



## Assessment of the agronomic value of the sludge compost for the wastewater treatment plant from Nador city

L. Zraibi<sup>1\*</sup>, K. Chaabane<sup>1</sup>, A. Berrichi<sup>1</sup>, M. Sbaa<sup>2</sup>,  
M. Badaoui<sup>3</sup>, Y. Zarhloule<sup>4</sup>, M. Georgiadis<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Biologie des Plantes et des Microorganismes, Faculté des Sciences, Université Mohamed Ier, Oujda (Maroc)

<sup>2</sup>Laboratoire d'écologie générale et d'hydrologie, Faculté des Sciences, Université Mohamed Ier, Oujda (Maroc)

<sup>3</sup>Ecole Nationale des Sciences Appliquées Khouribga, BP 77, Université Hassan Premier, (Maroc)

<sup>4</sup>Laboratoire d'Hydrogéologie-Environnement, Faculté des Sciences, Université Mohamed Ier, 60000, Oujda, (Maroc).

<sup>5</sup>Laboratory of Chemical Process and Plant Design, Department of Chemical Engineering, 54124, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Received 22 Jul 2015, Revised 30 June 2015, Accepted 30 June 2015

Linda ZRAIBI, E-mail: [zraibilinda@gmail.com](mailto:zraibilinda@gmail.com); Tel: (+ 212661626803)

### Abstract

The composting is a natural degradation process of organic matter using micro-organisms. It turns out that this practice has economic and environmental advantages. In this study, the composting has been used to remove and recover the sludge from the wastewater treatment plant in the Nador city. The current compost quality requirement needs a large number of physical and chemical characterizations. The objective of this work is the assessment of the opportunities to improve the physical and chemical properties by working on different mixtures proportions on the basis of sewage sludge's compost. Our work aims also to highlight the effect of the compost use as a culture substrate on the growth and yield parameters for lettuce and leek. The addition of the compost has a beneficial effect on the physicochemical characteristics of the substrates. Adding 40% of the compost increases the porosity to 20%, and 50% respectively for soil and sand. The compost contributes also in the increase of the organic matter and adjusts the nitrogen content of the poor culture substrates. Regarding the use of compost as a total or partial substitute, it is important to mention the significant increases in production of fresh material for the aerial part of leek compared to TV. The evolution of the height and diameter of the lettuce apple and leek bulb is close to those of the peat when using the compost. The effect of the compost addition on the height of the aerial part of both species showed a significant difference.

**Keywords :** Compost, sewage sludge, topsoil, mixing, culture substrate.

### Evaluation de la valeur agronomique du compost des boues de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Nador

#### Résumé

Le compostage est un procédé de dégradation naturelle des matières organiques, par des micro-organismes. Cette pratique s'avère économique et environnementale. Dans cette étude, le compostage a été utilisé afin d'éliminer et de valoriser les boues de la station d'épuration de la ville de Nador. Les exigences de la qualité des composts nécessitent actuellement un nombre important de caractérisations physiques et chimiques. L'objectif du présent travail est l'évaluation, d'une part, des possibilités d'amélioration des propriétés physiques et chimiques en travaillant sur différentes proportions des mélanges à base de compost des boues de station d'épuration ; et d'autre part, de mettre en évidence l'effet de l'utilisation du compost comme substrat de culture sur les paramètres de croissance et de rendement à la fois de la culture de la laitue et du poireau. L'ajout du compost a un effet bénéfique sur les caractéristiques physicochimiques des substrats, avec 40% du compost ajouté, la porosité a augmenté de 20% au sol et de 50% au sable. Le compost contribue aussi à l'augmentation de la matière organique et ajuste la teneur en azote des substrats de culture pauvre. Concernant l'utilisation du compost comme substitut total ou partiel, on a noté des accroissements significatifs aussi bien pour la production de la matière fraîche de la partie aérienne du poireau par rapport à la terre végétale (TV), que pour la hauteur et le diamètre de la pomme de la laitue et du bulbe de poireau qui sont proches de la tourbe.

**Mots clés :** Compost, boues de station d'épuration, terre végétale, mélange, substrat de culture.

## 1. Introduction

Le Maroc doit faire face à une augmentation continue du volume des déchets produits dans le pays. L'évolution des divers déchets suit étroitement celle des sociétés et aussi celle du changement des modes de production et de consommation, ainsi l'amélioration du niveau de vie [1].

Depuis quelques décennies, dans le cadre de la politique publique de préservation de la qualité des eaux naturelles (nappes et cours d'eau), les communes, ou les agglomérations de communes, ont mis en place des stations d'épuration pour le traitement des eaux usées. Celles-ci génèrent un sous produit inévitable: les boues d'épuration.

Le traitement des eaux usées est à l'origine de production de grandes quantités de boues. Au Maroc Le volume des eaux usées traitée au niveau des 72 stations d'épuration est d'environ 8% et génère à peu près 13770 tonnes de boues, aux quelles s'ajoute la production des boues de curage des réseaux d'assainissement des zones urbaines estimée à 9900 tonnes. Les projections pour l'année 2010 prévoient une production de boues au niveau des STEP d'environ 123300 Tonnes [2].

La gestion des sous produit est devenue une nécessité primordiale pour la protection de l'environnement [3]. De ce fait la production du compost est parmi les plus importantes filières de valorisation des boues. Ces déchets organiques sont riches en éléments fertilisant qui constitue une source majeure de carbone organique et d'azote [4]. L'incorporation du compost au sol contribue à une réintégration des éléments minéraux et organiques dans les sols et permet de réduire les coûts de production des substrats tout en respectant les normes d'une agriculture durable [5]. Aussi il améliore le bilan hydrique du sol, et stimule l'activité biologique du sol, aussi bien au niveau de la microfaune que la microflore [6].

Le présent travail a pour but d'évaluer l'effet fertilisant du compost à base des boues de la station d'épuration des eaux usées de la ville Nador sur la culture de la laitue et du poireau par rapport à la tourbe et à la terre végétale

Le suivi du comportement des cultures vis-à-vis des différentes proportions du compost, est entrepris par la détermination des rendements et des paramètres culturaux de croissance pour connaître les possibilités et les limites de son utilisation dans l'agriculture.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Site expérimental

L'expérimentation est menée sous serre vitrée à la station de recherche expérimentale de la Faculté des Sciences d'Oujda (Maroc), à une altitude de 468m, une latitude de 34° 39' 07" Nord et une longitude de 01° 53' 01" Ouest (GPS Traffic Assist Highspeed) Le climat est de type aride à hiver doux [7].

### 2.2. Composition des substrats

Huit substrats de culture ont été utilisés pour cette étude. Ils s'agissent de la terre végétale (100%), du sable (100%) et de la tourbe (100%) comme substrats témoins, et des mélanges en volume à différentes proportions correspondant à cinq substrats composés. La composition des différents substrats testés est représentée dans le tableau 1.

**Tableau 1 :** Identification et composition des mélanges confectionnés pour la multiplication et la croissance des deux espèces maraichères (laitue et poireau).

T	100% Tourbe
TV	100% Terre végétale
S	100% Sable
C	Compostage issu de l'essai pilote de compostage des boues de station d'épuration
C + TV (20% + 80%) C + TV (40% + 60%) C + S (20% + 80%) C + S (40% + 60%) C + S (60% + 40%)	Mélange (volume/volume) de substrat

Les substrats obtenus ont été caractérisés par mesure des paramètres physicochimiques selon les normes AFNOR édictées par RODIER. Les paramètres physiques mesurés sont le pH, la conductivité, la capacité de

rétenion de l'eau (CRE), la densité apparente  $D_a$ , la masse volumique apparente MVA et la porosité totale. La qualité chimique des substrats a été évaluée par mesure de l'azote total et de la matière organique.

### 2.3. Matière végétale

La laitue (*Lactuca sativa*) ; variété « Madrilène », et les poireaux ; variété « Tenor » ont été semé le 02/01/2010 dans des terrines alvéolaires à raison de deux graines par alvéole. Le substrat utilisé est la tourbe. Les plants ont été irrigués quotidiennement. La transplantation a été réalisée trois semaines après le semis sur les huit substrats déjà préparés. La récolte a été effectuée après trois mois du semis.

### 2.4. Dispositif expérimental

L'essai a été installé suivant un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet avec trois répétitions. Chaque bloc est composé de sept pots et huit substrat qui sont : la tourbe (T), le compost (C), la terre végétal (TV), C+TV(20% + 80%), C + TV(40% + 60%), C + S(20% + 80%), C + S(40%+ 60%), C + S(60% + 40%).

### 2.5. Plantation et suivi de la culture

Les graines des deux espèces étudiées ont été semées dans des terrines alvéolées remplies de tourbe. Après 20 jours de culture, l'une des deux a été retirée et une seule a été gardée pour se développer. Un mois après le semis, les plantules ont été transplantées dans des pots en plastique d'un litre sous serre vitrée. Le fond de ces pots est troué (3 trous) pour permettre le drainage de l'eau et éviter ainsi l'asphyxie des racines.

### 2.6. Paramètres de croissance

Les mesures morphologiques ont été prises sur les deux espèces étudiées au stade final de la croissance.

- Au cours du stade final de croissance, la longueur de la partie aérienne de la laitue et des poireaux, mesurée à l'aide d'une règle graduée depuis le collet jusqu'au bourgeon apical.
- Le diamètre de la pomme et du bulbe sont mesurés à l'aide d'un pied à coulisse de précision de 1/100mm.
- Le nombre de feuilles a été compté manuellement après la récolte de la laitue pour chaque plantule.
- Après trois mois de culture pour la laitue et quatre mois pour les poireaux, la partie aérienne et souterraine des plantes sont pesées immédiatement après la récolte pour obtenir leur poids frais (Pf) à l'aide d'une balance de précision (1/100).

### 2.7. Analyse statistique

Les résultats relatifs aux diverses analyses chimiques réalisées (à raison de trois répétitions pour chaque paramètre étudié) ont subi l'analyse de la variance (ANOVA) et la comparaison des moyennes par le test de Duncan en ayant recours au logiciel SPSS (11.05). Les moyennes de chaque paramètre suivi de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le même test au seuil de 5% ( $P > 0,05$ ).

## 3. Caractérisation physicochimique des substrats

Les résultats des analyses physiques sont répertoriés dans le Tableau 2. Les substrats de culture utilisés, présentent une porosité comprise entre 50% et 70%. Les proportions des substrats T, TV, C sont respectivement 73,00%, 52,58% et 69,30%. Le compost C et les mélanges C + TV ont une porosité voisine de la tourbe (substrat performant utilisé comme support de culture). Une correction du substrat S avec 40% à 60% du compost augmente sa porosité.

La porosité du substrat C ainsi que les mélanges C + TV et C + S répondent aux normes de la porosité totale, en effet l'ajout du 40% du compost au substrat TV et S a augmenté leur porosité respectivement de 20% et 50%. D'après le tableau 2, la densité apparente est inversement proportionnelle aux doses des boues, elle est de  $160\text{g/cm}^3$  pour le C + S(60% + 40%) et diminue avec l'apport des boues jusqu'à atteindre  $126\text{g/cm}^3$ . Cela peut être expliqué par l'augmentation du nombre et du volume des interstices ou des vides au sein du substrat.

La capacité de rétention en eau est proportionnelle aux doses des boues. On a enregistré une valeur minimale de 4% pour le sable et une valeur maximale de 69% pour la tourbe.

Les substrats T, C, C + TV(40% + 60%), C + S(60% + 40%), présentent des valeurs comprises entre 45% et 69% (Tableau 2). Ils ont une teneur en matière organique supérieure à 30% et appartient à la catégorie des substrats organiques. Les autres substrats TV, S, C + TV(20% + 80%), C + S(20% + 80%) et C + S(40% + 60%)

sont des substrats organiques et minéraux (teneur en matières organique comprise entre 10% et 30%). Ainsi ils présentent une capacité de rétention plus faible que les substrats organiques :  $4\% \leq CRE \leq 40\%$ . Il paraît clair que plus la teneur en matière organique augmente plus la CRE augmente.

L'addition du compost des boues des stations d'épuration des eaux usées aux substrats de culture favorise la rétention d'eau au niveau des substrats. Son intégration même en faible pourcentage, a un effet considérable sur la CRE, et par conséquent une amélioration des réserves en eau utile. Les valeurs du pH et des huit substrats sont proches de la neutralité et montrent que ces échantillons sont favorables pour l'assimilation des éléments nutritifs.

**Tableau 2 :** Caractéristiques physiques des substrats de culture testés

		H (%Pf)	CRE (%)	Dr (g.l <sup>-1</sup> )	Da (g.l <sup>-1</sup> )	Porosité (%)	pH	C.E (ms/cm)
<b>Substrats</b>	<b>Tourbe</b>	46,00	69,00	1530	147	73,00	5,53	3,43
	<b>Terre végétal</b>	03,58	49,00	1170	453	52,58	8,06	0,59
	<b>Compost</b>	13,10	64,50	1569	160	69,30	6,78	5,16
	<b>Sable</b>	00,60	04,00	2502	136	22,53	8,53	1,2
<b>Mélange des substrats</b>	<b>C + Tv (20% + 80%)</b>	03,77	40,60	1539	147	52,53	7,66	1,34
	<b>C + Tv (40% + 60%)</b>	04,09	55,31	1493	143	63,00	6,36	1,99
	<b>C + S (20% + 80)</b>	02,90	29,00	1652	160	49,17	6,87	1,92
	<b>C + S (40% + 60%)</b>	03,36	38,40	1449	140	52,64	7,22	2,66
	<b>C + S (60% + 40%)</b>	04,81	45,20	1322	126	57,23	7,02	3,77

La conductivité électrique CE varie de 5,16 ms/cm pour le substrat C à base du compost à 0,59 ms/cm pour le substrat TV. Ceci pourrait avoir des risques sur la croissance des plantes. Les autres substrats présentent des valeurs conformes aux normes établies pour les supports de culture à l'exception du compost qui présente la valeur la plus élevée de la CE (5,16 ms/cm).

Par ailleurs, l'addition de 20% du compost au substrat TV augmente la salinité de 56% et l'ajout de 3,5 g.L<sup>-1</sup> du compost aux mélanges C + TV et au C + S mène à une augmentation de la salinité. Ainsi les substrats des cinq mélanges confectionnés (C + TV et C + S) ont une faible CE inférieure à 3ms/cm. Ceci pourrait être expliqué par la nature de l'origine du compost. Au delà de cette limite, des répercussions négatives pourraient avoir lieu sur la germination et l'émergence des semences de certaines essences forestières.

La salinité est inversement proportionnelle à l'apport des boues dans les différents substrats, elle varie entre 0,4g/L pour le substrat (TV) à 13,5g/L pour le substrat (C) (Tableau 2).

Le Tableau 3 représente les taux de matière organique et du carbone organique total des différents substrats de croissance considérés. L'examen des résultats montre que les substrats T, C, TV, S présentent respectivement 90%, 38%, 21%, 2% de matière organique. Les substrats TV et S possèdent le taux le plus faible en MO. Le taux de MO au niveau des substrats confectionnés augmente de façon proportionnelle au taux d'incorporation du compost qui doit satisfaire certaines normes exigeant des teneurs minimales en MO. La richesse des boues en MO (38,33 %) explique ce résultat.

Quant aux résultats relatifs au pourcentage d'azote (N) et au rapport C/N des différents substrats de croissance mis à l'essai, on n'a dénoté d'une part, que l'apport de boue conduit à une augmentation de la teneur en azote variant de 1,43 à 1,64%. D'autre part, les substrats S et TV présentent le taux le plus faible du rapport C/Net les substrats T et C le plus élevé. Pour les substrats C + TV et C + S, on a constaté que plus la proportion du compost est grande plus le rapport C/N est important. En effet, les mélanges C + S enregistrent le taux le plus faible, et le plus élevé pour les autres mélanges C + TV et C + S tout en répondant aux normes d'un compost mûr [8-15]. Il convient de signaler que le rapport C/N du substrat TV et S le rapport le plus bas ; une correction par l'ajout du substrat C améliore leurs teneurs en Azote et en rapport C/N.

Pour les boues étudiées, le rapport C/N est inférieur à 25, ce qui signifie que la minéralisation de la matière organique s'effectue très rapidement, et par conséquent les boues peuvent être utilisées comme substrat de culture à elles seules. Comme elles pourraient être mélangées à d'autres substrats pour donner des résultats satisfaisants

**Tableau 3 : Caractéristiques chimiques des substrats de culture testés**

		Salinité (g.L <sup>-1</sup> )	C/N <sub>total</sub>	N <sub>total</sub> (g.L <sup>-1</sup> )	MO (%)
Substrats (100%)	Tourbe	2,33	50	10	90
	Terre végétale	0,4	8,5	0,94	21,6
	Compost	3,5	10,62	2,15	38,33
	Sable	2,8	1,4	0,79	2
Mélange des substrats	C + TV (20% + 80%)	0,91	8,25	1,43	32,66
	C + TV (40% + 60%)	1,35	8,95	1,64	37,9
	C + S (20% + 80)	1,3	4,18	1,29	17,13
	C + S (40% + 60%)	1,8	6,74	1,35	26,47
	C + S (60% + 40%)	2,56	8,18	1,53	33,99

Les valeurs du pH des huit substrats sont dans les normes recherchées de neutralité, et ceci quelque soit la nature du mélange. [12, 13].

Le pH moyen des différents substrats testés est légèrement acide, il varie d'une manière très faible d'un substrat à un autre, il est inversement proportionnel aux doses des boues. La valeur la plus élevée a été enregistrée chez le témoin qui est proche de la neutralité. Un tel pH s'explique par le taux élevé du sable par rapport aux autres substrats. On pourrait assister à des carences [15].

La conductivité électrique CE des cinq mélanges confectionnés (C + TV et C + S) est faible et inférieure à 3 ms/cm, à l'exception du compost qui se caractérise par une CE élevée à cause de la boue de station d'épuration des eaux usées. Au delà de cette limite, on pourrait assister à une augmentation de la capacité d'échange cationique et de la salinité, et avoir des répercussions négatives sur la germination et l'émergence des semences de certaines essences forestières. En effet, la salinité des différents substrats est moyenne à l'exception du substrat C qui est fortement salé [16]. La salinité est inversement proportionnelle à l'apport des boues dans les différents substrats. Elle est moyenne et varie entre 0,4g/L pour le substrat (TV) à 13,5g/L pour le substrat (C) (Tableau 3).

Les rapports C/N des substrats TV et S sont les plus bas. Une correction par l'ajout du substrat C a nettement amélioré leurs teneurs en azote et en rapport C/N ; cas des mélanges C + TV et C + S. Quant aux substrats T et C, le rapport C/N est respectivement de 10 et 2,15. En plus, le substrat C est très riche en matière organique ; elle est comprise entre 35 et 45 %. Ce qui qualifie son utilisation pour les cultures.

Les résultats de la caractérisation physicochimique des différents substrats nous ont permis de tester leur efficacité sur le rendement des cultures et des autres paramètres de croissance de la laitue et du poireau.

#### 4. Effet des substrats sur les paramètres morphologiques testés

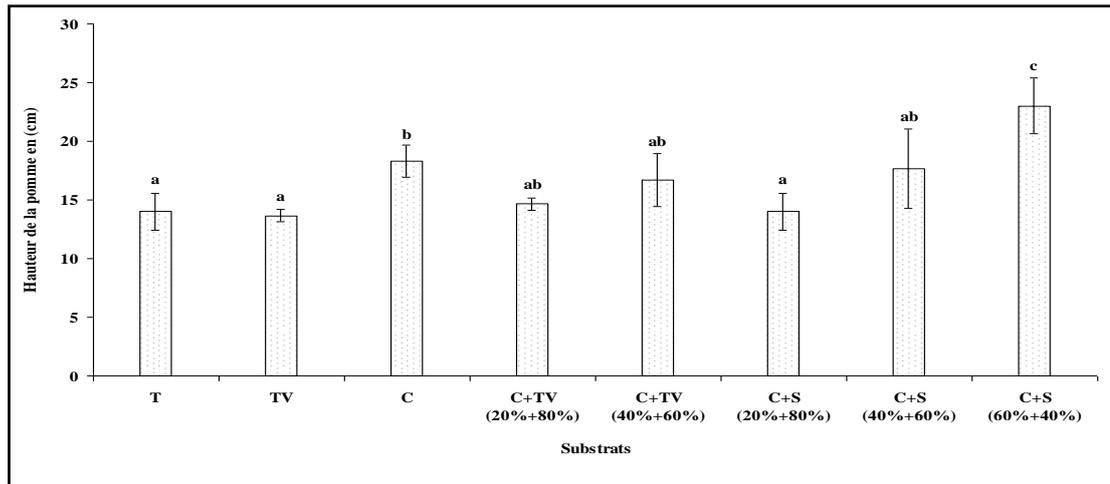
##### 4.1. Effet des boues sur la hauteur et le diamètre de la pomme

Les substrats utilisés pour cette étude ont donné de bon résultat sur la croissance des plants de la laitue. Les figures 1,2 montrent un effet bénéfique de l'utilisation total ou partiel du compost sur à la fois le diamètre et la hauteur de la pomme de la laitue. Ainsi l'augmentation du diamètre de la pomme a atteint 14,6 ; 21 ; 24 ; 26,33cm respectivement pour les substrats TV, C + TV(20 % + 80 %), C + TV(40% + 60%), et C et 13,66 ; 14,66 ; 16,66 ; 18,33cm respectivement pour la hauteur. Les substrats T, C et TV sont les substrats où la croissance et la meilleure alors que le substrat S présente le taux le plus faible en hauteur et en diamètre de la pomme de la laitue.

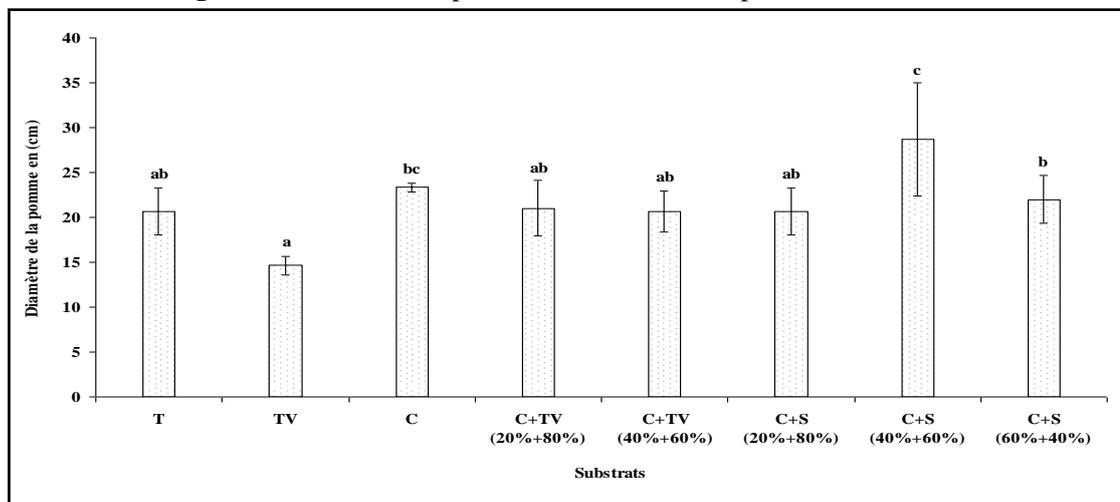
La hauteur de la tige diffère d'un substrat à un autre, la longueur maximale est enregistrée chez le substrat C + S (60% + 40%) pour la laitue puis cette longueur diminue avec la diminution de la quantité de boues dans les substrats jusqu'au témoin (figure 1). Le test de l'analyse de la variance à un seul facteur montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différents substrats (P<0,01).

Le test Duncan au seuil de 5% fait ressortir trois groupes homogènes (figure 1) :

- groupe dominant par le substrat C + S (60% + 40%) ,
- groupe représenté par le substrat C, C + TV (20% + 80%), C + TV (40% + 60%), C + S (40% + 60%)
- groupe ayant la hauteur moyenne la plus faible T, TV et C + S (20% + 80%).



- **Figure 1** : Effet du compost sur la hauteur de la pomme de la laitue



**Figure 2** : Effet du compost sur le diamètre de la pomme de la laitue

#### 4.2 Effet des boues sur le nombre de feuilles de la pomme de la laitue

La figure 3 présente le nombre de feuilles de la pomme de la laitue pour les différents types de substrats. L'analyse statistique a révélé une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre le nombre de feuilles des différents substrats. Le substrat C présente le nombre de feuilles le plus élevé, alors que le nombre le plus bas est enregistré chez les plants du substrat TV. L'ajout du compost sur les substrats de culture agit favorablement et note une augmentation significative sur le nombre de feuille de la pomme de la laitue.

Le test Duncan au seuil de 5%, fait ressortir deux groupes homogènes, le groupe dominant est celui correspondant au substrat TV et le deuxième groupe pour les autres substrats.

#### 4.3 Effet des boues sur la biomasse de la partie aérienne de la laitue

La figure 4, illustre les variations du poids frais moyen par plant de laitue en fonction du type de substrats. Des plants récoltés en fonction du type de substrat, montre clairement l'effet positif du substrat C par rapport au substrat TV. De ce fait, la production globale de la laitue a enregistré un rendement trois fois plus élevé par rapport à celle cultivée sur le substrat TV.

Les poids moyens des plants cultivés dans les substrats TV, T, et C sont respectivement de 88,86g, 187g et 277,8g. L'ajout du compost au substrat S et TV sable agit favorablement sur le rendement de la plante. Les résultats ainsi obtenus montrent également que la production augmente avec l'application du compost. Cet accroissement du poids de la laitue est attribué aux caractéristiques physiques et à la valeur nutritive du compost.

Le poids frais de la partie aérienne des plants de la laitue, développé en substrats C + S (60% + 40%), possède la valeur la plus élevée avec 277 g et le substrat T présente la valeur la plus faible avec 88g. Ces résultats sont

prouvés statistiquement par l'analyse de la variance qui représente une différence significative pour la biomasse de la partie aérienne.

Le test Duncan au seuil de 5% fait ressortir pour la biomasse de la partie aérienne quatre groupes homogènes (figure 4). Le groupe dominant est celui du substrat C + S (60% + 40%). La biomasse la plus faible est du groupe (d) correspondant au substrat T (100% Tourbe).

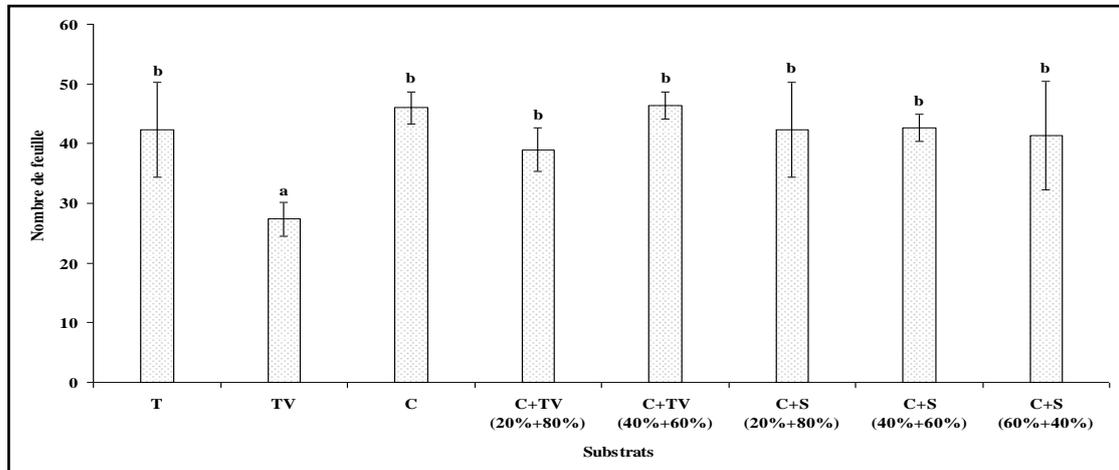


Figure 3 : Effet du compost sur le nombre de feuille de la pomme de la laitue

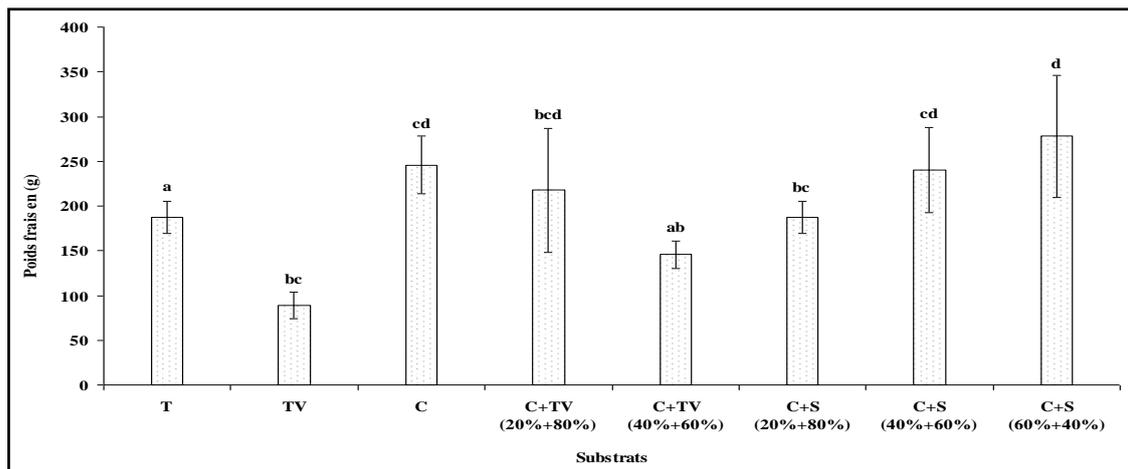


Figure 4 : Effet du compost sur le rendement en poids frais du plant de la laitue.

Chaque traitement est différent significativement de l'autre. Le test Duncan au seuil de 5% accorde un groupe de moyennes différentes pour chaque traitement qui sont représentés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : groupe de moyennes pour les différents substrats

Substrats	T	TV C+ TV (20% + 80%) C + S (20% + 80%)	C C + S(40% + 60%)	C + S (60% + 40%)
Groupe	A	B	C	D
Poids	Faible	Moyenne		Fort

#### 4.4 Effets des traitements sur les paramètres morphologiques de la partie aérienne du poireau

Le dépouillement des figures 5 et 6 annoncent que le compost a un effet bénéfique sur la hauteur de la partie aérienne et sur le diamètre du bulbe des poireaux et les paramètres de sa croissance (rendement et poids); résultat similaire à celui obtenu pour les plants cultivés sur T (100 %). En effet, le poireau cultivé sur le substrat C présente la hauteur la plus élevée (67,73 cm) qui dépasse celui cultivé sur le substrat T de 18,73cm. Ainsi, le diamètre du bulbe de poireau atteint est de 1,33 ; 1,5 et 2,9 cm

lorsqu'il est cultivé respectivement sur la TV, le C ou la T. Quant aux mélanges confectionnés sur le substrat TV, on remarque une homogénéisation entre les plantes cultivées. Elles présentent le rendement le plus faible en diamètre du bulbe des poireaux en comparaison aux plantes cultivées sur les mélanges C + S, C + TV et sur T (100% tourbe).

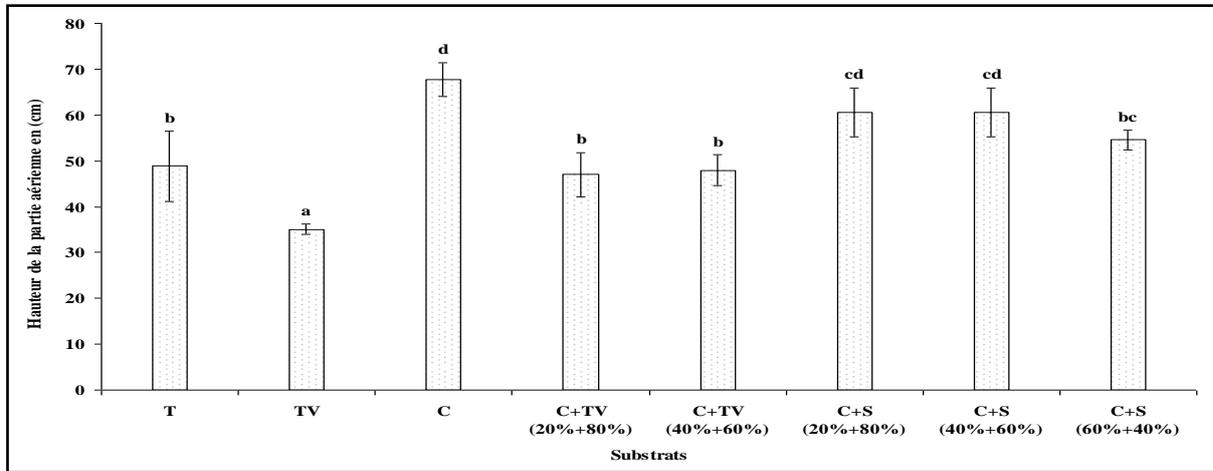


Figure 5 : Effet du compost sur la hauteur de la partie aérienne du poireau

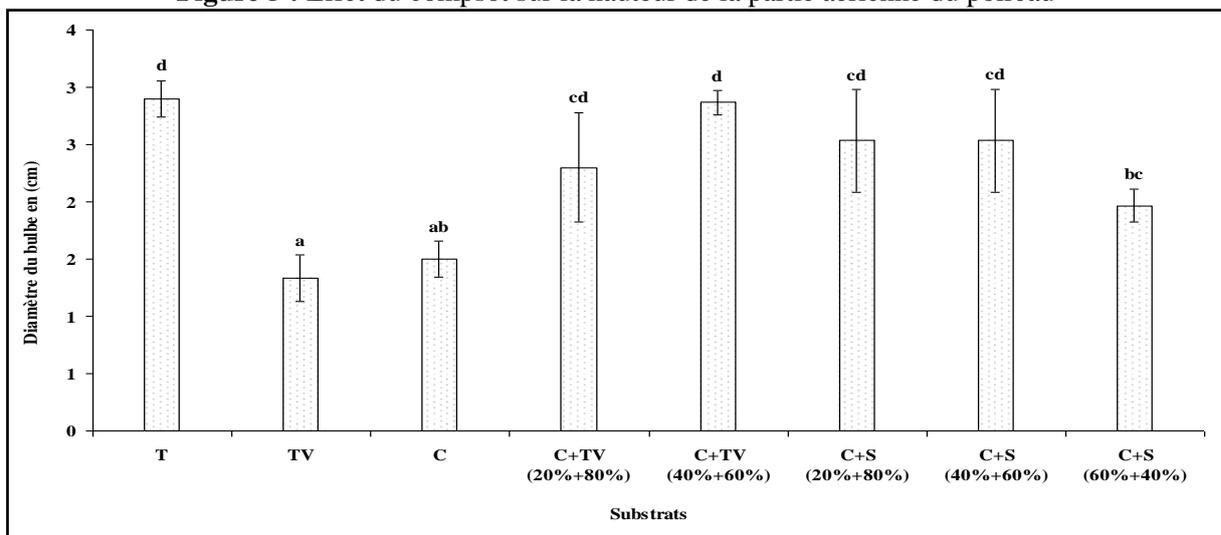
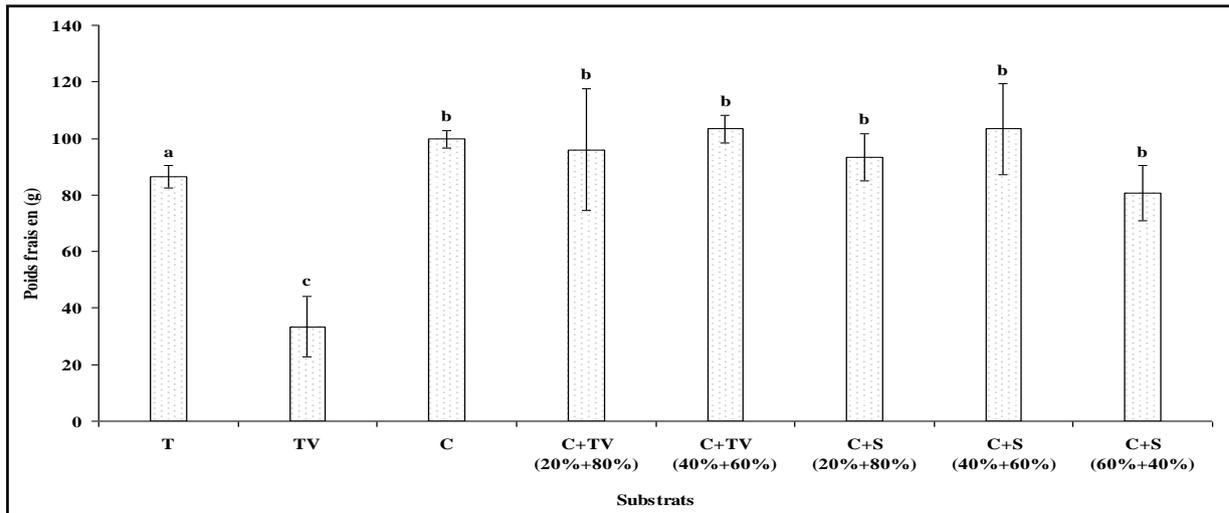


Figure 6 : Effet du compost sur le diamètre du bulbe du poireau

La figure 7 montre que les mélanges (C + TV(20% + 80%), C + TV (40% + 60%)) et (C + S (20% + 80%), (40% + 60%), (60% + 40%)) contribuent à une amélioration notable du rendement par rapport à TV et C96,03g ; 103,29g ; 103,33g ; 113,05g ; 80,7g et influent de façon significative sur le poids de la plante entière comparativement au substrat TV et C. De ce fait, chaque mélange forme un groupe statistiquement homogène justifié par leur effet identique sur les paramètres.

Par ailleurs, les analyses physico-chimiques des huit substrats ont révélé des modifications sensibles des caractéristiques et de fertilité du sol. Ceci est en accord avec d'autres travaux témoignant que l'ajout du compost à la terre végétale et au sable améliore les propriétés physiques des substrats, ainsi il peut être un substitut partiel à la tourbe [10].

Ainsi, on a montré que la confection des mélanges à base de compost nous a permis d'obtenir des substrats respectant les normes standards de porosité et de rétention en eau. En effet, la porosité du substrat C ainsi que les mélanges C + TV et C + S répondent aux normes de porosité totale. L'ajout de 40% du compost au substrat TV et S a augmenté leur porosité respectivement de 20 et 50% qui semble élevée par rapport aux résultats des travaux antérieurs ( $15 \leq \text{Porosité} \leq 75$ ) [11]. Ceci aura un effet direct sur la Capacité de rétention en eau CRE des substrats confectionnés.



**Figure 7 :** Effet du compost sur le rendement en poids frais du poireau

En guise de conclusion, l'utilisation du compost comme fertilisant de la laitue a engendré un effet bénéfique sur le nombre de feuilles de la pomme de la laitue, la hauteur et le diamètre, par rapport au substrat TV. Ceci prouve la bonne alimentation en eau et en sels minéraux, et une bonne production en biomasse par la plante. Pour les substrats T et C, ils ont marqué la hauteur la plus élevée de la pomme de laitue. Une différence notable du rendement a été révélée avec des valeurs moyennes de 277 g/plant pour C et 88,86 g/plant pour TV. Cette amélioration du rendement a été également observée par Fdil et al. Ainsi, plusieurs auteurs ont montré des réponses efficaces pour les plantes lorsqu'ils ont amendé le sol, pauvre en azote et en carbone, par le compost [17-21]. De même pour le poireau, l'addition du substrat C a nettement amélioré la hauteur, le diamètre du bulbe et la matière fraîche de la partie aérienne. En effet, la hauteur et la matière fraîche de la partie aérienne du poireau sont respectivement de 67,73 cm et 76,38 g pour le substrat C, et presque de la moitié (35,03 cm) et 33,42 g pour le substrat TV. Les données disponibles concernant l'utilisation du compost comme substitut total ou partiel ont noté des accroissements significatifs de la production de la matière fraîche de la partie aérienne du poireau par rapport au TV, avec des valeurs de 33,42 g (TV) et de 76,38 g (C).

Dans notre expérimentation où aucun supplément de fumure minérale n'a été ajouté dans les mélanges sol-compost et sable-compost, les accroissements de la production de la matière végétale observée par rapport à la terre végétale est imputable au compost. Ces résultats mettent en évidence d'une part, l'action fertilisante du compost seul et, d'autre part sa non toxicité pour la plante [22, 23].

## 5 Conclusion

L'objectif de cette étude est l'amélioration de la qualité physicochimique du sol par l'addition d'un compost à base de la boue d'épuration des eaux usées. 8 substrats ont été élaborés : la tourbe, le compost, le sable, la terre végétale, le compost et la terre végétale, le compost et le sable à différentes concentrations. Ce travail avait pour objectif aussi l'évaluation de l'effet du compost sur les paramètres de croissance de la laitue et du poireau.

La caractérisation physico-chimique des huit substrats a révélé des modifications des caractéristiques et de la fertilité du sol. Ce qui témoigne que le compost pourrait être un substitut partiel à la tourbe. Autres travaux témoignant que l'ajout du compost à la terre végétale et au sable améliore les propriétés physiques des substrats. La confection des mélanges à base du compost permet d'obtenir des substrats respectant dans une certaine mesure les normes standards de porosité de rétention en eau. Le compostage est un procédé prometteur de valorisation de déchets puisqu'il permet d'obtenir, à partir de déchets organiques, un produit stable, hygiénisé et pouvant être utilisé comme amendement agricole. Les résultats des expérimentations réalisées sous serre, confirment que le compost des boues incorporé dans les sols, entraîne un effet positif sur la croissance et le rendement des cultures. Ses effets sur le rendement varient selon le type de culture et le type du substrat utilisé. En conséquence, le substrat de référence (T) a montré, pour les plants de laitue et du poireau, les paramètres de croissance les plus satisfaisants et les substrats à base du compost seul et ceux issus du mélange terre végétale et compost peuvent être considérés parmi les meilleurs de point de vue paramètres végétatifs des plants.

Les résultats ainsi obtenus sont très importants, non seulement, d'un point de vue économique, mais également, d'un point de vue écologique, dans la mesure où cette amélioration de la fertilité évite le défrichage de nouvelles terres agricoles. Les analyses physico-chimiques des boues de la station d'épuration de Nador et des différents mélanges nous ont permis en premier lieu de s'assurer que ces dernières ne sont pas toxiques pour les plants de la laitue et du poireau. Ceci, nous permettrait d'affirmer que les boues de la station d'épuration de Nador peuvent être valorisées, leurs caractéristiques physico-chimiques leur acquièrent un potentiel d'utilisation, non pas comme substrat mais plutôt comme un des constituants de notre mélange qui est à base de boues et de sol forestier. Du point de vue morphologique, l'apport des boues est bénéfique pour améliorer la croissance des plantules des deux espèces étudiées.

**6 Remerciements**-Les auteurs souhaitent remercier le support de la commission européenne pour le projet "Distributed Knowledge-Based Energy Saving Networks" – DISKNET, Grant Agreement No: PIRSES-GA-2011-294933.

## 7 Nomenclature

T	Tourbe
TV	Terre végétale
S	Sable
C	Compostage
Pf	Poids frais
AFNOR	L'Association française de normalisation
CRE	Capacité de rétention de l'eau
MVA	La masse volumique apparente

## Références bibliographiques

1. Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement, Département de l'Environnement. 2010. Rapport sur l'état de l'environnement au Maroc.
2. Conseil supérieur de l'eau et du climat, (2001).
3. Oueslati, M.A., Ksontini M., Haddad M., Charbonnel Y., 1995. Compostage des branches d'Acacia cyanophylla et des boues fraîches des stations d'épuration d'eaux usées. *Revue Forestière Française*. XLVII 5, p. 523-529.
4. Leclerc B., 2001. Guide des matières organiques. Editions Techniques de l'ITAB. 96p.
5. Lamhamdi, M.S, Yammari.Y, Akrimi, Zine El Abidine.A., 2003. Compostage de la biomasse forestière et son utilisation comme substrat de croissance pour la production des plants en pépinières forestières modernes. *revue de l'INAT*. vol. 18 n2. ISSN : 0330-8065
6. Fuchs, J., 2009. Interactions between beneficial and harmful microorganisms: from the composting process to compost application. Dans: *Microbes at work: from wastes to resources*, H. Insam, I. Franke-Whittle et M. Goberma (eds), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, en presse.
7. Merimi, J., Boukroute, A., 1996. Inventaire et état sanitaire des arbres d'alignement dans la ville d'Oujda (Maroc oriental). *Actes InstAgron. Vet, Maroc*, vol.16, 1. 41-47.
8. Leclerc B., George P., Cauwel B., Lairon D., 1995. Cité par ITAB. Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition (2001).
9. Mustin, M., 1987. *Le Compost, Gestion de la Matière Organique*, F. Dubusceds, pp. 957, Paris.
10. Pagliai, M., Vignozzi, N., & Pellegrini, S., 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Research*. **79**, 131-143.
11. Lemattre, F., Dartigues, A., et Rviere. L.M., 1981. Les problèmes des substrats particuliers posés par les cultures de plantes ornementales en pots et conteneurs. *Compte rendu des séminaires du groupe d'étude des racines* ; 28, 29, 30 juin. Aix- En -Provence : pp. 55-70
12. Larbi, M., 2006. Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques. Thèse de doctorat, l'Université de Neuchâtel.

13. Bernal, M.P., Navarro, A.F., Sanchez-Monedero, M.A., Roig, A., Cegarra, J. 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biol. Biochem.* 30 (3), 305–313.
14. ENITA (Ecole Nationale d'Ingénieurs de Travaux Agricoles -Bordeaux). 2000 - Agronomie aux nouvelles orientations. Edition Synthèse agricole.339p.
15. Comtois M., Légaré M., 2004. La fertilisation des plantes ligneuses cultivées en contenant. Programme Horti-2002, Direction de l'Innovation Scientifique et Technologique.57 p.
16. Baize, D., 2000. Guide des analyses en pédologie. 2ème édition revue et augmentée. INRA Éditions, Paris. 257 p.
17. Fdil, F., Naji, S., Berdai, H., El Maaroufy, M., 1995. Actes du colloque national sur le traitement et la réutilisation des eaux usées. Casablanca.
18. Pedneault, A., 1994. Les effets du compost dans le sol. Quebec Vert, Octobre. 18-20.
19. Guerrero, C., Gomez, I., Moral, R., Mataix Solera, J., Hernandez, MT., 2001. Reclamation of a burned forest soil with municipal waste compost: macronutrient dynamic and improved vegetation cover recovery. *Bioresource Technology*, 76: 221-227
20. Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Metzger, J.D., 2002. *Bioresource Technology*, 84: 7-14.
21. Stephen, R.C., Lin, Y.C., 1970. The value of Bangkok compost addition to Hong kong soils on the yield and quality of chinese white gabbage. *Agric. Sci. Hong kong*, vol 1, n°14, p 161-74.
22. Aggelides, S. M. and P. A. Londra Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology*, 71, N 3 (2000) 253-259.
23. Abdelhamid M.T., Horiuchi, T., Oba, S.S., 2004. *Bioresource Technology*, (2004), 93(2), 183-189.

(2015); <http://www.jmaterenvironsci.com>