

**EFFETS DE L'EPANDAGE DU COMPOST ISSU DES FIBRES
DU PALMIER DATTIER ET DU FUMIER SUR LES
CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU SOL**

Salwa Magdich¹ et Béchir Ben Rouina¹

Résumé

Dans le cadre d'une économie circulaire et d'une agriculture durable visant la valorisation des ressources naturelles et la réduction de l'utilisation des produits chimiques nocifs pour l'environnement, le processus de compostage s'avère un moyen écologique et biologique valorisant les déchets organiques et produisant un amendement afin d'améliorer les propriétés chimiques, physiques et microbiologiques du sol tunisien jouant le rôle de support édaphique pour plusieurs cultures, dont l'olivier compte parmi les principaux. Ce travail a pour objectif l'étude de l'effet de l'application annuelle de 5 tonnes de compost ha⁻¹ dans un verger d'oliviers à Sfax et sous des conditions naturelles, sur l'évolution de certaines caractéristiques chimiques du sol aux niveaux de quatre horizons (0-20, 20-40, 40-60 et 60-80 cm). L'utilisation agronomique du compost issu de broyat végétal constitué des feuilles de palmier et de fumier de chèvre a améliorée les caractéristiques chimiques du sol par l'augmentation de ses teneurs en matière organique, en azote total, en phosphore assimilable et en potassium échangeable et ceci par comparaison au témoin non amendé, ce qui est bénéfique pour le substratum édaphique. Cependant, une augmentation des valeurs de la conductivité électrique et des teneurs en sodium est enregistrée au niveau des couches superficielles du sol (0-20 et 20-40 cm) chez le traitement amendé par le compost.

Mots clés : Compost, épandage, oliveraies, sol, caractérisation chimique.

Abstract

Considering circular economy approach and for increasing organic matter availability, date palm waste was co-composted with goat manure to produce an organic amendment for soil chemical and biological properties enhancement. For this reason, two treatments were applied: The first plot was spread by 5 T ha⁻¹ of compost and the second plot was not amended, and served as a control during the crop season 2018/2019 in an olive field. The results indicated that the organic matter, total nitrogen, available phosphorus and exchangeable potassium contents increased in palm compost spread treatment essentially in the superficial soil horizons compared to the not amended treatment. Nevertheless, the highest EC values and sodium contents are recorded in the fertilised organic plot.

Keywords: Compost, spreading, olive field, soil, chemical properties.

¹Institut de l'Olivier, B. P. 1087 Sfax-Tunisie

I. Introduction

Le compost est le produit obtenu par le compostage de substances organiques qui est un processus biologique de conversion et de valorisation des matières organiques. En général, les composts utilisés dans l'agriculture sont fabriqués à partir de résidus de récoltes, des substances organiques provenant de déchets municipaux et des déchets de ferme (Thangarajan et al., 2013). Les déchets d'industries agroalimentaires peuvent aussi être co-compostés, c'est le cas des grignons d'olives, les écorces de sésames, les margines (Scotti et al., 2015). Une variété importante de composés organiques constitue, dans des proportions variables, les déchets initiaux et peuvent se retrouver dans les composts tout au long du compostage : sucres simples, cellulose, lignine, protéines, lipides (Masmoudi et al., 2020).

Les composts livrent au sol de la matière organique plus ou moins stabilisée, suivant le degré de maturité du produit. Environ la moitié du carbone organique ainsi apporté est intégré de manière durable dans le sol et forme l'humus stable qui constitue 40 à 60 % de la matière organique du sol (Kotzé et al., 2016). L'apport du compost au sol modifie directement ses caractéristiques physiques, ses propriétés chimiques et biologiques. Ces changements dépendent du type, de la dose et de la fréquence de l'application des résidus organiques et des caractéristiques du sol (Głaba 2020). Les composts enrichissent les sols en carbone organique et représentent une bonne source de nutriments pour les plantes. La plupart des études ont révélé que l'amélioration des propriétés physiques du sol ont été proportionnelle à la dose de compost appliqué. Ramos (2017) a montré que la porosité totale ainsi que la conductivité hydraulique augmentent avec l'augmentation de la dose de compost. D'autres études ont montré que l'application de fortes doses de compost produisent une augmentation de la stabilité des agrégats du sol, et aussi une augmentation de la capacité de rétention en eau (Głab et al., 2018).

De nombreuses études prouvent que l'utilisation du compost comme amendement organique affecte positivement l'activité biologique et enzymatique (Scotti et al., 2015). De plus, l'application du compost a été suggérée comme un véritable moyen de séquestrer le carbone dans le sol (Powlson et al., 2012).

C'est dans ce cadre que s'insère le présent travail, il est fondé sur la valorisation du compost à base des déchets de palmier dattier dans les oliveraies. L'impact de cette application agronomique sera étudié sur les propriétés chimiques du sol.

II. Matériel et méthodes

II.1. Compost utilisé

Le compost utilisé est apporté de la station de compostage des déchets végétaux de l'oasis de Chenini, créée par l'association de Sauvegarde de l'Oasis de Chenini-Gabés-Tunisie. Il est composé de 1/3 de fumier (chèvre) provenant d'une ferme d'élevage biologique de la région de chenini et 2/3 de broyat végétal constitué des feuilles de palmier.

II.2. Traitements appliqués

Le compost a été épandu dans les oliveraies durant la période du repos hivernal de végétation. Deux traitements ont été appliqués à la station de Taous située à 26 km de la région de Sfax (34° 43'N, 10° 41'E) (Tunisie). Pour cela, deux parcelles expérimentales ont été utilisées d'une surface de 1 hectare chacune, comportant 16 pieds d'oliviers (*Olea europaea* L.), de la variété Chemlali Sfax, aux densités carrées de 24 × 24 mètres, présentant une dominance de la fraction sableuse. Les deux traitements sont les suivants :

- Traitement T0 : Témoin (sans épandage) ;
- Traitement T1 : Épandage annuel de 5 tonnes de compost ha⁻¹.

II.3. Caractérisation physico-chimique du compost

II.3.1. pH

La méthode de mesure du pH, consiste à préparer une suspension de compost dans cinq fois son volume d'eau distillée. Le mélange a été agité pendant 2 heures, centrifugé pendant 20 minutes à 7000 tours par minute, puis filtré à l'aide d'un papier filtre. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre étalonné.

II.3.2. Conductivité électrique

La détermination de la conductivité électrique consiste à placer l'échantillon du compost dans l'eau distillée à raison de 1/5, suivit d'une agitation pendant 2 heures et une filtration. La conductivité électrique est mesurée par un conductimètre et exprimée en mS cm⁻¹.

II.3.3. Matière sèche, matière volatile et cendres

Pour la détermination de la matière sèche, une masse M (g) du compost est placée dans un creuset en porcelaine préalablement pesé (P0) et séchée à 105°C jusqu'à la stabilisation du son poids (P1) généralement après 24 h. La teneur en matière sèche est donnée par la formule suivante : **MS (%) = (P1– P0)/M × 100**

L'échantillon sec du compost est introduit dans un four à moufle à 550°C pendant 4h pour la détermination de la teneur en matière volatile et en matière minérale. La teneur en matière volatile est donnée par la formule suivante : **MV (%) = (P1– P2)/M1 × 100**

La teneur en matière minérale ou les cendres est déduite à partir de la relation suivante : **Cendres (%) = MS – MV**

Avec :

M : masse en gramme du compost ;

P0 : masse en gramme du creuset vide ;

P0' : masse en grammes, du creuset contenant l'échantillon avant séchage à 105 °C ;

P1 : masse en gramme de l'échantillon (MS) après séchage à 105 °C ;

P2 : masse en grammes, du creuset contenant l'échantillon après incinération

II.3.4. Détermination des éléments minéraux du compost

II.3.4.1. L'azote total Kjeldahl

La méthode de détermination de l'azote Kjeldahl total du compost consiste à une minéralisation de l'échantillon par l'acide sulfurique concentré à chaud en présence d'un catalyseur (sélénium). Cette minéralisation transforme l'azote organique en ions ammonium et suivie d'une alcalinisation des produits de la réaction et d'une distillation de l'ammoniaque libérée qui est neutralisé par l'acide borique puis titrée par l'acide sulfurique dilué.

II.3.4.2. Minéralisation des échantillons

Il s'agit de la minéralisation de l'échantillon de compost par une attaque acide (acide nitrique). La minéralisation obtenue a servi pour la détermination de sa composition minérale (phosphore, potassium, calcium et magnésium).

II.3.4.3. Dosage du phosphore

Après la minéralisation, les ions ortho-phosphoriques forment avec les ions vanadiques et molybdiques un complexe phospho-vanadomolybdique jaune dosé par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 430 nm.

II.3.4.4. Détermination des éléments cationiques majeurs

Les éléments majeurs ont été déterminés par spectroscopie d'absorption atomique de marque HITACHI modèle Z-6100.

II.4. Analyses chimiques du sol

II.4. 1. Echantillonnage

Le prélèvement des échantillons doit assurer au mieux la représentativité d'une parcelle et cela aussi bien en surface qu'en profondeur. Pour cela, de nombreux petits échantillons de sol sont prélevés de plusieurs endroits dans chacune des parcelles d'étude, puis mélangés entre eux pour constituer un échantillon unique, pris dans chaque profondeur du sol à l'aide d'une sonde pédologique (ISO 8358, 1991). Quatre horizons de profondeur allant de 0 à 80 cm ont été pris en considération : 0-20, 20-40, 40-60 et 60-80 cm. Après la collecte, les échantillons sont conservés à -20°C pour une utilisation ultérieure.

II.4.2. Le pH

Le pH du sol est mesuré dans une suspension sol/eau avec un rapport 1/2,5 (10 g de sol dans 25 ml d'eau distillée). Après équilibre pendant 16 heures, le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre (METTLER TOLEDO MP 220).

II.4.3. La conductivité électrique

La conductivité électrique d'une solution est indicatrice des teneurs en sels solubles qu'elle contient. Cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance d'une solution s'accroît au fur et à mesure que sa concentration en cations et en anions porteurs de charges électriques augmente. La conductivité est exprimée en (mS cm^{-1}) à une température de 25 °C. Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre électrique sur l'extrait de la pâte saturée du sol.

II.4.4. La matière organique

La teneur en matière organique (MO) est déterminée selon la méthode de Walkley et Black. Le dosage de la MO est réalisé à partir du dosage du carbone organique qui représente un constituant principal de cette dernière. En effet, la matière organique contient 58 % du carbone organique. La méthode de détermination du pourcentage de carbone organique est basée sur son oxydation à froid par le bichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en milieu acide et sa titration par le sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$) en présence d'un indicateur redox (Nelson and Sommers, 1996).

II.4.5. Le dosage de l'azote total

Le dosage de l'azote total est effectué par la méthode Kjeldahl qui se déroule en deux étapes : la minéralisation et la distillation.

II.4.6. Le dosage du phosphore assimilable

Le phosphore est dosé selon la méthode modifiée d'Olsen. Les ions orthophosphoriques (H_2PO_4) existant dans l'extrait du sol, forment avec le molybdate d'ammonium en milieu acide, un complexe : le phosphomolybdate d'ammonium. La réduction du phosphomolybdate au moyen de divers agents réducteurs donne une coloration bleue qui est proportionnelle en intensité à la concentration en phosphore (Pauwels et al., 1992). L'extraction du phosphore assimilable est faite par une solution de bicarbonate de sodium (Na_2CO_3) avec un rapport sol/solution de 1/20, puis la lecture de la densité optique est réalisée par un spectrophotomètre à 580 nm.

II.4.7. Le dosage du potassium et sodium échangeables

Le dosage des éléments K et Na est effectué avec un photomètre à flamme (JENWAY, PEP-7) sur l'extrait de sol (Pauwels et al., 1992).

II.5. Analyses statistiques

Les analyses statistiques de tous les paramètres étudiés ont été réalisées en utilisant le logiciel SPSS 20. Les différences entre les traitements sont déterminées en s'appuyant sur le test Least Significant Differences LSD à $p < 0,05$, en accordance avec le test Duncan's Multiple Range.

III. Résultats et Discussion

III.1. Caractérisation du compost appliqué

La caractérisation physico-chimique du compost dérivé du co-compostage des déchets de palmier dattier et du fumier de chèvre utilisé au cours de ce travail a montré un pH neutre et une CE relativement élevée (Tableau 1). Le compost expérimenté montre sa richesse en matière organique et en matière minérale. La fraction minérale est représentée essentiellement par le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium ce qui traduit sa valeur fertilisante. D'où ce compost constitue un amendement favorable pour le substrat édaphique et l'activité des microorganismes (Muscolo et al., 2018). Ainsi, des composts ayant des pH entre 6,0 et 8,5 ont été appropriés pour l'application agricole (Jara-Samaniego et al., 2017). Compte tenu de sa teneur totale en azote inférieure à 3 % et en matière organique inférieure à 55 %, le compost produit pourrait être classé comme compost de déchets verts, conforme à la norme française NF U 44-051 (1981), et serait utilisé en agriculture.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques du compost épandu.

Paramètres	Valeurs
pH	7,50 ± 0,14
CE (mS/cm)	7,86 ± 0,08
MO (%)	54,84 ± 0,62
MM (%)	45,16 ± 0,42
NTK (%)	1,86 ± 0,22
C/N	15,93 ± 0,82
Phosphore (g/kg)	10,64 ± 0,36
K ⁺ (g/kg)	87,60 ± 0,54
Ca ²⁺ (mg/kg)	1857 ± 0,79
Mg ²⁺ (mg/kg)	230,23 ± 0,89

III.2. Effet de l'application du compost sur les caractéristiques chimiques du sol

III.2.1. pH

La croissance des plantes, la disponibilité des nutriments et l'activité microbienne dans les sols sont fortement influencés par le pH du sol. Après l'application du compost sur le sol, les variations du pH aux niveaux des quatre horizons prospectés sont présentées sur la Figure 1. Les résultats enregistrés montrent que le pH des divers horizons allant de la surface à 80 cm de profondeur (0-20, 20-40, 40-60 et 60-80 cm) varie globalement de 6,91 à 8,64. Au cours de la période de l'expérimentation, le pH des différentes couches analysées, présente une diminution, chez le traitement ayant reçu 5 t ha⁻¹ de compost. En effet, les baisses de pH du sol étaient dues à la production de NH₄⁺, du CO₂ et des acides organiques au cours de la

minéralisation des matières organiques par les communautés microbiennes (Angelova et al., 2013). Cependant, cette réduction est temporaire et les valeurs enregistrées deviennent similaires à celles signalées au niveau du témoin, approximativement deux mois après l'amendement du sol par le compost. Cette distribution du pH, notée entre les deux traitements et à travers les horizons est due à l'effet tampon du sol d'une part et à la production d'ammoniac résultant de la dégradation de la matière organique contenue dans le compost.

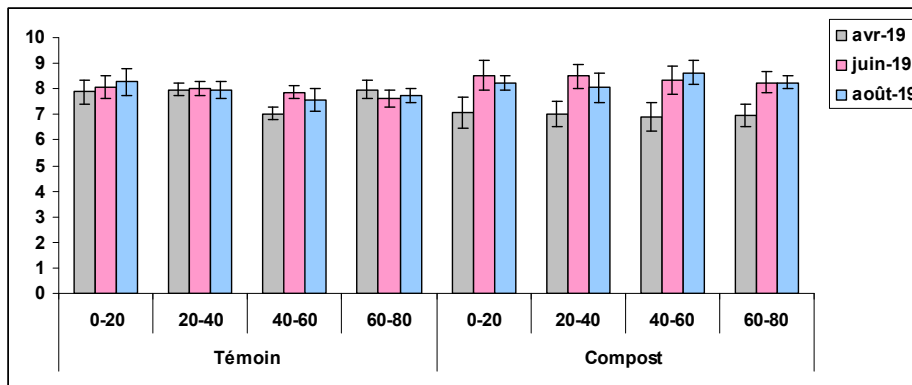


Figure 1 : Évolution du pH des deux traitements appliqués : Témoin et 5 t ha⁻¹ de compost aux niveaux des quatre horizons du sol (0-20; 20-40; 40-60 et 60-80 cm).

III.2.2. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique (CE) permet de jauger la salinité du sol. Dans ce contexte l'épandage du compost a conduit à l'augmentation de la salinité du sol aux niveaux des divers horizons prospectés par rapport au sol témoin non amendé comme indiquée dans la figure 2. Ce qui est évident vu la salinité relativement élevée du compost qui est de l'ordre de 7,86 mS cm⁻¹. En effet, ces valeurs atteignent un maximum de 1,13 mS cm⁻¹ à l'horizon de surface (0-20 cm) après 6 mois du compost épandu. Cette différente répartition de la CE aux niveaux des deux traitements peut être expliquée aussi par le processus d'évaporation naturelle qui se produit aux niveaux des couches superficielles, en plus de la minéralisation des substances organiques induisant un enrichissement notable du sol en sels minéraux assimilables. Ces résultats corroborent avec celle signalées par Chehab, et al. (2019) qui ont prouvé l'accroissement notable de la CE du sol au niveau de la couche 0-20 cm suite à l'épandage du compost à base de fumier (40 %), de grignons d'olive (40 %) et de déchets de la taille (20 %) dans les oliveraies de Monastir. De même, plusieurs travaux ont noté l'augmentation de la CE du sol suite à l'incorporation du compost (Franco-Otero et al. 2011).

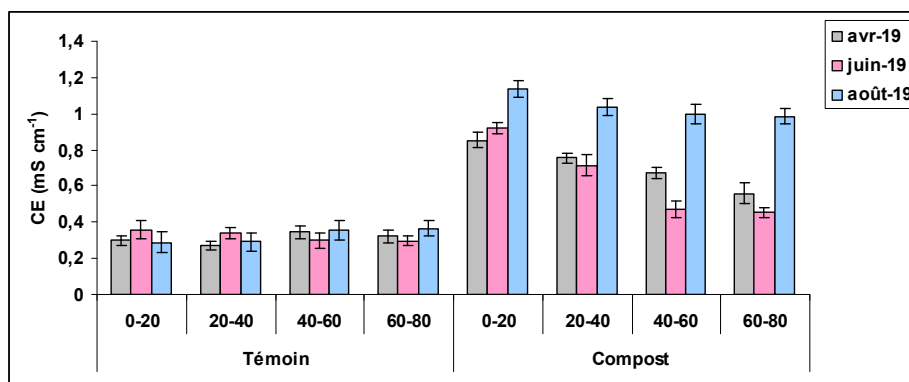


Figure 2 : Évolution de la CE après l'application du compost : Témoïn et 5 t ha⁻¹ de compost aux niveaux des quatre horizons du sol investigués (0-20; 20-40; 40-60 et 60-80 cm).

III.2.3. Matière organique

L'apport du compost dans les oliveraies a induit une augmentation des teneurs des différents horizons du sol en matière organique (MO). Cette amélioration est plus accentuée au niveau des couches superficielles (0-20 et 20-40 cm). Les teneurs en MO enregistrées chez le traitement épandu sont supérieures à celles du sol témoïn, et diminuent en fonction de la profondeur (figure 3).

Après l'application du compost, l'horizon de surface (0-20 cm) présente toujours la teneur la plus élevée en MO du sol (1,14 %). Le taux d'accroissement en MO au niveau de cette couche est égal à 45,61 %. Par conséquent, ces résultats reflètent l'enrichissement progressif des différentes couches en MO, ce qui est bénéfique pour l'activité microbienne et à la fertilité du sol. A long terme, les substances organiques seront minéralisées en divers nutriments minéraux favorables pour la croissance et la nutrition minérale des plantes et les composés humiques résultant de la dégradation des MO assurent une bonne stabilité du sol (Federici et al., 2017).

Ce résultat est conforme aux résultats de Mekki et al. (2014), qui ont constaté une augmentation de la teneur de la MO après l'application du compost. En outre, dans leur étude sur les effets du compost sur le contenu en carbone du sol, Ouni et al. (2013) ont montré que le compost de déchets de palmier a engendré l'augmentation de la teneur de la MO dans le sol, et ce en raison de sa teneur élevée en MO. Dans cette perspective, Chaker et al., 2019 ont mentionné que l'ajout du compost à base de grignons d'olive, améliore la teneur de la matière organique du sol et assure le stockage du carbone en conditions contrôlées et même en conditions naturelles sous un climat méditerranéen. La diminution de la teneur en MO durant la période d'étude pourrait être attribuée à son assimilation par les microorganismes telluriques et aussi à la lixiviation de la partie soluble (Benziri et al., 2007). En outre, ce déclin de la MO traduit la minéralisation de cette matière qui stimule l'activité microbienne au niveau du sol.

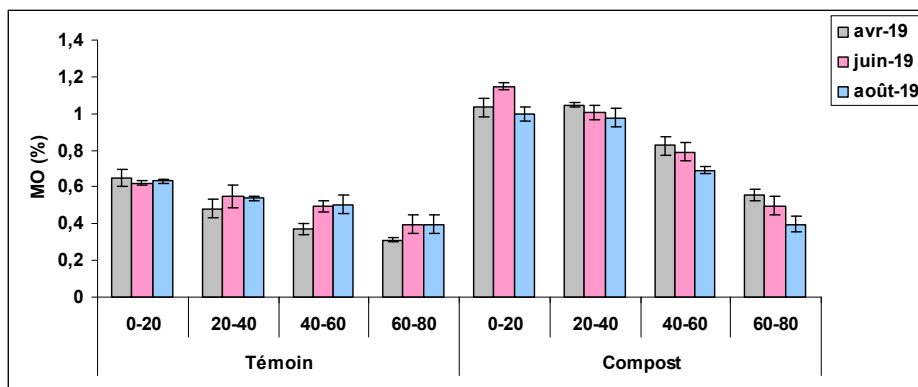


Figure 3 : Évolution de la MO suite à l'application agronomique du compost : Témoin et 5 t ha⁻¹ de compost, aux niveaux des quatre horizons du sol (0-20; 20-40; 40-60 et 60-80 cm).

III.2.4. Éléments fertilisants (N, P et K)

L'épandage du compost dans le champ de l'olivier, améliore la teneur du sol en azote total (figure 4). Cette augmentation est bénéfique pour la production végétale, sachant que l'azote est l'élément majeur dans la nutrition des végétaux puisqu'il contribue à la biosynthèse des protéines, des aminoacides, des acides nucléiques et des chlorophylles. Statistiquement, il y a une différence significative entre le lot non fertilisé et le traitement épandu par le compost ($p < 0,05$), principalement au niveau des horizons superficiels (0-20 et 20-40 cm). En effet, les résultats obtenus ont montré que l'apport en azote total au niveau de l'horizon (0-20 cm) est égal à 26,33 % et ceci par comparaison au témoin.

Dans cette perspective, Masmoudi et al. (2020) ont mentionné l'amélioration des teneurs du sol en azote total en utilisant un compost se caractérisant par une composition hétérogène (30% pâtes de margines, 23% fientes de volailles, 14% boues d'épuration, 11% posidonies, 10% margines, 6 % grignons d'olives et 6 % écorces d'amande) au niveau des couches superficielles (0-10 et 10-20 cm).

Après 6 mois d'expérimentation, une diminution des teneurs en azote total a été notée chez le traitement amendé par le compost. Sachant que l'azote total dans le sol est constitué principalement par la forme organique qui a augmenté avec l'addition du compost, et les formes minérales sont des produits de minéralisation de l'N organique. Donc, le compost utilisé été riche en azote total ce qui a provoqué de nombreuses réactions et des transformations dans le sol via une activité microbienne entraînant la minéralisation du N organique et la production de NH_4^+ suivie de NH_3 et finalement NO_3^- .

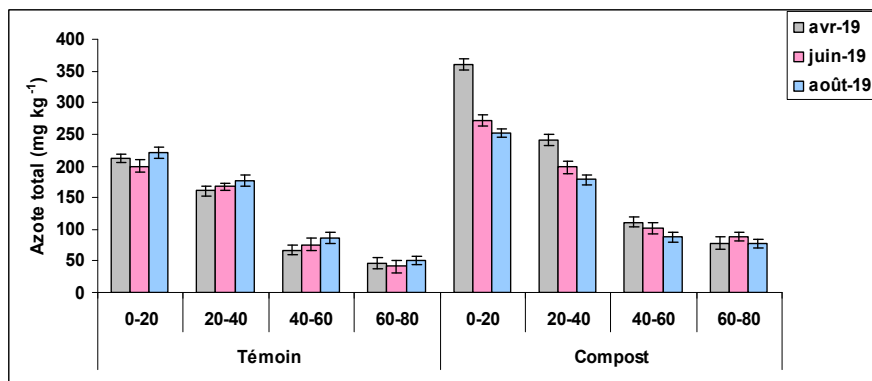


Figure 4 : Évolution de l'azote total : Témoins et 5 t ha⁻¹ de compost aux niveaux des quatre horizons du sol (0-20; 20-40; 40-60 et 60-80 cm).

En observant l'évolution de la teneur du sol en phosphore assimilable, il est à noter l'amélioration des différents horizons du sol analysé en cet élément suite à l'application agronomique du compost et ceci par comparaison avec le sol non amendé (figure 5). La parcelle amendée par le compost de déchets de palmier dattier présente les teneurs les plus élevées en cet élément. L'incorporation du compost pourrait libérer lentement le P sous l'activité des micro-organismes et l'augmentation de l'activité de la phosphatase ce qui entraîne une plus grande minéralisation (Arancon et al., 2006). Ce résultat confirme celui indiqué par Fernández-Hernández et al. (2014) indiquant une augmentation significative de la teneur en phosphore assimilable du sol, suite à l'application du compost constitué de 20% de pâtes de margines, 20 % de produits de la taille des oliviers et 60 % du fumier de mouton durant six années consécutives dans un verger d'olivier dans la province de Jaén (Espagne).

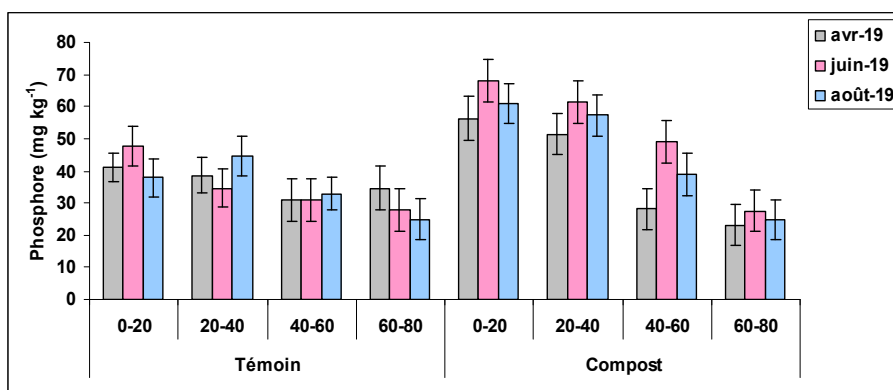


Figure 5 : Évolution du phosphore assimilable : Témoins et 5 t ha⁻¹ de compost aux niveaux des quatre horizons du sol (0-20; 20-40; 40-60 et 60-80 cm).

Les différentes couches du sol analysées ont subi des améliorations significatives du teneur du potassium échangeable avec l'incorporation du compost (figure 6). Cet enrichissement pourrait être expliqué par l'apport élevé en ions potassium par le compost. Les plus fortes concentrations de ce nutriment ont été enregistrées au niveau des couches superficielles du sol (0-20 et 20-40 cm). La teneur la plus importante en K (194 mg kg^{-1}) a été enregistrée à l'horizon (0-20 cm). Les teneurs les plus faibles en K ont été enregistrées au niveau des couches les plus profondes (40-60 et 60-80 cm). De plus, le taux d'augmentation du K est égal à 34,53 % au niveau de la couche superficielle.

Aranda et al. (2015) ont prouvé l'enrichissement de l'horizon de surface (0-10 cm) du sol en potassium après l'application du compost (50% de grignons d'olives et 50% des feuilles d'olivier et du fumier) durant 17 ans dans un verger d'olivier. De plus, une amélioration des teneurs en potassium a été notée suite à l'application des amendements organiques à long terme au niveau d'un sol consacré pour la culture du riz (Qing-hai et al. 2014).

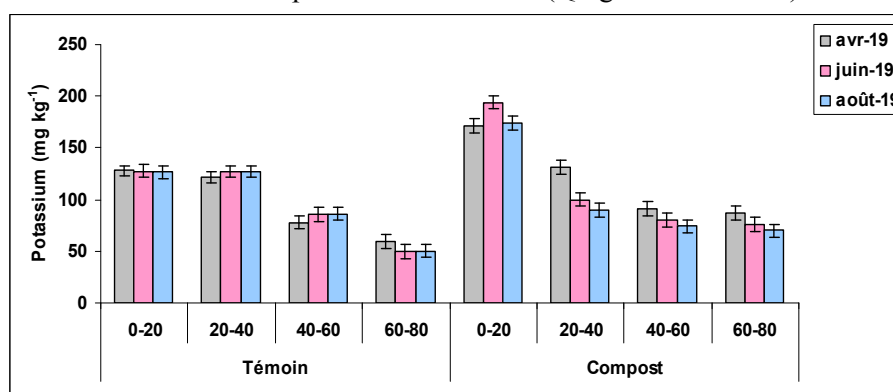


Figure 6: Évolution du potassium échangeable après l'incorporation du compost : Témoin et 5 t ha^{-1} de compost aux niveaux des quatre horizons du sol (0-20; 20-40; 40-60 et 60-80 cm).

III.2.5. Évolution du sodium dans le sol

Les résultats consignés sur la figure 7, montrent que les teneurs du sol en sodium augmentent suite à l'application du compost. Ces teneurs débutent avec des valeurs faibles égales à 95 mg kg^{-1} dans l'horizon de surface chez le traitement témoin pour atteindre, après six mois, une teneur équivalente à 156 mg kg^{-1} pour le traitement épandu par 5 t ha^{-1} de compost. L'analyse statistique montre une différence significative entre le témoin et le lot ayant reçu le compost ($p < 0,005$). Ces résultats laissent penser que l'utilisation du compost peut induire une salinisation du sol à long terme, suite à l'accumulation de l'ion Na^+ . Par conséquent, l'application agronomique de cet amendement sur les terres agricoles devrait être contrôlée afin d'éviter une salinisation excessive du sol.

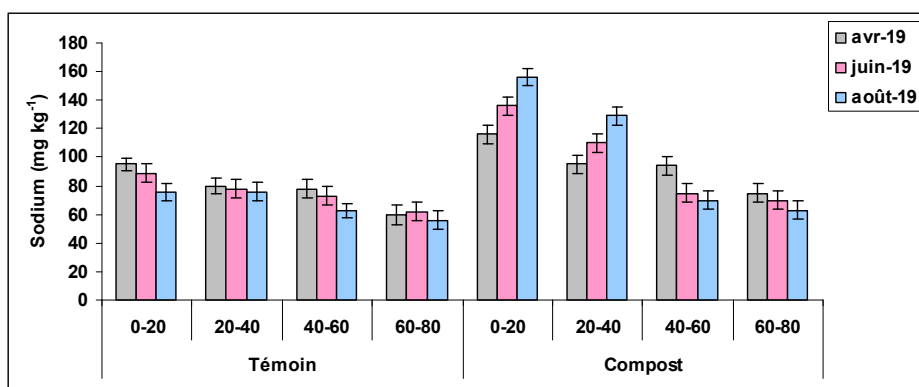


Figure 7: Évolution du sodium pour les deux traitements appliqués: Témoïn et 5 t ha⁻¹ de compost, aux niveaux des quatre horizons du sol (0-20; 20-40; 40-60 et 60-80 cm).

Conclusion

Les résultats obtenus prouvent que l'application agronomique du compost à base des feuilles de palmier dattier et de fumier de chèvre dans les oliveraies améliore les caractéristiques chimiques du sol par l'augmentation des teneurs de la matière organique, l'azote total, le potassium échangeable et le phosphore assimilable aux niveaux des différentes couches investiguées (0-20, 20-40, 40-60 et 60-80 cm). Une augmentation notable des valeurs de la conductivité électrique et des teneurs du sodium est enregistrée chez le traitement ayant reçu 5 t ha⁻¹ de compost.

Références Bibliographiques

- Angelova, V.R., Akova, V.I., Artinova, N.S., et Ivanov, K.I., 2013. The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. *Bulg. J. Agric. Sci* 19, 958-971.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.I., Bierman, P., 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresour. Technol.* 97, 831-840.
- Aranda, V., Macci, C., Peruzzi, E., Masciandaro, G., 2015. Biochemical activity and chemical-structural properties of soil organic matter after 17 years of amendments with olive-mill pomace co-compost. *Environ Manage.* 147, 278-285.
- Benizri, E., Nguyen, C., Piutti, S., Slezack-Deschaumes, S., Philippot, L., 2007. Additions of maize root mucilage to soil changed the structure of the bacterial community. *Soil Biological Biochemical*, 39, 1230-1233.
- Chaker, R., Gargouri, K., Ben Mbarek, H., Maktouf, S., Maria Palese, A., Celani, G., Bouzid, J., 2019. Carbon and nitrogen balances and CO₂ emission after exogenous organic matter application in arid soil. *Carbon Manag.* 10, 23-36.

Chehab H., Tekaya M., Ouhibi M., Gouiaa M., Zakhama H., Mahjoub Z., Laamari S., Sfina, H., Chihaoui B., Boujnah D., Mechri. B., 2019. Effects of compost, olive mill wastewater and legume cover crops on soil characteristics, tree performance and oil quality of olive trees cv.Chemlali grown under organic farming system. *Sci. Hort.* 253, 163-171.

Federici E., Massaccesi L., Pezzolla D., Fidatia L., Montalbani E., Proietti P., Nasini L., Regni, L., Scargetta S., Gigliotti G., 2017. Short-term modifications of soil microbial community structure and soluble organic matter chemical composition following amendment with different solid olive mill waste and their derived composts. *Appl Soil Ecol.* 119, 234-241.

Fernández-Hernández, A., Roig, A., Serramiá N., Civantos C. G.O., Sánchez-Monedero M. A., 2014. Application of compost of two-phase olive mill waste on olive grove: Effects on soil, olive fruit and olive oil quality. *Waste Management*, 34, 1139-1147.

Franco-Otero V.G., Solder-Rovira P., Hernández D., López-de-Sá, E.G., Plaza C., 2011. Short-term effects of organic municipal wastes on wheat yield, microbial biomass, microbial activity, and chemical properties of soil. *Biol Fertil Soils.* 22, 1-12.

Głąb T., Żabiński A., Sadowska U., Gondek K., Kopeć M., Mierzwa-Hersztek M., Tabor S., 2018. Effects of co-composted maize, sewage sludge, and biochar mixtures on hydrological and physical qualities of sandy soil. *Geoderma* 315, 27-35.

Głąba T., Żabiński A., Sadowska U., Gondek K., Kopeć M., Mierzwa-Hersztek M., Tabor S., Stanek-Tarkowska J., 2020. Fertilization effects of compost produced from maize, sewage sludge and biochar on soil water retention and chemical properties. *Soil Till Res.* 197, p, 104493.

Jara-Samaniego J., Pérez-Murcia M.D., Bustamante M.A., Pérez-Espinosa A., Paredes, C., López M., López-Lluch D.B., Gavilanes-Terán I., Moral R., 2017. Composting as sustainable strategy for municipal solid waste management in the Chimborazo Region, Ecuador: Suitability of the obtained composts for seedling production. *Journal of Cleaner Production.* 141, 1349-1359.

Kotzé E., Loke P.F., Akhosi-Setaka, M.C., Du Preez C.C., 2016. Land use change affecting soil humic substances in three semi-arid agro-systems in South Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 216, 194-202.

Masmoudi S., Magdich S., Rigane H., Medhioub K., Rebai A., Ammar E., 2020. Effects of compost and manure application rate on the soil physico-chemical layers properties and plant productivity. *Waste and Biomass Valori.* 11, 1883-1894.

Mekki A., Mdaffar M., Sayadi S., 2014. Advance in Mediterranean soil properties following compost amendment. *Int. J. Agric. Pol. Res.* 2, 373-379.

Muscolo A., Papalia T., Settineri G., Mallamaci C., Jeske-Kaczanowska A., 2018. Are raw materials or composting conditions and time that most influence the maturity and/or quality of composts? Comparison of obtained composts on soil properties. *J. Clean. Prod.* 195, 93-101.

Nelson D.W., Sommers L.E., 1996. *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods*, Madison, Wisconsin pp. 961-1010.

Organisation Internationale de Normalisation, ISO 8358, 1991. *Matières fertilisantes solides-Préparation des échantillons pour analyse chimique et physique*, 4 p.

Uni Y., Lakhdar A., Scelza R., Scotti R., Abdelly C., Barhoumi Z., Rao, M.A., 2013. Effects of two composts and two grasses on microbial biomass and biological activity in a salt-affected soil. *Ecological Engineering*, 60, 363-369.

Pauwels J. M., E. Van Rust, M. Verloo, and Z. E. A. Mvondo., 1992. *Manual of soil laboratory analytical methods of soil and plants*, 28th ed. Belgium.

Powlson D.S., Bhogal A., Chambers B.J., Macdonald A.J., Coleman K., Goulding K.W.T., Whitmore A.P., 2012. The potential to increase soil carbon stocks through reduced tillage or organic additions an England and Wales case study. *Agric. Ecosys. Environ.* 146, 23-33.

Qing-hai H., Da-ming L., Kai-lou L., Xi-chu, Y., Hui-cai Y., Hui-wen H., Xiao-lin, X.,

Sai-lian W., Li-jun Z., Ying-hua D., Wen-ju Z., 2014. Effects of Long-Term Organic Amendments on Soil Organic Carbon in a Paddy Field: A Case Study on Red Soil. *Journal of Integrative Agriculture*. 13, 570-576.

Ramos M.C., 2017. Effects of compost amendment on the available soil water and grape yield in vineyards planted after land leveling. *Agr. Water Manage.* 191, 67-76.

Scotti R., Bonanomi G., Scelza R., Zoina A., Rao M.A., 2015. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 15, 333-352.

Thangarajan R., S. Bolan N., Tian G., Naidu R., Kunhikrishnan A., 2103. Role of organic amendment application on greenhouse gas emission from soil. *Science of the Total Environment*. 465, 72-96.