

Diagnostic et analyse thermique du processus de compostage sylvicole pour prévenir la dissémination des semences de morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium* Cav.)

Y. M'SADAK¹ & I. SAAD¹

(Reçu le 09/07/2014; Accepté le 08/08/2014)

Résumé

L'objectif de ce travail était d'étudier la thermogénèse au cours du processus de compostage pour évaluer les possibilités de destruction thermique de la capacité de germination des graines de morelle jaune. La surveillance thermique spatio-temporelle de l'andain de compost sylvicole, au niveau duquel les baies de morelle jaune ont été introduites, a montré une distribution sensiblement homogène de la température s'élevant à 60 °C et même plus au long de l'andain utilisé et pour une période de temps de 5 jours consécutifs. Le taux de germination était de zéro pour toutes les graines de fruits traitées avant le premier retournement réalisé, quelle que soit la profondeur et l'emplacement de l'andain considéré dans lequel les baies ont été introduites. Ainsi, le compostage peut être une alternative pour éviter la propagation de la morelle jaune par graines.

Mots-clés: Semences de morelle jaune, compostage sylvicole, profil thermique, thermogénèse, surveillance spatio-temporelle.

Abstract

The objective of this work was to study thermogenesis during the process of composting to assess the possibilities of thermal destruction of the germination capacity of seed *Solanum elaeagnifolium* (SOEL). The spatio-temporal thermal monitoring of the forest compost windrow, where SOEL seed has been introduced, showed a substantially homogeneous distribution of the temperature rising to 60°C and even more along the windrow and for a period of 5 consecutive days. The germination rate was zero for all seeds from berries treated before the first reversal, whatever the depth and location of the windrow at which the berries were introduced. Thus, composting can be an alternative to prevent the spread of SOEL by seed.

INTRODUCTION

La morelle jaune, espèce exotique envahissante à activité printano-estivale (Cooley et Smith 1971), a un impact négatif principalement sur la production végétale, mais aussi sur la production animale, sur l'environnement et sur le commerce et les relations internationales (OEPP 2007). Cette espèce est devenue une mauvaise herbe redoutable dans certaines régions de la Tunisie (Kairouan, Sidi Bouzid, ...) où elle est abondante et fréquente au niveau des cultures irriguées ainsi que le long des bordures des routes et les bords des affluents. A cet égard, M'Sadak et al. (2009) ont étudié l'effet des hautes températures sur la viabilité des graines de *Solanum elaeagnifolium* (SOEL). Les semences de SOEL ont été introduites dans l'étuve et ont été traitées à 40°C, 60°C et 80°C durant 1, 2 et 3 jours pour chaque température. Ces traitements ont été effectués, d'une part, sur les graines issues des baies de SOEL, et d'autre part, sur les baies de cette plante, afin de tester entre autres l'effet de la paroi des baies sur la capacité germinative des graines. L'effet température ainsi que l'effet temps d'exposition ont montré des différences statistiquement significatives, alors que l'effet nature des semences était non significatif. Par conséquent, l'enveloppe extérieure des baies n'a pas

manifesté un rôle protecteur de la capacité germinative des graines de SOEL.

On a relevé que quelque soit la nature des semences (graines traitées ou graines issues des baies traitées), le taux de germination nul a été obtenu pour la température de 60°C et pour un temps d'exposition de trois jours, voire deux jours. La capacité germinative des semences traitées à 80°C était nulle dès le premier jour d'exposition, alors que celle des semences traitées à 40°C est voisine de celle des semences non traitées (témoin) pour les trois temps d'exposition en étuve, voire même plus élevée. Un tel résultat, pourrait expliquer la forte propagation de cette plante envahissante, déjà adaptée à des températures estivales ambiantes avoisinant et même dépassant 40°C dans les régions envahies du Centre, zone semi-aride de la Tunisie. Les résultats de cette investigation accomplie au laboratoire ont mis l'accent sur l'effet du traitement thermique sur la destruction de la viabilité des semences de cette plante envahissante et ont incité à l'étude des possibilités de destruction des semences de SOEL par compostage, mode de traitement caractérisé généralement par des températures pouvant atteindre 60 à 70°C, voire 80°C. Cette hypothèse a été confirmée par M'Sadak et

¹ Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel. Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, Université de Sousse, Tunisie. msadak.youssef@yahoo.fr. Tél: 00216 73 327 546, Fax: 00216 73 327 591

al. (2010) qui ont rapporté que les baies et les graines de morelle jaune ont été introduites dans trois types de compost (Co-compost sylvicole, Co-compost ovin et compost ovin) à mi-profondeur de chaque tas, en vue d'étudier l'effet de la température de chaque compost sur la viabilité des graines de morelle jaune. L'effet thermique a été étudié en établissant les courbes isothermes temporelles à divers endroits et à différentes profondeurs au niveau d'un tas de Co-compost sylvicole (M'Sadak et al. 2013). Les résultats de l'essai de germination des graines et des graines issues de baies traitées par compostage n'ont révélé aucune plantule de morelle jaune, alors que la faculté germinative des graines témoin (non traitées par compostage) était avoisinante de 60% (M'Sadak et al. 2010).

Le compostage est un procédé biologique contrôlé de conversion et de valorisation des matières organiques qui procure un produit stabilisé, hygiénisé et riche en composés humiques (Mustin, 1987; Haug, 1993), essentiel pour les activités agricoles (maraîchage, horticulture, grandes cultures, ...). Ce processus oxydatif, caractérisé par un dégagement de chaleur, est l'une des quelques solutions actuelles pour valoriser les résidus et déchets organiques, avec la biométhanisation (Mustin, 1987). Le compost pur de broyat d'*Acacia* ou compost sylvicole est généralement préparé en ajoutant du nitrate d'ammonium (NH_4NO_3) comme support azoté lors de la confection des andains et lors du premier retournement (Ammari et al. 2003).

Le présent travail se propose d'étudier, à titre expérimental, le processus de compostage sylvicole afin d'analyser le profil thermique, relevé à partir du suivi spatio-temporel de la température à l'intérieur du compost et d'évaluer ainsi l'effet thermique du compostage sur la destruction de la capacité germinative des semences de SOEL.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Suivi de l'évolution de la température dans l'andain de compost

Matériel

Un des andains de compost sylvicole confectionnés sur la plate-forme de compostage de la pépinière forestière moderne de Chott Mariem a été choisi pour la mise en œuvre de l'expérimentation. Ce compost est composé de 100% de broyat de branches d'*Acacia cyanophylla*, issu d'un double broyage séparé (à couteaux et ensuite à marteaux). Le premier broyat est grossier. Son rebroyage, tout en ajustant sa granulométrie à la maille de calibrage à trous ronds de diamètre 30 mm, implique habituellement l'obtention des particules plus ou moins fines.

Un thermomètre à sonde de 90 cm de longueur a été utilisé pour les mesures de température dans l'andain de compost considéré.

Méthode

L'andain de compost considéré a été décomposé en trois blocs (Figure 1). Un suivi régulier de la température (Photo 1) par un thermomètre à sonde (Photo 2) a été effectué au niveau

de chaque bloc:

- Tous les deux jours, durant toute la période de compostage (6 mois) à 50 cm et à heure fixe de la journée (10 h du matin) au niveau de neuf endroits (Figure 1) de chaque bloc de l'andain (9 endroits de relevé dans chaque bloc \times 3 blocs = 27 mesures thermiques pour chaque date de relevé).

- Tous les quinze jours, à trois profondeurs différentes (10 cm, 50 cm et 90 cm), au même horaire de la journée et au niveau des mêmes points de relevé (27 mesures pour chaque profondeur \times 3 profondeurs = 81 mesures thermiques pour chaque date de relevé).

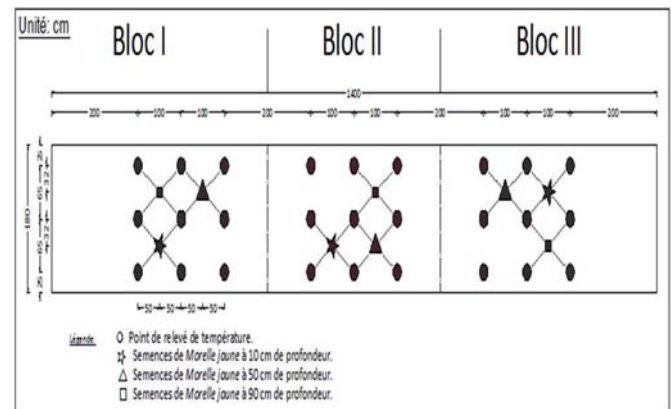


Figure 1: Disposition des points de relevés de températures dans l'andain de compost et emplacement des filets contenant les baies de la morelle jaune



Photo 1: Emplacement des relevés de température le long de l'andain de compost

Les trois profondeurs considérées ont été privilégiées pour les raisons suivantes:

- 10 cm de profondeur: On considère que la température à cette profondeur de l'andain (non abrité) ne serait pas perturbée par les agents extérieurs (précipitations, ensoleillement, température de l'air ambiant, ...).

- 50 cm de profondeur: On pense avoir à cette profondeur les valeurs maximales de températures dans l'andain ou du moins des valeurs voisines du maximum.

- 90 cm de profondeur: Pour évaluer s'il existe au fond de l'andain des zones anaérobies ainsi que pour disposer d'un aperçu thermique global de l'andain avec les profondeurs précédentes.



Photo 2: Thermomètre à sonde

Quotidiennement, la température ambiante, relevée à partir de la station agrométéorologique la plus proche, située au sein du Centre Régional de Recherche en Horticulture et en Agriculture Biologique (CRRHAB) de Chott Mariem, a servie comme base de comparaison pour l'appréciation de la variation de la température à l'intérieur de l'andain de compost.

Analyse des résultats thermiques

L'analyse de la variance (ANOVA) a été accomplie à l'aide du logiciel «SPSS for Windows, version 13.0» et la comparaison des moyennes a été réalisée par les tests S.N.K au seuil de 5%. Les résultats ont été présentés sous la forme moyenne \pm écart-type avec les sous-ensembles correspondants.

Le traçage des courbes d'égale température (courbes isothermes) a été réalisé à l'aide du logiciel «SURFER, version 7.0», afin d'apprécier les profils thermiques à l'intérieur de l'andain de compost examiné, surtout en phase thermophile de compostage.

Étude de la viabilité des graines issues de baies traitées par compostage

Préparation des baies à traiter par compostage

A l'aide d'un filet insect-proof, 27 sachets ont été confectionnés et ont été remplis chacun par 100 baies (bien arrondies et jaunâtres) de SOEL pour être enfouis dans l'andain.

Mise en place dans l'andain des filets contenant les baies

Au niveau de trois emplacements précis de chaque bloc de l'andain (Figure 1) et à chaque profondeur étudiée de l'andain (10 cm, 50 cm et 90 cm), trois sachets ou filets ont été enfouis. (3filets/emplacement \times 3 emplacements/bloc \times 3 blocs = 27 filets).

Extraction des filets

L'andain de compost a subi deux retournements, le premier était réalisé au 28/01/2009 et le deuxième au 01/04/2009. Avant l'exécution de chaque retournement, les filets contenant les baies ont été extraits de chaque emplacement de l'andain. Un filet est retiré et le reste des filets est remis à sa place dans chaque bloc de l'andain après l'achèvement du retournement.

Semis sur tourbe des graines issues de baies traitées ou non par compostage

Les filets de semences de SOEL retirés de l'andain ont été séchés, pour extraire les graines à partir des baies par décorticage manuel. Les graines ont été lavées et séchées, afin d'être semées sur tourbe dans des plaques alvéolées comportant chacune 104 alvéoles (dont seulement 100 alvéoles de chaque plaque ont été remplies).

Le dispositif expérimental adopté est en blocs aléatoires complets à un facteur étudié: profondeur de l'andain (3 niveaux et 1 témoin) et un facteur contrôlé (3 répétitions), soit 12 plaques alvéolées. Ce dispositif a été mis en place pour les graines issues des baies traitées par compostage deux fois, respectivement avant le premier et avant le deuxième retournement.

Évaluation de la capacité germinative des graines issues de baies traitées ou non par compostage

Le suivi de l'évolution de la germination de semences de SOEL a été réalisé par simple comptage cumulé des plantules apparues.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Suivi de l'évolution thermique spatio-temporelle dans l'andain de compost

Suivi de l'évolution dans le temps de la température moyenne biquotidienne

La température varie le long de l'andain de compost (Tee et al. 1999). On peut observer que dès la mise en place de l'andain, la température moyenne (de 27 relevés de température) au cœur de l'andain augmente rapidement atteignant un pic de 55,6 °C (Figure 2). Cela démontre une rapide activité biologique à l'intérieur du substrat (centre de l'andain).

Après 25 jours en phase thermophile, la température moyenne de l'andain diminue rapidement jusqu'à 26°C (proche des valeurs de température journalière ambiante), puis elle remonte suite au premier retournement réalisé, mais elle n'a pas atteint de nouveau les conditions thermophiles (Figure 2). Ceci peut être expliqué par l'importance des précipitations survenues pendant cette période de l'année de façon journalière et consécutive (quantité d'eau pénétrée dans l'andain non abrité assez importante). Après 40 jours, la température moyenne redescend jusqu'à égalité avec la température ambiante (20°C).

Suite au deuxième retournement, l'andain de compost réchauffe progressivement et on note une deuxième période importante de phase thermophile (presque 1 mois).

Du point de vue température moyenne (de 27 points de relevé de température), les conditions de pasteurisation sont largement atteintes (Température \geq 55°C pendant 5 jours).

Étude du profil thermique à mi-profondeur de l'andain

Les tracés des profils thermiques relatifs aux relevés (point par point) de température à mi-profondeur de l'andain (Figure 3) permettent d'étudier la répartition de la température sur la totalité de la superficie à ce niveau de profondeur de l'andain considéré.

L'intervalle de température, recommandé pour assurer la destruction de la capacité germinative des graines de morelle jaune, est atteint le long de l'andain de compost (de gauche à droite) et s'est étalé durant 5 jours successifs (Figure 3). Ceci laisse supposer que les filets contenant les baies de morelle jaune, ayant été introduites à 50 cm dans l'andain de compost après 3 jours de l'achèvement de la

confection de l'andain de compost considéré, ont subi la pasteurisation et ne germeront plus. Cette hypothèse serait confirmée ultérieurement par les résultats de germination des graines issues de baies traitées par compostage.

Pour les profondeurs 10 cm et 90 cm de l'andain, on ne peut pas savoir si cette température de pasteurisation a été atteinte ou non dans tous les endroits de l'andain durant ces 5 jours de phase thermophile, car ces dates n'étaient pas comprises dans le relevé de température à trois niveaux de profondeurs (suivi mi-mensuel de température). Seul le résultat de semis des graines issues des baies ayant été introduites dans l'andain à ces niveaux de profondeurs va permettre de conclure quant à la viabilité des semences mises en compostage.

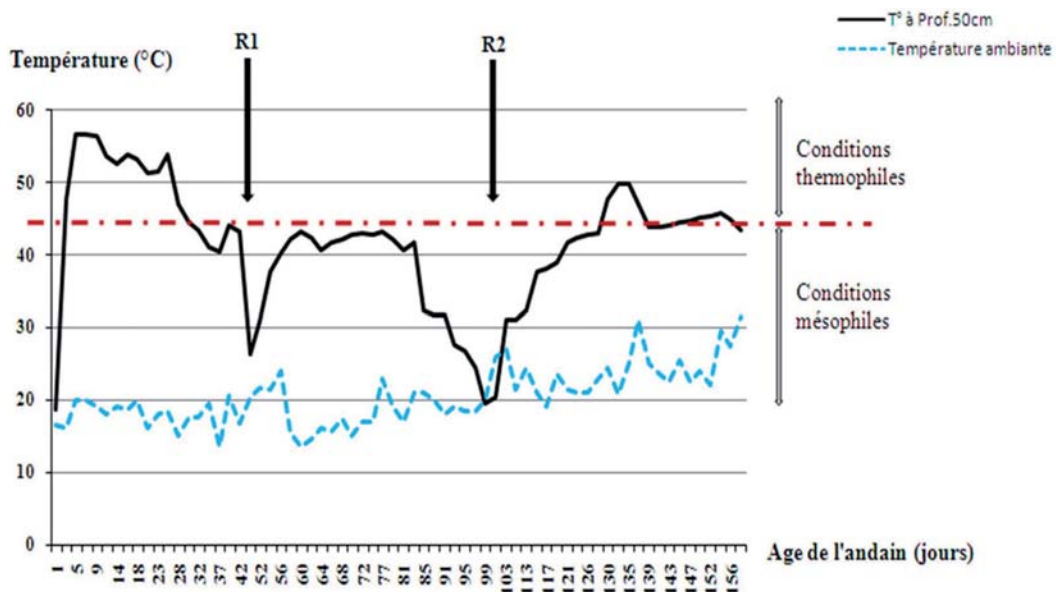


Figure 2: Évolution de la température moyenne biquotidienne à mi-profondeur de l'andain de compost sylvicole

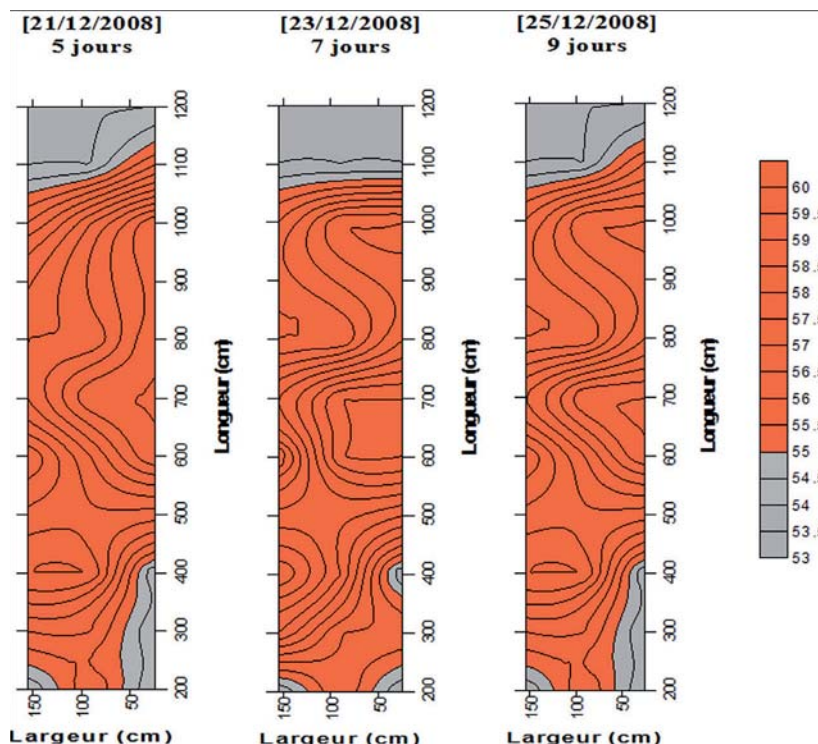


Figure 3: Répartition de la température de pasteurisation le long de l'andain de compost sylvicole en phase thermophile

Analyse thermique du suivi de l'évolution de température moyenne mi-mensuelle

Effet profondeur

L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les traitements effectués ($P < 0,001$) pour les profondeurs étudiées. Par ailleurs, la comparaison des moyennes a permis de dégager un nombre différent de sous-ensembles pour les profondeurs étudiées au seuil de 5% (Tableau 1).

Le nombre de sous-classes obtenu lors de l'étude de l'effet de la profondeur sur la répartition de la température dans l'andain de compost était de trois, une première classe pour 50 cm, une deuxième classe pour 90 cm et une dernière classe pour 10 cm. En général, l'analyse statistique a relevé la valeur moyenne maximale de température au niveau de la profondeur 50 cm, des valeurs moins importantes au fond de l'andain et plus faibles en surface (Tableau 1).

Tableau 1: Effet profondeur de relevé sur la variation de température dans l'andain.

Profondeur (cm)	Température moyenne (°C)
10	32,85 ± 10,34 ^c
50	39,90 ± 12,41 ^a
90	36,79 ± 10,63 ^b

Ce résultat est relaté sur la figure 4 illustrant l'évolution dans le temps de la température moyenne au niveau des profondeurs considérées de l'andain de compost (Période de compostage étudiée s'étalant du 17/12/2008 au 24/05/2009).

L'évolution de la température moyenne (relevée à 10 h) dans l'andain de compost est quasi-identique pour les trois profondeurs étudiées, toutefois, les valeurs maximales de température moyenne ont été enregistrées dans l'ensemble à mi-profondeur de l'andain (50 cm).

En effet, les microorganismes thermophiles responsables de la dégradation de la matière organique sont généralement plus abondants au centre qu'au fond et qu'en surface de l'andain de compost (Mustin 1987; Dalzell et al. 1988).

D'après la figure 4, les valeurs minimales de température moyenne étaient enregistrées à 10 cm de profondeur durant toute la période de compostage étudiée. Ceci peut être expliqué par les conditions climatiques durant la période de compostage considérée, surtout qu'il s'agit d'un andain de compost non abrité. Les valeurs de températures moyennes journalières ambiantes étaient entre 15°C et 25°C durant quatre mois de compostage. Certes, durant les mois d'hiver, l'activité microbienne serait réduite et les températures seront minimales à la surface de l'andain. Mais, le processus de compostage ne doit pas être fortement affecté par la période de l'année, la température au cœur de l'andain doit être élevée (Dorahy et al. 2006). Ceci est constaté sur la figure 4 où la phase thermophile du processus de compostage est atteinte au début de compostage à mi-profondeur de l'andain, ainsi qu'au fond et à 10 cm de profondeur et elle est étalée pendant plus d'une quinzaine de journées.

Le tracé des profils thermiques relatifs aux profondeurs 10 cm, 50 cm et 90 cm (Figure 5) en conditions thermophiles permet de détecter la différence entre la température moyenne de l'andain à une profondeur précise et entre la température enregistrée le long de l'andain de compost pour toutes les profondeurs étudiées (valeurs affichées de gauche à droite de l'andain pour chaque profondeur).

Selon la figure 5, on constate que les valeurs minimales de température sont toujours localisées dans les deux extrémités de l'andain pour chaque profondeur étudiée (courbes d'égale température dispersées dans les côtés gauche du bloc I et droit du bloc III).

Les valeurs maximales de température ont été relevées à mi-profondeur (50 cm) et au centre de l'andain où l'on observe une concentration des courbes d'égale température, lieu de multiplication la plus importante de microorganismes thermophiles et mésophiles.

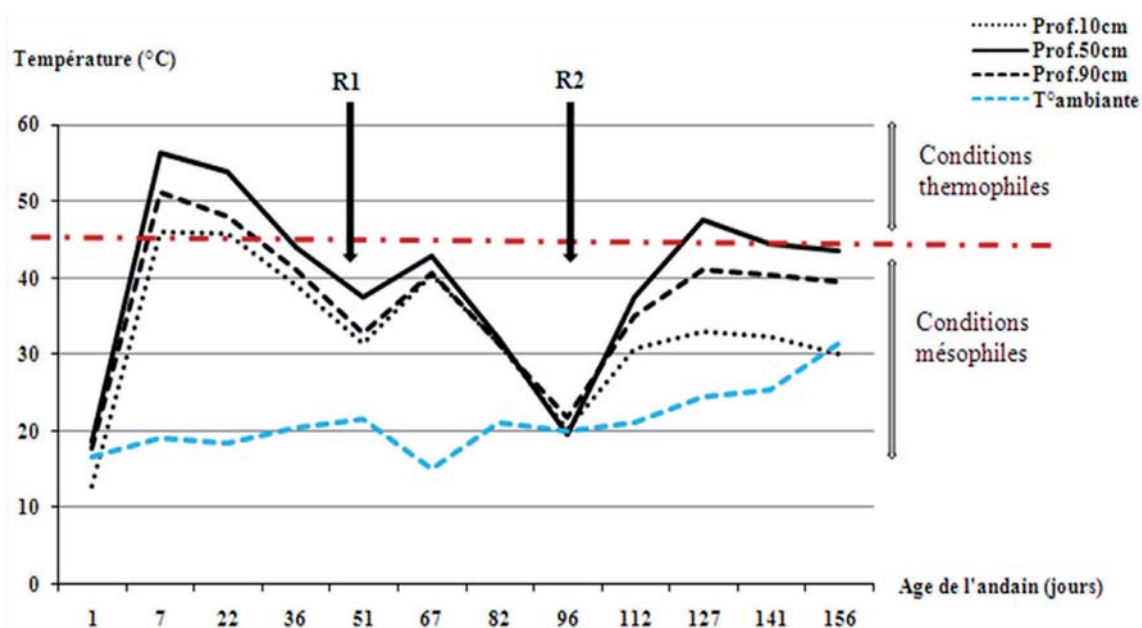


Figure 4. Suivi de l'évolution de la température moyenne mi-mensuelle dans le compost

Ces augmentations de température sont le résultat de dégradation de la matière organique due à l'activité de ces microorganismes (Mustin 1987; Dalzell et al. 1988), généralement plus abondants au centre qu'aux extrémités de l'andain. Pour accélérer le processus de décomposition de la matière organique, il suffit de maintenir la température de l'andain dans l'intervalle correspondant à ces deux phases (mésophile et thermophile) pendant lesquelles la dégradation est dominante (Mustin, 1987).

Notons enfin que la température maximale du compost est intimement liée à la matière à composter, au ratio C/N et à l'humidité du compost (Mustin 1987; Dalzell et al. 1988; Stoffella et Kahn 2001). Ceci montre bien l'intérêt du Co-compostage sylvicole dans l'amélioration du rapport C/N, en associant le broyat lignocellulosique, riche en carbone avec du fumier, par exemple, comme support azoté.

Effet bloc

L'analyse statistique de différents traitements effectués a donné des différences non significatives pour les trois blocs étudiés (Tableau 2). Un tel résultat pourrait être

expliqué par la répartition homogène des matériaux mis en compostage le long de l'andain et par la présence égale des microorganismes responsables de la dégradation de cette matière première.

Tableau 2: Effet bloc sur la variation de température dans l'andain.

Bloc	Température moyenne (°C)
1	36,24 ± 11,85 ^a
2	36,34 ± 10,99 ^a
3	36,96 ± 11,72 ^a

Ce résultat est constaté même dans les relevés de température point par point dans l'andain de compost. La figure 5 précédemment illustrée montre que pour une journée en phase thermophile (comme exemple), l'allure des courbes d'égale température est quasi-identique au niveau de chaque bloc pour chaque profondeur étudiée.

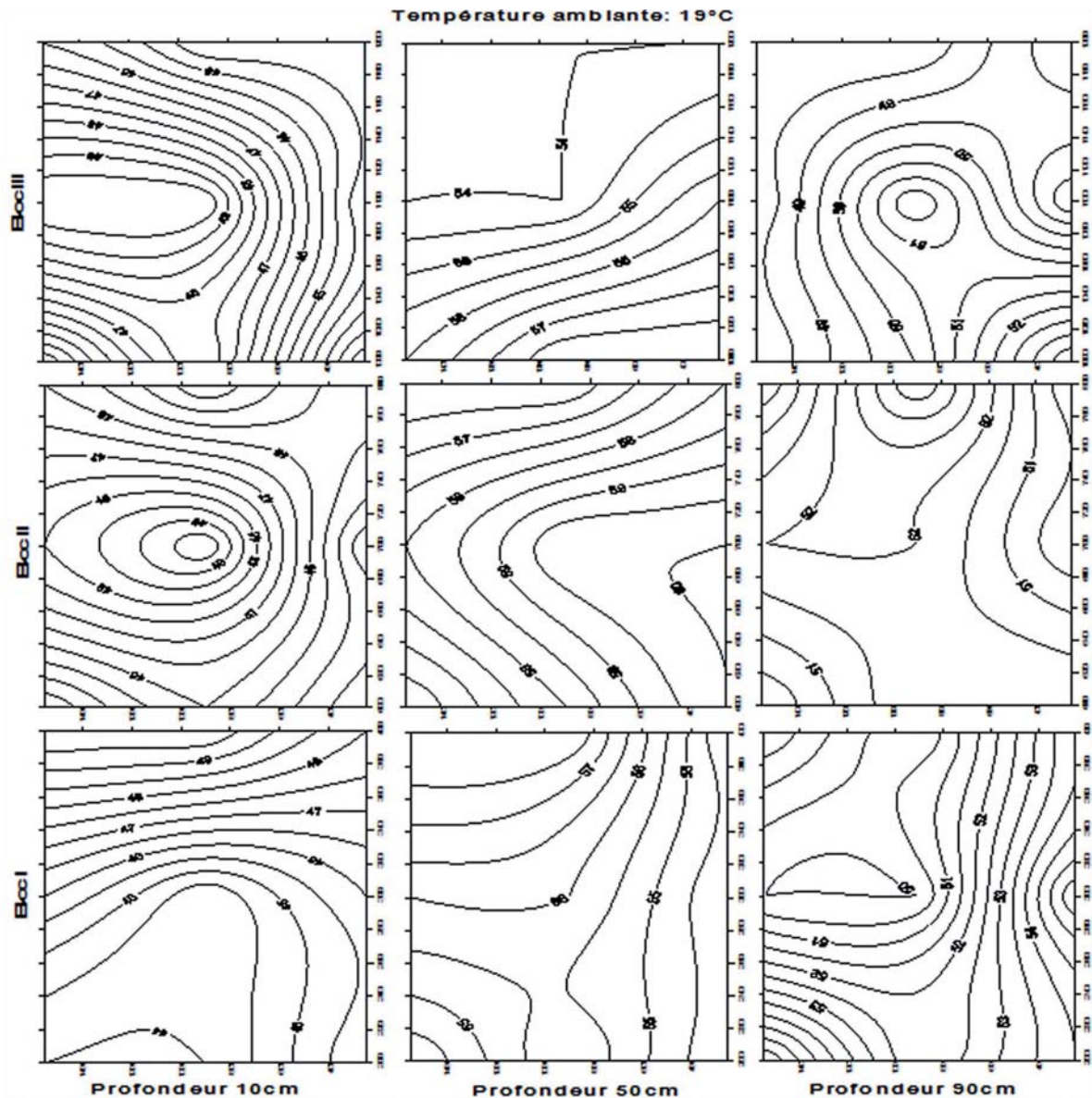


Figure 5. Profil thermique pour les trois profondeurs et les trois parties étudiées de l'andain de compost sylvicole en phase thermophile [25/12/2008]

Effet date

Tableau 3: Effet date de relevé sur la variation de température dans l'andain.

Date	Température moyenne (°C)
17/12/08	16,57 ± 4,16 ^h
25/12/08	51,16 ± 4,79 ^a
10/01/09	49,26 ± 3,96 ^b
24/01/09	41,46 ± 6,04 ^c
08/02/09	34,00 ± 8,80 ^f
24/02/09	41,38 ± 6,12 ^c
11/03/09	31,81 ± 5,52 ^e
25/03/09	20,57 ± 5,88 ^g
10/04/09	34,52 ± 6,03 ^e
25/04/09	40,62 ± 7,37 ^c
09/05/09	39,09 ± 6,64 ^{cd}
24/05/09	37,73 ± 7,41 ^d

L'analyse statistique a montré des différences significatives entre les traitements effectués ($P < 0,001$) pour les différentes dates étudiées de relevé de température. Par ailleurs, la comparaison des moyennes a permis de dégager un nombre différent de sous-ensembles pour les dates étudiées au seuil de 5% (Tableau 3).

Un tel résultat est aussi constaté au niveau de la figure 4 illustrant l'évolution dans le temps de la température pour les trois profondeurs étudiées de l'andain de compost.

Évaluation de la capacité germinative des graines issues de baies traitées ou non par compostage

L'essai de germination sur tourbe des semences de morelle jaune (graines et graines issues de baies) traitées par compostage n'a enregistré l'apparition d'aucun plant, quelque soit l'endroit considéré de mise des filets de semences dans l'andain, quelque soit la profondeur étudiée et quelque soit le temps d'exposition des semences dans le compost. Ce résultat laisse supposer que les baies récoltées de la plante ne sont pas assez mûres (les graines ne sont pas encore aptes à germer), ou bien le compostage a permis de détruire la capacité germinative des semences de cette plante. Les résultats des essais de germination des graines non traitées (témoin) de la plante ont donné un taux moyen de germination dépassant 50%, ce qui permet d'infirmer la première hypothèse et de confirmer la deuxième. Ceci met en évidence l'importance de l'incidence thermique du compostage sur la viabilité des graines considérées, surtout que le suivi de la température dans l'andain de compost a montré que cette dernière a dépassé parfois 60°C dans la majorité de l'andain.

Dans l'avenir, on recommande l'utilisation du Tétrazolium (SGS SA. 2011; Quenneson et al., 2012) pour tester la viabilité des graines ayant subi des traitements thermiques ou même celles non traitées, vu la précision de cette méthode. En effet, un simple virage au rouge de la graine mise en contact avec le Tétrazolium indique qu'elle est viable et peut germer.

CONCLUSION

En vue de gérer les risques de dissémination de la morelle jaune par graine après avoir subi le procédé de compostage sylvicole, le suivi de ce dernier a été approfondi, moyennant la mise en évidence des répartitions spatiale et temporelle du phénomène thermique à l'intérieur de l'andain de compost utilisé.

L'étude de la viabilité des graines, issues de baies de morelle jaune ayant été introduites dans un andain de compost sylvicole, afin d'apprécier l'effet des fortes températures dans l'andain de compost sylvicole considéré (ordinairement rejoignant 60°C à 70°C pendant la phase thermophile) sur la destruction de la capacité germinative des graines de cette plante envahissante. Il a fallu donc accomplir un suivi thermique périodique touchant plusieurs endroits et différentes profondeurs de l'andain considéré pour s'assurer du bon déroulement du processus de compostage sylvicole mis en œuvre.

Le suivi thermique biquotidien, ayant été réalisé au niveau de 27 endroits et à mi-profondeur (50 cm) de l'andain, a décelé une variation dans le temps (160 jours de compostage) de la température moyenne (de 27 points de relevé) avec une phase thermophile (60°C et même plus) rapidement obtenue (après 3 jours de mise en andain). Le tracé des courbes isothermes a montré que la température de pasteurisation était répartie sur la majorité de la superficie de l'andain considéré et était étalée durant 5 jours de la phase thermophile. Le suivi de température mi-mensuel ayant été réalisé dans les mêmes points de relevés mais à trois niveaux de profondeur de l'andain (10 cm, 50 cm et 90 cm) a révélé une évolution thermique dans le temps quasi-identique pour les niveaux de profondeur étudiés, toutefois, les valeurs moyennes maximales dominaient toujours à mi-profondeur de l'andain.

Cette analyse thermique a permis, à l'échelle expérimentale, de prévoir une destruction de la viabilité des graines issues de baies traitées dans l'andain de compost suivi. Ce qui a été réaffirmé par le résultat du semis de ces dernières, où l'on a obtenu un taux de germination nul même pour celles retirées avant le premier retournement, quelque soit la profondeur au niveau de laquelle les baies ont été introduites et quelque soit l'endroit de l'andain considéré.

On peut donc négliger tous les risques de dissémination de SOEL par graine lors du compostage de sa biomasse.

REMERCIEMENTS

Ce travail n'a été aisé que grâce à la collaboration de la Pépinière Forestière Moderne de Chott Mariem (Sousse, Tunisie) qui a mis à notre disposition notamment une partie de sa plate-forme de compostage et les moyens nécessaires pour mettre en œuvre l'expérimentation (broyage de la biomasse sylvicole, suivi thermique interne de l'andain de compost, ...).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ammari, Y., Lamhamedi, M.S., Akrimi, N. et Zine El Abidine, A. (2003). Compostage de la biomasse forestière et son utilisation comme substrat de croissance pour la production de plants en pépinières forestières modernes. *Revue de l'I.N.A.T.*, 18: 99-119.
- Cooley, A.W. and Smith, D.T. (1971). Silverleaf nightshade (whiteweed) establishment from seed and clipped seedlings. Progress Report of Texas A&M University, Texas Agricultural Experiment Station, PR-3198.
- Dalzell, H.W., Biddlestone, A.J., Gray, K.R. and Thurairajan K. (1988). Soil management: compost production and use in tropical and subtropical environments. FAO Soils Bulletin 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1988, 177 p.
- Dorahy, Ch., McMaster, I., Pirie, A., Muirhead, L. and Chan, Y. (2006). Preparing compost from aquatic weeds removed from waterways. *Primefacts*, 229:1-6.
- Haug R.T. (1993) The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers, 717 p.
- M'Sadak, Y., Saad I. et Saidi D. (2009). Évaluation de la capacité germinative des semences de Morelle Jaune après traitement thermique, Communication par Affiche, 16^{ème} Journées Scientifiques IRESA, 2-3 Décembre 2009, Nabeul, Tunisie.
- M'Sadak Y., Saad I. et Saidi, D. (2010). Contrôle de la destruction de la viabilité des semences de morelle jaune par le compostage. Communication par Affiche, Association Tunisienne des Sciences Biologiques (ATSB), 21^{ème} Forum, 15-18 Mars 2010, Mahdia, Tunisie.
- M'Sadak Y., Saad I. et Saidi D. (2013) Suivi et Analyse thermiques du processus de Co-compostage sylvicole dans une pépinière forestière moderne (Tunisie), *Journal des Sciences Fondamentales et Appliquées*, 5 :1-12.
- [\[jfas.info/index.php/JFAS/article/download/94/pdf\]](http://jfas.info/index.php/JFAS/article/download/94/pdf)
- Mustin, M. (1987). Le compost: Gestion de la matière organique. Ed. François Dubusc, Paris, 954 p.
- Organisation Euro-méditerranéenne de Protection des Plantes, OEPP (2007). Fiches informatives sur les organismes de quarantaine - *Solanum elaeagnifolium*. Bulletin OEPP/EPPO. N° 37, 2007, p. 236-245. [\[http://www.eppo.org/QUARANTINE/plants/Solanum_elaeagnifolium/Solanum_elaeagnifolium_DS.pdf\]](http://www.eppo.org/QUARANTINE/plants/Solanum_elaeagnifolium/Solanum_elaeagnifolium_DS.pdf)
- Quenneson, A., Castagné, H. et Loriot S. (2012). Étude comparative des semences d'angéliques: biométrie, germination et flottaison. Conservatoire Botanique National Sud- Atlantique (CBNSA), 26 p.
- [\[http://www.angeliquedesestuaire.fr/fichiers/doc/PC_Etude_03_CBNSA_BAE_2012.pdf\]](http://www.angeliquedesestuaire.fr/fichiers/doc/PC_Etude_03_CBNSA_BAE_2012.pdf)
- Stoffella, P.J. and Kahn B.A. (2001). Compost utilization in horticultural cropping Systems. Lewis Publishers, New York, USA, 413 p.
- SGS SA. (2011) Services relatifs aux Semences et aux Cultures, Brochure Technique, 11 p.
- [\[www.sgsgroup.fr/~media/Local/.../SGS-AGRI-SeedandCrops-FR-11.pdf\]](http://www.sgsgroup.fr/~media/Local/.../SGS-AGRI-SeedandCrops-FR-11.pdf)
- Tee, E., Wilkinson, K., Tymms, S. and Hood, V. (1999). Overview of green waste recycling research conducted by the Institute for Horticultural Development. *Plant Protection Quarterly*, 14 (3), 1999, p. 104-107.