



Atténuation de l'impact du déficit hydrique sur une culture de petit pois par la combinaison d'amendements organiques et de systèmes d'irrigation localisés

Mitigation of the impact of water deficit on a pea crop by the combination of organic amendments and localized irrigation systems

Boutheina Douh^{1*}, Amel Mguidiche², Fatma Ben Saleh³ & Bassem Mouelhi⁴

¹Department of Engineering of Horticultural Systems and Natural Environments, Higher Institute of Agronomy of chott Meriem, University of Sousse, BP 47, 4042 Sousse, Tunisia.

²The Olive tree Institute, Ibn Khaldoun 14, Sousse 4061, Tunisia; University of Sfax, Tunisia.

³ Ben Saleh Fatma, Sectoral center for agricultural vocational training in arid areas in Boughrara Sfax.

⁴ Mouelhi Bassem, Agricultural Extension and Training Agency, Tunisia.

Article info

Histoire :

Reçu le 30/01/2022

Accepté le 26/04/2022

Mots-Clés : Rampes poreuses, Goutte à goutte, Biochar, Tourbe, Rétention en eau, Fertilité du sol.

* Auteur correspondant

boutheina_douh@yahoo.fr

Article info

History:

Received 30/01/2022

Accepted 26/04/2022

Keywords: Porous Ramps, Drip, Biochar, Peat, Water Retention, Soil Fertility.



Copyright©2022 JOASD

*Corresponding author

boutheina_douh@yahoo.fr

Conflict of Interest : The authors declare no conflict of interest.

Résumé

Cette recherche visait à évaluer l'impact de deux systèmes d'irrigation combinés à un amendement organique du sol, sur les paramètres hydrodynamiques et chimiques du sol et sur la productivité d'une culture de petit pois "*Pisum sativum* L." soumise à des conditions de stress hydrique. Les résultats obtenus ont montré que les rampes poreuses permettent une meilleure stabilité du stock d'eau avec une amplitude de 30 mm contre 50,7 mm pour le système au goutte à goutte et un développement racinaire de petit pois plus intéressant avec une différence d'environ 2,5 cm par rapport au système de goutte à goutte. Le rendement n'a pas été significativement affecté et nous avons enregistré une différence de 3,43% en faveur des rampes poreuses. En revanche, la nodulation des racines et la fixation symbiotique de l'azote dépendaient du système d'irrigation, et nous avons trouvé une teneur en azote total plus élevée pour les sols irrigués par des rampes poreuses qui a atteint 1,4 g/kg. Les amendements organiques ont augmenté la teneur en humidité du sol à 24 et 25% pour la tourbe et le biochar respectivement par rapport au témoin. La croissance végétative de la plante a également été améliorée avec les amendements.

Abstract

This research aimed to compare the effect of two irrigation systems combined to soil organic amendment on the hydrodynamic and chemical parameters of the soil and on the productivity of a pea crop "*Pisum sativum* L." subjected to water stress conditions. The results showed that the porous ramps allowed a better stability of the water stock with an amplitude of 30 mm against 50.7 mm for the drip system and a more high root development with a difference of about 2,5 cm compared with the drip system. Yield was not significantly affected crop yield and we recorded a difference of 3.43% in favor of porous ramps. In contrast, root nodulation and symbiotic nitrogen fixation were dependent on the irrigation system, and we found higher total nitrogen content for porous ramp-irrigated soil that reached 1.4 g/kg. The organic amendments increased the soil moisture content to 24 and 25% for peat and biochar respectively compared with the witness. The vegetative growth of the plant has also been improved.

1. INTRODUCTION

L'agriculture joue un rôle essentiel dans l'économie et dans la survie des nations. Dans le monde entier, l'agriculture est l'un des principaux domaines consommateurs d'eau, près de 60% des ressources en eau est utilisé pour l'irrigation (Nikolidakis et al., 2015). En Tunisie, le secteur agricole est le premier consommateur des ressources hydriques avec un prélèvement qui dépasse 80% des eaux mobilisables (Mguidiche et al., 2015). Les ressources en eau dans les zones arides et semi-arides sont limitées de point de vue quantité et qualité. L'assurance de la production agricole nécessite la bonne gestion de cette ressource à travers l'utilisation des systèmes d'irrigation qui permettent l'économie d'eau et l'introduction de l'agriculture de précision et de conservation (Douh et al., 2022). De plus, l'appauvrissement des sols présente une des contraintes majeures du secteur agricole. A cet égard, l'adoption de nouvelles méthodes culturales tenant compte du contexte actuel des changements climatiques et de la crise environnementale devient donc une nécessité dans le but de s'orienter vers un modèle de production agricole durable. Compte tenu de ce contexte, les légumineuses présentent des propriétés spécifiques leur permettant de répondre aux enjeux définis précédemment. En effet, cette famille présente la capacité de fixer

et al., 1995). De plus, elle présente une source importante de protéines végétales à caractère nutritionnel élevé (Duc et al., 2010).

Dans cette étude, nous allons étudier l'effet de deux systèmes d'irrigation localisée le goutte à goutte et les rampes poreuses ainsi que celui des amendements par la tourbe et par le biochar sur les propriétés physico-chimique, hydrodynamique et la fertilité du sol ainsi que sur le développement végétatif et la productivité de la culture de petit pois.

2. MATERIEL AND METHODES

2.1. Site expérimental

L'expérimentation a été réalisée du 01 mars au 31 mai 2019 sur une parcelle du domaine expérimental de l'Institut Supérieur Agronomique de Chott Meriem situé au Centre de la Tunisie et ayant une latitude de 35°91' Nord et une longitude de 10°56' Est. Le site expérimental appartient à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur et il est caractérisé par un hiver doux et un été chaud. La pluviométrie et l'évapotranspiration annuelles moyennes sont respectivement de l'ordre de 270 et 1243 mm/an.

2.2. Dispositif expérimental

L'essai a été conduit sur une parcelle de 155 m² (Fig. 1). Neuf lignes de cultures ont été irriguées par rampes poreuses et 9 autres lignes par le

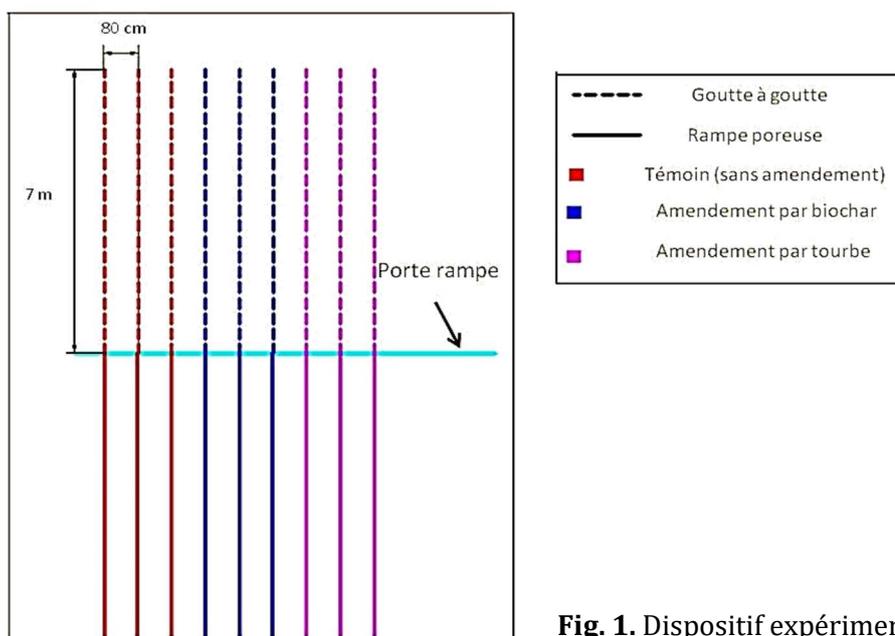


Fig. 1. Dispositif expérimental

l'azote atmosphérique au niveau de ces racines ce qui permet l'amélioration biologique des teneurs en azote des agro-système (Douh et al., 2021, Dommergues et al., 1999 ; Duc et al., 2010 ; Wani

système goutte à goutte. Pour chaque système d'irrigation, trois lignes ont été amendé par le biochar, trois par la tourbe et trois ont servi comme témoin (sans amendement). La culture a

été irriguée avec une dose de 75% de l'évapotranspiration et les amendements ont été apportés avec un taux d'application de 5%.

2.3. Système d'irrigation

La culture de petit pois a été irriguée avec de l'eau de bonne qualité ayant une salinité de 1,5 g/l et provenant du barrage de Nebhana situé à 80 Km du site expérimental. Deux systèmes d'irrigation différents ont été utilisés dans le but d'évaluer l'effet du système d'irrigation sur la culture ainsi que sur les paramètres hydrodynamiques du sol. En effet, neuf lignes ont été arrosées par le système goutte à goutte (Fig. 2) avec des goutteurs intégrés délivrant 4 l/h sous une pression de 1 bar. Les goutteurs sont écartés de 40 cm et les rampes de 80 cm. En outre, les autres lignes ont été irriguées par des gaines perforées débitant 1 l/h/m linéaire sous une pression de 0,6 bar. Le pilotage d'irrigation a été effectué selon les besoins en eau de petit pois durant les différents stades physiologiques.

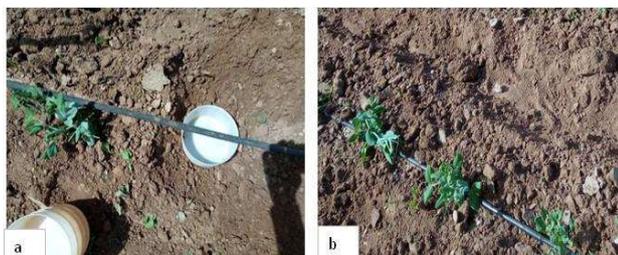


Fig. 2. Systèmes d'irrigation (a) rampe poreuse, (b) goutte à goutte.

2.4. Propriétés du sol

Teneur en eau du sol : elle a été mesurée par la méthode gravimétrique pour des échantillons du sol correspondants aux différents traitements et à différentes profondeurs [0-20], [20-40] et [40-60] cm.

Résistance à la pénétration : Un pénétromètre électronique "Penetrologger", kit 06.15.SA pouvant atteindre une profondeur de 80 cm a été utilisé pour déterminer la résistance à la pénétration du sol. Cette caractéristique mécanique renseigne sur la facilité avec laquelle les racines vont s'infiltrer dans le sol. La résistance à la pénétration a été mesurée à chaque cm jusqu'à 70 cm de profondeur au début et à la fin de la campagne pour les différents traitements et avec trois répétitions par traitement.

Teneur en Azote du sol : Le choix de la culture de petit pois avait pour objectif principal l'apport de l'azote à notre sol. D'où nous avons procédé à la détermination du taux de l'azote total initial avant l'installation de la culture et à la fin de la campagne. Trois répétitions pour chaque traitement (2 systèmes d'irrigation et 3 amendements) ont été effectuées selon la méthode Kjeldahl. Cette méthode consiste en une phase de minéralisation permettant le passage de l'azote organique à l'azote minéral. En effet, 2g du sol a été mélangé par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur. Après l'ajout de NaOH concentré sur le produit de la minéralisation qui libère l'azote sous forme ammoniacal qui est entraîné par la vapeur grâce à un distillateur et piégé dans l'acide borique puis titré par HCl 0.1 N. La dose de l'azote (mg/g) est déterminée par l'équation (1) :

$$\text{Teneur en Azote} = (V - V_0) * 0,7 \quad (1)$$

Avec, V est le volume de HCl (ml) ajouté sur l'échantillon et V_0 est le volume de HCl ajouté sur le témoin (ml). Le suivi de ce paramètre s'effectue entre l'état initial et final du sol avec trois répétitions pour chaque traitement.

2.5. Paramètres agronomiques

Paramètres liés à la croissance : Pour évaluer l'effet du système d'irrigation et des amendements sur la croissance de la culture, nous avons suivi certains paramètres de développement pour cinq plantes par traitement. En effet, nous avons étudié la hauteur de la tige (cm), la longueur des racines (cm) ainsi que la distribution racinaire (cm). De plus, nous avons déterminé la masse de la partie aérienne (Kg/ha).

Paramètres du rendement : Après la récolte, nous avons mesuré des paramètres liés à la production afin de quantifier l'effet des différents traitements sur le rendement de la culture. En outre, nous avons déterminé le poids des gousses par plantes et le nombre de gousses par plantes. De plus nous avons dénombré les graines de quinze plantes par traitement et nous avons mesuré le poids de cent graines à l'état frais et à l'état sec avec trois répétitions. Ensuite nous avons mesuré le volume et le calibre des graines avec trente répétitions pour chaque traitement. L'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE) est définie comme étant le rendement par unité d'eau appliquée (équation 2). L'eau appliquée est considérée comme étant la somme de l'eau de pluie et celle apportée par irrigation.

$$EUE = \frac{R_{gr}}{P + I} \quad (2)$$

Avec :

- EUE : efficacité de l'utilisation de l'eau (Kg/mm) ;
- Rgr : rendement en graines (Kg/ha) ;
- P : pluviométrie (mm) ;
- I : apports d'eau par irrigation (mm).

Paramètres de fertilisation : Le petit pois, comme toute légumineuse, est connu par son aptitude à fixer l'azote de l'air dans le sol grâce la symbiose avec les bactéries *Rhizobium* qui forment des nodules au niveau des racines. Pour mieux analyser l'impact des amendements et des systèmes d'irrigation sur la fixation d'azote, nous avons mesuré le nombre des nodules ainsi que leurs poids pour cinq plantes par traitement.

2.6. Analyse statistique

Pour mieux juger l'effet des différents traitements, nous avons fait recours à l'analyse statistique. A cet égard, nous avons utilisés le logiciel SPSS 20. Pour tester l'effet de l'amendement, nous avons fait l'analyse de la variance (ANOVA) avec le modèle général linéaire et nous avons procédé au test SNK au seuil de 5%. En outre, pour tester l'effet du système d'irrigation sur les paramètres étudiés, nous avons utilisé le test Student (T) pour la comparaison des moyennes.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Caractérisation du sol

Les résultats des analyses physiques et chimiques du sol sont présentés dans le tableau 1. En effet, la texture du sol dans les trois couches est sablo-limoneuse. La teneur en eau à la capacité aux champs varie entre 25,36 et 26,31% et la teneur en eau au point de flétrissement permanent entre 9,13 et 9,67%. Le pH étant basique et la conductivité électrique aux alentours de 0,3 dS/m.

3.2. Dynamique de l'eau dans le sol

Les résultats du suivi journalier de la teneur en eau volumique du sol après une irrigation goutte à goutte et par rampes poreuses pour les horizons [0-20 cm], [20-40 cm] et [40-60 cm] et pour les différents amendements sont présentés respectivement dans les Fig. 3 et 4. La teneur en eau varie entre 13,65 et 25,32% ; 11,8 et 22,7% et

entre 15,47 et 22,54 % respectivement pour les profondeurs [0-20 cm], [20-40 cm] et [40-60 cm] pour le système goutte à goutte. Pour les rampes poreuses, l'humidité volumique oscille entre 10,19 et 21,38%, 11 et 19,24% et entre 13,4 et 20,8% respectivement pour les couches [0-20 cm], [20-40 cm] et [40-60 cm]

Tableau 1. Paramètres physico-chimiques du sol.

Profondeur (cm)	0-20	20-40	40-60
Argile (%)	12,86	13,48	13,15
Limon (%)	3,09	3,58	3,14
Sable (%)	80,73	81,43	80,61
θ _{cc} (%)	26,31	25,89	25,36
θ _{pfp} (%)	9,67	9,35	9,13
pH	8,55	8,18	8,92
CE (dS/m)	0,304	0,253	0,308

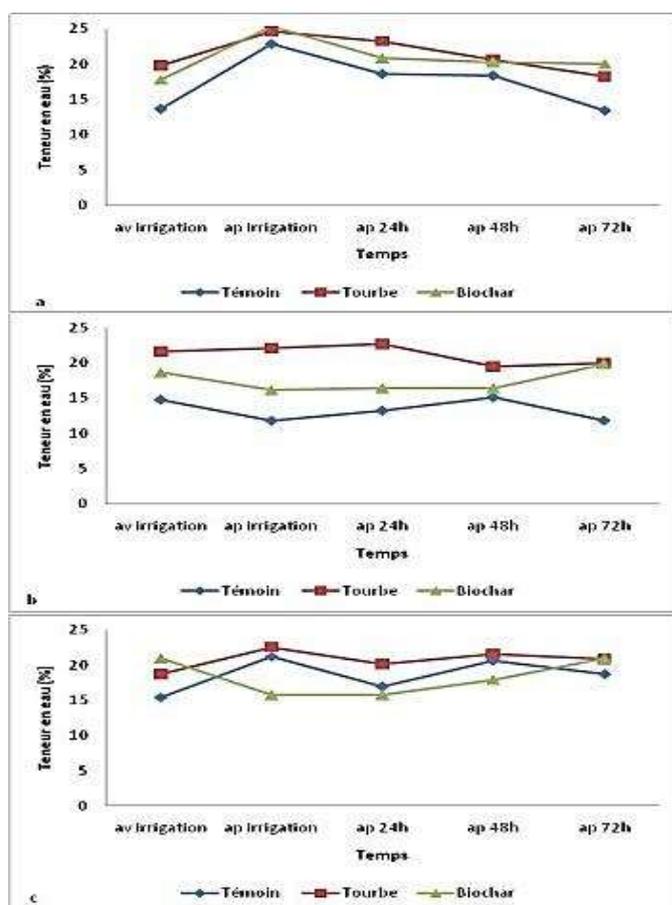


Fig. 3. Evolution de la teneur en eau après une irrigation au goutte à goutte aux différentes profondeurs, (a) [0-20 cm], (b) [20-40 cm], (c) [40-60 cm].

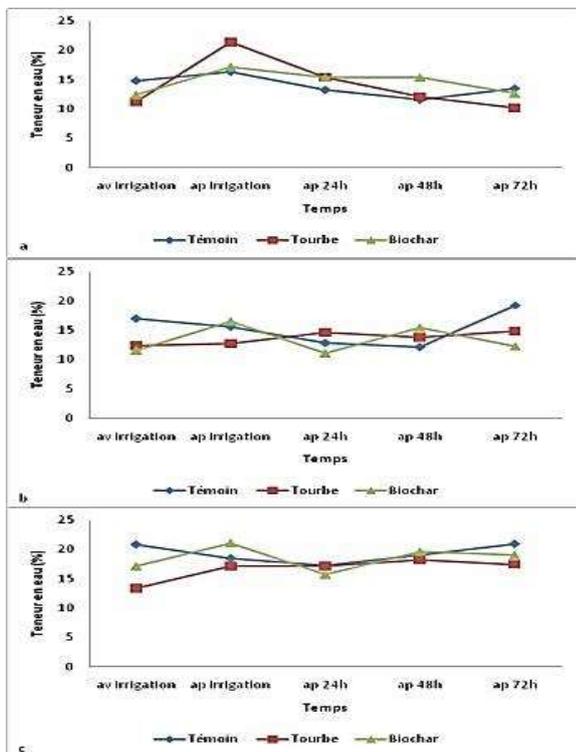


Fig. 4. Evolution de la teneur en eau après une irrigation par rampes poreuses aux différentes profondeurs, (a) [0-20 cm], (b) [20-40 cm], (c) [40-60 cm]

En effet, au niveau de la couche superficielle [0-20 cm] et pour les deux systèmes d'irrigations, l'humidité du sol est plus importante dans le cas de l'amendement par la tourbe, suivi par le biochar et finalement par le témoin. Cette différence est due à l'amélioration de la capacité de rétention en eau du sol par ces amendements. Ce résultat est confirmé par celui d'Akhtar et al. (2014) qui ont montré que l'ajout de biochar au sol a augmenté l'humidité du sol sous un régime de déficit d'irrigation et d'irrigation partielle. Selon les auteurs de cette étude, l'augmentation du pouvoir de rétention dans le sol amendé en biochar pourrait avoir contribué à réduire le nombre d'irrigations. Karer et al. (2013) ont noté aussi un effet positif du biochar sur la rétention en eau dans le sol. Une diminution importante de la teneur en eau en fonction du temps a été observée au niveau de la couche [0-20 cm]. Ceci est dû aux pertes par évapotranspiration et à l'absorption racinaire de la culture. En contrepartie, la variation de la teneur en eau volumique entre les trois couches n'a pas été flagrante. Cela nous renseigne sur l'importance de la perméabilité et du drainage interne du sol.

3.3. Résistance à la pénétration

Les résultats de la résistance à la pénétration de la surface du sol jusqu'à 70 cm de profondeur pour le système d'irrigation goutte à goutte et celui par rampes poreuses sont illustrés dans la Fig. 5. En effet, la résistance à la pénétration augmente avec la profondeur. Elle oscille entre 30,67 et 456 daN/cm² pour l'irrigation goutte à goutte et entre 33,37 et 518,34 daN/cm² dans le cas d'arrosage par rampes poreuses. Cette variation est due à l'ameublissement de la couche arable et à la perturbation des horizons superficiels provoqués par les opérations du travail du sol. Ceci est approuvé par les travaux de Marsili et Servadio (1996). En outre, l'effet de l'amendement sur la résistance à la pénétration n'a été observable qu'à partir de 37 cm avec une légère variation entre les différents traitements dans le cas de l'irrigation goutte à goutte. Cependant, dans le cas des rampes poreuses, la résistance à la pénétration varie selon les amendements à partir de 20 cm de profondeur.

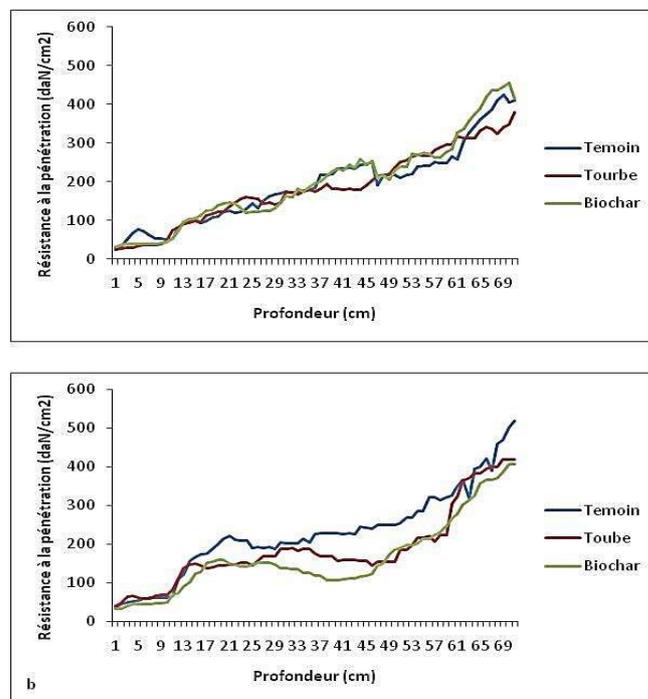


Fig. 5. Résistance à la pénétration du sol : (a) système goutte à goutte, (b) rampes poreuses

3.4. Teneur en Azote du sol

Pour bien caractériser notre sol nous avons déterminé sa teneur en azote total au début et à la fin de la campagne. En effet, avant l'installation de la culture, notre sol a contenu 0,7 g d'azote par Kg du sol. La tourbe utilisée pour l'amendement du sol avait une teneur en azote de l'ordre de 3,92g/Kg. En outre, le biochar avait une teneur de 1,87g/Kg. Les valeurs de la teneur en azote du sol

après l'arrachage de la culture pour les deux systèmes d'irrigation et pour les différents traitements sont donnés dans le tableau 2.

Tableau 2. Teneur en azote du sol après l'arrachage de la culture

Système d'irrigation	Amendement	Teneur en azote (g/Kg)
Goutte à goutte	Témoin	0,56
	Tourbe	0,98
	Biochar	0,42
Rampe poreuse	Témoin	0,98
	Tourbe	1,1
	Biochar	1,4

Pour le système goutte à goutte, la teneur en azote a baissé par rapport à celle mesurée avant l'installation de la culture. Cependant, le sol irrigué par les rampes poreuses a subi une augmentation de cette teneur. Cette variabilité entre le goutte à goutte et les rampes poreuses sera justifiée plus tard par la différence de nombre de nodules entre les deux systèmes d'irrigation.

3.5. Paramètres agronomiques

3.5.1. Croissance en hauteur

La Fig. 6 présente la variation de la longueur de la tige principale selon les amendements et les systèmes d'irrigation. Pour le même système d'irrigation, une variation de la hauteur de la tige en fonction des amendements a été observée. Le témoin (sans amendement) a donné la hauteur la plus faible avec une moyenne de 42,4 cm pour l'arrosage par rampes poreuses suivi de la tourbe puis le biochar avec respectivement 49,4 et 53,4 cm. Dans le cas du système goutte à goutte la hauteur la plus faible a été observé pour le biochar avec une moyenne de 36 cm alors que celle la plus importante a été enregistré pour la tourbe avec une moyenne de 51,4 cm. La comparaison des moyennes a montré que le système d'irrigation n'a pas un effet significatif sur la croissance en hauteur des plantes sauf dans le cas de l'amendement par le biochar. En effet, la longueur moyenne de la tige pour le système goutte à goutte pour l'amendement en biochar a été la plus faible alors qu'elle a été la plus longue et elle a dépassé les 53 cm dans le cas d'irrigation par rampes poreuses.

Fox et al. (2014) ont constaté que l'ajout de biochar au sol sur une courte période a eu un

impact significatif sur la croissance des plantes fourragères en pots. De plus, Butnan et al. (2015) ont trouvé que pour deux cultures consécutives, l'ajout de biochar au sol a diminué la croissance des plants de maïs lors de la première culture tandis que pour la seconde culture, la croissance fut significativement augmentée. Cependant, Rajkovich et al. (2012) ont affirmé qu'une application supérieure à 2% de biochar n'a pas amélioré la croissance du maïs et ils ont mentionné que l'effet du biochar varie beaucoup avec le type de sol et le type de culture et qu'une interaction entre la plante, le sol et le type de biochar est possible.

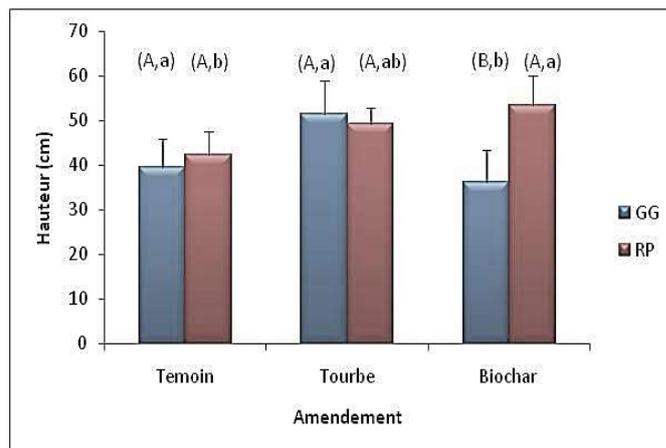


Fig. 6. Hauteur de la tige des plantes.

(GG : Goutte à Goutte, RP : Rampe poreuse)

A et B : présentent les groupes de classification en fonction du système d'irrigation ;
a et b : présentent les groupes de classification en fonction de l'amendement.

3.5.2. Développement racinaire

La comparaison des moyennes de la longueur des racines a montré que le système d'irrigation a un effet hautement significatif (Fig. 7). En effet, la longueur moyenne des racines la plus faible est de 11,4 cm et elle a été observée pour le système goutte à goutte alors que celle la plus importante a été enregistrée pour l'irrigation par rompes poreuses et elle est de l'ordre de 14 cm. Le développement du système racinaire en cas d'arrosage par rompes poreuses résulte de l'uniformité de l'irrigation par ce système qui fournit l'eau sur toute une bande contrairement au système goutte à goutte qui délivre l'eau sous forme de bulbes. En revanche, les amendements appliqués n'ont pas affecté la croissance en profondeur des racines. Ce résultat est approuvé par la mesure de la résistivité à la pénétration qui est aussi indépendante des amendements.

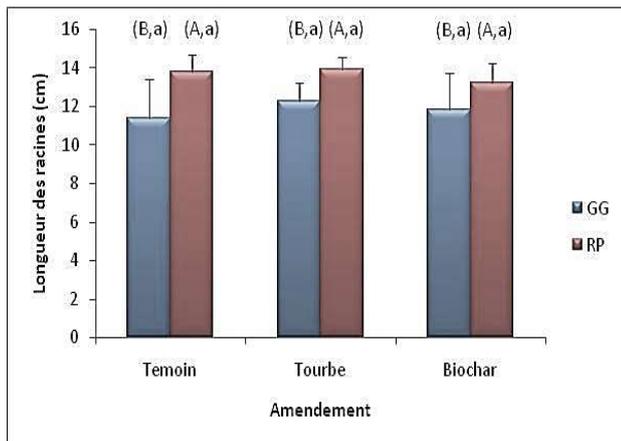


Fig. 7. Longueur des racines

(GG : Goutte à Goutte, RP : Rampe poreuse)

A et B : présentent les groupes de classification en fonction du système d'irrigation ;

a et b : présentent les groupes de classification en fonction de l'amendement.

La distribution racinaire est influencée par les amendements du sol (Fig. 8). En effet, le test S.N.K nous a permis de distinguer deux groupes homogènes a et b pour chacun des systèmes d'irrigation. Le témoin a enregistré la distribution racinaire la plus importante avec une moyenne de 8.86 cm pour le système goutte à goutte et 9,7 cm pour les rampes poreuses. Le diamètre occupé par les racines étant plus faible pour les traitements par la tourbe et par le biochar avec des moyennes variantes entre 3,96 et 5,6 cm. Cette variation prouve le pouvoir de rétention en eau de la tourbe et du biochar ce qui engendre une meilleure disponibilité en eau pour la culture.

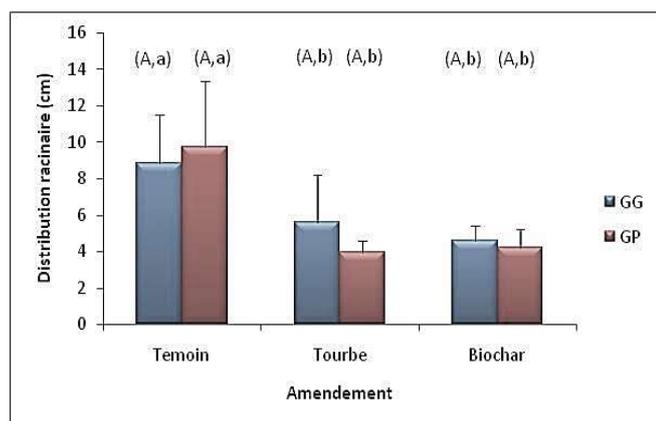


Fig. 8. Distribution racinaire.

(GG : Goutte à Goutte, RP : Rampe poreuse)

A et B : présentent les groupes de classification en fonction du système d'irrigation ;

a et b : présentent les groupes de classification en fonction de l'amendement.

3.5.3. Rendement et efficacité d'utilisation de l'eau

Le tableau 3 présente les valeurs moyennes des paramètres de rendement de la culture de petit pois sous condition du stress hydrique avec 75% de l'évapotranspiration.

Tableau 3. Paramètres du rendement

Goutte à goutte			
Amendement	Témoin	Tourbe	Biochar
Nombre de gousses/plante	10,63	11,32	8,5
Poids de gousses/plante	37,03	44,45	36,64
Nombre de graines/gousse	7,27	6,67	6,8
Rendement (kg/ha)	1157,13	1389,16	1145,02
Rampes poreuses			
Amendement	Témoin	Tourbe	Biochar
Nombre de gousses/plante	12,94	10,45	9,85
Poids de gousses/plante	47,99	40,17	40,74
Nombre de graines/gousse	7,73	6,00	6,8
Rendement (kg/ha)	1499,98	1273,15	1255,28

Dans le cas de témoin (sans amendement), l'irrigation par rampes poreuses nous a permis d'obtenir le rendement le plus élevé de l'ordre de 1499,98 Kg ha⁻¹ tandis que le système goutte à goutte a permis d'avoir un rendement de 1157,13 Kg ha⁻¹. Ces résultats sont adéquats aux ceux de Zain et al. (1983) qui ont trouvé des rendements entre 1150 et 4360 Kg ha⁻¹ pour la variété Lincoln. Cette différence au niveau du rendement est expliquée par le nombre et le poids de gousses par plante en faveur des rampes poreuses. En outre, l'amendement par la tourbe a permis une légère amélioration du rendement de 2,32% dans le cas du système goutte tandis que pour les rampes poreuses les amendements n'ont pas amené à une amélioration du rendement. A l'instar de la tourbe, l'ajout du biochar n'a pas eu d'effet significatif sur le rendement de la culture. Ceci est confirmé par le résultat d'Akhtar et al. (2014) qui ont noté que l'ajout de 5% de biochar a permis de diminuer les apports d'eau sans affecter le rendement d'une culture de tomate. En contrepartie, Martisen et al. (2014) ont observé que l'ajout de 10% de biochar a favorisé le

rendement de la culture de maïs. Karer et al. (2013) ont noté quant à eux un effet positif du rendement en orge dans un sol fertilisé en azote comparativement au même sol non amendé en biochar. Ces mêmes auteurs ont également rapporté que les rendements en maïs et en blé ont diminué en présence de biochar pour un autre type de sol testé avec un taux en biochar plus élevé.

La Fig. 9 présente la variation de l'efficacité de l'utilisation de l'eau en fonction des amendements et du système d'irrigation. En effet, l'irrigation par gaines perforées demeure été la plus efficace avec une moyenne de 2,62 Kg/ha/mm dans le cas de témoin par rapport à 2,02Kg/ha/mm pour l'irrigation au goutte à goutte. Cependant, les amendements appliqués n'ont contribué à une amélioration de cette efficacité. Cela est dû peut-être aux propriétés des amendements et à leurs taux d'application au sol.

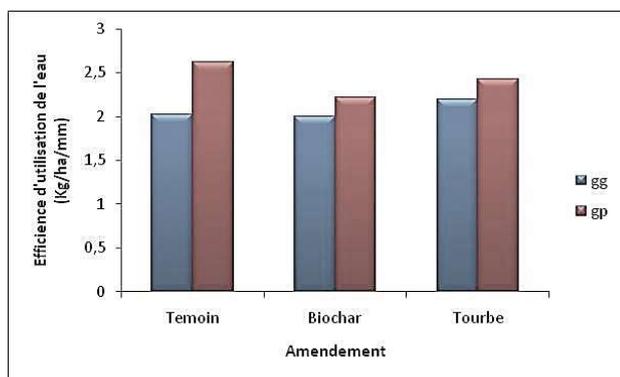


Fig. 9. Efficacité d'utilisation de l'eau (GG : Goutte à Goutte, RP : Rampe poreuse)
A et B : présentent les groupes de classification en fonction du système d'irrigation ;
a et b : présentent les groupes de classification en fonction de l'amendement.

3.6. Paramètres de fertilité

La Fig. 10 présente la différence de nombre de nodules au niveau des racines entre les deux systèmes d'irrigation et entre les amendements. En effet, la nodulation a été inhibée dans le cas de l'irrigation localisée au goutte à goutte ce qui est manifesté par un nombre de nodules inférieure à 2 nodules. Cela est probablement dû à un excès d'eau au niveau du système racinaire puisque le goutte à goutte fournit l'eau juste à proximité.

Selon Marino et al. (2006), l'excès d'eau diminue la disponibilité de l'oxygène ce qui limite l'activité bactérienne et par la suite la nodulation et la fixation symbiotique de l'azote. Au niveau des plantes arrosées par rampes poreuses, l'analyse

statistique nous a permis de distinguer deux groupes a et b en se basant sur le nombre de nodules par plante et pour chaque amendement.

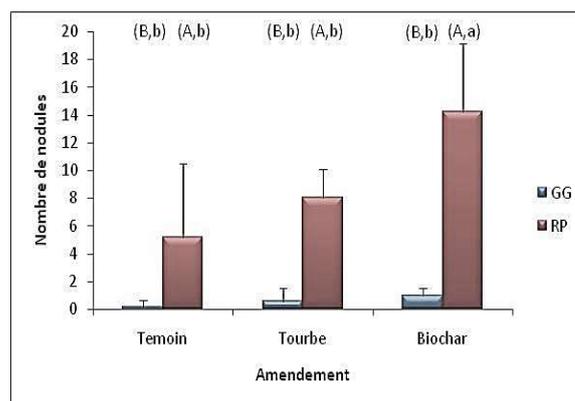


Fig. 10. Nombre de nodules dans les racines (GG : Goutte à Goutte, RP : Rampe poreuse)
A et B : présentent les groupes de classification en fonction du système d'irrigation ;
a et b : présentent les groupes de classification en fonction de l'amendement.

En fait, le nombre moyen de nodules le plus élevé a été enregistré dans le cas de l'amendement par le biochar avec 14 nodules ce qui a engendré la teneur en azote la plus importante et qui est de l'ordre de 1,4 g/Kg. Le biochar est composé d'une fraction minérale importante (Rees, 2014) qui est nécessaire pour l'activité des bactéries du sol. Selon Anderson et al. (2011), l'ajout de biochar pourrait potentiellement influencer la croissance de certains groupes de microorganismes impliqués dans le cycle de l'azote, du carbone et du phosphore dans le sol. En outre, Warnock et al. (2007) ont trouvé que l'amendement en biochar des sols favorise les microorganismes ainsi que les mycorhizes de la rhizosphère et stimule leurs activités ainsi que leurs symbioses dans le sol.

4. CONCLUSION

L'étude expérimentale fait apparaître que les rampes poreuses sont plus fiables de point de vue uniformité de la distribution de l'eau et stabilité du stock d'eau qui varie avec une amplitude de 30 mm en comparaison avec le système goutte à goutte où l'amplitude du stock d'eau a dépassé 50 mm. Cette uniformité de l'irrigation a affecté significativement le développement racinaire de la culture de petit pois ainsi que le nombre de nodosités au niveau des racines qui a atteint 14 nodules pour les rampes poreuses alors qu'il n'a pas dépassé 2 nodules pour le système goutte à goutte. Ceci s'est manifesté par la différence au niveau de la teneur en azote fixé qui a dépassé 0,7g/Kg dans le cas de l'irrigation par les rampes

poreuses. Cependant, la différence entre les rendements du petit pois n'a pas dépassé le 5% pour confirmer l'amélioration des rendements en cas d'irrigation par rampes poreuses. A l'instar des systèmes d'irrigation utilisés, les amendements n'ont pas contribué à une amélioration du rendement en grains de la culture. En revanche, les amendements ont permis d'améliorer l'humidité du sol qui a atteint jusqu'à 25,32% pour le biochar et 24.61% dans le cas de la tourbe. De plus, ils ont permis d'améliorer le développement végétatif de la culture. La hauteur de la tige la plus importante a été enregistrée dans le cas de l'amendement par la tourbe avec une moyenne de 51,4 cm. Le nombre de feuilles a été aussi affecté par l'amendement et les meilleurs résultats ont été observés dans le cas du biochar avec plus que 112 feuilles. La nodulation des racines et la fixation symbiotique de l'azote ont été également affectés par les amendements. En effet, nous avons observés le nombre moyen de nodules le plus important dans le cas du biochar avec 14 nodules suivi par la tourbe avec une moyenne de 8 nodules par plante permettant d'avoir des teneurs en azote au niveau du sol à la fin de la campagne de l'ordre de 1,4 et 1,1g/Kg respectivement. Il s'avère nécessaire de mentionner que les effets des amendements sur le sol et sur la production sont spécifiques au type du sol amendé, à la culture, à la durée de l'essai et à leurs taux d'application.

REFERENCES

Akhtar, S.S., Li, G., Andersen, M.N., et Liu, F. (2014). Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. *Agricultural Water Management* 138, pp.37-44.

Anderson, C.R., Condon, L.M., Clough, T.J., Fiers, M., Stewart, A., Hill, R.A. et Sherlock, R.R. (2011). Biochar induced soil microbial community change: Implications for biogeochemical cycling of carbon, nitrogen and phosphorus. *Pedobiologia* 54, pp.309-320.

Butnan, S., Deenik, J. L., Toomsan, B., Antal, M. J. et Vityakon, P. (2015). Biochar characteristics and application rates affecting corn growth and properties of soils contrasting in texture and mineralogy. *Geoderma*. 237-238, pp.105-116.

Dommergues Y.; Duhaux E. et Hoang G.D. (1999). Les arbres fixateurs d'azote : Caractéristiques fondamentales et rôle dans l'aménagement des écosystèmes méditerranéens et tropicaux. Paris,34, 475 p.

Douh B., Mguidiche A., Al-Marri M., Moussa M., Rjej H. (2021). Assessment of deficit Irrigation

impact on agronomic parameters and water use efficiency of six chickpea (*Cicer Arietinum* L.) cultivars under Mediterranean semi-arid climate, *Italian Journal of AgroMeteorology (IJAM)*, (2), pp 29-42.

Douh B., Mguidiche A., Khila S., Ben Saleh F., Mouelhi B. (2022). Agricultural Water Management Practices in Mena Region Facing Climatic Challenges and Water Scarcity. *Water Conservation & Management*, 6(1) : 50-55.

Duc G, Mignolet C, Carrouée B et Huyghe C. (2010). Importance économique passée et présente des légumineuses : Rôle historique dans les assolements et les facteurs d'évolution. *Innovations Agronomiques*, 11, pp.1-24.

Fox A., Kwapinski W., Griffiths B.S. et Schmalenberger A. (2014). The role of sulfur- and phosphorus-mobilizing bacteria in biochar-induced growth promotion of *Lolium perenne*. *FEMS Microbiology Ecology*. 90, pp.78-91.

Karer J., Wimmer B., Zehetner F., Kloss S. et Gerhard S. (2013). Biochar application to temperate soils: effects on nutrient uptake and crop yield under field conditions *Agricultural and food science*. 22, pp.390-403.

Marino D., Gonzalez E.M. et Arrese-Igor C. (2006). Drought effects on carbon and nitrogen metabolism of pea nodules can be mimicked by paraquat: evidence for the occurrence of two regulation pathways under oxidative stresses. *J.Exp. Bot.* 57, pp.665-673.

Marsili A. et Servadio P. (1996). Compaction effects of rubber or metal-tracked tractor passes on agricultural soils. *Soil and Tillage research* 37, pp.37-45

Martinsen V., Mulder J., Shitumbanuma V., Sparrevik M., Børresen T. et Cornelissen, G. (2014). Farmer-led maize biochar trials : Effect on crop yield and soil nutrients under conservation farming. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 177, pp.681-695.

Mguidiche A., G. Provenzano, B. Douh, S. Khila, G. Rallo, A. Boujelben (2015). Assessing HYDRUS-2D model to simulate water content and salt accumulation in a soil irrigated with a subsurface drip system : Application in a semiarid area of central Tunisia, *Irrigation and Drainage* 64 (2) pp 263-264.

Nikolidakis S.A., Kandris D., Vergados, D.D. et Douligieris C. (2015). Energy efficient automated control of irrigation in agriculture by using wireless sensor networks. *Computers and Electronics in Agriculture*. 113, pp.154-163.

Rajkovich S., Enders A., Hanley K., Hyland C., Zimmerman A.R. et Lehmann J. (2012). Corn growth and nitrogen nutrition after additions of

biochars with varying properties to a temperate soil. *Biology and Fertility of Soils*. 48, pp.271-284.

Rees F. (2014). *Mobilité des métaux dans les systèmes sol-plante-biochar*. Sciences agricoles. Université de Lorraine, 185p.

Wani S.P., Rupela O.P. et Lee K.K. (1995). *Sustainable agriculture in the semi-arid tropics*

through biological nitrogen fixation in grain legumes. *Plant and Soil*. 174, pp.29-49.

Warnock D.D., Lehmann J. Kuyper T.W. et Rillig, M.C. (2007). Mycorrhizal responses to biochar in soil—concepts and mechanisms. *Plant and Soil*. 300, pp.9-20.