

QUELS ROLES POUR LES MICROORGANISMES DU SOL DANS LA SEQUESTRATION DU CARBONE EN ZONES ARIDES DE OUARGLA ?

BENSAYAH M.N.H.¹, KARABI M.², HAMDY AISSA B.², BERKAL I.¹

¹Univ Ouargla, Fac. des sciences de la nature et de la vie, Lab. de Recherche sur la Phœniciculture, Ouargla 30 000, Algeria

²Univ Ouargla, Fac. des Mathématiques et des Sciences de la Matière, Lab. de biogéochimie des milieux désertiques, Ouargla 30 000, Algeria

Résumé. Le sol rend des services écosystémiques parmi lesquels le stockage du CO₂ et la protection contre le réchauffement climatique. La région de Ouargla se caractérise par des hautes températures, des précipitations faibles et irrégulières, une végétation clairsemée et des sols pauvres en matière organique. Néanmoins, le sol reste un milieu favorable pour les macros et les micros organismes qui tolèrent ce déficit, même si cette biomasse microbienne ne représente que 2 à 4% en moyenne du carbone organique. Elle intervient pour le renouvellement de la matière organique dans le sol. Le but de ce travail est d'étudier l'impact des microorganismes sur le stockage du carbone organique dans différents pédo-paysages de la région de Ouargla. Pour cette étude, nous avons choisi 7 stations de pédo-séquences différentes (sol très salin, un reg, sol argileux...etc). Après un prélèvement de sol à 30 cm, les échantillons ont subi des analyses microbiologiques de dénombrement des bactéries et des champignons, fumigation-extraction, et analyses physico-chimiques. Les résultats de dénombrement des principaux groupes microbiens chez les bactéries et les champignons ont montré la prédominance de la microflore bactérienne, suivi par la microflore fongique à des valeurs plus importantes dans le sol cultivé et ce de Sebkhath. L'identification des espèces fongiques selon les clés de détermination nous ont permis d'identifier *Alternaria alternata*, *Rhizopus sp.*, et *Aspergillus niger*, ainsi que des levures. Les résultats de fumigation-extraction montrent que les valeurs du carbone microbien sont plus élevées aux Sebkhath N'Goussa, sol gypseux de Frane et au niveau de sol cultivé. C'est au niveau de ces pédo-séquence où l'enregistre de fortes teneurs en carbone organique et matière organique. Les microorganismes jouent un rôle important dans la séquestration de carbone. Ils minéralisent les résidus microbiens et offrent du carbone à la fraction stable de matière organique de sol.

Mots clés : carbone microbien, carbone organique, Ouargla, séquestration de carbone, service écosystémique

WHAT ROLES FOR SOIL MICROORGANISMS IN THE SEQUESTRATION OF CARBON IN ARID ZONES OF OUARGLA?

Abstract. Soil provides ecosystem services, including storage of CO₂ and protection against global warming. The Ouargla region is characterized by high temperatures, low and irregular rainfall, sparse vegetation and soils poor in organic matter. Nevertheless, the soil remains a favorable environment for macros and microorganisms, which tolerate this deficit, even if this microbial biomass represents only 2 to 4% on average of organic carbon. It intervenes for the renewal of organic matter in the soil. The aim of this work is to study the impact of microorganisms on organic carbon storage in different soil landscapes of the Ouargla region. For this study, 7 stations of different pedo-sequences were chosen (saline soil, reg soil, clay soil...etc). After taking a soil sample at 30 cm, the samples underwent microbiological analyzes for the enumeration of bacteria and fungi, fumigation-extraction, and physicochemical analyzes. The results of enumeration of the main microbial groups in bacteria and fungi showed the predominance of bacterial microflora, followed by fungal microflora at higher values in cultivated soil and those of Sebkhath. The identification of fungal species according to the determination keys allowed us to identify *Alternaria alternata*, *Rhizopus sp.*, and *Aspergillus niger*, as well as yeasts. The fumigation-extraction results show that the microbial carbon values are higher in Sebkhath N'Goussa, gypsum soil of Frane and in cultivated soils. It is at these stations where high levels of organic carbon and organic matter are recorded. We can say that microorganisms play an important role in carbon sequestration. They mineralize microbial residues and provide carbon to the stable organic matter fraction of soil.

Key words: microbial carbon, organic carbon, Ouargla, carbon sequestration, ecosystem service.

Introduction

Les émissions de carbone dans l'atmosphère sont en actuation. Selon Boer et *al.*, [1], les émissions de carbone, depuis l'année 1850 jusqu'à l'année 2100, sont en augmentation chaque année de 1% ; la température en l'année 2050 augmentera de 1,7°C et à l'année 2100, elle augmentera de 2,7°C. Devant cet état grave, le protocole de Kyoto vient pour diminuer les émissions de carbone à 5% (par rapport au niveau de 1990) pendant la période 2008 – 2012. La COP21 de Paris en 2015 est pour l'initiative 4 % de stockage de matière organique. La recherche agronomique a prouvé qu'il est possible de conjuguer les efforts en vue de diminuer le réchauffement climatique et assurer la sécurité alimentaire. Le sol a capacité de stocker dans le premier mètre de profondeur entre 1200 et 2000 Gt de carbone (1Gt=10⁹ t), l'équivalent d'environ trois fois les stocks des êtres vivants du contenant, soit deux à trois fois plus de carbone que l'atmosphère, et de 700 Gt de carbone dans les 30 premiers cm du sol [2]. Donc, le sol assure un service de régulation de CO₂ dans l'atmosphère par la séquestration. Ce stockage constitue un service écosystémique rendu par le sol [3]. En outre, la séquestration de carbone organique reste un moyen de fertilisation, d'augmentation de la capacité de rétention de l'eau et d'aération du sol [2]. Ce stockage dépend de la texture, du type de sol, de la nature des végétaux, de la faune du sol, de l'utilisation et la gestion des terres, du climat...etc [4]. D'après Weixing et *al.* [5], les microorganismes agissent sur la stabilisation de carbone organique dans le sol.

La région d'étude «Ouargla», est une zone caractérisée par un climat aride avec des hautes températures, de faibles précipitations et une forte évapotranspiration, qui influent sur le couvert végétal. Le but de notre travail est d'étudier les effets des microorganismes sur la séquestration de carbone organique dans la région de Ouargla. Nous avons choisi sept (7) stations d'étude, différenciées par leurs pédopaysages (Sebkhat et dune de N'Goussa, sol cultivé de l'exploitation de l'université de Ouargla ...etc), pour quantifier le nombre de bactéries et champignons par dénombrement, la biomasse microbienne par la méthode fumigation- extraction ; puis une comparaison des valeurs de carbone organique avec les valeurs de carbone microbien.

1. Matériels et Méthodes

1.1 Présentation de la zone d'étude

La région Ouargla commence au sud avec les ruines de Sédrata, ancienne capitale des Ibadites et se termine à l'entrée de la sebkha Safioune 40 km plus au nord [6] (Figure 1). Elle se caractérise par une température moyenne annuelle, pour la période 2008-2018, de 26,1 °C, avec un maxima moyen de 48,5°C en mois juillet, et un minima moyen de 6,4 °C en mois décembre. Les précipitations sont très faibles, le cumul moyen annuel sur 10 ans (2008-2018) est de 41,7 mm [7]. La cuvette est de formation sédimentaire (de type fossile), spécifiquement sahariennes. Le pédopaysage de la cuvette est dominé principalement par le caractère salin, où prédomine le caractère l'hydromorphie [8].

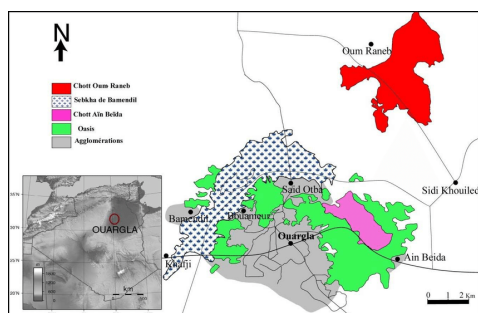


Figure 1- Carte géographique de situation de la région de Ouargla (Zeddouri et Hadj-Saïd, 2011)



Figure 2- Photo satellitaire présente les sites expérimentaux (Google Earth, 2018)

1.2. Prélèvement des échantillons

En se référant à la géomorphologie et la pédologie de la région, nous avons choisi sept stations d'étude, qui sont : Sebkat N'Goussa (SN) pédopaysage salin, Sable de N'Goussa (SB) pédopaysage sableux (formation dunaires), Glacis Hassi Miloud (GL) pédopaysage glacis, sol gypseux Frane (SG) pédopaysage gypseux, sol alluvial de l'Oued Mzab (SL) pédopaysage alluvionnaire, Reg plateau de Oued Nsa (SL) pédopaysage reg calcaire et sol cultivé de l'exploitation de l'université de Ouargla (SC) pédopaysage sol cultivé (palmier dattier est l'espèce dominante). Le prélèvement de tous les échantillons est réalisé le même jour, de la couche 0-30cm, la zone la plus active par les microorganismes (Figure 2). Les analyses physico-chimiques, réalisées selon les normes AFNOR, ont un impact direct sur les cortèges microbiens.

1.3 Analyse microbiologique

Pour faire le dénombrement de la microflore bactérienne et de microflore de champignons il est impératif de respecter un ensemble d'étapes. Une série de dilutions sont réalisées au début, de cette phase d'analyse, à partir de la suspension du sol : 1g dans 9 ml d'eau distillée stérile, l'opération est réalisée 6 fois soit 1/100000,

Les dilutions ainsi préparées doivent être utilisées immédiatement pour les différents ensemencements. Les échantillons sont ensuite incubés à une température de 30°C, pendant 48h pour les bactéries et 28°C, pendant 5 à 7 jours pour les champignons. Le comptage des colonies est la dernière phase de cette partie [9]. A partir de clé de détermination, nous faisons l'identification de quelques souches de champignons. L'identification s'est basée sur des critères macroscopiques et microscopiques [10]. La méthode fumigation-extraction consiste à extraire deux échantillons par le sulfate de potassium, le premier est non fumiger, le deuxième est fumiger avec le chloroforme pendant 24h. Le but de l'utilisation de chloroformes est de tuer les microorganismes et libérer les composants organiques de leurs parois [11]. Le carbone organique présent dans les extraits est mesuré en utilisant une méthode de titrage de Anne, puis on calcule le carbone microbien par la formule suivante : Biomasse à partir du carbone = (le taux de carbone organique extrait d'un sol fumigé – le taux de carbone organique extrait d'un sol non fumigé) / K [K est un coefficient de conversion (K=0,38)] [12].

2. Résultats

2.1 Caractérisation des sols d'études

L'objectif de cette caractérisation est d'étudier les caractéristiques physico-

chimiques des sols, et de connaître leur interaction avec la biomasse microbienne dans le sol.

Tableau 1- Caractéristiques physico- chimiques des sols étudiés

Caractéristiques physico-chimiques	Type de sol						
	SN	SB	GL	SG	SL	RE	SC
Texture	S.L	S.L	S.L	S.L	A.L	S.L	S.L
Humidité du sol %	2,7	3	4	3,1	7,1	3,3	11,4
Acidité du sol (pH eau : 1/5)	7,1	7,5	7,6	7,5	7,6	7,6	7,7
La salinité globale (CE_{1:5}) à 25 (dS/m)	57,3	4,2	2,7	2,5	2,2	2	22,3
La concentration des sels (%)	4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	1
Matière organique							
Carbone organique (%)	0,9	0,7	0,2	0,4	0,8	0,4	1
Matière organique (%)	1,6	1,2	0,3	0,6	1,4	0,8	1,69
Les sels peu solubles							
Calcaire totale (%)	1,8	0	2,6	2,5	5,1	0,6	1,7
Gypse (%)	12,9	0,7	1,5	8,8	5,2	4,4	7,7

Les sols des stations étudiées ont une texture sablo-limoneuse à l'exception du sol alluvial de Oued M'zab ayant une texture argilo-limoneuse. Le taux d'humidité est faible et variable d'un sol à une autre. Néanmoins, l'humidité est importante dans le sol cultivé.

Le taux de calcaire est faible. Le pH de ces sols est généralement alcalin. La salinité est élevée dans les deux sols Sabkhat N'Goussa et sol cultivé. Le taux de matière organique est généralement faible, mais relativement important dans le sol cultivé.

2.2 - La distribution horizontale des microorganismes des sols

La distribution des microorganismes dans différents sols de Ouargla est présentée dans les figures 3, 4 et 5. Elles présentent également la distribution de carbone organique dans ces sols.

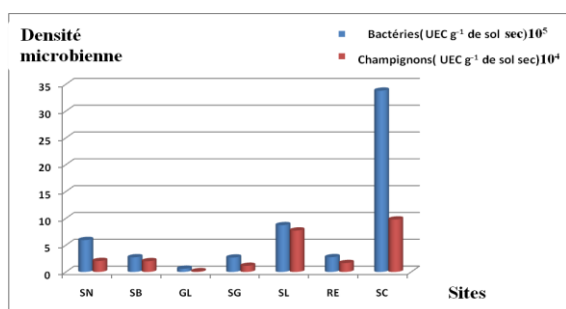


Figure 1 - La biomasse bactérienne et fongique des sols étudiés.

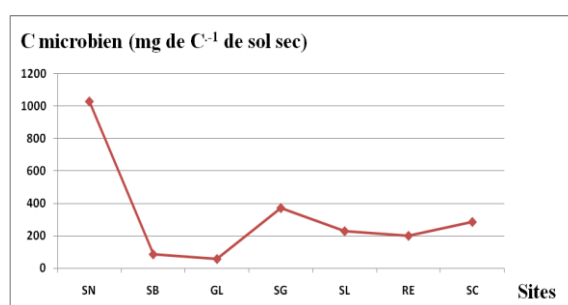


Figure 2 - Le carbone microbien des sols étudiés.

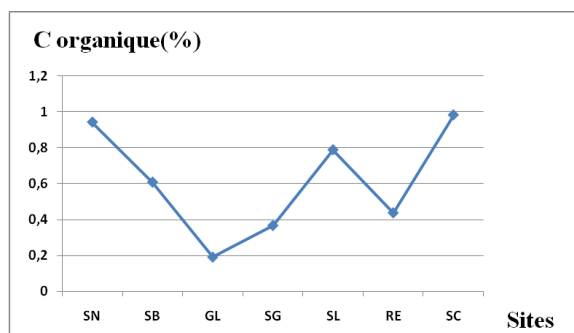


Figure 3 - Le carbone organique des sols étudiés.

2.3 L'identification des espèces fongiques

Les clés de détermination nous ont permis d'identifier les espèces suivantes : *Alternaria alternata*, *Rhizopus sp.* et *Aspergillus niger*.

3. Discussion

Le dénombrement indirect de la flore microbienne tellurique aérobie montre que le nombre des bactéries est plus grand que le nombre des champignons, cette dominance dans les sols étudiés est due à leur grand

pouvoir de multiplication, comparativement aux champignons qui ont un pouvoir d'adaptation faible dans les conditions défavorables et à l'élévation de l'alcalinité du milieu. Selon Solter [13], les bactéries vivent à un pH compris entre 6 et 8, alors que les champignons vivent dans un pH qui oscille entre 6 et 7,5.

Les variations de la densité microbienne entre les 07 stations peuvent être expliquées par le fait que les microorganismes sont soumis à l'influence de différentes conditions climatiques et pédologiques extrêmes

(hautes températures, manques d'eau où bien par la texture sableuse qui diminue la capacité de rétention d'eau...etc.), et aussi des variations notables au niveau des facteurs biochimiques (nutritionnels et énergétiques concernant la matière organique). Ce résultat peut être expliqué par les valeurs d'humidité et de matière organique qui sont plus importantes dans le sol cultivé par rapport aux autres sols d'étude. L'humidité élevée crée un microclimat favorable pour la prolifération bactérienne [14].

La Sebkat de N'Goussa a enregistré une biomasse microbienne très élevée, suivi par le sol gypseux de Frane, et le sol cultivé, alors que Hassi Miloud est la station qui a enregistré une teneur en C microbien la plus faible. Pour le sol gypseux de Frane, nous avons enregistré une biomasse microbienne plus élevée que le sol cultivé qui contient une teneur en matière organique plus importante (à l'origine les palmiers dattiers, les luzernes, les plantes spontanées comme phragmites). Ceci pourrait être expliqué par son turnover rapide. Leroy et *al.*, [15] ont observé que suite à une exploitation intensive des sols, la diminution affecte beaucoup plus le carbone de la biomasse microbienne que le carbone organique total. Le sol alluvial de texture argilo-limoneuse, a enregistré également une teneur en C microbien relativement considérable. En effet, la fraction granulométrique joue un rôle de protection. La biomasse microbienne est beaucoup plus importante dans la fraction argileuse comparativement aux autres fractions texturales [16]. Par ailleurs, le sol de Hassi Miloud, enregistre la valeur la plus faible de C microbien. C'est ce qu'explique Arpin et *al.*, [17], en indiquant que les microorganismes augmentent dans les sols forestiers et les sols des prairies et diminuent légèrement dans les sols

désertiques (manque de matière organique et l'humidité). Les microorganismes accélèrent la minéralisation de carbone ; puis font le renouvellement de la matière organique du sol. Cette fraction microbienne joue un rôle clé soit comme une source en éléments nutritifs après la mort des cellules microbiennes et évacuation du contenu cytoplasmique, soit comme un compartiment de recyclage et d'emmagasinement des éléments nutritifs (turnover rapide), par leur résidus et exsudats microbiens qui peuvent contribuer jusqu'à 80% du carbone dans la fraction stable de la matière organique du sol [18, 5].

4. Conclusion

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques de la couche superficielle (0 -30cm) des 07 stations d'étude des sols de la région Ouargla montrent que : Les sols des stations étudiées ont une texture sablo-limoneuse, à l'exception du sol alluvial de Oued M'zab qui présente une texture argilo-limoneuse. Le taux de matière organique (carbone organique) est généralement faible, mais une légère augmentation est constatée dans le sol cultivé. Les sols étudiés contiennent une microflore tellurique adaptée aux conditions difficiles du milieu saharien. Le dénombrement indirect des germes montre que les bactéries sont les micro-organismes les plus abondants dans tous les sols étudiés à cause de leur grand pouvoir de multiplication ; suivis des champignons. La biomasse et le nombre des micro-organismes varient considérablement d'un sol à un autre ; le maximum est enregistré dans le sol Sebkat, le sol cultivé et dans le sol de Oued M'zab où les conditions du milieu sont les plus favorables pour développer des micro-organismes telluriques par rapport aux autres sols. D'après nos

résultats, il existe une corrélation entre la biomasse microbienne et le carbone organique du sol. En effet, la biomasse microbienne intervient dans la stabilisation du carbone organique du sol. Quand le sol est soumis à des conditions écologiques

Références bibliographiques

- [1] Boer G. J., Flato G., Reader M. C., Ramsden D. 2000. A transient climate change simulation with greenhouse gas and aerosol forcing: Experimental design and comparison with the instrumental record for the twentieth century. *Climate Dynamics*, 16(6) : 405–425.
- [2] Chenu C., Klumpp K., Bispo A., Angers D., Colnenne C., Metay A. 2014. Stocker du carbone dans les sols agricoles : évaluation de leviers d'action pour la France. *Innovations Agronomiques*, 37 (2014) : 23-37.
- [3] Walter C., Antonio B., Claire C., Alexandr, L.H., Christoph, S. 2015. Les services écosystémiques des sols : du concept à sa valorisation. *Agriculture et foncier*, 53-68 .
- [4] Wiesmeier M., Urbanski L., Hobley E., Lang B., von Lützow M., Marin-Spiotta E., Kögel-Knabner I. 2019. Soil organic carbon storage as a key function of soils - A review of drivers and indicators at various scales. *Geoderma*, 333(11): 149–162.
- [5] Weixing L., Chunlian Q., Sen Y., Wenming B., Lingli L. 2018. Microbial carbon use efficiency and priming effect regulate soil carbon storage under nitrogen deposition by slowing soil organic matter decomposition. *Geoderma* 332(7): 37–44.
- [6] Rouvillois B.M. 1973. Variations et organisation d'un espace rural au milieu extrêmes (teneur en matière organique, aération, humidité), il peut abriter une microflore diversifiée et adaptée aux conditions climatiques et édaphiques qui sévissent dans ce biotope aride.
- désertique : Le pays de Ouargla (Sahara Algérienne). 273p.
- [7] ONM. 2018. Données climatiques de la région de Ouargla. Ouargla (Algérie).
- [8] Hamdi Aissa B., Girard M.C. 2000. Utilisation de télédétection en région saharienne, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. *Sécheresse*, 11(3) : 179-188.
- [9] Pochon J. 1954. Manuel technique d'analyse microbiologique du sol. Technical Manual of microbiological soil analysis, Masson Paris.
- [10] Botton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S. G., Larpent J. P., Reymond P., Sanglier J., Vayssier Y., Veau P. 1990. Moisissures utiles et 53 nuisibles importances industrielles. 2nd edn. Masson, Paris Milan Barcelone Mexico.
- [11] Ouedraogo J., Ouedraogo E., Nacro H.B. 2017. La macrofaune du sol améliore l'efficacité de l'utilisation de l'énergie par les microorganismes. *Journal of Applied Biosciences*, 114(1): 11345-11356.
- [12] Andreas B., Al-Busaidi K., Raineret G., Rgensen J. 2013. Carbon and nitrogen mineralization at different salinity levels in Omani low organic matter soils. *Journal of Arid Environments*, (2014): 106-110.
- [13] Solner D. 2003. Les bases de la production végétale, le sol et son amélioration. Tome i, 23nd edn.

Collection science technique agricole,
Parc d'Activités du moulin Jacquet,
boulevard de Poitiers.

- [14] Karabi M. 2017. Fonctionnement microbiologique des sols oasiens. Cas de quelques sols de la région de Ouargla. Thèse de doctorat. Sciences du sol. Université Kasdi Merbah.
- [15] Leroy C., Delbarre C., Ghillebaert F., Compere C., Combes D. 2008. Influence of subtilisin on the adhesion of a marine bacterium which produces mainly proteins as extracellular polymers. *Journal of applied microbiology*, 105(8): 1364-5072.
- [16] Oulbachir K., Dellal A.E., Bekki A.E. 2009. Les variations de la biomasse microbienne étudiée sous des conditions environnementales différentes dans quatre sols superposés séparés deux à deux par une croûte calcaire.
- [17] Arpin P., Kilbertus G., Ponge J.-F., Vannier G. 1980. Importance de la microflore et de la microfaune en milieu forestier. *Actualités d'écologie forestière: sol, flore, faune*, (1980): 87-150.
- [18] Angst G., Messinger J., Greiner M., Häusler W., Hertel D., Kirfel K., Mueller C. W. 2018. Soil organic carbon stocks in topsoil and subsoil controlled by parent material, carbon input in the rhizosphere, and microbial-derived compounds. *Soil Biology and Biochemistry*, 122(7): 19-30.