المجلة الجزائرية للمناطق الجافة
Journal Algérien des Régions Arides (JARA)
Algerian Journal of Arid Regions
CRSTRA
Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas

Research Paper

Influence de la salinité des eaux d'irrigation sur la minéralisation du carbone organique dans le sol

Influence of irrigation water salinity on the organic carbon mineralization in soil

H. MANCER[1,2,*], F. BETTICHE[1], W. CHAIB[1], N. DEKKI[3], S. BENAOUN[1], M.Z. RECHACHI[1]

1 : Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les régions Arides, CRSTRA, Biskra
2 : Université Ouargla, Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides
3 : Université de Setif

Received: 28 November 2019 ; Accepted: 28 January 2020, Published: February 2020

Résumé

L'amendement organique (AO) est considéré comme une solution durable au problème de la dégradation des sols et ce par rapport à d'autres options d'apports chimiques. Cependant la qualité médiocre (salinité) des eaux d'irrigation dans certaines zones entrave l'efficacité de ces AO. L'objectif de ce travail est l'étude de l'effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la minéralisation du carbone organique (CO) dans les sols salés amendés par le fumier d'ovin. Ainsi, dans des conditions contrôlées de température et d'humidité du sol (28°C à 65 % de capacité de rétention C.R), nous avons suivi pendant 91 jours le taux de minéralisation du CO par la mesure du taux du C-CO_2 dégagé à partir des sols étudiés. Ces sols ont été irrigués avec des solutions artificiellement salinisées (0,005; 5,24; 8,64; et 15,35 dS.m^{-1}) obtenues à partir de la dissolution du NaCl dans de l'eau distillée. Le taux de CO_2 dégagé suite à la minéralisation du CO a augmenté avec l'augmentation de la dose de matière organique (MO) apportée au sol. Aussi, le cumul de C-CO_2 dégagé a augmenté dans tous les traitements jusqu'à une CE de 8,64 dS.m^{-1} au-delà de laquelle ce cumul a diminué.

Mots clés : Sol, eau d'irrigation, CO, minéralisation, CO_2, salinité.

Abstract

The organic amendment (OA) is considered as a sustainable solution to the degradation soil problem compared to other chemical input options. However, the poor quality (salinity) of irrigation water in some areas hampers the effectiveness of these OA. The objective of this work is to study the effect of salinity and sodicity of irrigation water on the mineralization of organic carbon (OC) in saline soils amended by sheep manure. Thus, under controlled conditions of temperature and soil moisture (28 ° C to 65% retention capacity RC), we monitored for 91 days the rate of OC mineralization by measuring the C-CO_2 released from the studied soils. These soils were irrigated with artificially saline solutions (0.005, 5.24, 8.64, and 15.35 dS.m^{-1}) obtained from the dissolution of NaCl in distilled water. CO_2 released from OC mineralization increased with increasing organic matter (OM) added to the soil. Also, the cumulative C-CO_2 released increased in all treatments up to an EC of 8.64 dS.m^{-1} above which this cumulative C-CO_2 decreased.

Key words: Soil, irrigation water, OC, mineralization, CO_2, salinity.

* *Corresponding author : **Halima MANCER***
E-mail address: mancerhalima@yahoo.fr

e-ISSN: 2676-2226, Published by: Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas (CRSTRA)

CRSTRA

1. Introduction

Les sols affectés par la salinité constituent des contraintes importantes pour la production agricole dans presque tous les continents (Balba 1995), et dans toutes les conditions climatiques, puisque les quantités excessives de sel affectent négativement les propriétés physiques et chimiques du sol, ainsi que les processus microbiologiques (Lakhdar et al. 2009, Diacono et Montemurro 2015), les sols affectés par la salinité sont caractérisés par des concentrations élevées de sels solubles et une faible teneur en matière organique et en azote (Lodhi et al., 2009). De nombreux travaux ont confirmé les effets négatifs de la salinité sur la minéralisation du carbone organique du sol : 1/ les résultats ont été observé par Malik et Azam (1979), qui ont trouvé que les sols artificiellement salinisés en ajoutant un mélange de sels ont contribué à réduire la vitesse de minéralisation du carbone, 2/ aussi, Walpola et Arunakumara (2010), ont montré dans des incubations en laboratoire des deux types de sol (sols salins et non salins) pendant 70 jours, que la salinité a entraîné une réduction des taux d'évolution du CO_2 dégagé par la minéralisation du carbone organique du sol. Selon plusieurs études, ces sols salés peuvent être récupérés par la fertilisation organique durable préférable à d'autres options chimiques (Wong et al. 2009, Diacono et Montemurro 2015). Les amendements organiques ont amélioré la structure du sol, réduit le pourcentage de sodium échangeable (ESP) et accru les différentes activités enzymatiques (Liang et al. 2003, Tejada et al. 2006). Cependant, la qualité médiocre des eaux d'irrigation dans les zones affectées par la salinité constitue un obstacle à l'efficacité de ces amendements organiques. Donc et afin d'appliquer des amendements efficients, il faudrait réduire les quantités apportées de ces derniers à un taux efficace favorisant la séquestration du carbone organique dans ces sols et évitant les émissions inutiles de gaz à effet de serre.

Pour étudier l'efficacité des amendements organiques sur l'amélioration de la fertilité des sols salés sans rétroaction négative sur le CO_2 atmosphérique. Notre objectif est un essai de quantification du CO_2 dégagé suite à la minéralisation du CO dans un sol salé amendé par de différentes doses de fumier d'ovin et irrigué avec des eaux salées.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Sol et fumier utilisés

Le sol utilisé a été prélevé en 2014 sur une exploitation cultivée dans la plaine d'El Outaya (wilaya de Biskra-Algérie) sur une profondeur de 0-20 cm. Les échantillons de sol et de fumier ont été apportés au laboratoire central du CRSTRA pour être analysés. Les résidus végétaux dans le sol ont été prélevés ; le sol ainsi que le fumier ont été séché à l'air libre et tamisé à 2 mm. La fraction fine du sol a subit des analyses physicochimiques : le pH par un le pH-mètre, la CE par conductimètre à une température de 25 °C, le $CaCO_3$ grâce au calcimètre de Bernard, la granulométrie par la méthode internationale de la pipette de Robinson, le CO par la méthode Anne modifiée, les sels solubles : Na^+ et K^+ en utilisant le photomètre à flamme, le Ca^{2+} et le Mg^{2+} par complexomètrie (Mathieu et Pieltain 2003).

Aussi, le fumier d'ovin a été analysé également par les mêmes méthodes à part le CO qui a été quantifié après perte en masse à 480°C durant 6 heures.

2.2. Protocol expérimental

- **Préparation des mélanges sol-fumier d'ovin**

La préparation des mélanges sol-fumier est faite par l'ajout des quantités de fumier d'ovin correspondant aux doses : 0 %, 2 % et 4 % de matière organique à 20 g de sol (les quantités initiales de MO ont été négligées et pas prises en considération dans la présente étude), sachant que le fumier contient 65,22 % MO (tableau3). La composition de ces mélanges est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1: Composition des mélanges sol-fumier d'ovin.

Traitements	MO : 0 %	MO : 2 %	MO : 4 %
Quantité de fumier (g)	0 g	0.61 g	1.23 g
Quantité de sol (g)	20 g	20 g	20

- **Préparation des solutions d'irrigation**

Trois solutions plus le témoin (eau distillée) ont été préparées par la dissolution du NaCl dans de l'eau distillée, à des doses correspondent à 3, 5, et 9 g/l, dont la composition, et la CE figurent dans le tableau 2.

Tableau 2 : Composition et salinité des solutions préparées.

Traitement	**Doses de sel NaCl**	**CE ($dS.m^{-1}$)**
S0	0 g/l	**0,005**
S5	3 g/l	**5,24**
S8	5 g/l	**8,64**
S15	9 g/l	**15,35**

- **Description du dispositif experimental**

Les mélanges sol-fumier organique sont placés dans des boites hermétiquement fermées, avec des flacons contenant 20 ml de soude (0,5 N) pour péager le CO_2 dégagé. Les échantillons sont humidifiés à une hauteur de 65 % de la capacité de rétention (conditions optimales de minéralisation de la matière organique).

Le dispositif expérimental est réalisé en split-plot, comportant 12 traitements et 3 répétitions. Les valeurs de CO_2 sont exprimées par la moyenne des trois répétitions. Le temps d'incubation est de 91 jours dans l'obscurité et la température d'incubation était de 28°C car selon Matthieu (2009), 28 jours en incubation à 28°C représentent l'équivalent de 125 jours normalisés (15°C).

- **Mesure de CO_2 dégagé**

La minéralisation du C est mesurée par piégeage de CO_2 dans la soude. Les solutions de la soude sont prélevés à des dates régulières (2, 7, 15, 22, 35, 49, 63, 91 jours) et renouvelés avec de la soude fraîche avec des blancs permettant de déterminer la carbonatation initiale de la soude. En attendant d'être analysés, les flacons ont été stockés dans le dessiccateur, empêchant toute contamination atmosphérique.

Le CO_2 dégagé des échantillons de sol est récupéré par barbotage dans la soude 0,5 N. Le CO_2 est dosé par titrimétrie. L'excès de soude est dosé par HCl 0,25 N en présence de 5 ml de $BaCL_2$ à 20 % et de cinq gouttes de Phénolphtaline en

solution à 1 % dans l'alcool, comme indicateur coloré. La quantité de CO_2 dégagé est calculée par la formule proposée par Dommergues (1960) :

Q (mg de CO_2 / 100 g) = (V1 –V2) * 2,2.

V1 : volume moyen de HCl pour le témoin.

V2 : volume moyen de HCl pour le traitement.

2.3. Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel StatBox version 6.40, qui permet d'effectuer l'analyse de la variance (ANOVA) pour les différents traitements. Les tests de comparaison des moyennes ont été effectués selon la méthode de Newman-Keuls.

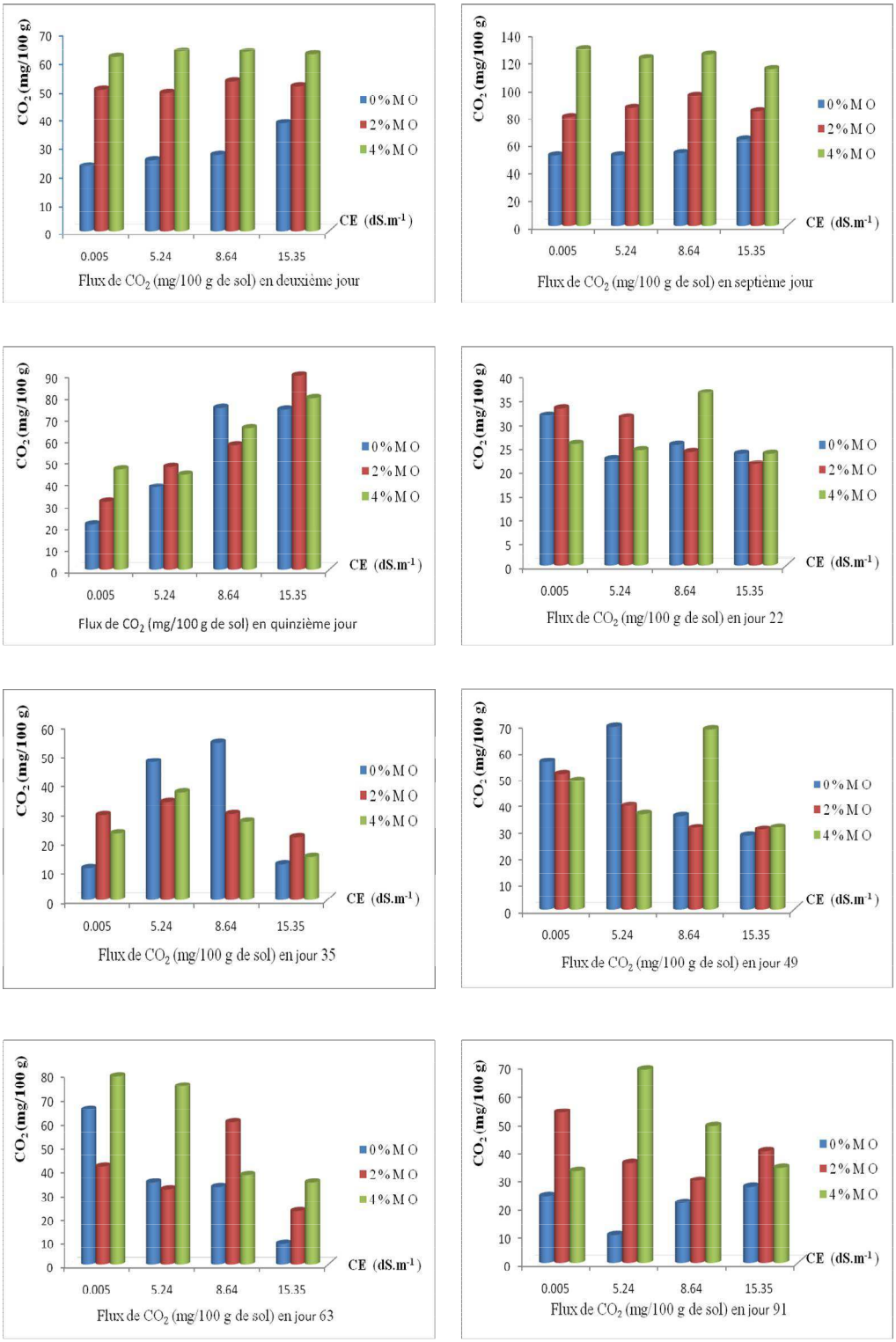
3. Résultats et Discussions

Le sol a une texture limono-sableuse, sa capacité de rétention est de 10,12 %, avec une teneure moyenne en matière organique de 2 % et une conductivité électrique de 3,43 $dS.m^{-1}$. Selon Hazelto et Murphy (2007), cette conductivité classe le sol comme extrêmement salin. Les caractéristiques chimiques du sol et du fumier sont portées sur le Tableau 3.

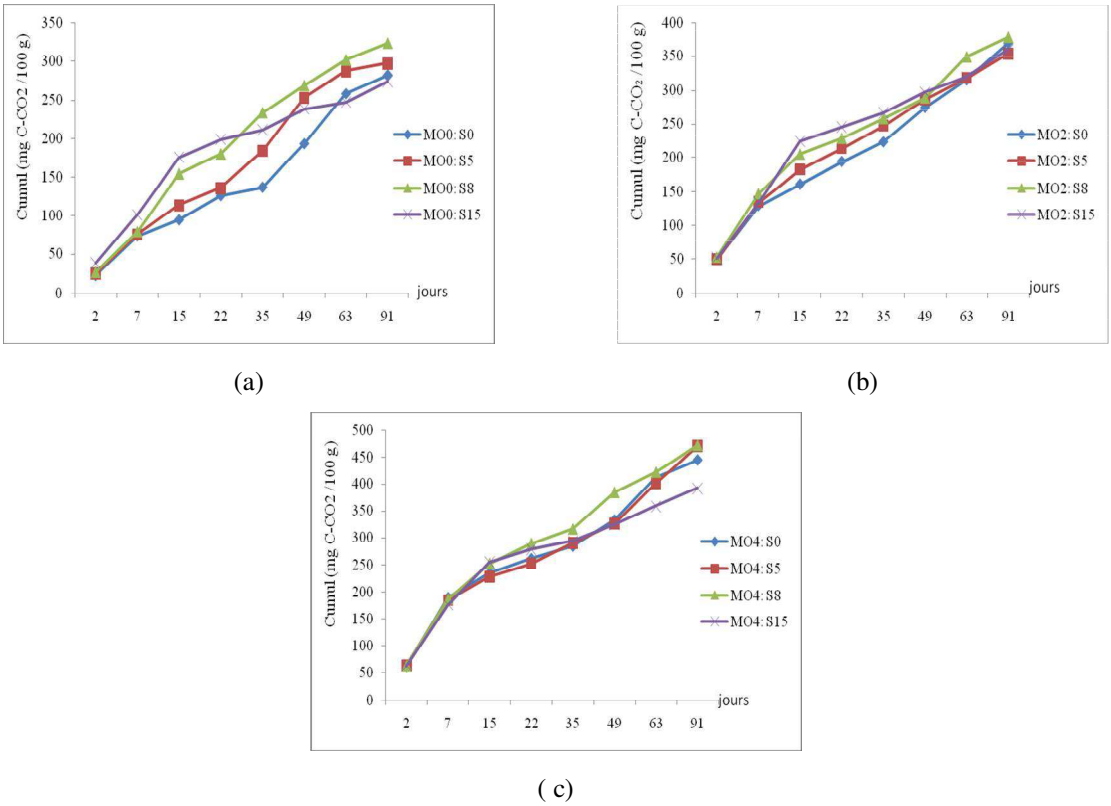
Tableau 3: Caractéristiques chimiques du sol et de fumier d'ovin.

	pH	CE	K	Ca	Mg	Na	SO_4	HCO_3	$CaCO_3$	CO	MO
		$dS.m^{-1}$	Sol : rapport 1/5. Fumier : rapport 1/10 (meq/l)						%	%	%
sol	8,6	3,43	1,7	5,8	3,2	19,8	9,8	18,75	36,66	1,17	2,01
fumier	6,7	3,96	16	8,2	7,4	5,81	/	/	/	32,61	65,22

Les figures 1 représentent le flux de CO_2 (mg/100 g) de sols incubés durant les 91 jours en fonction de la salinité des eaux d'irrigation. D'après ces figures, on remarque généralement une augmentation de ce flux avec l'augmentation de la CE des eaux et avec celle de la dose de matière organique apportée au sol et ce jusqu'au quinzième jour, au delà duquel ces flux sont moins réguliers. Cependant, on remarque, d'après les figures 2 qui représentent le cumul de CO_2 dégagé, qu'au début presque toutes les valeurs les plus élevées de tous les traitements ont été enregistrés en sols irrigués avec l'eau ayant une CE de 15,35 $dS.m^{-1}$; qu'après les $22^{èmes}$ jours, les sols qui sont irrigués avec les eaux d'une CE égale à 8,64 $dS.m^{-1}$ présentent les valeurs les plus élevées et que les plus petites valeurs sont enregistrés en sols irrigués avec de l'eau distillée (0,005 $dS.m^{-1}$). D'après la figure 3, qui représente le cumul de CO_2 dégagé durant le dernier jour d'incubation (après 3 mois), on remarque que ce cumul augmente avec l'augmentation de la salinité des eaux d'irrigation jusqu'à la valeur de 8,64 $dS.m^{-1}$ puis il diminue dans les sols irrigués avec des eaux ayant une valeur supérieure.



Figures 1 : Flux de CO_2 (mg/100 g) de sols incubés durant 91 jours.



(a) (b)

(c)

Figures 2 : Cumul de CO_2 dégagé durant les 91 jours d'incubation : a/ dose 0 % de MO, b/ dose 2 % de MO, et c/ dose 4 % de MO.

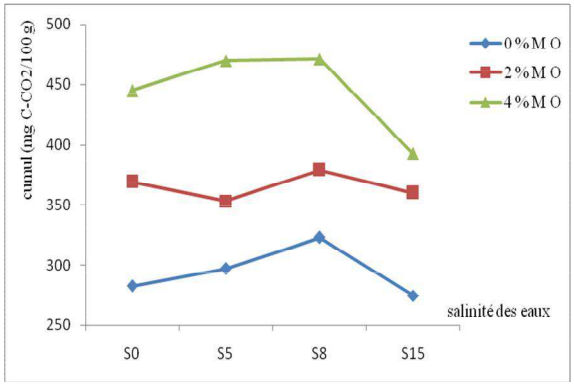


Figure 3 : Cumul de CO_2 dégagé durant le 91ème jour d'incubation

Une analyse de variance des flux de CO_2 dégagé durant le 2ème, le 7ème et le 15ème jour d'incubation indique un effet significatif de la salinité des eaux d'irrigation et de la dose de la MO sur la minéralisation du CO. Pendant le 2ème jour, l'effet sur le flux de CO_2 dégagé est significativement plus élevé avec des eaux d'irrigation : de CE 0,005 $dS.m^{-1}$ pour la dose 4 % de MO, de CE 15,35 $dS.m^{-1}$ pour la dose 2 %, et de CE 8,64 $dS.m^{-1}$ pour la dose 0%. Pendant le 15ème jour, la valeur la plus élevée de CO_2 dégagé (89,47 mg de CO_2/100 g), est enregistrée pour le sol amendé avec 2% de MO et irrigué avec l'eau de CE égale à 15,35 $dS.m^{-1}$ alors que la valeur de CO_2 dégagé la plus faible (21,08 mg de CO_2 /100 g) a été

enregistrée pour la dose de 0 % de MO et avec l'eau distillée (0,005 $dS.m^{-1}$). Ces observations sont conformes aux résultats trouvés par Saviozzi et al. (2011), qui ont incubé un sol salinisé artificiellement avec le NaCl, et qui ont trouvé que les concentrations croissantes de sel jusqu'à une CE de 4 $dS.m^{-1}$ ont conduit à l'augmentation de la respiration du sol. Cela est expliqué par l'augmentation de l'activité microbienne pour les sols amendés par le fumier d'ovin. Concernant le témoin (sans amendement), selon Lijuan et al. (2017), l'activité métaboliques totales a été maintenu, lorsque les sols irrigués par l'eau à plus forte salinité par rapport au eau non salée ; puisque, la salinité peut réduire la consommation d'une certaine source de carbone par ces microorganismes, cependant, ces derniers, peuvent en utiliser simultanément d'autres sources. Au contraire, dans l'étude de Setia et al. (2011), un essai d'incubation durant 4 mois des sols artificiellement salinisés avec le sel de NaCl (1, 2, 3, 4 et 5 $dS.m^{-1}$ de rapport sol/eau : 1/5), et amendés avec des résidus de blé ; le cumul de C-CO_2 dégagé a diminué avec l'augmentation de la salinité de ces sols. Les mêmes résultats ont été obtenus par Mancer et Daddi Bouhoun (2018), qui ont trouvé que la minéralisation du CO diminue dans le sol (non salé et non amendé par les AO), avec l'augmentation de la salinité de l'eau d'irrigation (artificiellement salinisée avec trois types de sels : NaCl, $MgCl_2$, et $CaCl_2$).

4. Conclusion

Dans des conditions contrôlées de température et d'humidité, avec un sol de texture limono-sableuse, pauvre en matière organique et extrêmement salé, nous avons étudié l'effet de la salinité de l'eau d'irrigation sur la minéralisation du carbone organique. Les résultats montrent que l'effet de la salinité sur la minéralisation du carbone organique du sol dépend de la quantité de matière organique apportée au sol, où durant les 91 jours, le flux de CO_2 augmente avec l'augmentation de la dose de matière organique apportée au sol. Aussi, le cumul de C-CO_2 dégagé augmente avec l'augmentation de la salinité des eaux d'irrigation jusqu'à une valeur de CE de 8,64 $dS.m^{-1}$ puis il diminue dans les sols irrigués au dessus de cette valeur.

5. Références bibliographiques

- Balba AM (1995) Management of problem soils in arid ecosystems. Lewis Publishers. Tokyo.
- Diacono M, Montemurro F (2015) Effectiveness of Organic Wastes as Fertilizers and Amendments in Salt-Affected Soils. Agriculture ; 5: 221-230.
- Dommergues Y (1960) La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. L'agronomie Trop ; 15(1) : 54-60.
- Hazelto P, Murphy B (2007) Interpreting Soil Test Results: What do all the Numbers mean?. CSIRO publishing. Australia.
- Lakhdar A, Rabhi M, Ghnaya T, Montemurro F, Jedidi N, Abdelly C (2009) Effectiveness of compost use in salt-affected soil. J Hazard Mater ; 171 : 29-37.
- Liang Y, Yang Y, Yang C, Shen Q, Zhou J, Yang L (2003) Soil enzymatic activity and growth of rice and barley as influenced by organic manure in an anthropogenic soil. Geoderma ; 115:149-160.
- Lijuan C, Changsheng L, Qi F, Yongping W, Hang Z, Yan Z, Yongjiu F, Huiya L (2017) Shifts in soil microbial metabolic activities and community structures along a salinity gradient of irrigation water in a typical arid region

of China. Sci Total Environ ; 598: 64-70.

- Lodhi A, Arshad M, Azam F, Sajjad M (2009) Changes in mineral and mineralizable N of soil incubated at varying salinity, moisture and temperature regimes. Pakistan J Bot ; 41 (2): 967-980.
- Malik K, Azam F (1979) Effect of salinity on carbon and nitrogen transformations in soil. Pak. J. Bot ; 11: 113-122.
- Mancer H, Daddi Bouhoun M (2018) Effect of Irrigation Water Salinity on the Organic Carbon Mineralization in Soil (Laboratory Incubation). AIP Conference Proceedings ; 1968 : 020007-1–020007-8.
- Mathieu C, Pieltain F (2003) Analyse chimique des sols, Méthodes choisies. TEC et DOC. Paris.
- Matthieu V (2009) La minéralisation de la matière organique du sol : poste clé de la méthode du bilan, Conférence azote SAS Laboratoire / AGRO-Systèmes – ARDON.
- Saviozzi A, Cardelli R, Din Puccio R (2011) Impact of salinity on soil biological activities: A laboratory experiment. Commun Soil Sci Plant Anal ; 42: 358-367.
- Setia R, Marschner P, Baldock J, Chittleborough D, Smith P, Smith JU (2011) Salinity effects on carbon mineralization in soils of varying texture. Soil Biology and Biochemistry ; 43(9): 1908-1916.
- Tejada M, Garcia C, Gonzalez JL, Hernandez MT (2006) Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. Soil Biology and Biochemistry ; 38: 1413-1421.
- Walpola B, Arunakumara KKI (2010) Effect of salt stress on decomposition of organic matter and nitrogen mineralization in animal manure amended soils. J Agric Sci. 5 (1) : 9‑18.
- Wong VN, Dalal R, Greene RS (2009) Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: A laboratory incubation. APPLIED SOIL ECOLOGY; 41: 29-40.