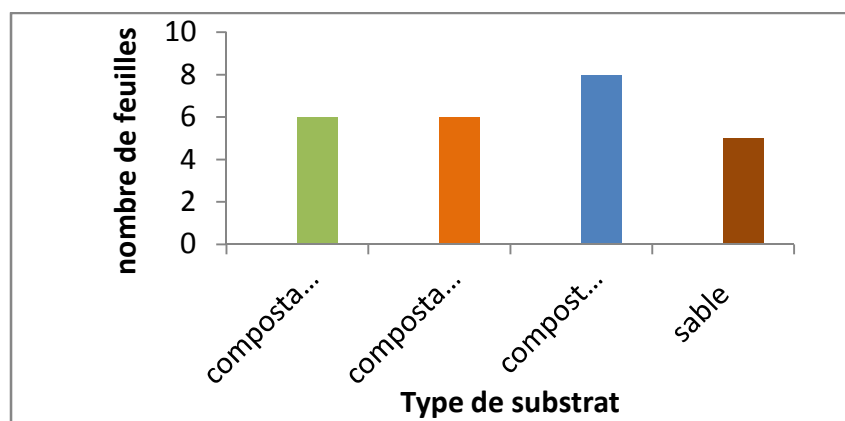


Figure 38: Variation de nombre de feuilles des plantes de calendula semées dans 50% compost 50 sable

La figure ci-dessous renseigne sur la différence de nombre de feuilles entre les plantes de calendula par rapport aux types et aux proportions de compost. Selon l'analyse de la variance effectué par le test GLM, la différence entre le nombre de feuilles est hautement significative ($p=0,000$) selon les types de compost et la période de culture. Par contre, les proportions de compost n'ont aucun effet significatif ($p=0,540$) sur la production du nombre de feuilles (Fig.39).

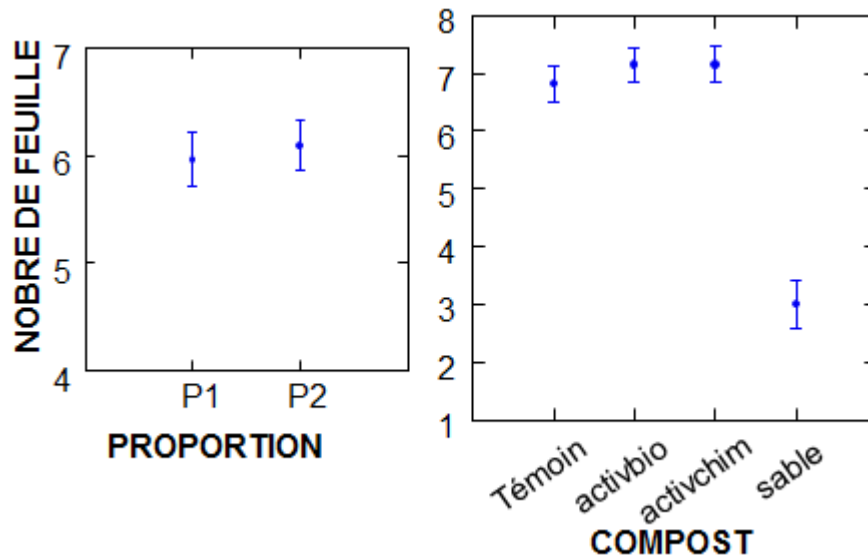


Figure 39: Nombre de feuille des plantes de calendula par rapport aux types et aux proportions de compost.

2.5. Analyse foliaire NP

À travers le diagnostic foliaire réalisé (dosage des éléments, en général totaux, d'un échantillon de feuilles) on essaye de montrer que les traitements réalisés sur le compost engendrent une teneur équilibrée en éléments nutritifs chez la plante.

2.5.1. Teneur des feuilles en azote total

Les résultats montrent des variations des teneurs en azote dans les feuilles de calendula semée avec deux proportions de compost et de sable. Nous remarquons que les feuilles de calendula semée dans la proportion 50% de compost traité chimiquement (2,03%) contiennent plus d'azote par rapport aux feuilles de calendula semée dans le compost biologique (1,81%) ; et le compost témoin (1,63%) par rapport à celle semées dans le sable seul (0,57%) (Fig.40et 41). Cependant les teneurs d'azote

des feuilles semées dans 25% de compost chimique est (2.01%), dans le compost biologique (1.99%), dans le compost témoin (1.52%) (Tab. 25).

Ceci peut s'expliquer par le fait que l'adjuvant chimique contient 46% d'azote, on rappelle que le compost chimique contenait 1.91 % d'azote total valeur la plus élevée par rapport aux autres types de compost; la teneur en azote des feuilles de calendula semée dans 100% sable est très faible car le sable est dépourvu d'azote.

A partir des résultats d'analyses effectués sur le compost, nous pouvons déduire que, plus le compost est riche en azote, plus il apporte de l'azote à la plante.

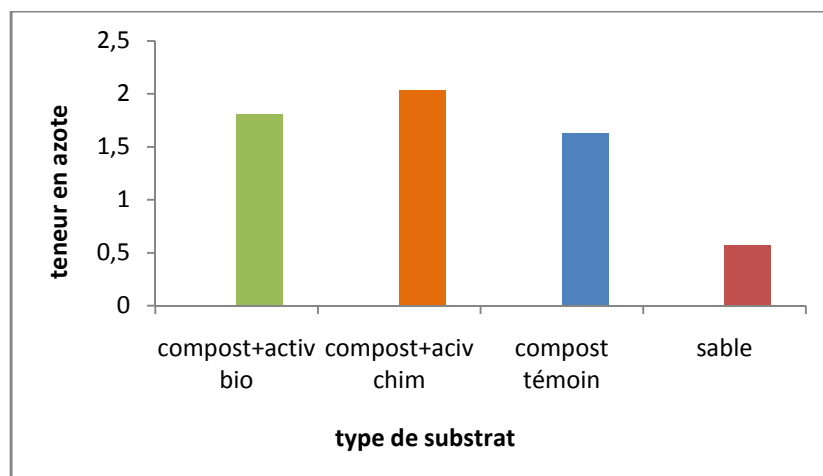


Figure 40: Variation des teneurs en azote des feuilles de calendula dans 50%compost+50% sable

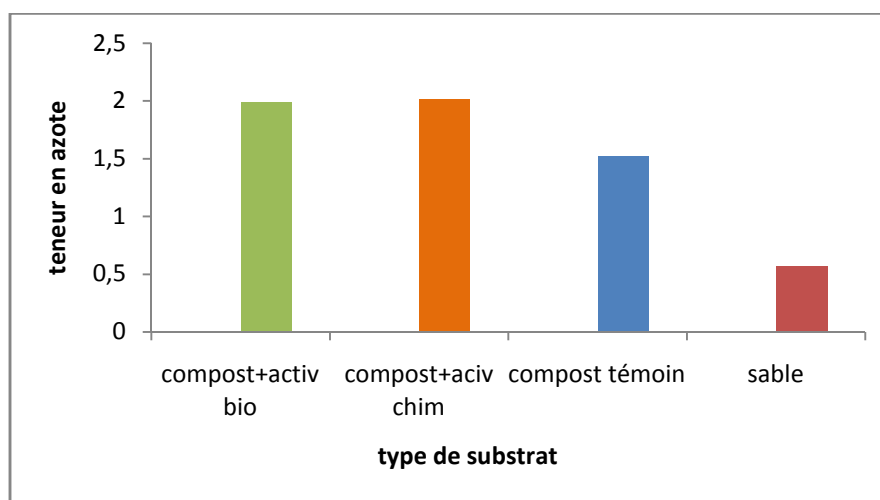


Figure 41: Variation des teneurs en azote des feuilles de calendula dans 25%compost+75% sable

2.5.2 Teneur des feuilles en phosphore assimilable

Selon les résultats, les feuilles de calendula semée dans la 1^{er} dose 25% compost et 75% sable sont de: 0.29% dans le compost biologique, 0.21% dans le compost chimique, 0.15% dans le compost non traité et 0.08% dans le sable ; celles semées dans la 2em dose sont de: 0.27% dans le compost biologique, 0.20% dans le compost chimique et 0.24% dans le compost non traité (Tab. 26)

Les feuilles de calendula semée dans 100% sable contiennent la plus faible teneur en phosphore .Ceci peut être expliqué par le fait que le sable analysé en première partie contient 0.14%de phosphore, le sable n'est donc pas assez riche en cet élément.

Les résultats obtenus de l'azote (Fig.40, 41), allons de 0.57% jusqu'à 2.03% et ceux du phosphore (Fig.42, 43), qui varient de 0.08% à 0.27%, sont on accord avec ceux d'Ingestad, (1959), qui a déduit que la meilleure croissance pour une espèce donnée correspondait, pour chaque élément essentiel, à une certaine teneur dans les feuilles. Ces teneurs optimales sont valables pour un large éventail de conditions biotique et abiotiques, ce sont des valeurs de référence qui renseigne sur l'état nutritif des plantes. La teneur optimale pour les plantes à fleurs est assez proches des valeurs suivantes: N: environ 2,0 / P205: de 0,40 à 0,50

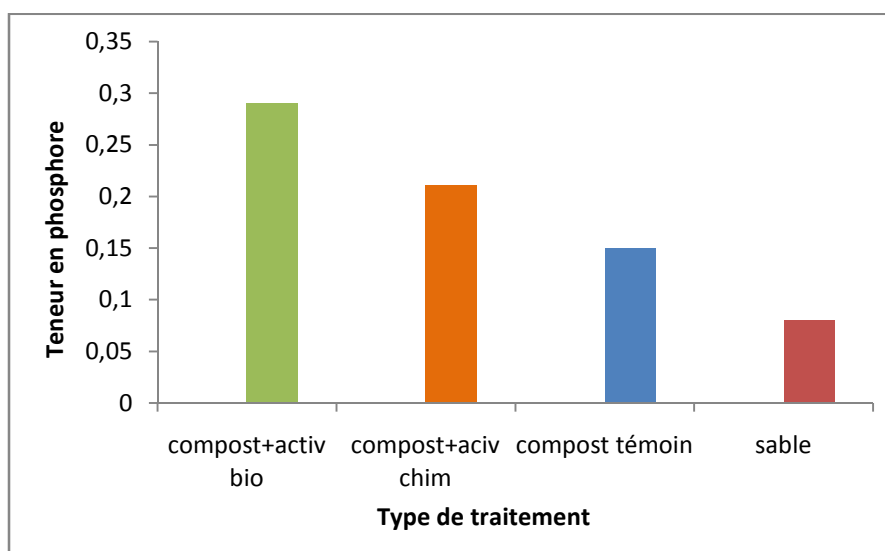


Figure 42: Variations des teneurs en phosphore des feuilles de calendula semée dans 25% compost + 75% sable

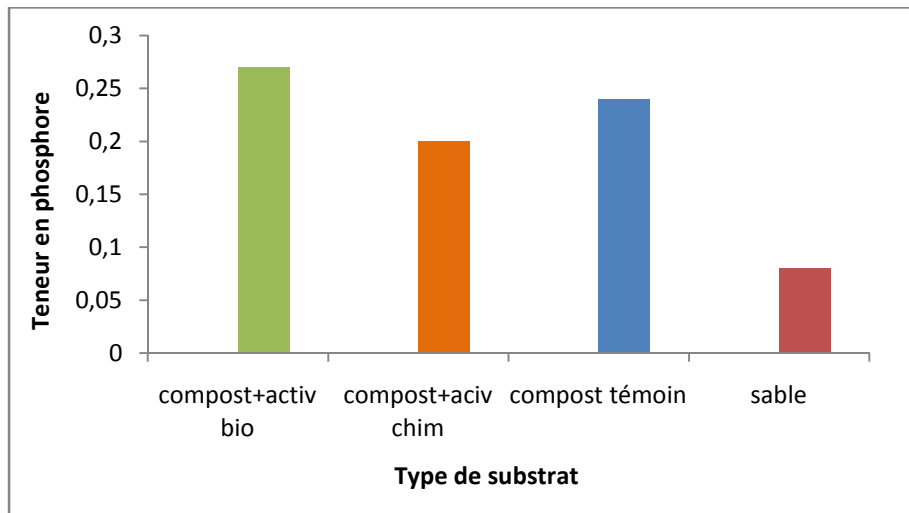


Figure 43: Variations des teneurs en phosphore des feuilles de calendula semée dans 50% compost + 50% sable

Le test de corrélation linéaire (Tab.29), montre que le phosphore varie en fonction du taux d'azote dans les feuilles avec une corrélation positive ($p= 0,03422$, $R= 0,79081$). Cela veut dire que le taux du phosphore augmente avec l'augmentation du taux d'azote dans les feuilles. Ces deux éléments sont majeurs et essentiels à la croissance des plantes et des algues. Ce sont des nutriments limitant, plus ils sont disponible dans le sol, plus il y aura de la matière organique qui sera produite (www.mddep.gouv.qc.ca. Une présence insuffisante de phosphore dans le milieu où le végétal puise son alimentation minérale se traduit le plus souvent par des retards de croissance, un moindre développement, des accidents végétatifs et, bien entendu, une production amoindrie (GERVY, 1970). Feuillage en général foncé et mat avec des teintes pourprées et une défoliation précoce commençant par la base de la plante (PRAT et al 1971 ; CHARLES, 1976). La plante sans P_2O_5 voit sa végétation diminuée et sa floraison retardée (GERVY, 1970), donc la récolte peut diminuer jusqu'à 50% (BAEYENS, 1967).

Les éléments nutritifs peuvent avoir un comportement synergique ou antagoniste vis-à-vis du phosphore. L'action simultanée azote phosphore est synergique car il favorise le développement racinaire. Il existe une relation de synergisme entre le phosphore et l'azote. En effet ces deux éléments sont indispensables pour les fonctions vitales de la plante (photosynthèse, formation de protéines, fixation symbiotique du phosphore...). L'azote ammoniacal favorise l'absorption du phosphore par la plante (LEIKAM et al, 1983)

Table des matières

Introduction.....	1
Chapitre I : le compost	
1. Généralités sur le compost.....	2
1.1. Origine et historique du compost.....	2
1.2. Définition.....	2
2. Objectifs du compostage.....	2
3. Avantages du compost.....	2
4. Inconvénient du compostage.....	3
5. Différents procédés de compostage selon les déchets compostables.....	4
5.1. Compostage en tas.....	4
5.2. compostage en andin.....	4
5.3. Compostage sous aération forcée	5
5.4. Compostage en bac	5
5.5. Compostage en silo auto-construit.....	5
5.6. Compostage de surface	5
5.7. Lombricompostage.....	5
6. Processus du compostage.....	5
6.1. Phase mésophile.....	6
6.2. Phase thermophile.....	6
6.3. Phase de refroidissement.....	6
6.4. Phase de maturation.....	7
7. Paramètres de compostage.....	7
7.1. Micro-organismes.....	7
7.2. Paramètres physico-chimiques.....	8
7.2.1. Température, T (°C).....	8
7.2.2. Taux d'humidité.....	9
7.2.3. Apport en oxygène.....	9
7.2.4. Nature du substrat.....	10
7.2.5. Durée.....	11
7.2.6. Pertes en matières pendant le compostage.....	11
7.2.7. Acidité et pH.....	11

8. La valorisation des déchets verts un marches très promoteur.....	12
---	----

Chapitre II : les plantes aromatiques et médicinales

1. Aperçu historique sur l'utilisation des PAM.....	14
2. Généralité sur les P.A.M.....	14
3. Principes actifs contenus dans les P.A.M.....	14
3.1. Huiles essentielles.....	15
4. Les utilisations des Plantes aromatiques et médicinales.....	15
5. Aspects Environnementaux des P.A.M.....	16
6. Aspects économique des P.A.M.....	16
6.1. Les P.A.M en Algérie.....	16
6.2. Les PAM au Maghreb.....	16
6.3. Les P.A.M dans le monde.....	17
7. Généralité sur le Calendula officinalis.....	18
7.1. Historique.....	18
7.2. Place du calendula dans la description botanique.....	18
8. Conditions propices au développement de Calendula officinalis.....	19
8.1. La luminosité.....	19
8.2. pH et salinité.....	19
8.3. Humidité.....	19
8.4. Température.....	19
9. Fertilisation.....	19
10. Les maladies et les ravageurs du souci.....	19

11. Composition des parties utilisées.....	20
12. Domaine d'utilisation du souci des jardins.....	20
12.1. Utilisation agricole.....	20
12.2. Utilisation vétérinaire.....	21
12.3. Utilisation médicinale et cosmétique.....	21
12.4. Utilisation alimentaire.....	21
13. La posologie du calendula.....	22
13.1. Dosage.....	22
13.2. Contre-indications.....	22
13.3. Effet indésirables.....	22
Chapitre III : Matériels et méthodes	
I. Matériel non biologique utilisé.....	23
1.1. Matériel utilisé en traitement des déchets verts.....	23
1.2. Matériel non biologique utilisé en compostage.....	23
1.3. Matériel non biologique utilisé dans le semis du Calendula officinalis.....	24
2. Matériel biologique.....	25
2.1. Matériels d'élaboration du compost.....	25
2.2. Matériel biologique utilisé dans le semis du Calendula officinal.....	30
3. Présentation du site.....	31
4. Modalité de traitement des déchets verts.....	31
4.1. Le traitement des déchets verts.....	31
4.2. La réception des déchets verts.....	32
4.3. Le tri des P.A.M.....	32
4.4. Le broyage des végétaux.....	33
5. Procédures adaptées au compostage des déchets verts.....	33
5.1. La mise en tas du compost.....	33
5.2. Division du tas.....	33
5.3. Les activateurs de compost.....	34
5.3.1. Activateur biologique.....	34
5.3.2. Activateur chimique.....	35
6. Suivi de la transformation de la matière.....	35
6.1. La température.....	36
6.2. L'aération.....	36

6.3. L'arrosage.....	36
6.4 .La maturation.....	36
6.5. Le tamisage.....	37
6.6. Mesure du poids.....	37
6.7. Le stockage.....	37
7. Méthode de culture et de fertilisation de <i>Calendula officinalis</i>	38
7.1. Test de germination.....	38
7.2. Le semi du <i>Calendula officinalis</i>	39
7.2.1 La Technique de semi.....	39
7.3. Le suivi du souci.....	41
8. Analyses physicochimiques.....	41
8.1. Présentation du laboratoire d'analyse.....	41
9. Prélèvement et l'échantillonnage du compost.....	41
9.1 Analyses effectuées sur le compost.....	42
9.1.1. Dosage du carbone (C).....	42
9.1.2. L'azote total (N).....	42
9.1.3. Le phosphore assimilable (P ₂ O ₅).....	43
9.1.4. Le potassium (K ₂ O).....	44
9.1.5. Calcaire total.....	44
9.1.6. Le pH.....	44
9.1.7. Humidité.....	45
10.Échantillonnage et analyses foliaires.....	45
11. Analyse de la variance.....	45
12. Test de corrélation linéaire.....	45
Chapitre IV : Résultats et discussion	
1. Caractérisation physicochimique du compost.....	46
1.1. Teneurs en carbone, en azote et le rapport C/N du compost.....	46
1.2. Dosage des éléments fertilisants.....	48
1.3. Mesure du pH.....	50
1.4. Résultats de l'humidité relative.....	51
1.5. Mesure de la conductivité.....	51
1.6. Dosage du calcaire total.....	52
1.7. Evaluation du poids du tas.....	53

1.8. Analyse effectué sur le support sable.....	53
2. présentation de la Plante médicinale et aromatique: <i>Calendula officinalis</i>	53
2.1. Test de germination.....	54
2.2. Germination en pot.....	54
2.3. Suivi de la croissance de la tige de <i>Calendula officinalis</i>	56
2.3.1. Taille de la tige des plantes semées dans 25% compost + 75% sable.....	56
2.3.2. Taille de la tige des plantes semées dans 50% compost 50% sable.....	57
2.4. Suivi du nombre de feuilles produites par la plante.....	58
2.5. Analyse foliaire NP.....	60
2.5.1 Teneur des feuilles en azote total.....	60
2.5.2 Teneur des feuilles en phosphore assimilable.....	62
Conclusion.....	64
Perspective.....	65
Références bibliographiques	
Annexe	

Le compostage des déchets verts est un processus entièrement naturel de dégradation de la matière organique, cet outil écologique est aussi une méthode de valorisation des végétaux. Les analyses physico-chimiques effectuées sur cet amendement ont pu confirmer sa stabilité ce qui laisse supposer sa production intensive pour diminuer l'utilisation des engrais chimiques.

les analyses chimiques ont montrés que le compost non traité présente le meilleur taux de carbone, et le meilleur taux de calcaire, un pH très équilibré semblable a celui du compost traité avec l'adjuvant chimique. Ce dernier possède le taux le plus élevé de potassium, d'azote total, et une meilleure humidité se rapprochant de celle du compost traité avec le purin d'ortie qui a le meilleur taux de phosphore et la meilleure conductivité.

Le compost produit répond donc aux nouveaux critères mondiaux concernant la préservation de l'environnement soutenu par la politique de développement durable.

La deuxième partie de ce travail se résume en un essai de culture de *Calendula officinalis*, plante aromatique et médicinale à grand intérêt industriel. Les plants cultivés dans un substrat à compost traité biologiquement ont le plus grand taux de germination, ceux cultivés dans un substrat à compost témoin ont le plus grand nombre de feuilles, et enfin ceux cultivés dans substrat traité chimiquement ont la plus grande taille de tige.

On confirme aussi que la richesse du compost en azote total et en phosphore assimilable se reflète dans les analyses foliaires de cette plante moyennement exigeante: Les plantes cultivées dans un substrat à compost traité chimiquement ont le plus grand taux d'azote total, et celles traitées biologiquement ont le plus grand taux de phosphore assimilable ; ainsi au delà de notre objectif de valoriser les déchets verts nous pouvons développer un aspect social positif envers l'environnement.

****A****

- ❖ **Abousalam. S., 2005.** "Recherche d'une méthode d'analyse du fonctionnement des usines de tri compostage des déchets ménagers. Fiabilité des bilans matière." Rennes, Institut National Polytechnique de Toulouse: 110.
- ❖ **ADEME J., 2004.** « Elimination des déchets générés par les traitements anticancéreux: Bilan des études R&D, Guide de recommandations ». ISBN 2868177549, 9782868177544
- ❖ **Annabi M., Houot S., Francou C., Poitrenaud M and Bissonais Y., 2007.** "Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities". *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71, 413–423
- ❖ **Adnani. D., (2006).** « Gestion Déléguée du Service Public : Cas de l'Assainissement Solide » Publié le 19/09/2006 par Dr Driss ADNANI. Site internet : <http://adnanidriss.centerblog.net/550095-GESTION-DELEGUEE-ASSAINISSEMENT-SOLIDE>.
- ❖ **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. Université PAUL CEZANNE AIX-MARSEILLE III. 92-96p
- ❖ **Albrecht H., Rusch-Gerdes S., Stellbrink H.J., Greten H., Jackle S. -** Disseminated Mycobacterium genavense infection as a cause of pseudo-Whipple's disease and sclerosing cholangitis. *Clin. Infect.*,1997, 25 : 742-743.

****B****

- ❖ **Bertolini G., 1983.** "Une ressource à valoriser : le secteur informel, le cas indonésien." Programme interministériel Rexcoop. 44p.
- ❖ **Barrigton S., Choinière D., Trigui M et Knight W., 2003.** « Compost convective air low under passive aeration ». *Bioresources Technologie*, 86:259-266.

- ❖ **BENGHANOU N., 2003.** Physiologie végétale, Ed. De Boek, Belgique, 69p. (2012).
- ❖ **BARADAT L., 1986.** Analyse du développement agro-alimentaire, fascicule II bis. Filières et marchés agro-alimentaires.

****C****

- ❖ **CONRAD P Charles., 1994.** Diagnostic de la carence phosphorique des sols par symptomatologie chimiques comparatives, C.R.A.cd Agric Franc 26, pp906-913.
- ❖ **Charnay R., 2005.** Improving rural livelihood through linking small-Holder farmers to new Growth markets in the WANA Region". MAPN (Medicinal and Aromatic Plants Network), AARINENA, PPT presentation.
www.egfar.org/...Regional.../WANA_region.ppt.
- ❖ **Compaoré E & Nanéma L.S., 2010.** « Compostage et qualité de compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso ». TROPICULTURA, 2010, 28, 4, 232-237.
- ❖ **Colardeau M., 1976.** les phosphore et l'agriculture .Edition .DUNOD, paris.298p.

****D****

- ❖ **Dunstan Y. Khatteli H., Gammoudi T., 2013 :** Filière des Plantes Aromatiques et Médicinales (PAM) dans le sud-est de la Tunisie : Importance et perspectives de développement, Publication de l'Institut des Régions Arides, 121 p.

****E****

- ❖ **El-Gengaihi A. Ghemouri G. ; Meddour R. et Meddour-Sahar O., 1982 :** Approche ethnobotanique des plantes médicinales en Kabylie (Wilaya Tizi-Ouzou, Algérie). Proceeding of the International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants-SIPAM 2012. Acta-Horticulturae. Number 997-pp: 4255-433.

- ❖ **Epstein R. et Gammoudi T., 1976** : Le secteur des Plantes Aromatiques et Médicinales (PAM) en Tunisie : importance et opportunités socio-économiques. Revue des Régions Arides, Numéro spécial, Vol II. Actes du séminaire international «Perfume, Aromatic and Medicinal Plants : from production to valorization », 2-4 Novembre 2006, Jerba, Tunisie, P.834. al.

****F****

- ❖ **FAO. 2002.** Biofertilizer production plant, Myanmar (FAO/UNDP Project), by H. Hiraoka. Back to Office Report. Bangkok, FAO–RAP.
- ❖ **Fuchs J and Larbi M., (2004).** “Disease control with quality compost in pot and field trails”. Paper presented at International Conference on soil and Composts eco-biology. SoilACE, Biomase Peninsular, C/Cartagena, 58, 1, SP-Madrid 28028. León-Spain, 1517. Sep. 2004:157-166.
- ❖ **Francou C., Poitrenaud M and Houot S., (2005).** ”Stabilization of Organic Matter During Composting: Influence of Process and Feedstocks”. Compost Science & Utilization (2005), Vol. 13, No. 1, 72-83
- ❖ **Foy L. et Wheeler V., 1979.** Les engrais minéraux caractéristiques et utilisations N°72 Septembre. Perspectives agricoles n°181-juin, pp : 17-22.

****G****

- ❖ **Gotschall et al. (1991).** “Einflubder Rottesteuerung auf Qualität.Düngewer und Bodenverbesserunseigenschaften von Restmistkomposten”. Department of Ecology Agriculture at the University of Kassel, witzenhausen.
- ❖ **Godden B., (1986).**« Etude du processus de compostage du fumier de bovin ». Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Université Libre de Bruxelles. Laboratoire de microbiologie, 136 pages+annexes.
- ❖ **GROSSMANN J.** Mesures d’urgences pour une remise à niveau de la station de compostage de Blida. Rapport de la coopération technique algéro-allemande entre le Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement (MATE) et la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH - Programme Gestion de l’Environnement. Mars 2003. 56p.

****H****

- ❖ **Hassen A., Belguith K., Jedidi N., Cherif A., Cerif M. & Boudabous A., (2001).** "Microbial characterization during composting of municipal solid waste." *Bioresource Technology* 80: 217-225.
- ❖ **HOFFMANN R., TUFARIELLO J., BISON AM., 1989:** Effect of divalent cations Na^+ on permeability of *Chara coralline* and fresh water grow *Chara buckelli*. *J. of Exp. Bot.*, 40, 217: 875-881.
- ❖ **HOPKINS W G., 2003:** *Physiologie végétale*. 2^{ème} édition. De Boeck, Bruscelles: 61- 476.
- ❖ **HERNANDEZ S., 1997:** Mécanismes physiologiques et métaboliques de la résistance à la contrainte saline chez les végétaux supérieurs. Thèse. D.E.A, Université de Rennes: 20p.
- ❖ **HOFFMANN R., TUFARIELLO J., BISON AM., 1989:** Effect of divalent cations Na^+ on permeability of *Chara coralline* and fresh water grow *Chara buckelli*. *J. of Exp. Bot.*, 40, 217: 875-881.

****I****

- ❖ **ISERIN G., MELKONIAN M., HOLTUM J.A., LATZKO E., 2001:** Characterization of calcium fluxes across the envelope of intact spinach chloroplasts. *Planta*. 166, 515-523.
- ❖ **ITAB, (2001).** « Guide des matières organiques ». Tome 1. Deuxième édition 2001p 105-106.
- ❖ **INGESTAD, A.N., Gachengo, C.N., Delve, R.J., Cadisch, G. et Giller, K.E. 1959.** Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Ag. Ecosys. Env.*, 83: 27-42.
- ❖ **Itävaara M., Venelampi O and Karjomaas., (1995).** "Testing methods for determining the compostability of packaging materials". In: Barth, J. (ed.). *Proceedings of Biological Waste Management «Wasted Chance» BWM Infoservice, Germany.*

- ❖ **Iglesias-Jimenez E & Perez-Garcia V., (1989).** "Evaluation of city refuse compost maturity: A review". *Biological Wastes*, 27:115-142

****J****

- ❖ **Jambhhekar, H. 2002.** Vermiculture in India – online training material. Pune, India, Maharashtra, Agricultural Bioteks.
- ❖ **Jambu P., Coulibaly G., Bilong P., Magnoux P and Amblès A., (1983).** "Influence of lipids on physical properties of soil". *Humus &Planta VIII*, 1, 46-50.
- ❖ **Jeris J.S and Regan R.W., (1973).** « Controlling environmental parameters for optimum composting. *Compost Science*. vol 14, n°1, p 10-15-23.
- ❖ **Jouraiphy A., Amir S., El Gharous M., Revel J.- C & Hafidi M., (2005).** "Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformation during composting of sewage sludge and green plant waste". *International Biodeterioration&Biodegradation*56, 101-108.

****K****

- ❖ **Kaiser M., (1983).** « L.,analyse de la microbiologie du compost ». 1ère partie. *Compost information*, 12: 9-13.
- ❖ **Kulcu R. &Yaldiz O., (2004).** "Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricultural wastes." *BioresourceTechnology* 93: 49–57.
- ❖ **Klamer M and Baath E., (1998).** "Microbial community dynamics during composting of straw material studied using phospholipid fatty acid analysis FEMS" *Microbiology Ecology*, 27, 9-20.

****L****

- ❖ **LEYTON C.R ET VANGOOR L.P., 1994.** *MBA Marketing*, Nouveaux horizons, Maxima, Paris France.
- ❖ **Leclerc B., (2001).** «Guide des matières organiques». Deuxième édition, Tome I. ITAB – Paris.

- ❖ **Lechler P. J et Desilets M. O., (1987).** «A review of the use of loss on ignition as a measurement of total volatiles in whole-rock analysis», dans *Chemical Geology*, vol. 63, p. 341-344
- **M**
- ❖ **Matejka G., De Las Heras F., Klein A., Paquetteau F., Barbier J & Keke A. (2001).** "Composting of municipal solid waste in Labé (Guinea): Process optimisation and agronomic development". Eight International Waste Management and Landfill Symposium". Cagliari, Italy. 451-457.
- ❖ **McKinley V.L and Vestal J.R., (1985).** "Biokinetic analyses of adaptation and succession: Microbial activity in composting municipal sewage sludge". *Appl. Environ. Microbiol.* 47: 933-941
- ❖ **MUSTIN M.** *Le compost, gestion de la matière organique.* Paris : François Du Busc, 1987. 954 p.
- ❖ **Mokkedem O., 2004:** les plantes médicinales et aromatiques en Algérie : situation et perspectives. Acte du séminaire international sur le développement du secteur des plantes aromatiques et médicinales dans le bassin méditerranéen. Djerba : 1-3 juin 2004. IRA-ICARDA, ARS-USDA. pp : 28-36.
- ❖ **Mejlissi B., 2009.** "Analyse de la filière des Plantes Aromatiques et Médicinales (PAM) en Tunisie Cas d'étude Smar et Béni Khédache". Master Innovation et Développement des Territoires Ruraux Parcours : Sociétés rurales, territoires et gestion des ressources naturelles en zones méditerranéennes., sous la direction de Bessaoud O. et Sghaier M., Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier et Institut des Régions Arides Médenine. 76 p.
- ❖ **(Mackova M., Ben Arfa A., et Ben Salem F. (1988) :** Culture, exploitation et valorisation de certaines plantes aromatiques et médicinales de la Tunisie méridionale : Référentiel technique. IRA ; IFAD ; ICARDA. 89p.
- ❖ **Murakoshi, Beerentrup et Röbbelen, (1975).** Analyse coût-bénéfices : guide méthodologique. Numéro 2009-06 des Cahiers de la Sécurité

Industrielle, Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle, Toulouse, France (ISSN 2100-3874). Disponible à l'URL: http://www.icsi.eu.org/francais/dev_cs/cahiers/

****N****

- ❖ **Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). 1992.** *On-farm composting*, edited by R. Rynk. Ithaca, USA, NRAES Cooperative Extension.
- ❖ **Ngnikam Eet Tanawa E., (2006).** « Les villes d'Afrique face à leur déchets » Edition UTMB, Belfort- Montbéliard, 281P.
- ❖ **Ngnikam E., Vermande P., Tanawa M et Wethe J., (1997).** « Une démarche intégrée pour la maîtrise de la gestion des déchets solides urbains au Cameroun » - Rev. Déchets Sciences & Techniques, 1997, n°20, pp 22-34.
- ❖ **Ndegwa, P.M. & Thompson, S.A. 2001.** Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Biores. Tech.*, 76(2): 107–112.

****P****

- ❖ **Penka V.** Etude de faisabilité de la production et de la commercialisation du compost d'ordures ménagères à Maroua et dans les environs, Enviro Protect, Maroua. 1978
- ❖ **PELT J., 1982.** Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions. John-Wiley& Sons, New York, p 443.
- ❖ **Pauwels J.M., Van Ranst E., Verloo M. et Mvondo Ze A., (1992).** Manuel de Laboratoire de Pédologie « Méthodes d'analyses de sols et de plantes, équipement, gestion de stocks de verrerie et de produits chimiques ». Publications Agricoles 28. Adminis. Générale Coopération au Développement, Bruxelles. 265p.

****R****

- ❖ **Rynk R., Van de Kamp M., Willson G. B., Singley M. E., Richard T. L., Kolega J. J., Gouin F. R., Laliberty JR. L., Kay D., Murphy D. W., Hoitink H. A. J. and Brinton W. F., (1992).** In: R. Rynk (ed.). "On-farm

composting handbook”. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, NRAES-54, Ithaca, New York, 186 p

- ❖ **Rynk R., 2003.** “The art in the science of composting”. *Compost Science & Utilization*, 11, 2:94-95.
- ❖ **Rynk R., 1992.** “On-Farm Composting Handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service”. Cornell University, Ithaca, NY.

S

- ❖ **SBA, (2005).** « Gestion rationnelle des déchets au Maghreb, GV-UMWELT- and RECYCLING MANAGEMENT ». Rapport sur Mesures d’urgences pour une remise à niveau de la station de compostage de Blida, mars 2003.
- ❖ **Spohn E., 1969.** “How ripe is compost?”. *Compost Science*, automne 1969, pages 24 à 26.
- ❖ **Skordilis A., (2004).** “Modelling of integrated solid waste management systems in an island”. *Resources, Conservation & recycling* 41: 243-254.
- ❖ **Serra-Wittling C., (1995).** "Valorisation de composts d'ordures ménagères en protection des cultures: Influence de l'apport de composts sur le développement des maladies d'origine tellurique et le comportement de pesticides dans un sol." Mémoire de thèse pour l'obtention du diplôme de docteur de l'INA-PG, 220p.
- ❖ **Scherrer Bruno., (1984).** « *Biostatistique* », Montréal, Gaëtan Morin éditeur, 850 p.
- ❖ **SérémeA et Mey P., 2007.** « Valorisation agricole des ordures ménagères en zone saoudano-sahélienne : cas de la ville de Bobo Dioulasso ». *Rev. CAMES- Série A*, Vol. 05 : 64-71p.
- ❖ **Soudi B., 2001.** « Compostage des déchets ménagers et valorisation du compost: cas des petites et moyennes communes au Maroc », ed Actes, 104 p.
- ❖ **Safwat A. Mahammad, Hesham M. El-Badawy, Ahmad Yehya, Hosni El-Motaafy.** *Materials Sciences and Applications (MSA)* , 2011, DOI: 10.4236

- ❖ **Soumaré M., Tack F and Verlo, M., (2003).**“Characterisation of Malian and Belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for land application”.*WasteManag.* 23, 517–522
- ❖ **Sundberg C., Smars, S. &Jonsson H. (2004).**“Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting”.*Bioresource Technology* 95, 145-150.

****T****

- ❖ **Tchobanoglous G., Theisen H& Vigil S., 1993.** “Engineering principles and management issues: Integrated solid waste management” McGraw-Hill.978 p.
- ❖ **Tiquia S. M., Wan J. H. C & Tam N. F. Y., 2002.** “Microbial population dynamics and enzyme activities during composting”.*Compost Science & Utilization*10, 150-161.
- ❖ **Tremier A., de Guardia A., Massiani,C ., Paul E., Martel J.L., 2005.**
A respirometric method for characterizing the organic composition and biodegradation kinetics and the temperature influence on the biodegradation kinetics, for a mixture of sludge andbulking agent to be composted.
Bioresource Technology 96, 169-180.

****U****

- ❖ **USEPA, (1993).** « Agence de Protection de l’Environnement des Etats-Unis ».
- ❖ **UNEP, (2001).** « Les avantages financiers de la production plus propre (PP) ».

****W****

- ❖ **Waksman, S.A., Cordan, T.C and Hulpoi N., 1939.** “Influence of temperature Upon the microbiological population and decomposition processes in compost of stable manure. *Soil.*
- ❖ **Waas E., Adjademe N., Bideaux A., Deriaz G., Diop O., Guene O., Laurent F., Meyer W., Pfammatter R., Schertenleib R et Toure C., 1996.** "Valorisation des déchets ménagers organiques dans les quartiers populaires des villes africaines." Genève, Suisse, SKAT.142.

****Y****

- ❖ **YOUCEF et STRENT, (1983).** «Quantité d'organismes vivants intervenant à un moment ou à un autre pendant le compostage». C.I.H.E.A.M Mediterranean Agronomic Instituted of Bari. p29.
- ❖ **Yulipriyanto H., (2001).** «Emission d'effluents gazeux lors du compostage des substrats organiques en relation avec l'activité microbologique (nitrification denitrification) ». Thèse de doctorat. Université de Rennes 1, p18.

****Z****

- ❖ **Z. Zurbrugg , S. Aloueimine, G. Matejka and M. Sidi Mohamed, (2006)** “Caractérisation des ordures ménagères à Nouakchott Partie 1: Méthode d'échantillonnage ”,Déchets sciences et techniques, Vol. 44, 2006, pp. 4-8

Perspective

Diminution des volumes de déchets verts en Algérie.

Valoriser les rejets de plantes en compost.

Diminuer des traitements préventifs chimiques en utilisant des apports de matière organique stable.

Réaliser une étude de marché pour une éventuelle commercialisation des composts.

Vérifier l'innocuité des traitements avec des analyses d'ETM.

Réaliser d'autres essais pour tester le compost sur d'autres cultures.

Annexe 1

Figures	Titres	Pages
Figure 1	Besoins des microorganismes en oxygène pendant les étapes du compostage	10
Figure 2	Variation du pH au cours du compostage	12
Figure 3	Importance des PAM pour la subsistance / bien-être d'un nombre important de petits exploitants agricoles dans la région MENA.	20
Figure 4	Matériel non biologique utilisé en traitement des déchets verts	28
Figure 5	Matériel non biologique utilisé en compostage	29
Figure 6	Matériel non biologique utilisé dans le semis du <i>Calendula officinalis</i>	29
Figure 7	Matériel biologique utilisé dans le semis du Calendula officinal	36
Figure 8	Abréviation et logo de L'Etablissement de Développement des Espaces Verts	36
Figure 9	Synoptique du traitement des déchets	38
Figure 10	Broyat des déchets verts	38
Figure 11	Division du tas initial	39
Figure 12	L'ortie de la cueillette à la purification	40
Figure 13	Du stockage à l'utilisation du purin d'ortie	40
Figure 14	Activateur chimique « SUPER 46 »	41

Figure 15	Compost mature	42
Figure 16	Opérations de tamisage	42
Figure 17	Stockage du compost	43
Figure 18	Test de germination pour les graines du <i>Calendula officinallis</i>	44
Figure 19	Téchnique de semi (exemple appliqué sur le lot de compost biologique)	45
Figure 20	Schéma récapitulatif du résonnement culturel	46
Figure 21	Le souci en pot	46
Figure 22	Variation des teneurs en carbone	53
Figure 23	Variation des teneurs en azote total	54
Figure 24	Variation des teneurs en phosphore assimilable	55
Figure 25	Variation des teneurs en potassium	56
Figure 26	Variation des taux de pH	56
Figure 27	Variation du taux d'humidité selon les types de compost	57

Figure 28	Variation de la conductivité selon les types de compost	58
Figure 29	Variations des taux de calcaire	59
Figure 30	Suivi de l'évaluation du poids de compost	60
Figure 31	Taux de germination 25% compost et 75% sable	61
Figure 32	Taux de germination dans 50% compost + 50% sable	61
Figure 33	Variation de la taille des tiges des plantes de calendula semées dans 25% compost + 75% sable	62
Figure 34	Variation de la taille des tiges des plantes de calendula semées dans 50% compost + 50% sable	63
Figure 35	Variation de nombre de feuilles des plantes de calendula semées dans 50% compost 50% sable	65
Figure 36	Variation de nombre de feuilles des plantes de calendula semées dans 25% compost 75% sable	65
Figure 37	Variation des teneurs en azote des feuilles de calendula dans 50%compost+50% sable	66
Figure 38	Variation des teneurs en azote des feuilles de calendula dans 25%compost+75% sable	67

Figure 39	Variations des teneurs en phosphore des feuilles de calendula semée dans 25% compost + 75% sable	68
Figure 40	Variations des taux de calcaire	68
Figure 41	Germination des plantes de calendula par rapport aux deux proportions et aux trois types de composts	69
Figure 42	Croissance des plantes de calendula par rapport aux deux proportions, aux trois types de composts et au temps.	70
Figure 43	Nombre de feuille des plantes de calendula par rapport aux deux proportions, aux trois types de composts et au temps.	70
Figure 44	Taux d'azote total dans les plantes de calendula par rapport aux types et aux proportions de compost.	71
Figure 45	Taux de phosphore assimilable dans les plantes de calendula par rapport aux types et aux proportions de compost.	71

Annexe 2

Photothèque



Figure 4: Matériel non biologique utilisé en traitement des déchets verts



Figure 5: Matériel non biologique utilisé en compostage



Figure 6: Matériel non biologique utilisé dans le semis du *Calendula officinalis*



Figure 7: Matériel biologique utilisé dans le semis du *Calendula officinal*



Figure 9: Broyat des déchets verts



Figure 11: L'ortie de la cueillette a la purification



Figure 12: Du stockage a l'utilisation du purin d'ortie



Figure 13: Activateur chimique « SUPER 46 »



Figure 46: Etape de valorisation des déchets verts



Figure: Etape de l'élaboration du compost



Figure : Test de germination pour les graines du *Calendula officinalis*



Figure 48: Le souci des jardins en pots



Figure 49: Matériels biotiques et abiotiques utilisés pour le semi du calendula



Figure 50: Analyses physico chimiques effectuées sur le compostage



Figure 51: Analyse physico chimiques effectuées sur le calendula

Annexe 3

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 1	Micro-organismes contribuant au compostage	8
Tableau 2	Typologie des déchets végétaux	13
Tableau 3	Les débouchés du compost de déchets verts	14
Tableau 4	Fiche technique du <i>Calendula officinalis</i>	21
Tableau 5	Maladies et les ravageurs du <i>Calendula officinalis</i>	23
Tableau 6	Fiche technique des algues rouges	30
Tableau 7	Fiche technique de la grande ortie	31
Tableau 8	Fiche technique du platane	32
Tableau 9	Fiche technique du faux poivrier	33
Tableau 10	Fiche technique du caoutchouc	34
Tableau 11	Fiche technique du figuier Banyan	35
Tableau 12	Poids des espèces broyées en kilogrammes	37

