IMPACT DE QUELQUES SYSTEMES DE CULTURE SUR L'ACTIVITE ET LA BIOMASSE MICROBIENNE DES SOLS OASIENS. CAS DE LA REGION DE OUARGLA

KARABI M.[1], HAMDI AISSA B.[1,2], ZENKHRI S.[2], HADJ MOHAMMED M.[1]

[1]*Laboratoire de Biogéochimie des milieux désertiques, Université de Ouargla*
[2] *Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-arides, Université de Ouargla*
Karabi.mokhtar@gmail.com

Résumé : L'évaluation multicritère des systèmes de culture implique d'acquérir des connaissances sur la composante biologique des sols, notamment sur le compartiment microbien. Afin d'étudier l'effet des systèmes de culture sur les paramètres microbiologiques des sols oasiens (densité bactérienne et densité fongique, $C_{microbien}$, et activité enzymatique), nous avons choisi quatre systèmes de cultures les plus répondus dans la région de Ouargla à savoir la phœniciculture (PHO), la serriculture (SERR), la luzernière (LUZ) et la céréaliculture (CER) comparé à un sol nu (SN) situés dans la zone de Hassi ben abdallah. L'ensemble des résultats des analyses microbiologiques de la couche superficielle des sols étudiés (0–30cm), révèle la dominance de la microflore bactérienne ainsi que des variations entre les sols en nombre de germes avec des valeurs maximales pour (LUZ) suivi par (PHO) ensuite (SERR) et (CER) et enfin (SN). Quant à la biomasse microbienne, les valeurs relatives au $C_{microbien}$ montrent que ce paramètre est plus élevé en sol cultivés par rapport au (SN) avec une légère prédominance pour (LUZ) et (PHO). Les valeurs de l'activité de la β- glucosidase sont comprises entre 0,137 et 0,376 µg de glucose.g^{-1} de sol sec. L'amplitude des réactions obtenues pour ce paramètre suit la teneur en matière organique dans les cinq sols dans l'ordre LUZ > PHO > CER > SERR > SN. Ce fait permet d'apprécier l'introduction du système de culture luzerne du fait qu'il minimise de façon fiable le problème d'épuisement du sol.

Mots clés : système de culture, biomasse microbienne, activité enzymatique, oasis, Ouargla, Sahara Algérien.

تأثير بعض النظم الزراعية على النشاط والكتلة الميكروبية لترب الواحات. حالة منطقة ورقلة

ملخص : يتضمن تقييم المعايير المتعددة للنظم الزراعية اكتساب المعرفة بالعنصر البيولوجي للتربة، بما في ذلك الجزء الميكروبي. لدراسة تأثير النظم الزراعية على المعايير المكروبيولوجية لتربة الواحات (كثافة البكتيرية وكثافة الفطريات، $C_{الميكروبي}$، والنشاط الانزيمي)، اخترنا أربعة أنظمة زراعية الأكثر تواجدا في منطقة ورقلة وهي زراعة النخيل(PHO) ، زراعة النباتات المحمية(SERR) ، زراعة البرسيم (LUZ) وزراعة الحبوب(CER) ، مقارنة مع تربة جرداء (SN) الواقعة في منطقة حاسي عبد الله.
النتائج العامة للتحليلات المكروبيولوجية للطبقة السطحية من التربة (0-30 سم) التي شملتها الدراسة، تكشف عن هيمنة البكتيرية وتكشف أيضا عن اختلافات في الكثافة الميكروبية لمختف الترب مع قيم مرتفعة لتربة (LUZ) تليها (PHO) ثم (SERR) و (CER) وأخيرا (SN). أما بالنسبة للكتلة الحيوية الميكروبية، تظهر قيم $C_{الميكروبي}$ أن هذه القيم هي أعلى في التربة المزروعة مقارنة بالتربة الجرداء (SN) مع غلبة طفيفة لتربة (LUZ) و (PHO). وتتراوح قيم نشاط β-غلوكوزيداز بين 0.137 و0.376 µغ جلوكوز.$غ^{-1}$ تربة جافة. وتتبع هاته القيم التي تم الحصول عليها محتوى المادة العضوية في الترب الخمسة في الترتيب SN < SERR < CER < PHO < LUZ. وهذا يجعل من الممكن تقدير إدخال نظام زراعة البرسيم لأنه يقلل بشكل موثوق من مشكلة إنهاك التربة.

كلمات دالة: نظام زراعة المحاصيل، الكتلة الحيوية الميكروبية، النشاط الانزيمي، واحة، ورقلة، الصحراء الجزائرية.

1. INTRODUCTION

La qualité du sol est un indicateur important de la durabilité agricole et environnementale [1, 2]. Il existe de nombreuses propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, et qui peuvent être utilisés comme indicateurs pour évaluer les effets de la perturbation de l'écosystème par l'activité humaine sur la qualité du sol [3]. Parmi les propriétés du sol les plus utilisées dans les études de perturbation anthropique sont le $C_{organique}$ et le N_{total}, la biomasse microbienne, et les activités enzymatiques [4].

Le Sahara Algérien occupe 80% de la superficie du pays [5]. Il se caractérise par une hétérogénéité édaphique et par une diversification de systèmes de cultures. La phœniciculture est considérée comme la plus ancienne des systèmes de cultures oasiens. La wilaya de

Ouargla dispose d'un important potentiel phoenicicole. La céréaliculture sous pivot Au Sahara, un système de culture nouveau sur lequel les pouvoirs publics ont concentré leurs efforts. La céréaliculture a introduit quelque chose de radicalement nouveau, tant dans le paysage, la technique, que la finalité. La serriculture, introduite dans la willaya au début des années 1980, a également connu un développement progressif surtout dans le cadre de la mise en valeur.

La conduite de ces systèmes de culture nécessite une bonne compréhension des processus en jeu et les agriculteurs doivent respecter des itinéraires techniques pour ajuster la gestion agro-écologique des écosystèmes cultivés. Les contraintes de la fertilité des sols cultivés sont encore mal connues dans les principales régions agricoles du pays et les informations existantes restent assez périphériques. La réhabilitation de la fertilité de ces sols nécessite, donc, la prise en compte du compartiment microbien. L'objectif de cette étude est d'apporter des éléments de réponse à cette problématique.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Zone d'étude

L'étude a été menée dans l'exploitation agricole de Babziz située dans la commune de Hassi ben abdallah en amont du versant Nord-Est de la cuvette de Ouargla. Le choix de la station d'étude été fait sur la base de l'intense activité agricole qui s'y déroule ainsi que par le fait que l'exploitation dispose d'une diversité de systèmes de culture existants dans la région. Pour ce qui est de l'homogénéité du sol ; selon Hamdi-Aissa et Girard (2000) [6], il s'agit d'un pédopaysage sableux à sable grossier et graviers, avec du calcaire. Le sol est de prédominance sableuse, pauvres en matière organique et présentant un taux d'accumulation gypso-saline pauvre.

2.2. Approche méthodologique

Nous avons évalué sous différents systèmes de cultures à savoir la phœniciculture (PHO), la céréaliculture (CER), la serriculture (SERR) et la luzerne (LUZ), en comparaison avec un sol nu (SN) n'ayant pas encore subi d'action anthropique (Fig. 1), la densité bactérienne et fongique. Nous avons estimé, également, la biomasse microbienne par la méthode de fumigation/extraction [7], ainsi que l'estimation de l'activité enzymatique de la β-glucosidase par la méthode de Tabatabai, (1999) [8]. Ces mesures microbiologiques ont été complétées par des mesures physico-chimiques du sol.

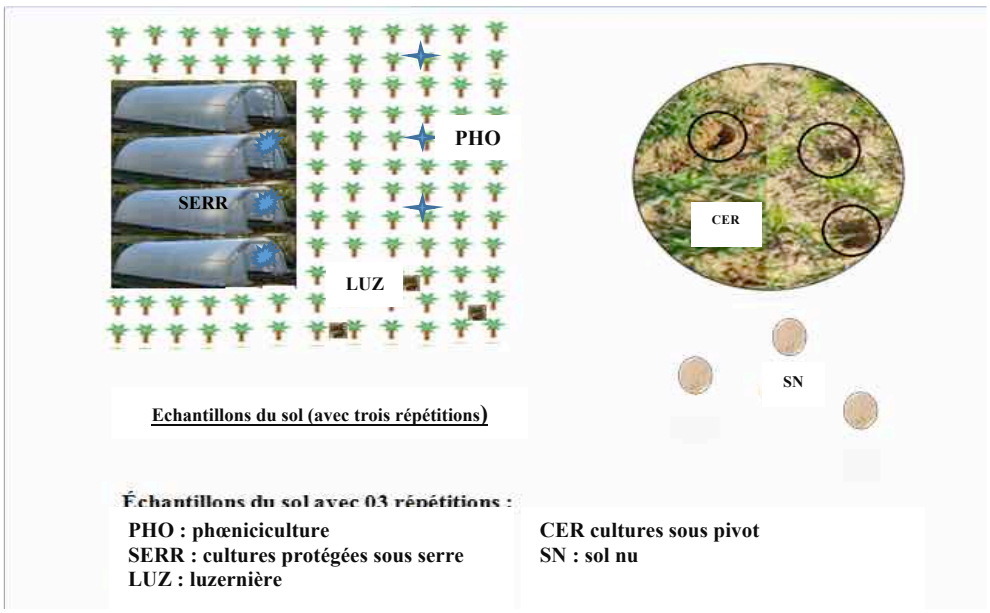

Figure 1. Plan d'échantillonnage du sol sous différents systèmes de culture au niveau de l'exploitation de Babziz à Hassi Benabdellah

Ainsi, nous avons réalisé de chaque sol, dans des conditions de stérilité rigoureuse et sur sol ressuyé, 3 prélèvements afin d'obtenir un échantillon composite représentatif. Nous avons prélevé des échantillons de la couche superficielle (0-30cm).

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Caractéristiques abiotiques

Les caractéristiques physico-chimiques des 04 types de sol issus des systèmes de cultures : phœniciculture (PHO), céréaliculture (CER), culture légumineuse (LUZ), cultures protégées sous serre (SERR) et du sol nu (SN) de la couche superficielle (0-30 cm) sont représentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques du sol sous les différents systèmes de cultures étudiés

Paramètres		PHO	CER	LUZ	SERR	SN
Texture		SL	SL	SL	SL	SL
Densité apparente (g/cm^3)		1.8	1.8	1.6	1.6	1.5
Humidité du sol (%)		9.90	9.33	11.06	11.33	4.43
Calcaire totale (%)		4,26	6	6.36	4,64	3.2
C.E à 25°C (dS/m)		1.10	3.1	1.6	1.12	0.6
pH		8.76	8.61	8.29	8.41	8.68
Caractéristiques biochimiques	C_{org} (%)	0,34	0.28	0.34	0,22	0,18
	N (%)	0.1	0.21	0.36	0.14	0.1
	M.O (%)	0.58	0.48	0.58	0.38	0.30
	C/N	3.4	1.33	0.94	1.57	1.8

Les résultats obtenus indiquent que les propriétés physiques et chimiques des sols cultivés diffèrent de ceux du sol non mis en culture. La mise en culture des sols a entraîné une substantielle augmentation de l'humidité du sol en comparaison au sol non cultivé, et a significativement stimulé la CE et le $C_{organique}$. Par ailleurs, la conductivité électrique du sol sous culture de blé (CER) est de l'ordre de 3.1 (dS/m) ce qui le classe parmi les sols très salé selon Le Clech, (2000) [9]. Tandis que celle des autres sols cultivés oscille entre 1.1 dS/m, 1.6 dS/m. Cela nous a conduit à les classer parmi les sols salés selon le même auteur. La salure n'a rien d'exagéré pour le sol nu (la conductivité électrique est de 0.6 dS/m) par rapport aux sols cultivés est due du fait que ce sol n'est pas irrigué. En effet, la salure des eaux d'irrigation augmente la teneur en sels dans le sol.

En ce qui concerne les caractéristiques biochimiques le taux de carbone est faible pour l'ensemble des sols étudiés. Il varie entre 0.18% et 0.34%. Ce taux est inférieur à 1 %. D'après Duchaufour (1984) [10], la teneur en matière organique dans les zones arides ne dépasse pas 1% ce qui correspond parfaitement à nos résultats. En effet, l'intensification des systèmes de culture et l'augmentation des rendements ont entrainé une diminution des teneurs en matière organique des sols cultivés, leur conférant ainsi une moindre fertilité.

Le taux d'azote est relativement plus élevé dans les parcelles sous légumineuse (luzerne) et nettement plus faible dans le sol non cultivé. Ainsi, on peut dire que les cultures de luzerne favorisent la conservation de l'azote dans ce type de sol, tandis que les autres le font disparaître plus rapidement.

Le rapport C/N qui nous renseigne sur l'activité biologique est inférieur à 8% pour l'ensemble des sols étudiés. Ceci traduit la faiblesse des deux éléments les plus importants et

une tendance à une minéralisation trop rapide, perte d'éléments fertilisants [11].

3.2. Caractéristiques biotiques

3.2.1 Densité microbienne

Dans le cas de cette étude, les valeurs de la densité bactérienne, et la densité fongique des sols cultivés sont significativement élevées par comparaison à celles du sol non cultivé.

Ainsi, les résultats des dénombrements microbiologiques (tableau 2) laissent apparaitre des variations entre les sols en nombre de germes avec des valeurs maximales pour le sol PHO suivi par celui des LUZ ensuite le sol de CER, le sol SERR et enfin le SN.

On peut se rendre compte que malgré l'homogénéité de ces sols, les systèmes culturaux laissent leur empreinte sur les caractères de l'activité microbiologique de ces terres.

Tableau 2. Densité des microorganismes du sol sous différents systèmes de culture

UFC.g^{-1}.s.s	**PHO**	**CER**	**LUZ**	**SERR**	**SN**
Bactéries (x 10^6)	140	83.6	131,56	52.64	0.22
Champignons (x 10^5)	13.2	5.5	19.04	9.69	0.50
$C_{microbien}$ (mg C.Kg^{-1} s.s)	20.9.2	96.14	236.61	135.3	32.65
$N_{microbien}$ (mg N.kg^{-1} s.s)	7.4	4.48	13.88	7.1	2.3
β-glucosidase (µg de glucose. g^{-1}.s.s)	0.246	0.201	0.376	0.189	0.137

UFC.g^{-1}.s.s: unité formant colonie par gramme de sol sec.

Ces variations de densité peuvent être expliquées par le fait que les microorganismes sont soumis à quelques influences surtout celles des conditions physiques et physico-chimiques du sol (taux d'humidité, salinité…etc), et aussi des variations notables au niveau des facteurs biochimiques (nutritionnels et énergétiques concernant la matière organique).
Les résultats montrent que la densité microbienne la plus faible est enregistrée dans le sol nu. Ceci corrobore l'hypothèse selon laquelle l'absence de couvert végétal sur un sol entraîne une baisse significative de la vie du sol et donc de la biomasse microbienne [12].

Les exsudats et les débris racinaires sont la source de 30 à 40% des entrées organiques dans la grande majorité des écosystèmes terrestres. Et à cause de ces entrées, la rhizosphère constitue une zone d'activité microbienne très active [13]. Cette zone du sol, située immédiatement au contact des racines, héberge une grande diversité de microorganismes [14], et beaucoup d'invertébrés comme les nématodes et les protozoaires [15].

Divers chercheurs ont signalé que les populations microbiennes ont une densité dix fois plus grande dans la rhizosphère que dans un sol dépourvu de racines. A proximité de la rhizosphère, les microorganismes sont stimulés par la fixation d'azote atmosphérique (la culture de luzerne) et les apports de carbone et d'énergie d'origine végétale et par les composés sécrétés par les racines [16].

L'importante densité microbienne enregistré dans le sol (LUZ) est due certainement aux taux d'humidité, de matière organique relativement élevée, et à la salinité qui est moins importante par rapport aux sols cultivés par une céréale et le sol nu, ce qui stimule la multiplication des germes microbiens (champignons et bactéries). Il est à signaler que les résultats de Mokrane et *al*. (2013) [17], ont montré une charge microbienne légèrement plus faible dans des palmeraies abandonnées avec des sols secs, compactés et mal aérés dans la région de Ouargla.

3.2.1.1. Densité bactérienne

Les densités de la microflore bactérienne ont variées diversement selon les différents systèmes de culture. En effet, les effets positifs des cultures de couverture sur la biomasse bactérienne ont été mis en évidence [18]. Selon Duchaufour (2001) [19], les bactéries sont surtout abondantes autour des racines de certaines plantes (graminées, légumineuses) au sein de la rhizosphère. Campbell (1985) [20] signale pour le rapport R/S (nombre de germes dans la rhizosphère/nombre dans le sol nu) une grande variation due à la nature de la plante et des microorganismes isolés. L'abondance des bactéries, est quant à elle liée à la teneur en $C_{organique}$. Les bactéries sont favorisées par le système racinaire du couvert végétal et la concentration du carbone dans l'horizon de surface.

En comparant les sols des quatre systèmes de cultures il ressort que le sol sous serre (SERR) présente une infériorité numérique quant aux bactéries par rapport aux autres sols. Ceci est dû certainement à l'application des produits phytosanitaires (pesticides, insecticides, herbicides,..). En effet, Une fois appliqué, les produits agrochimiques persistent dans le sol pendant de longues périodes et ont des impacts négatifs sur la flore microbienne du sol [21]. Dans un premier temps, l'application de pesticide diminue le nombre des microbes et l'activité microbienne, mais comme le produit chimique persiste, les microbes développent une certaine tolérance ou résistance et peuvent ainsi recoloniser le sol [22]. L'application de bactéricides, en particulier des antibiotiques dans les études de laboratoire, les serres vitrées et sur le terrain, diminue le nombre de bactéries du sol [22].

L'effet de la salinité est cependant remarqué dans le sol CER qui présente une densité bactérienne également faible. En effet, La salinisation et la sodication affectent les propriétés physico-chimiques, biochimiques et biologiques du sol [23]. Une faible teneur en matière organique et une salinité élevée peuvent créer un environnement indésirable pour le

développement de la communauté bactérienne et fongique [24]. Cependant, chez les bactéries, le caractère de résistance au sel varie considérablement d'une espèce à l'autre et à l'intérieur d'une même espèce. Parmi les espèces bactériennes susceptibles de croitre à des concentrations en chlorure de sodium très élevées (35%), signalons une espèce mise en évidence par Meklat et *al*. (2013) [25] dans la région de Bamendil à Ouargla (Sud-Est algérien). Il s'agit d'*Actinopolyspora algeriensis sp.*

En effet, les résultats obtenus concernant les effets de la salinité sur les espèces microbiennes, restent limités voire controversés. L'addition au sol de sels solubles a pour effet de diminuer l'activité microbienne, mais les valeurs seuils varient selon les auteurs.
D'après Sabaou (1988) [26], la salinité n'a pas d'effet sur la flore bactérienne, ce qui laisse supposer que cette dernière soit plus résistante aux sels. L'effet de la salinité ne commence à être évident que pour des valeurs plus élevées (supérieurs à 13 dS/m).

Il ressort, également, de nos résultats que les bactéries sont les microorganismes les plus dominants dans nos cinq sols. En effet, le taux des bactéries non-mycéliennes est toujours plus élevé que celui des autres microorganismes. Ceci est confirmé par les résultats obtenus par d'autres auteurs [17].Cette dominance pourrait être attribuée à l'ubiquité des bactéries qui sont capables de coloniser des milieux différents et elles peuvent être actives pour de grands domaines de température, d'acidité, d'alcalinité, de pression, de salinité… [27]. Selon Dommergues et Mangenot (1970) [27], dans les sols soumis à des conditions écologiques très dures (région arides), les densités bactériennes sont évidemment beaucoup plus faibles ; mais elles tombent rarement au-dessous de 10^4 à 10^5 dans les horizons superficiels, des valeurs qui sont en concordance avec nos résultats.

3.2.1.2. Densité fongique

Pour la microflore fongique, on constate que la densité des champignons dans les sols cultivés est relativement élevée par rapport au sol nu avec une légère prédominance pour le sol LUZ. En effet le type du peuplement végétal agit quantitativement sur les fonges [28]. Nos résultats se rapprochent de ceux de Oustani (2006) [29] qui a enregistré une densité fongique de l'ordre de 3.3 x 10^4 UFC.g.s.s^{-1} sur un sol nu provenant de la ferme d'ERIAD /AGRO SUD situé dans la zone de Hassi Ben Abdallah (même zone d'étude).

Le contexte physicochimique est à prendre en compte notamment la teneur en matière organique, le pH, la texture du sol. L'utilisation et l'occupation du sol ainsi que le type de travail du sol pour les parcelles agricoles peuvent avoir une forte influence sur la microflore fongique. Cependant, en règle générale, les champignons saprophytes pénètrent moins à l'intérieur du sol que les bactéries. Ils sont en effet le plus souvent associés à de la matière organique peu décomposée [30] et disparaissent pour être remplacés par les Procaryotes dès que le support nutritif est épuisé [31].

Quant à la sensibilité à la salinité, on admet que les microorganismes les plus sensibles sont les champignons, ce qui est montré par certaines études notamment celles de Ali-Haimoud et *al.* (1980) [32]. Ainsi nous avons enregistré la densité fongique la plus faible dans le sol sous céréale qui présente la conductivité électrique la plus importante. Toutefois, il faut signaler que cette règle souffre de très nombreuses exceptions ; on connait des champignons appartenant aux genres *Penicillium* et *Aspergillus* résistant bien à des teneurs élevées en NaCl (10 à 20%), de sorte que la salinité ne joue pas toujours un rôle déterminant dans la distribution de la microflore fongique [27]. Ceci est confirmé par les résultats obtenus par Oustani (2006) [29] sur sol salé et sol non salé qui montrent une densité fongique plus importante en sol salé par rapport au sol non salé. Dans ce cadre Sabaou (1988) [26], a prouvé, également, que la population fongique énumérée dans plusieurs palmeraies du Sud Algérien, à forte teneur en sels est plus importante par rapport à des sols non salés. D'après cet auteur la population fongique ne semble pas être inhibée par la salinité. Ainsi, Muhammad

et *al*. (2006) [33] ont constaté une plus grande fraction de la biomasse fongique dans des sols plus salés par rapport à des sols moins salés. Ces diverses constatations sont confirmées par Karabi et *al*. (2016) [34] lors d'une étude comparative entre un sol salé sableux et un sol non salé argileux. Cette étude a montré que le sol salé sableux présente une biomasse fongique relativement plus importante que le sol non salé argileux.

Ceci fait ressortir que, pour les champignons, l'effet texture prend le dessus sur l'effet salinité. En effet, Dommergues et Mangenot (1970) [27] ont montré qu'un bacille ou une autre population mixte préfèrent une texture fine, alors qu'un *Aspergillus* préfère une texture grossière. Selon Gawar (1999) [35], les minéraux argileux ont un effet sur la respiration des champignons en limitant leur multiplication par la viscosité de ces minéraux. La plupart des champignons sont des microorganismes aérobies, ce qui explique la diminution de leur nombre au fur et à mesure que la texture devient fine.

Cependant, nous avons remarqué également une faible densité des champignons dans le sol SERR qui a subi des traitements phytosanitaires. En effet, Les champignons du sol ont une plus grande capacité à résister à l'application des pesticides, mais l'application de fongicides affecte considérablement leur population et une variété de processus de minéralisation / décomposition contrôlées par eux [22]. En général, la majorité des herbicides n'ont pas un impact négatif considérable sur la population des champignons du sol, cependant, quelques insecticides peuvent avoir une inhibition initiale sur les champignons du sol, suivi par un effet stimulateur. Les champignons appartiennent au groupe des micro-organismes qui, après une réponse initiale sensible à la présence de pesticides dans le sol, peuvent rapidement établir un métabolisme normal, leur permettant même de se multiplier, en particulier dans le cas de l'application de fongicide et d'insecticide [36].

On constate, également, que le nombre des champignons est moins important que celui des bactéries dans le sol. Ceci est dû à la particularité que possèdent les champignons vis-à-vis le pH. En effet les champignons préfèrent les milieux acides ou ils ne rencontrent pas la concurrence des bactéries [37]. Le pH de nos sols est alcalin ce qui explique la faible densité des champignons par rapport aux bactéries. Selon Davet (1996) [38], la densité de la microflore fongique, varie de 8 x 10^3 à 10^6 unités par g de sol. Les champignons ne sont pas les plus nombreux des micro-organismes du sol, mais leur poids est très important, du fait de leur grande taille, comparativement aux bactéries [39].

Toutefois, il faut signaler, que la densité des champignons dans les sols cultivés est supérieure à celle dans le sol nu. En effet, la répartition et le nombre des champignons dans le sol sont affectés par nombreux facteurs du milieu, tels que : la teneur du sol en matière organique au dépend de laquelle vivent ces microorganismes hétérotrophes. Ainsi, la pauvreté de nos sol en matière organique explique la faible densité des champignons surtout au niveau du sol nu.

3.2.2. $C_{microbien}$

Les résultats obtenus pour le $C_{microbien}$, ont montré que ces valeurs ont diversement varié selon le système de culture. En général, la biomasse microbienne d'un sol agricole varie entre 0 et 800 mg C/kg [40]. En conditions pédoclimatiques comparables, la taille du compartiment biomasse microbienne est directement fonction du carbone disponible pour satisfaire les besoins énergétiques des microorganismes.

On constate que le $C_{microbien}$ est environ deux fois plus élevé dans les sols LUZ et PHO que dans les sols CER et SERR. Il n'y a pas de différence significative entre le sol LEG et le sol PHO, bien que le premier soit relativement plus riche en matière organique.

Le faible niveau du $C_{microbien}$ enregistré dans le sol CER et le sol SERR par rapport aux autres sols cultivés, est dû à la teneur en $C_{organique}$ très limité, l'effet toxique des traitements phytosanitaires, et la possibilité que les microorganismes du sol ne sont pas adaptés à ces produits agrochimiques, ainsi qu'à la teneur en sels dans le sol sous céréale.

Les résultats ont montré que dans notre expérience, il y a une relation claire entre le $C_{microbien}$ et la teneur en carbone.

Quant à l'effet de l'humidité, Geisseler et Horwath (2009) [41] ont trouvé une corrélation positive et significative entre l'humidité du sol et la taille de la biomasse microbienne dans différents systèmes de culture. Cette constatation est en concordance parfaite avec nos résultats.

3.2.3. Activité enzymatique

L'activité de la β-glucosidase a été stimulée dans les sols cultivés comparativement à celui non encore mis en culture et a varié d'un sol à un autre. Les valeurs obtenues pour l'activité de la β-glucosidase sont comprises entre 0,137 - 0,376 µg de glucose.g-1 de sol sec. L'amplitude des réactions obtenues pour ce paramètre suit la teneur en matière organique dans les cinq sols dans l'ordre LUZ > PHO > CER > SERR > SN. Cette relation a été observée par plusieurs autres auteurs [42].

La faible activité enzymatique enregistrée dans le sol sous serre (CPSS) est probablement due à l'application des pesticides. En effet, selon Kalia et Gosal (2011) [22], plusieurs enzymes microbiennes du sol sont entravées ou touchées par l'application des pesticides dans le sol.

Le sol CER présente, également, une activité enzymatique relativement faible. En effet une augmentation de la salinité ou la teneur en sodium du sol inhibe l'activité de plusieurs activités enzymatiques dans le sol [23]. Le stress salin induit des changements dans les activités enzymatiques du sol ; cet effet négatif est encore plus grand sur les hydrolases (phosphatase et β-glucosidase) [23]. La baisse de l'activité enzymatique avec l'augmentation de la salinité semble également être lié au changement dans le potentiel osmotique du sol en raison des concentrations plus élevées de sel et la toxicité spécifique d'ions [43].

L'activité β-glucosidase est forte dans le sol LUZ suivi par le sol PHO par rapport aux autres sols cultivés et est presque nulle dans le sol nu. Ceci peut être attribué au $C_{microbien}$ élevé en raison de la teneur en matière organique susceptible de promouvoir la croissance et l'activité des micro-organismes. Les résultats obtenus montrent que cette activité est effectivement corrélée positivement avec le rapport $C_{microbien}$. Comme pour la biomasse microbienne du sol et la respiration du sol, plusieurs auteurs démontrent que les activités enzymatiques sont positivement corrélées avec la teneur en matière organique [44].

4. CONCLUSION

L'application de diverses mesures physico-chimiques et microbiologiques et à des échantillons d'un même type de sol mais provenant de parcelles sous différents systèmes de culture permet de tirer quelques premiers enseignements quant aux critères les plus pertinents pour juger de l'état microbiologique des sols oasiens. La numération des groupes microbiens dans l'ensemble des sols étudiés révèle que les bactéries présentent une supériorité numérique par rapport aux champignons à cause de leur grand pouvoir d'adaptation et de multiplication.
Les résultats des dénombrements microbiologiques laissent apparaitre des variations entre les sols en nombre de germes avec des valeurs maximales pour le sol LUZ suivi par le sol PHO ensuite le sol SERR et le sol CER et enfin le sol SN. Les sols cultivés renferment un potentiel riche en microorganismes par rapport au sol nu. L'application des traitements phytosanitaires sous serre a probablement affectée la flore microbienne du sol, ce qui affecte indirectement la fertilité microbiologique du sol. Une diminution de la densité des microbes se produit par l'application des pesticides. En particulier, une diminution des bactéries plus évidente. Cependant, les champignons sont mieux capables de développer une certaine adaptation à l'application des pesticides, et ainsi avoir la capacité de se développer et de se multiplier. Il s'ajoute à ça l'effet de la salinité qui a marqué la faible densité microbienne dans le sol sous

céréale. Les valeurs relatives au $C_{microbien}$ montrent que ce paramètre est plus élevé en sol cultivés par rapport au sol nu avec une prédominance pour le sol LUZ ce qui est confirmé par le dénombrement microbien. Les valeurs obtenues pour l'activité de la β-glucosidase sont comprises entre 0,137 et 0,376 µg de glucose.g-1 de sol sec. L'amplitude des réactions obtenues pour ce paramètre suit la teneur en matière organique dans les sols étudiés.

REFERENCES

[1] Doran J.W., 2002. Soil health and global sustainability: Translating Science into Practice. Agric. Ecosyst. Environ. 88, 119–127.
[2] Arshad M.A., Martin S., 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro ecosystems. Agric. Ecosyst. Environ. 88,153–160.
[3] Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M., Ellert, B.H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Can. J. Soilsci. 74, 367–385.
[4] Raiesi F. 2007. The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in central iran. Agriculture, Ecosystems and Environment 121,309– 318.
[5] Bouammar B., 2000**.** Les changements dans l'environnement economique depuis 1994 et leur effet sur la rentabilité économique et financière des Neo-exploitations de la région de Ouargla. Thèse de Mag., INA, Alger .124p.
[6] Hamdi-Aïssa B., Girard M.C., 2000. Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. Sécheresse, 3, 179-188.
[7] Vance E.D., Brookers P.C., Jenkinson D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil biology& biochemistry19, 703-707
[8] Tabatabai M.A., 1994. Soil enzymes. p. 835–864. In R.W. Weaver et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI
[9] Le Clech B., 2000 .Agronomie « des bases aux nouvelles orientations ».Edition Synthèses Agricole.Bordeaux.260p.
[10] Duchaufour P., 1984. Abstract of soil science. Masson-edition. 220. (In French)
[11] Henin S., Gras R. et Monnier G., 1969. Le profil cultural. Masson, 28ème édition.
[12] Bouthier A., Pelosi C., Villenave C., Peres G., Hedde M., Ranjard L., Vian J. F., Peigne J., Cortet J., Bispo A., Piron D., 2014. Impact du travail du sol sur son fonctionnement biologique. In book: Faut-il travailler le sol ?, Chapter: Impact du travail du sol sur son fonctionnement biologique, Publisher: Quae, Editors: Quae, Arvalis. pp. 85- 108.
[13] Sorensen L., 1997. The rhizosphere as a habitat for soil microorganisms. In: Van Elsas J.D, Trevors 1. T. & Wellington E. M. H. (eds) Modern soilmicrobiology. Marcel Dekker, INC. New York. 21-45.
[14] Bottner P., 1985. Response of microbial biomass to alternate moist and dry conditions in a soil incubated with C^{14}- and N^{15} labelled plant material. Soil Biol. Biochem., 17,329-337.
[15] Griffiths B. S., Bonkowski M., Dobson G. & Caul S.,1999. Changes ln soil microbial community structure in the presence of microbial-feeding nematodes and protozoa. Pedobiologia 43,297-304.
[16] Bartra L., et Monna M.C., 1997. Dehydrogenase activity and microbial biomass in salt-affected soil of semi –arid regions. Arid soil research rehabilitation. Edit: Taylor et Francis, 11,295-303.
[17] Mokrane S., Bouras N., Sabaou N., Mathieu F., 2013. Actinomycetes from saline and non-saline soils of Saharan palm groves:Taxonomy, ecology and antagonistic properties. African Journal of Microbiology Research. Vol. 7(20), 2167-2178,

[18] Moreno B., Garcia-Rodriguez S., Canizares R., Castro J., et Benitez E., 2009. Rainfed olive farming in southeastern Spain: Long-term effect of soil management on biological indicators of soil quality. Agri. Ecosyst. Environ. 131,333–339.
[19] Duchaufour P., 2001. Introduction à la science du sol. 6ème édition de l'abrégé de pédologie. Dunod. Ed. Masson. Paris. 314p.
[20] Campbell R., 1985. Plant microbiology. ARNOLD ed., Londres, 191 p.
[21] Araujo ASF, Monterio RTR. et Abarkeli R.B. 2003. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. Chemosphere. 52:799–804.
[22] Kalia A., Gosal S.K., 2011. Effect of pesticide application on soil Microorganisms. Arch. Agron. Soil. Sci. 57 (6), 569-596.
[23] Singh K., 2015. Microbial and enzyme activities of saline and sodic soils. Land degradation & development. DOI: 10.1002/ldr.2385.
[24] Yuan B.C., Li Z.Z., Liu H., Gao M., Zhang Y.Y., 2007. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions. Applied Soil Ecology 35,319–328.
[25] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H. P., Sabaou N., 2012. Actinopolyspora algeriensis sp. nov., a novel halophilic actinomycete isolated from a Saharan soil. Extremophiles, 16 (5), 771-776.
[26] Sabaou N., 1988. Contribution à l'étude des Actinomycètes des sols des palmeraies algériennes : systématiques et écologie. Thèse Doctorat. Es, Sci, nat, Univ, Alger, 191p.
[27] Dommergues Y. et Mangenot F., 1970. Ecologie microbienne du sol [Microbial ecology of soil]. Masson and Cie editors, Paris, 796 p.
[28] Legras M., Gangneux C., Bailleul C., Dur Jeanne C., Le pelletier P., Mougin C. et Laval K., 2007. La biomasse fongique des sols agricoles. Influence des caractéristiques physicochimiques des sols et conséquences d'une pollution cuivrique. Journées Nationales de l'Etude des Sols, 3-4-5 avril 2007, Angers.
[29] Oustani M., 2006.Contribution à l'étude de l'influence des amendements organique (fumier de volailles et fumier de bovins) sur l'amélioration des propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions sahariennes (cas d'Ouargla). Mémoire de magister, Université de Ouargla, 187p.
[30] Kilbertus G., Reisinger O., 1975. Dégradation du matériel végétal. Activité in vitro et in situ de quelques microorganismes, Rev. Ecol. Biol. Sol., 12, 347−358.
[31] Arpin A., Kilbertus G., Ponge J.F., Vannier G., 1980. Importance de la microflore et de la microfaune en milieu forestier. Pesson P. Actualités d'écologie forestière : sol, ore, faune, Gauthier-Villars,87-150.
[32] Ali-Haimoud A., Amir H., Bounaga D, Chami M. et Djellali N., 1980. Contribution à l'étude de l'activité microbiolgique de quelques sols de la sebkha de boughzoul (Hauts plateau algérois). Physiol. Vég. Ghautier- Villars. Montreuil, 18 (1), 19-33.
[33] Muhammad S, Muller T, Joergensen RG. 2006. Decomposition of pea and maize straw in Pakistani soils along a gradient in salinity. Biology and Fertility of Soils 43,93–101.
[34] Karabi M., Hamdi Aissa B., Zenkhri S., 2016. Microbial diversity and organic matter fractions under two arid soils in Algerian Sahara. AIP Conference Proceedings 1758, 030006, doi: 10.1063/1.4959402
[35] Gawar A., 1999.microbiologie des sols. 64, 26-63.
[36] Mandic L, Dragutin Dukic D, Dordevic S. 2005. Soil fungi as indicators of pesticide soil pollution. Proc Natl Sci Matica Srpska Novi Sad. 109,97–102.
[37] Morel R., 1996.Les sols cultivés, 2ème Ed INRA. Paris.
[38] Davet P., 1996.La vie microbienne dans le sol et la production végétale, INRA, Edit, Paris, 383 p.
[39] Huber G. et Schaub C., 2011. Guide des fertilisations Azotés utilisables en Bio, Paris, 14 p.

[40] Salducci X., 2007.Qualité des matières organiques des sols : une nouvelle génération d'analyses de routine. 8èmes journées de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre GEMAS-COMIFER,1- 9.
[41] Geisseler D., Horwath W.R., 2009. Short-term dynamics of soil carbon, microbial biomass, and soil enzyme activities as compared to longer-term effects of tillage in irrigated row crops. Biology and Fertility of Soils 46, 65–72.
[42] Mbonigaba Muhinda J.J., Nzeyimana I., Bucagu C., Culot M., 2009. Caractérisation physique, chimique et microbiologique de trois sols acides tropicaux du Rwanda sous jachères naturelles et contraintes à leur productivité. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2009 13(4), 545-558.
[43] Zahir Z.A., Malik MAR., Arshad M., 2001 Soil enzymes research: a review. Online Journal of Biological Science 1,299–307.
[44] Garcia-Gil J.C., Plaza C., Soler-Rovira P. et Polo A., 2000. Long-term effects of municipal solid waste composts application on soil enzyme activities and microbial biomass. Soil Biol. Biochem., 32, 1907-1913.