

EFFECT OF EARTHWORM CASTS FROM A NATURAL MEADOW ON SOME SOIL PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS AND LETTUCE GROWTH

D.Addad^{1,2}, K. Kadi^{1,3}, N. Harrath^{1,3}, S. Boumaàza¹, Kh. Chekhab¹, S. Hamli¹, D. Dib^{1,2}

¹University of Abbes Laghrour, Khenchela, Algeria

²Laboratory of RNAMS, Larbi Ben M'hidi University, Oum El Bouaghi, Algeria

³Laboratory of Biotechnology, Water, Environment and Health, Abbes Laghrour University
Khenchela, Algeria

Received: 03 April 2020 / Accepted: 03 August 2020 / Published online: 01 September 2020

ABSTRACT

Fertile Grounds are the source for agricultural production and effective nutrients management. We aim at surveying the contribution effect of earthworm casts on physical and chemical soil characteristics (pH, organic matter, electrical conductivity, exchangeable cations) and their impact on morphophysiological parameters of lettuce. Basically, for this operation we have choose three levels of intake (100, 250 and 500g of earthworm casts/pot). The obtained results have shown that the earthworm casts are rich in nutrients such as nitrogen, calcium, potassium and organic matter. Correspondingly, the contribution of earthworm casts has increased the soil content of OM, NTK, K⁺ and CaCO₃. Also, it has a positive effect on chlorophyll, aerial, root biomass and on lettuce growth in general. The results also have indicated that the 500g dose of earthworm casts/pot have been increased the various parameters.

Keywords: Earth wormcasts, lettuce, natural Meadow, physicochemical characterization, Soil.

AuthorCorrespondence, e-mail: dalath12@yahoo.fr

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v12i3.9>

1. INTRODUCTION

Le sol est un compartiment moteur des grands cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote, du phosphore, du soufre et de nombreux métaux [1]. Actuellement, la qualité du sol est une préoccupation majeure dans le monde. En effet, trente années de mise en culture suffisent à dégrader une quantité d'éléments nutritifs surtout la matière organique qu'il faudrait 100 ans pour restaurer [2].

Les vers de terre ou lombriciens, représentent la composante majeure du macrofaune du sol. Ils peuvent constituer jusqu'à 90% de la biomasse des invertébrés dans le sol. Leurs populations varient de quelques individus à plus de 1000 individus par mètre carré [3]. Ce sont des organismes importants dans le développement et le maintien de la fertilité des sols, ils transforment les matériaux biodégradables et les déchets organiques en vermicompost riches en éléments nutritifs [4]. Celui-ci augmente la capacité de rétention d'eau, la porosité et la souplesse du sol. De plus, les vers de terre modifient les communautés bactériennes des sols [5,6]. Ils sont par ailleurs très sensibles aux modifications de leur environnement, ce qui permet de les utiliser comme bio-indicateurs de l'état et l'usage des sols, c'est-à-dire de mettre en évidence l'impact des conditions pédoclimatiques et/ou des activités humaines sur la vie du sol [7].

Parmi les productions des vers de terre, les turricules qui sont la partie visible à la surface du sol de leurs déjections. Ils sont constitués d'un mélange de matière minérale et de matière organique fraîche très fragmentée [8,9]. Les propriétés physico-chimiques des turricules sont différentes de celles de sol dont ils proviennent : teneurs plus élevées en matières organiques, azote total [10], bases échangeables et une plus grande stabilité structurale [11].

Vu cette richesse importante des turricules en éléments nutritifs, l'apport de ces derniers au sol agricole permet de restituer ses réserves en matières organiques, en azote total, en bases échangeables et en oligoéléments perdus par la mise en culture extensive et le rendre un support optimal de la croissance des plantes sans recours aux engrais chimiques nuisibles à l'écosystème.

Dans ce contexte, se déroule cette étude qui a pour objectif de mettre en évidence l'effet d'apport des turricules prélevés d'une prairie naturelle sur quelques caractéristiques physico-

chimiques d'un sol agricole, ainsi que sur le développement et la croissance des plantes de la laitue.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Présentation de la zone d'étude

L'essai est mené sous serre au sein de la pépinière de la commune de Kaïs (Wilaya de Khenchela Est de l'Algérie) située sur la route nationale N°88 reliant Khenchela à Batna. La pépinière E.R.G.R- AURES de Kaïs wilaya de Khenchela est située à 1 Km du chef lieu de la commune de Kais, à une altitude moyenne de 912 m, avec une pente très faible. Elle couvre une superficie de 36.5 Ha.

2.2. Re conduite de l'essai

2.2.1. Récolte des turricules

Les turricules sont récupérés directement à la surface du sol des prairies périurbaines naturelles de la ville de Sétif. Ces prairies appartiennent aux Hauts Plateaux Sétifiens au Nord Est algérien. Les prélèvements des turricules sont effectués le 30/12/2018 (Fig.1).



Fig.1. Zone de récolte de turricules dans les prairies préurbaines de la ville de Sétif (Images

Google earth 03/07/2019)

2.2.2. Description du matériel végétal

Le végétal utilisé dans cette étude est la culture de la laitue (*Lactuca sativa*). La variété choisie est laitue Batavia qui est un jeune plant d'un vert blond ou doré, à feuilles légèrement dentées plus craquantes, pomme très grosse, peu ferme, d'un vert très pâle, arrondie ou légèrement déprimée; feuilles extérieures assez amples, frisées, finement cloquées, très ondulées et largement dentées sur les bords [37].

2.2.3. Installation de l'essai dans la pépinière de Kaïs

Pour atteindre l'objectif de l'étude, un sol de la pépinière a été mis dans 12 pots, à titre de 3 Kg de sol/pot, auquel des concentrations croissantes de turricules ont été ajoutées de la façon suivante :

T: 3 pots contiennent 3Kg de sol sans apport de turricules (témoin: 0g de turricules /pot) ; **Q1:** 3 pots contiennent 3Kg sol + 100g de turricules (100g de turricules/pot); **Q2:** 3 pot contiennent 3Kg sol + 250g de turricules (250g de turricules/pot); **Q3:** 3 pot contiennent 3Kg sol + 500g de turricules (500g de turricules/pot).

Les apports des turricules sont effectués au moment de la mise en place de l'essai c'est-à-dire que les turricules sont incorporés au sol avant le repiquage. Le semis de grains de la laitue a été effectué le 08 /01/2019 sur un support sol/terreux et le repiquage a été effectué au stade 3 feuilles dans des pots qui sont ensuite irrigués chaque semaine à la capacité au champ et la récolte a été effectuée le 29/04/2019 (Fig. 2).

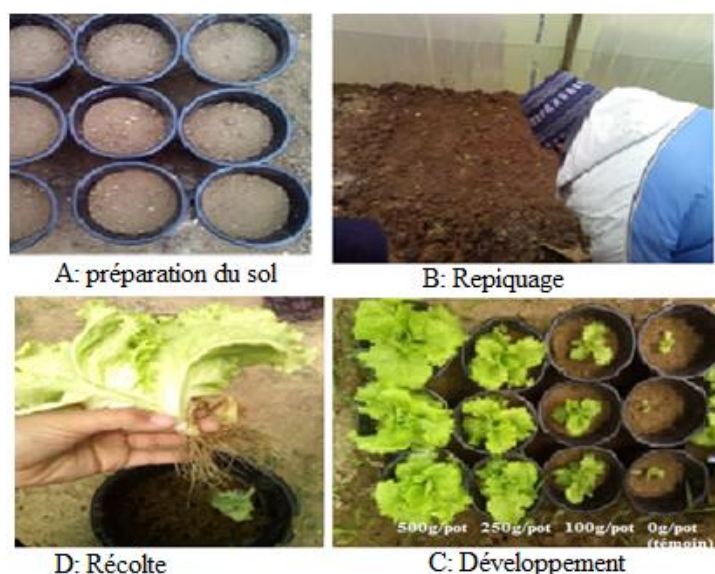


Fig.2. Différentes étapes de l'essai installé au niveau de la pépinière

2.3. Analyses physico-chimiques des sols et des turricules

Les analyses physico-chimiques **des sols et des turricules** sont effectuées aux laboratoires de l'Université Abbes Laghrour-Khenchela-. Les paramètres réalisés sont :

2.3.1. Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH est mesuré à l'aide un pH mètre de type HANNA pH211 sur une suspension de terre fine avec un rapport sol/eau de 1/2,5 (P/V)

2.3.2. Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique a été effectuée à l'aide d'un conductimètre de type HANNA EC 215 avec un rapport sol sec/eau égal à 1/5 (P/V).

2.3.3. Matière organique (MO)

Le dosage de ce paramètre est basé sur le principe d'oxyder le carbone de la matière organique par le bicarbonate de potassium en milieu sulfurique jusqu'à dégagement du CO₂, l'excès de bichromate est titré par une solution de sel de Mohr en présence d'un indicateur : diphénylamine (méthode d'Anne décrite par [38]). La matière organique (MO) est déduite ensuite, à partir du carbone organique total en appliquant la formule :

$$MO(\%) = COT(\%) \times 1.72$$

2.3.4. Azote kjeldahl total (NTK)

La mesure de l'azote kjeldahl total est effectuée à l'aide d'un distillateur kjeldahl de type VELP Scientifica (UDK 129), par le chauffage de la substance avec de l'acide sulfurique concentré qui, à l'ébullition, détruit les matières organiques azotées. Le carbone et l'hydrogène se dégagent à l'état de CO₂ et H₂O, l'azote transformé en ammoniacque est fixé par l'acide sulfurique à l'état de sulfate d'ammonium (NH₄)₂SO₄. Le sulfate de potassium (K₂SO₄) permet d'élever la température d'ébullition de l'acide sulfurique (H₂SO₄) jusqu'à 400°C et le sulfate de cuivre (CuSO₄) sert comme catalyseur. L'ammoniacque (NH₃) est ensuite déplacée par une solution d'hydroxyde de sodium, entraînée à la vapeur et fixée à l'état de borate, lequel est dosé par une solution titrée d'acide sulfurique [38].

2.3.5. Calcaire total (CaCO₃)

Le calcaire total est déterminé par le calcimètre de BERNARD. Les carbonates du sol sont décomposés par l'acide chlorhydrique (12N) et le volume de gaz carbonique dégagé et mesuré

par la suite.

2.3.6. Cations majeurs

Le dosage **des cations majeurs** (Ca^{+2} , Na^{+} , K^{+}) consiste, en premier temps, à calciner l'échantillon dans le four à moufle, puis à récupérer les résidus en utilisant l'acide chlorhydrique concentré ensuite à chauffer les substrats dans un bain de sable et à ajouter de l'eau distillée et en dernier temps à passer les échantillons dans un photomètre à flamme.

2.4. Variables mesurées sur la laitue

Pour apprécier l'effet de l'apport des turricules sur la croissance de la laitue, quelques paramètres morpho-physiologiques ont été mesurés.

La mesure de la **Chlorophylle** consiste à laver à l'eau distillée et à sécher à l'air libre les feuilles de laitue, puis à les broyer et à ajouter de l'acétone (10%), ensuite le mélange est filtré. Un blanc est réalisé dans les mêmes conditions et les lectures sont effectuées par un spectrophotomètre à deux longueurs d'ondes 645 et 663 les teneurs de chlorophylle sont données par les formules :

$$\text{chlorophylle } a (C_{chl a}) = 12.7 \times Do_{663} - 2.69 \times Do_{645}$$

$$\text{chlorophylle } b (C_{chl b}) = 22.9 \times Do_{645} - 4.68 \times Do_{663}$$

La surface foliaire a été également mesurée selon l'équation (**SF**= longueur x largeur de feuille/2), **la biomasse aérienne (le poids frais des feuille)** qui a été effectuée à l'aide d'une balance de précision et **les nombres de feuilles et de racines**

2.5. Etude statistique

Une analyse statistique a été menée en vue de valoriser les résultats obtenus, il s'agit notamment de l'analyse de variance (ANOVA), l'étude des moyennes ainsi que les corrélations à l'aide de logiciel statistique MINITAB 18.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Caractérisation des turricules

Au plan physico-chimique, les turricules utilisés dans cette étude se caractérisent par une texture Limono-sableuse chimiquement riche, douce au toucher et poudreuse lorsqu'elle est sèche, très fertile et facile à travailler et propice au bon développement des plantes.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques des turricules

Paramètres	Valeurs
Granulométrie en (%)	
Argile (%)	15.38
Limon (%)	23.83
Sable (%)	60.79
Carbone organique total (COT) en (%)	10.83
Matière organique (MO) en (%)	18.63
Calcaire Total (CaCO ₃) en (%)	47.41
pH	7.33
Calcium (Ca) en (meq/100g)	0.828
Sodium (Na) en (meq/100g)	0.214
Potassium (K) en (meq/100g)	0.119
Conductivité électrique (CE) en (mS/cm)	0.49

Ces turricules se caractérisent également par un pH légèrement alcalin, une conductivité électrique de 0.49 mS/cm indiquant qu'il s'agit d'un substrat non salé, très riches en matière organique (18.63%), cela est dû à l'alimentation sélective des vers de terre qui se base sur la matière organique. Plusieurs auteurs ont observé une augmentation des concentrations du carbone total dans les turricules par rapport au sol environnant. Cette augmentation peut atteindre selon [12] de 1.5 à 2 fois, selon [13] de 2 à 3 fois et selon [14] 2.5 fois. Les turricules ont des teneurs élevées en calcaire avec un taux de 47.41 % et sur le plan des bases échangeables, les turricules sont riches en potassium et sodium et ils représentent des valeurs élevées en calcium (Tableau 1). D'après [15], la composition des excréments des vers de terre sont plus riches de 140% de calcium et de plus de 100% de potassium que la terre environnante.

3.2. Effet d'apport des turricules sur quelques propriétés physicochimiques de sol

Pour appréhender l'impact potentiel de l'apport des doses croissantes des turricules récoltés au niveau de la prairie périurbaine de la ville de Sétif sur les caractéristiques de sol de la pépinière de Kaïs région de Khenchela, les résultats des paramètres étudiés sont soumis à une analyse de la variance (ANOVA), après avoir vérifié les conditions d'application de ce test et les effets étudiés sont énoncés au tableau (2).

Tableau 2. Carré moyen de l'analyse de variance des paramètres mesurés sur le sol

Sources de variation	ddl	pH	CE	MO(%)	CaCO ₃ (%)
effet dose de turricule	3	0.0627 ^{ns}	0.0018 ^{ns}	17.35 ^{***}	120.41 ^{***}
Erreur	8	0.0230	0.0013	0.48	5.33
Sources de variation	ddl	C/N	Ca ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
effet dose de turricule	3	3.186*	22.36 ^{ns}	51.67 ^{ns}	182.2*
Erreur	8	0.683	18.65	15.55	30.4

ns,*,**et*** : effet non significatif, significatif, hautement significatif et très hautement significatif à un seuil de 5% respectivement, ddl : degré de liberté.
pH : potentiel hydrogène, CE : conductivité électrique, MO : matière organique, CaCO₃: calcaire total, Ca⁺⁺ : calcium, Na⁺ : sodium et K⁺ : potassium.

Le tableau (2), montre que l'effet apport des turricules est non significatif sur les paramètres: potentiel hydrogène, conductivité électrique, calcium et sodium, significatif à très hautement significatif pour le reste des paramètres, ce qui indique la présence des différences significatives entre les moyennes des traitements étudiés.

3.2.1. Effet d'apport des turricules sur le pH

Le pH est une variable logarithmique de la quantité d'hydrogène H⁺ par litre de solution. D'après la fig (3), une légère diminution du pH a été constatée dans les sols traités, surtout pour les traitements Q2 et Q3 (7.33 et 7.48 respectivement) par rapport au sol témoin (7.67) mais cette diminution reste non significative de point de vue statistique. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par [16] où ils ont affirmé qu'aucune variation significative n'est notée pour les pH-eau et-KCl du sol traité par un amendement organique sur les cultures de melon et la laitue, par contre [17] ont trouvé que l'apport des différentes formes d'engrais organiques a eu des effets très hautement significatifs sur le pH (eau) des sols ferrallitiques au sud du Bénin. Les résultats du pH indiquent, selon les normes adoptées par le Laboratoire Agronomique de Normandie (LANO), que les sols traités par les turricules sont légèrement alcalins alors que le sol témoin est alcalin.

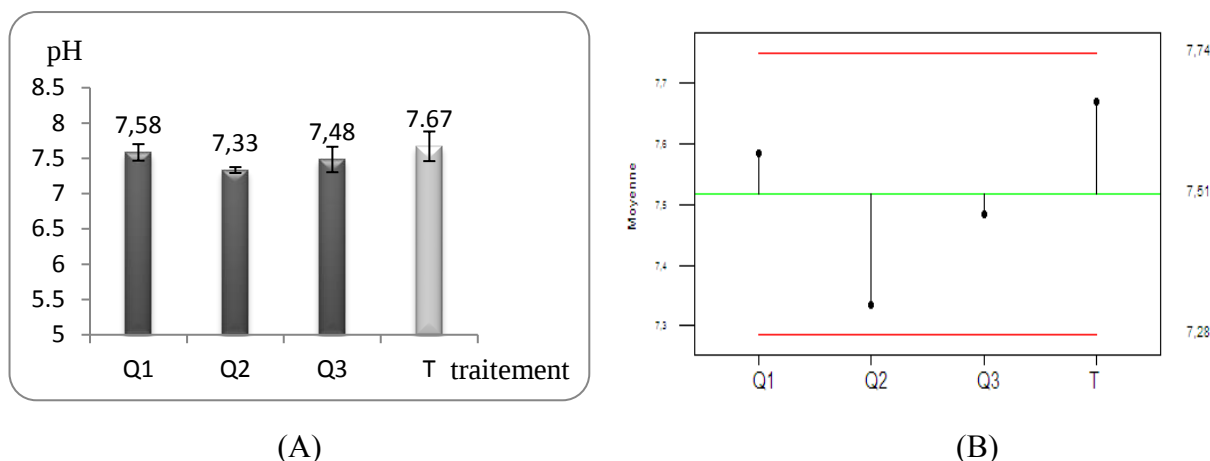


Fig.3. Effet d'apport des turricules (A) et l'étude des moyennes des traitements étudiés (B) liés à l'apport des turricules sur le pH du sol (région de Kaïs)

3.2.2. Effet d'apport des turricules sur la conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique constitue un indicateur de la concentration des sels solubles dans le sol. Les résultats des mesures effectuées indiquent un effet apport de turricules non significatif sur la conductivité électrique des sols étudiés. La comparaison des moyennes montre que les valeurs de la conductivité passent de 0.24 ± 0.015 mS/cm, valeur enregistrée chez le traitement Q1, à 0.3 ± 0.02 mS/cm, valeur remarquée chez le traitement Q3 (Fig. 4 A), ces valeurs sont presque égales à celle du témoin 0.27 ± 0.058 mS/cm, ce qui élimine la présence de l'effet de turricule sur ce paramètre (Fig. 4 B).

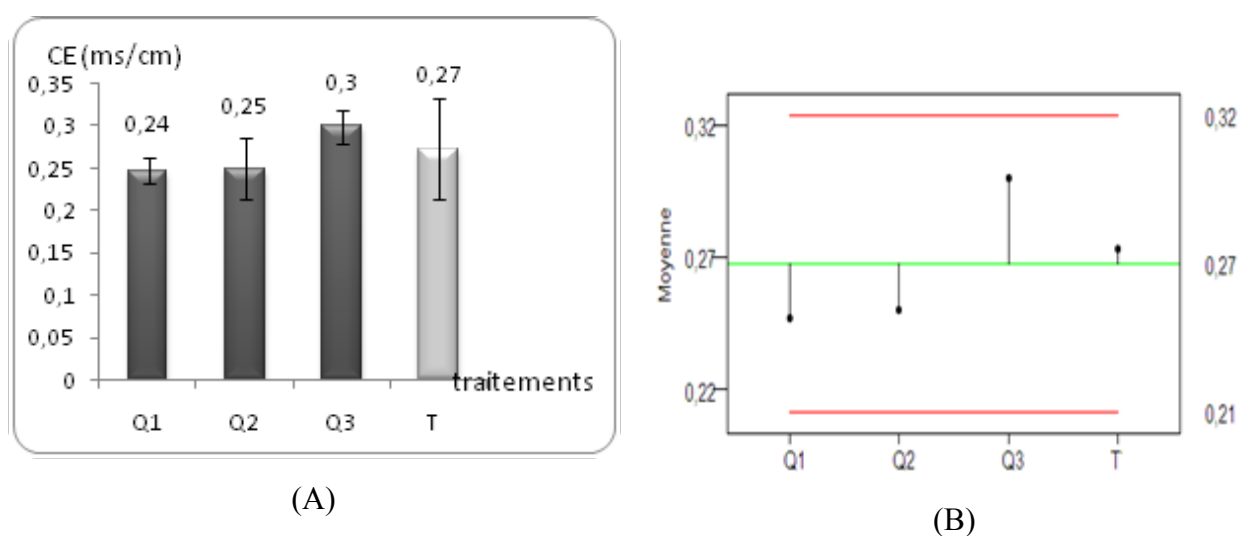


Fig.4. Effet d'apport des turricules (A) et l'étude des moyennes des traitements étudiés (B) liés à l'apport des turricules sur la conductivité électrique du sol (région de Kaïs)

Selon l'échelle de [18], les sols des différents traitements étudiés se situent dans la classe I (sol non salé) dont la conductivité s'étale de 0 à 0,5 mS/cm et se caractérise par un effet néfaste négligeable sur le rendement.

3.2.3. Effet d'apport des turricules sur la matière organique (MO)

Les spécialistes s'entendent pour dire qu'un taux de 1.5 % de matière organique est la limite critique théorique, au-dessous de laquelle la fertilité diminue rapidement et il est souvent souhaitable de viser à maintenir un taux minimal de 2.5% en général et même de 3.5 à 4% dans les sols lourds [19]. La comparaison des moyennes indique la présence de trois groupes (Fig. 5 B). Le premier groupe est constitué par le traitement Q3 qui représente la teneur la plus élevée en matière organique avec une moyenne de 7.96 ± 1.21 %, le deuxième groupe formé par le traitement Q2 est moyennement pourvu de matière organique enregistrant ainsi une valeur de 4.84 ± 0.37 % et finalement le troisième groupe qui englobe le témoin et Q1, représente les deux valeurs les plus faibles en matière organique (2.48 ± 0.42 et 3.35 ± 0.37 % respectivement). (Fig. 5 A). D'une façon générale l'apport des turricules a engendré une augmentation de la teneur des sols en matière organique, ces résultats concordent avec ceux de [20] où ils ont trouvé en fin d'essai, que tous les amendements (fumiers, végéthumus, compost déchets verts et le compost d'écorces) ont permis d'augmenter le taux de MO du sol (de + 0.5% à + 1.2%). Ces résultats montrent que l'effet d'apport des turricules qui sont riches en matière organique (18.63 %), n'apparaît qu'à partir de la dose 250 g/pot où la teneur a presque doublé de valeur par rapport au sol témoin. cette augmentation dépasse le triple dans le sol Q3 traité par 500g/pot de turricule.

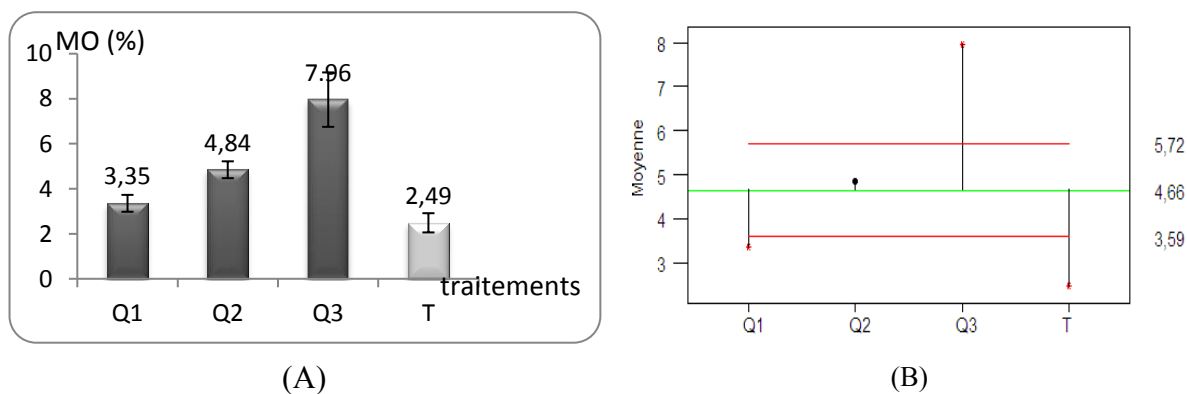


Fig.5. Effet d'apport des turricules (A) et l'étude des moyennes des traitements étudiés (B) liés à l'apport des turricules sur la Matière organique du sol (région de Kaïs)

Selon [21] et vu leur texture sablo-limoneuse, les sols témoin et celui de Q1 sont classés dans la catégorie des sols pauvres en matière organique alors que les sols Q2 et Q3 sont considérés comme moyennement à riches en matière organique.

3.2.4. Effet d'apport des turricules sur le calcaire total (CaCO_3)

Le calcaire total est l'une des composantes héritées du sol, éventuellement légèrement modifiable par apports massifs et répétés d'amendements [22]. La comparaison des moyennes des teneurs en calcaire total des sols étudiés indique la présence des différences significatives entre les différents traitements. L'apport des turricules a augmenté d'une façon significative la teneur de ces sols en calcaire total par rapport au sol témoin. Les valeurs de cet élément oscillent entre 56.31 ± 2.26 %, valeur observée chez le sol témoin, et 70.61 ± 1.48 %, valeur enregistrée chez le traitement Q3 (Fig. 6 A). L'étude des moyennes a ressortit trois groupes homogènes; le premier se caractérise par les teneurs très élevées en calcaire total englobe le traitement Q3, le deuxième se distingue par des valeurs relativement moins importantes comprend les deux traitements Q1 et Q2 et finalement le troisième formé par le sol témoin qui enregistre la plus faible valeur de calcaire (Fig. 6 B).

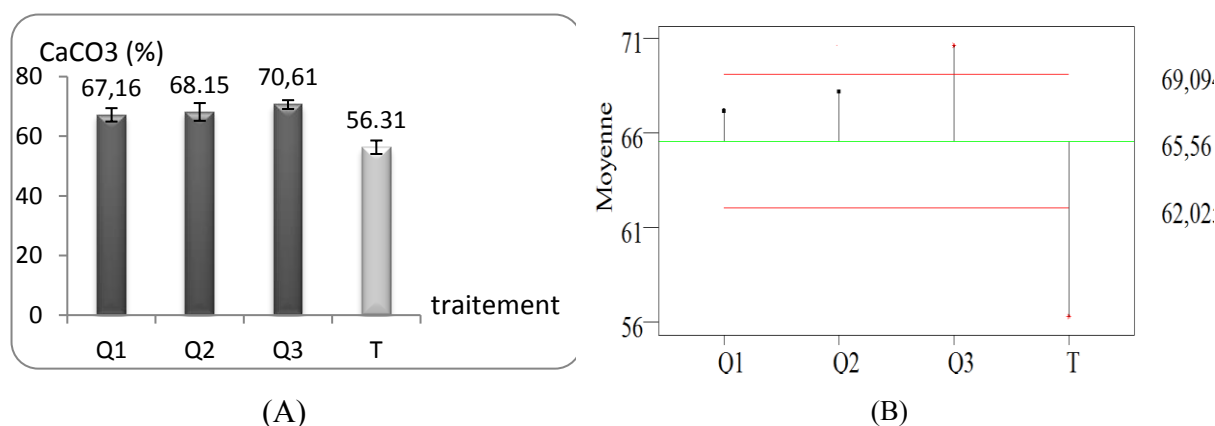


Fig.6. Effet d'apport des turricules (A) et l'étude des moyennes des traitements étudiés (B) liés à l'apport des turricules sur le calcaire total du sol (région de Kaïs)

Les teneurs en calcaire de tous les sols étudiés sont très élevées (> 50 %) et confèrent à ces sols selon les normes d'interprétation de LANO, le caractère très fortement calcaire. Au-delà de 5% de calcaire total, les réserves naturelles de calcium et leur libération progressive par dissolution sous l'effet des précipitations et de l'activité chimique et biologique du sol rend inutile tout retour au chaulage sur un très long terme [23].

3.2.5. Effet d'apport des turricules sur l'Azote kjeldahl total (NTK)

L'azote est un élément important de la fertilité des sols. En effet, il est indispensable pour la plante et il constitue un des facteurs essentiels du rendement. Les teneurs moyennes en azote kjeldahl total des sols étudiés sont de l'ordre de 0.46 % pour le sol témoin et de 1.06 % en sol Q3, avec une augmentation de plus de 130 % (l'augmentation par rapport au témoin est calculée par la formule : $[(Q3-T)/T].100$) (Fig.7). Selon [24] les teneurs élevées en azote sont liées aux grandes quantités de la matière organique qui joue un rôle important dans l'approvisionnement du sol en azote après sa minéralisation.

Malheureusement, des répétitions n'ont pas été faites pour ce paramètre ce qui a empêché de réaliser une analyse de variance ainsi qu'une comparaison des moyennes mais on constate d'une façon générale, que l'apport des turricules a augmenté les teneurs de ces sols en azote et ça s'explique par l'augmentation de la matière organique.

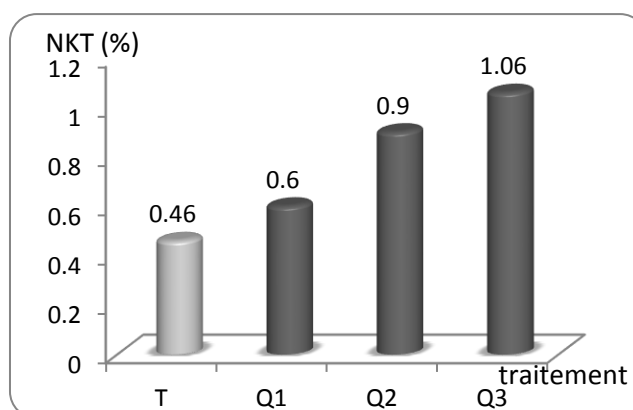


Fig.7. Effet d'apport des turricules sur l'azote kjeldhal total du sol (région de Kaïs)

La fertilité des sols en azote peut être déterminée à partir d'un abaque proposé par [25] qui a été établi en fonction de la teneur en azote total et du pH. La fertilité des sols étudiés est très bonne (de 0.45 à 1.2 % avec un pH égale à 7).

3.2.6. Effet d'apport des turricules sur le rapport C/N

Le rapport C/N est un bon indicateur de l'activité biologique du sol [26] plus le rapport C/N est élevé, moins l'azote est rapidement disponible. L'analyse de la variance indique la présence d'un effet apport des turricules significatif sur le rapport C/N, cet effet est apparu seulement avec l'apport de la troisième quantité de turricules Q3 (Fig. 8 B).

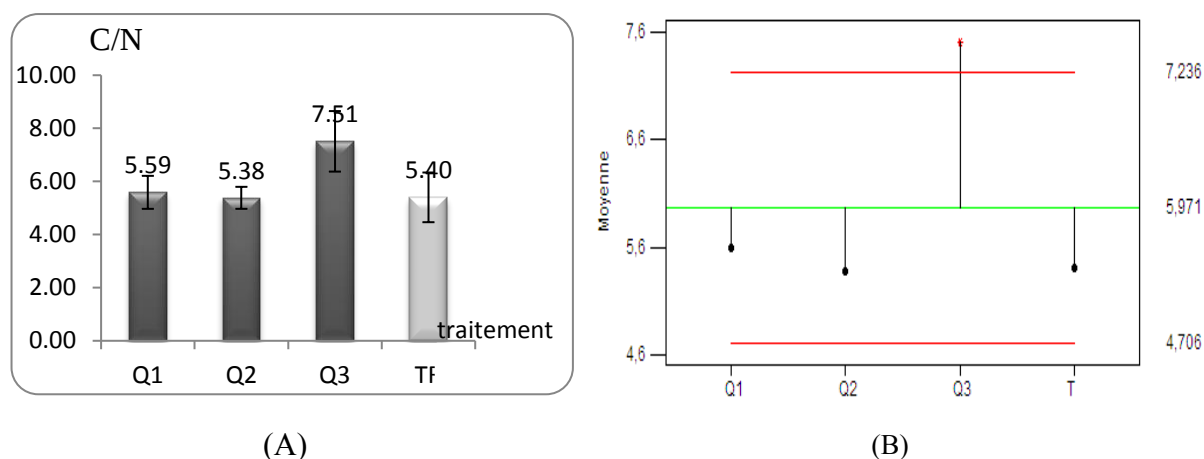


Fig.8. Effet d'apport des turricules (A) et l'étude des moyennes des traitements étudiés (B) liés à l'apport des turricules sur le rapport C/N du sol (région de Kaïs)

Les valeurs du rapport C/N des sols étudiés oscillent entre 5.38 ± 0.41 ; valeur observée chez le traitement Q2, et 7.51 ± 1.14 ; valeur enregistrée pour le traitement Q3. Toutes ces valeurs restent inférieure à 10 ce qui indique la présence d'une forte minéralisation et disponibilité élevée à très élevée de l'azote.

3.2.7. Effet d'apport des turricules sur les cations échangeables Ca^{++} , K^+ et Na^+

Les cations échangeables sont des particules ayant des charges positives situés à la surface du complexe argilo-humique et peuvent échanger leur place avec d'autres cations dans la solution du sol [27]. Les cations dosés dans cette étude sont: Ca^{++} , K^+ et Na^+ . L'analyse de la variance indique la présence d'un effet non significatif d'apport des turricules sur la teneur de sol en calcium et en sodium ce qui élimine l'existence des différences significatives entre les moyennes des différents traitements (Fig.9).

Les valeurs de calcium varient entre 157.42 ± 0.45 et 163.63 ± 1.2 mg/l (c'est-à-dire de 0.157 à 0.164 g/kg), alors que celles de sodium oscillent entre 20.72 ± 3.94 et 30.83 ± 4.92 mg/l (l'équivalent de 0.021 à 0.031 g/kg). Pour les deux éléments, les différences entre les traitements sont négligeables donc l'apport des turricules n'a pas modifié les teneurs des sols étudiés en ces éléments (Fig.9).

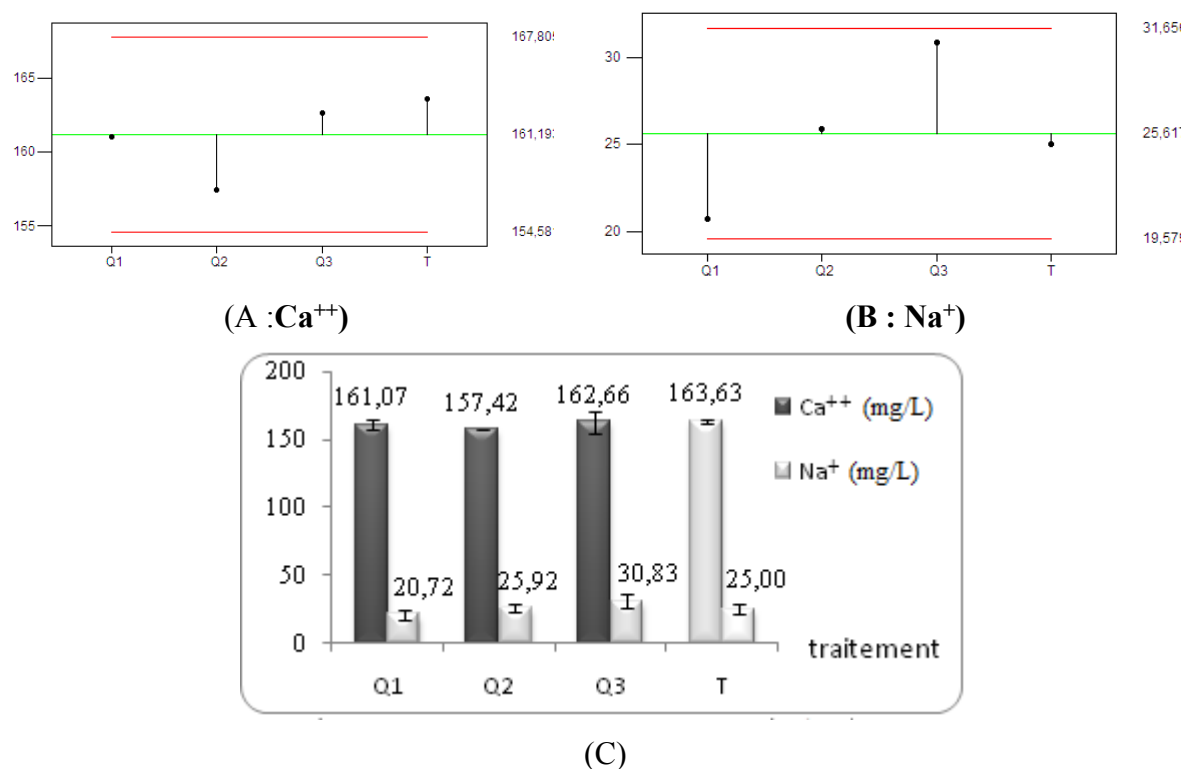


Fig.9. Effet d'apport des turricules (A : Ca^{++} , B : Na^{+}) et l'étude des moyennes des traitements étudiés (C) sur le calcium et le sodium du sol (région de Kaïr)

Le potassium échangeable quantifie le stock de potassium globalement disponible pour les végétaux à court et moyen terme [28]. L'analyse de variance a révélé l'existence des différences significatives entre les sols traités par des doses croissantes de turricule d'une part et le sol témoin d'autre part (Fig. 10). Les valeurs de potassium oscillent entre 26.32 ± 9.2 ; valeur enregistrée chez le sol témoin et 44.74 ± 1.28 ; valeur remarquée chez le traitement Q3, soit un accroissement de 68%, ce qui révèle le rôle important des turricules dans l'augmentation de la fertilité des sols.

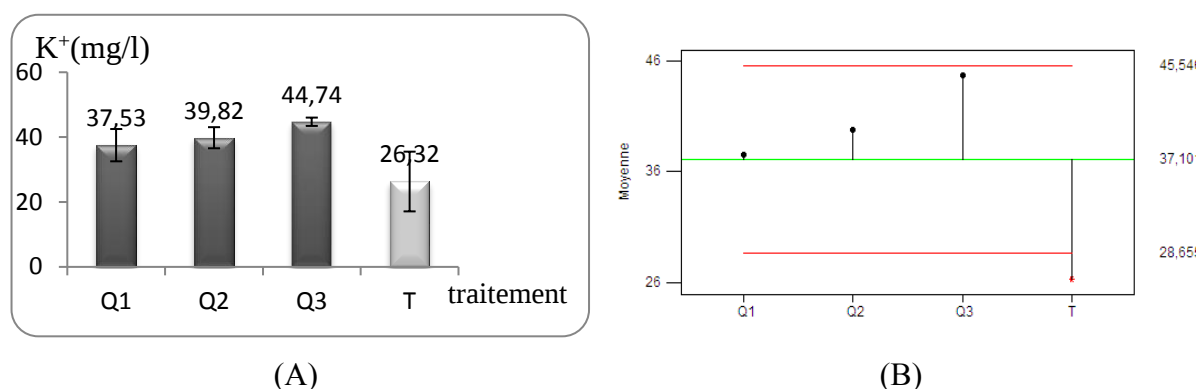


Fig.10. Effet d'apport des turricules (A) et l'étude des moyennes des traitements étudiés (B) liés à l'apport des turricules sur le potassium du sol (région de Kaïs)

D'après les normes d'interprétation du Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes France CTIFL, in [28] les teneurs des sols étudiés en calcium sont très élevées (> 0.15 g/kg) par contre celles en potassium sont moyennes (les valeurs sont situées dans la deuxième classe entre 0.02 et 0.06 g/kg).

3.3. Effet d'apport des turricules sur la culture de la laitue (variété Batavia)

Pour apprécier l'effet de l'apport des turricules issus de la prairie périurbaine de la ville de Sétif sur la productivité et la fertilité du sol, la laitue (Batavia) a été mise en culture vu son cycle court de croissance, puisque selon la période du semis elle prend de 70 js au printemps à 53 jours en été pour atteindre la maturité [29]. Quelques caractéristiques morpho-physiologiques ont été mesurées sur les plantes de cette variété dans les différents traitements (T, Q1, Q2 et Q3).

Tableau 3. Carrés moyens de l'analyse de variance d'apport des turricules sur quelques paramètres morpho-physiologiques mesurés sur la laitue

Source de variation	ddl	BIOM	PF	Nbr F	Nbr R	SF	Ch(a+b)
effet des turricules	3	1394.56 ***	1331.6 ***	26.08 ***	52.97 ***	1529.6 ***	2.48 **
Erreur	8	6.37	10.3	0.33	0.66	37.0	0.24

** et *** : effet hautement significatif et très hautement significatif à 5% respectivement. BIOM : biomasse, PF : poids de feuille, Nbr F : nombre de feuilles, Nbr R : nombre de racines, SF : surface foliaire et Ch(a+b) : chlorophylles a+b

L'analyse de variance indique la présence d'un effet apport de turricules très hautement significatif sur la majorité des paramètres étudiés et hautement significatif sur la somme des

chlorophylles (a+b), les groupes homogènes sont donnés dans le tableau suivant:

Tableau 4. Moyennes, écart-types et groupes homogènes des paramètres mesurés relatifs aux différents traitements ainsi que les valeurs de $ppds_{5\%}$

Traitements	BIOM	PF	Nbre F	Nbr R	SF	Ch(a+b)
Q1	19.53±2.6 ^C	17.54±2.5 ^C	6.33±0.6 ^C	5.67±0.6 ^C	37.38±6.3 ^B	1.24±0.8 ^B
Q2	33.8±3.8 ^B	30.41±3.5 ^B	7.67±0.6 ^B	9±1 ^B	46.48±2.5 ^B	2.14±0.3 ^B
Q3	53.03±0.6 ^A	51.71±4.4 ^A	11.33±0.6 ^A	13±1 ^A	62±9.1 ^A	2.86±0.5 ^A
T	2.2±1.9 ^D	1.897±1.7 ^D	4.33±0.6 ^D	3.33±0.6 ^D	8.29±4.4 ^C	0.83±0.1 ^C
$ppds_{5\%}$	4.753	6.056	1.087	1.537	11.449	0.935

A, B, C et D les groupes homogènes ; $ppds_{5\%} = t_{5\%} \sqrt{2xCMEE/r}$

L'effet significatif d'apport des turricules sur tous les paramètres mesurés chez la laitue est nettement clair en fin d'expérience par l'expression végétative des plantes dans les différents traitements par rapport au témoin (Fig. 11).

D'après le tableau (3), les paramètres: biomasse totale, poids et nombre des feuilles et nombre de racines représentent des différences significatives chez les plantes cultivées dans les sols traités et celles dans le sol témoin d'une part et entre les plantes des sols traités par des doses croissantes de turricules d'autre part. L'analyse statistique a révélé l'existence de quatre groupes homogènes, un groupe pour chaque traitement; le groupe A consacré pour le traitement Q3 (plus grand apport de turricules) et qui représente les valeurs les plus élevées de ces paramètres, les groupes B et C englobent respectivement les traitements Q2 et Q1 qui se caractérisent par des valeurs moyennes avec une supériorité pour le traitement Q2 et en fin le groupe D constitué par le témoin représentant ainsi les valeurs les plus faibles des paramètres cités ci-dessus. Pour les deux autres paramètres: la surface foliaire et les chlorophylles (a+b) les traitements se groupent comme suit: le groupe A qui se caractérise par une grande surface foliaire et une grande teneur en chlorophylle a+b représenté par le traitement Q3, le groupe B représente des valeurs moyennement élevées de ces deux paramètres, constitué par les traitements Q2 et Q1 et finalement le groupe C formé par le témoin représente des valeurs relativement plus faibles.

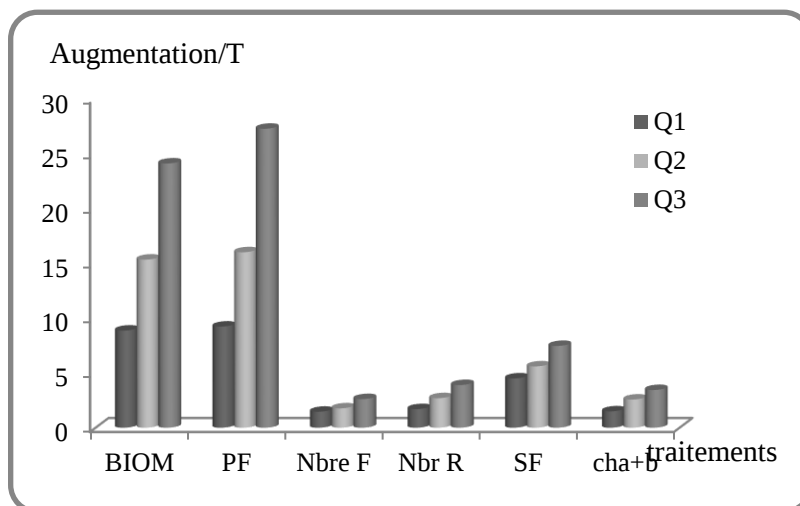


Fig.11. Augmentation des valeurs des paramètres mesurés chez la laitue cultivée sur les sols traités par les turricules (Q1, Q2 et Q3) par rapport au témoin

Les valeurs de **la biomasse totale** de la laitue passent de 2.2 ± 1.92 g, valeur enregistrée chez le témoin à 53.03 ± 0.64 g, valeur observée chez le traitement Q3 et cela représente une augmentation énorme ; plus de 24 fois par rapport au témoin. On note également que les deux autres traitements (Q1 et Q2) provoquent des augmentations intéressantes par rapport au témoin arrivent à presque à 9 et 15.5 fois respectivement (Fig. 11). Par contre selon [16], la fertilisation organique (amendement et engrais) n'a pas d'effet significatif sur la productivité de la laitue, mais semble exercer un effet positif sur le melon. **Le poids des feuilles** de la laitue (Batavia) oscille entre 1.90 ± 1.73 g, la plus faible valeur marquée par le témoin et 51.71 ± 4.44 g, valeur enregistrée pour le traitement Q3, représentant ainsi le plus grand poids des feuilles, les deux autres traitements Q2 et Q1 représentent des poids relativement moyens (30.41 ± 3.52 et 17.54 ± 2.51 g respectivement). Selon [30], les traitements au vermicompost, sous différents régimes d'irrigation ont engendré des augmentations dans le rendement de la laitue pouvant atteindre 1.9 fois par rapport au témoin. Généralement, la biomasse aérienne augmente avec l'accroissement des doses de turricules apportées au sol. Comme les variables précédentes, **les nombres des feuilles et des racines** de la laitue enregistrent les mêmes variations, vu que ces paramètres sont des composantes de la biomasse totale. L'étude des moyennes montre la présence des différences nettement significatives entre les différents apports des turricules. Les valeurs de ces paramètres oscillent entre 4.33 ± 0.58 , pour le témoin, et 11.33 ± 0.58 , valeur

marquée par le traitement Q3 en ce qui concerne le nombre de feuilles et de 3.33 ± 0.6 , valeur moyenne observée chez le témoin à 13 ± 1 , valeur enregistrée chez le traitement Q3 pour le paramètre nombre de racines, signalant ainsi des augmentations de l'ordre de 2.6 et 3.9 fois respectivement. L'apport des turricules a engendré, ainsi une amélioration des réserves du sol en substances nutritives et par conséquent une augmentation remarquable dans l'activité racinaire, le rendement de la laitue et spécialement le nombre de feuilles. L'effet fertilisant des turricules des vers dépend des métabolites microbiens, principalement des régulateurs de croissance [9]. Lorsqu'ils sont utilisés dans la propagation des plantes, les vers de terre favorisent l'initiation des racines et la biomasse des racines et augmentent le pourcentage des racines [8]. En ce qui concerne **la surface foliaire**, le traitement Q3 se caractérise par une surface foliaire relativement supérieure aux autres traitements avec une moyenne de $62 \pm 9.07 \text{ cm}^2$, suivi par les traitements Q1 et Q2 avec des moyennes relativement plus faibles (37.48 ± 2.52 et $46.48 \pm 6.33 \text{ cm}^2$ respectivement) et en fin le témoin qui représente la plus faible surface foliaire avec une moyenne de $8.29 \pm 4.41 \text{ cm}^2$ (Tableau. 4). L'apport des turricules a engendré des augmentations par rapport au témoin de l'ordre de 7.5 fois pour le traitement Q3, 5.5 fois pour le traitement Q2 et finalement 4.5 fois pour le Q1 (Fig. 11). La **chlorophylle** est un pigment végétal, permet la production d'oxygène par le biais de l'eau et du soleil. Les valeurs des **chlorophylles (a+b)** oscillent entre $0.83 \pm 0.1 \text{ mg/L}$, pour le témoin et $2.86 \pm 0.54 \text{ mg/L}$, pour le traitement Q3 soit une augmentation de 345%, ce qui indique que l'apport de turricules a provoqué l'augmentation des teneurs en chlorophylle et par conséquent il a favorisé la photosynthèse ce qui est nettement traduit par l'expression végétative.

Les turricules résultant de l'activité métabolique des vers de terre sont déposés dans les galeries souterraines ou à la surface de sol. A la fin du processus de digestion, les populations bactériennes restent actives un temps dans ces turricules [9]. Ceci va avoir comme effet d'augmenter la minéralisation et la disponibilité des nutriments et selon [31] lorsqu'une racine s'allonge dans le sol et rentre en contact avec des turricules ou galeries de vers, la superposition de la drilosphère et de la rhizosphère va induire des changements au niveau de la communauté microbienne, et donc sur le réseau signalétique de la rhizosphère. Ce changement dans la composition chimique de la rhizosphère de la plante va alors avoir des effets sur sa croissance

et sa physiologie [8,32,33]. Plusieurs hormones peuvent être impliquées dans la réponse des plantes tel que les cytokinines [34,35] et l'éthylène ou l'auxine [31]. Et il a observé également, une augmentation dans la concentration en auxine dans les racines des plants de laitue inoculés par une bactérie sensées parmi les microorganismes rejetés avec les turricules. Parallèlement, une augmentation dans la concentration en acide abscissique et cytokinine au niveau des feuilles est également observée comparativement à des plantes non inoculées. Ces changements au niveau de la concentration interne des hormones sont accompagnés par des effets positifs au niveau de la croissance racinaire et aérienne [36].

3.4. Liaisons inter-caractères

L'étude des corrélations entre les différentes paires de caractères est menée pour identifier les caractères qui évoluent dans le même sens et ceux qui s'y opposent. Parmi les liaisons les plus intéressantes, les corrélations positives du pH avec le calcium ($r=0.763$), la conductivité électrique avec le rapport C/N ($r=0.779$), la matière organique avec l'azote kjeldahl ($r=0.916$), le rapport C/N ($r=0.844$), le potassium ($r=0.735$) et l'ensemble des paramètres végétatifs (Biomasse totale : $r=0.939$, Biomasse aérienne : $r=0.966$, Nombre de feuilles : $r=0.929$, nombre de racine : $r=0.936$, la surface foliaire : $r=0.871$ et la somme des chlorophylles a+b : $r=0.888$). Des corrélations positives peuvent être également signalées tels de l'azote kjeldahl avec le calcaire total ($r=0.725$), le potassium ($r=0.758$) et l'ensemble des paramètres végétatifs (Biomasse totale : $r=0.976$, Biomasse aérienne : $r=0.966$, Nombre de feuilles : $r=0.937$, nombre de racine : $r=0.971$, la surface foliaire : $r=0.909$ et la somme des chlorophylles a+b : $r=0.885$) et les corrélations positives entre les différents paramètres végétatifs eux mêmes ($r_{BIOMXBiomae}=0.994$, $r_{BIOMXnbrF}=0.959$; $r_{BIOMXnbrR}=0.967$; $r_{BIOMXSf}=0.937$; $r_{BIOMXcha+b}=0.879$; $r_{BiomaeXnbrF}=0.956$, $r_{BiomaeXnbrR}=0.962$, $r_{BiomaeXSf}=0.937$; $r_{BiomaeXcha+b}=0.896$; $r_{nbrFXnbrR}=0.982$; $r_{nbrFXSf}=0.888$; $r_{nbrRXSf}=0.887$; $r_{nbrRXcha+b}=0.886$; $r_{SfXcha+b}=0.790$).

4. CONCLUSION

L'effet de l'apport des turricules a fortement augmenté le stock de la matière organique dans le sol qui devient significativement plus riche, cette augmentation atteint presque 300% par rapport au témoin chez le traitement Q3. Les teneurs en azote kjeldahl total dans les sols étudiés

suivent les mêmes variations que celles de la matière organique et les augmentations, par rapport au témoin arrivent jusqu'à 130%. Le rapport(C/N) des sols étudiés révèle la présence d'une forte minéralisation. Du même effet le calcaire total augmente dans le sol au fûr à mesure d'augmentation des doses de turricules. Le potassium était sensible aux apports des turricules où les accroissements arrivent à 68% pour le traitement Q3 par rapport au témoin. Par contre cette étude a montré que l'apport des turricules n'a pas affecté les autres propriétés de sol comme le pH la conductivité électrique, le calcium Ca^{++} , et le sodium Na^{+} . Contrairement aux propriétés chimiques de sol, les caractéristiques morpho-physiologiques de la laitue sont très fortement modifiées par l'apport des turricules; Les valeurs de la biomasse de la laitue arrivent à plus de 24 fois que le témoin chez le traitement Q3, ce même traitement représente le plus grand poids des feuilles avec une moyenne de $51.71 \pm 4.44\text{g}$, soit une augmentation de 27 fois par rapport au témoin. Pour les autres on a enregistré les augmentations par rapport au témoin oscillant entre 2.6 fois pour le nombre de feuilles et 7.5 fois pour la surface foliaire. Par ailleurs, l'apport de 500g de turricules/3kg du sol (Q3) a amélioré d'une manière significativement nette les propriétés chimiques du sol et la production végétale par rapport aux deux autres doses. A propos de la corrélation, les liaisons les plus intéressantes sont celles qui existent entre les variables végétales et la matière organique, l'azote kjeldahl total et le potassium. Cette étude doit être poursuivie en tenant compte d'autres paramètres que ce soit sur le plan fertilité de sol ou pollution (métaux lourds) et cela pour minimiser au maximum le recours aux engrais chimiques nuisibles à l'écosystème.

5. REFERENCES

- [1] Locatelli A. Prévalence de pathogènes humains dans les sols français, effet des facteurs pédoclimatiques, biologiques et du mode d'utilisation des sols. Sciences agricoles, Université de Bourgogne, France, 2013, 144p.
- [2] Knops J.M.H. & Tilman D., Ecology. 1, 81, 2000, 88-98
[doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[0088:DOSNAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[0088:DOSNAC]2.0.CO;2)
- [3] Edwards C.A., Earthworm Ecology, CRC Press, London, 2004, 411p.
- [4] Jansirani D., Nivethitha S. & Singh M.V.P., Production and utilization of vermicast using

organic wastes and its impact on *Trigonellafoenum* and *Phaseolusaureus*, Int. J. Res. Bio. Sci. 2012, 2(4): 187-189.

[5] Brown G.G., How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? Plant and Soil 1995, 170: 209-231.

[6] Brown G.G., Barois I. & Lavelle P., Eur. J. Soil. Bio., 2000, 36(3-4): 177-198.

[doi.org/10.1016/S1164-5563\(00\)01062-1](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(00)01062-1)

[7] ADEME, ADERA-LEB Aquitaine Transfert, ELISOL, Mines Saint-Etienne, EODD Ingénieurs Conseils, APPOLINE : Applicabilité à l'étude des sites pollués du biomarqueur lipidique des végétaux et du bio-indicateur nématofaune, 2017, 187 p.

[8] Tomati U., Grappelli A. & Galli E., Biol. Fertil. Soils, 1988 (5) : 288-294.

doi.org/10.1007/BF00262133

[9] Puga-Freitas R., Barot S., Taconnat L., Jean-Pierre Renou J-P. & Blouin M., PLoS ONE, 2012, 7(12): e49504. doi.org/10.1371/journal.pone.0049504

[10] Addad D., Rôle de l'activité lombricienne dans la redistribution des Eléments Traces Métalliques dans un sol irrigué par les effluents urbains de la ville de Sétif, Thèse Doc. Sci. Univ. Sétif, Algérie, 2018, 99p.

[11] Ablain F., Rôle des activités lombriciennes sur la redistribution des éléments traces métalliques issus de boue de station d'épuration dans un sol agricole. Thèse Doc. Ecole doctorale, Vie-Agro-Santé. U.F.R Sciences de la vie et de l'environnement. Univ. Rennes France, 2002, 148p.

[12] Lee K.E. Earthworms. Their Ecology and relationship with soils and land use, Academic Press, Sydney, 1985, 411 p.

[13] Lavelle P., Advances in ecological soil research 1997, (27): 93-132.

[doi:10.1016/S0065-2504\(08\)60007-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60007-0)

[14] Addad D., Kribaa M., Ababsa N., Tamrabet L., Hafidi M., El Fels L. & Benmahammed A. J. Fundam. Appl. Sci., 2017, 9(3), 1320-1341. doi.org/10.4314/jfas.v9i3.5

-
- [15] König C., les vers de terre, Recyclage naturel: qui sont les décomposeurs? 2007, FUTURE PLANÈTE.
- [16] Thuriès L., Arrufat A., Dubois M., Feller Christian, Herrmann P., Larré-Larrouy Marie-Christine, Martin C., Pansu Marc Antoine, Remy Jean Claude, Viel M.. Influence d'une fertilisation organique et de la solarisation sur la productivité maraîchère et les propriétés d'un sol sableux sous abri. *Etude et Gestion des Sols*, 2000,7 (1) : 73-88.
- [17] Biaou O. D. B., Saidou A., Bachabi F-X., Padonou G. E. & Balogoun I., *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2017, 11(5) : 2315-2326. [doi:10.4314/ijbcs.v11i5.29](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.29)
- [18] Durand J.H., Les sols irrigables. Etude pédologique. Presses Universitaire de France. Agence de Coopération Culturelle et Technique, 1983, 338 p.
- [19] Doucet R., Le climat et les sols agricoles. Ed. Berger, Eastman, Québec. XV, 2006, 444p.
- [20] Védie H. & Leclerc B., Synthèse des essais amendements organiques et engrais organiques conduits en maraîchage biologique. RESEAU PRO, 2015. 18p.
- [21] A.F.E.Q. (Association des fabricants d'engrais du Québec). Guide de fertilisation, 2ième édition. Montréal, 1987.
- [22] Hans J., Factors of soil formation: A system quantitative pedology. Reprint of McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1941, 320p.
- [23] Derradji Benmeziane F., Effet de la nature du sol sur la teneur en antioxydants de quelques variétés de raisin de la région d'el taref. Thèse Doctorat, Univ. Badji Mokhtar, Annaba 2015.139p.
- [24] Bazri K., Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'est Algérien. Thèse Doctorat, Université de Constantine, 2015. 169 p.
- [25] Dabin B., Les facteurs chimiques de la fertilité des sols (matière organique, phosphore). In : Ségalen P., Dabin B., Maignien R., Combeau A., Bachelier G., Schmid M., Bosser J., Guinard M., Verdier P. *Pédologie et développement*. Paris: ORSTOM; BDPA, 1970(10):191-219. (Techniques Rurales en Afrique; 10).
- [26] Crespy A., Fonctionnement des terroirs et savoir-faire viticole, les clés de la qualité, Avenir analogie, Oenoplurimediaed. 2003, 191p.

- [27] Augusto L. & Dambrine E., L'acidification dans le massif vosgien: comprendre les mécanismes et apporter les solutions. INRA, 2001, 40p.
- [28] Védie H., Fertilité chimique du sol: savoir interpréter les analyses pour gérer les apports d'éléments majeurs (phosphore, potasse, magnésium) en maraîchage biologique. Dossier fertilité chimique du sol. GRAB, 2008, 4p.
- [29] I.T.C.M.I. (Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles), La culture de la laitue. Fiche Tec. Alger, 2010, 4p.
- [30] Demir Z., J. Com. in Soil Sci. Plant Anal. 2019, 50 (17): 2151-2168.
[doi:10.1080/00103624.2019.1654508](https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1654508)
- [31] Puga-Freitas R. Effet du ver de terre *Aporrectodea caliginosa* sur la croissance des plantes, leur développement et leur résistance aux pathogènes : réponse physiologique et moléculaire de la plante à l'émission de molécules-signal. Thèse Doc., Uni. Paris, 2012, 188p.
- [32] Canellas, L.P., Dantas, D.J., Aguiar, N.O., Peres, L.E.P., Zsögön, A., Olivares, F.L., Dobbss, L.B., Façanha, A.R., Nebbioso, A. & Piccolo, A. Ann. Appl. Biol., 2011, 159, 202-211. doi.org/10.1111/j.1744-7348.2011.00487.x
- [33] Blouin M., Barrere J., Meyer N., Lartigue S., Barot S. & Mathieu J., Agr. Sust. Devel. 2019, 39:34. doi.org/10.1007/s13593-019-0579-x
- [34] Wilkinson, S., Kudoyarova, G.R., Veselov, D.S., Arkhipova, T.N. & Davies, W.J., J. Exp. Bot. 2012, 63 : 3499-3509. [doi: 10.1093/jxb/ers148](https://doi.org/10.1093/jxb/ers148)
- [35] Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R. & Ahmed, I. Ann. Microbiol., 2010, 60 : 579-598. [doi: 10.1007/s13213-010-0117-1](https://doi.org/10.1007/s13213-010-0117-1)
- [36] Arkhipova T. N., Veselov S. U., Melentiev A. I., Martynenko E. V., Kudoyarova G. R.. Plant and Soil, 2005, 272, 201-209. doi.org/10.1007/s11104-004-5047-x
- [37] A.D.A.B., A.D.A.B., Laitue & Batavia. Sous grand tunnel froid et en plein champ Fiche technique en agriculture biologique, 2001, 12p.
- [38] Aubert G. Méthodes d'analyses des sols. CRDP Marseille, 1978, 191 p.

How to cite this article:

Addad D, Kadi K, Harrat N, Boumaaza S, Chekhab Kh, Hamli S, Dib D. Effect of earthworm casts from a natural meadow on some soil physico-chemical characteristics and lettuce growth. J. Fundam. Appl. Sci., 2020, 12(3), 1125-1147.