

OPTIMISATION DE LA CROISSANCE ET DU DEVELOPPEMENT DU PALMIER DATTIER EN PEPINIERE PAR L'UTILISATION D'AMENDEMENTS BIOLOGIQUES, ORGANIQUES ET CHIMIQUES

Meddich Abdelilah

Laboratoire Biotechnologie et Physiologie Végétale, Faculté des Sciences
Semlalia, Université Cadi Ayyad Marrakech Maroc

Mézy Marcel

Mézagri, route du Maquis Jean-Pierre, 12340 Bozouls, France

Erwan Allain

Sobac, zone artisanale, 12740 Lioujas, France

Toutain George

Grand rue, 60690 Fontaine-Lavaganne, France.

Abstract

This study shows the comparative effects of Bactériosol[®], compost from green waste, developed by Mézy (1978) and other organic and chemical fertilizers to increase growth and development of cultivar of date palm 'Bouffgouss' (*Phoenix dactylifera L.*) cultivated in greenhouses at the nursery of Marrakesh. We examined the effectiveness of Bactériosol[®] compared with natural manure and chemical NPK fertilizer applied at different concentration. Four months after application of various amendments on the culture substrate of date palm aged 16 months, the effect on the biomass production occurred for treated plants by Bacteriosol[®] compared to other treatments with chemical fertilizers or natural fertilizers. The ionic contents of N, P, K and Na are significantly higher in plants treated by Bactériosol[®] than other plants. The beneficial effect of Bactériosol[®] on biomass and plant state is remarkable on young date palm.

Keywords: Bactériosol[®], fertilizers, growth and date palm.

Résumé

Cette étude met en évidence les effets comparatifs du Bactériosol[®], compost issu de déchets verts, mis au point par Mézy (1978) et d'autres amendements organiques et chimiques sur la croissance et la vigueur de

jeunes palmiers dattiers (*Phoenix dactylifera L.*) issus de semis du cultivar 'Bouffgouss' cultivé sous serre à la pépinière de la ville de Marrakech. Nous avons examiné l'efficacité du Bactériosol[®] en comparaison avec le fumier naturel et les engrais chimiques NPK appliqués à différentes doses. Quatre mois après l'application des différents amendements sur le substrat de culture des jeunes palmiers âgés de 16 mois, l'effet du Bactériosol[®] a retenti significativement sur l'amélioration de la croissance et du développement des plants par rapport aux traitements par les engrais chimiques ou par la fumure naturelle. De même, les contenus ioniques en N, P, K et en Na sont significativement supérieurs chez les plants dattiers traités au Bactériosol[®] que chez les autres plants. L'effet bénéfique du Bactériosol[®] sur la biomasse et l'état des plants est remarquable sur les jeunes palmiers.

Mots clés : Bactériosol[®], engrais, croissance et palmier dattier.

Introduction

Au Maroc, l'agriculture représente la principale activité et source de revenu de plus de 40% de la population et contribue en moyenne pour 13% au produit national brut annuel (CGIAR, 2005). L'agriculture représente l'activité principale au niveau de la région de Marrakech (Debbi, 2004). Malheureusement, les problèmes de sécheresse, l'absence des opérations de gestion des sols demeurent parmi les contraintes majeures bloquant l'amélioration des rendements dans cette Région. Par ailleurs, l'utilisation abusive des engrais chimiques, pour stimuler la croissance des plantes, peut engendrer des effets négatifs sur leur état sanitaire, sur les sols et sur l'eau d'irrigation.

La zone concernée par nos travaux de recherche est la palmeraie de Marrakech représentant un site verdoyant, une fierté des citoyens de la ville et un site d'attraction par excellence des touristes. Dans cette zone, le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) joue des rôles socio-économiques et écologiques importants. En effet, dans la palmeraie nord-ouest de Marrakech, plusieurs familles d'agriculteurs se basent encore sur le dattier comme seule source financière non seulement par le biais des dattes plus ou moins apprécié qu'il produit pour leur propre alimentation et pour la nourriture de leur bétail mais aussi par son bois et ses jeunes palmes exploités dans le secteur artisanal. Aussi, les palmiers dattiers, par ses grandes palmes offrent également un microclimat indispensable pour le bon développement de plusieurs cultures sous-jacentes des 2^{èmes} et 3^{èmes} étages tels que les arbres fruitiers et les potagers d'été et d'hivers et les espèces fourragères.

Malheureusement, cette palmeraie de Marrakech étalée sur plus de 12 000 Ha vers 1998 (Elhoumaizi et al., 1998) reste depuis plusieurs années

sujettes aux contraintes liées à l'action directe ou indirecte de l'homme et aux contraintes naturelles. En effet, l'extension urbanistique, la sécheresse, le vieillissement des palmiers, l'absence des opérations de plantation et de rajeunissement, le manque d'entretien et surtout la gestion des sols et l'amélioration de leur composition et fertilisation restent parmi les problèmes majeurs entravant le développement de cet écosystème hautement apprécié. Dans ce cadre, la Fondation Mohammed VI pour la Protection de l'Environnement a engagé un programme important de sauvegarde de la palmeraie de Marrakech et qui a permis la plantation de 557 000 jeunes palmiers dattiers issus de semis, de rejets sélectionnés et de vitroplants et l'entretien de 81 000 sujets adultes de palmiers (Meddich, 2014).

La palmeraie de Marrakech est actuellement indemne de la maladie du bayoud, mais risque d'être infectée à cause de l'importation de sujets adultes de palmiers dattiers provenant de palmeraies du sud du Maroc où sévit cette fusariose (Toutain, 1965 et 1979 et Saaidi, 1992). Cette maladie vasculaire spécifique du palmier dattier a causé d'énormes pertes au niveau de nos palmeraies détruisant plus de 12 millions d'arbres et réduisant les superficies totales de 150 000 Ha à 44 000 Ha environ (Perau-Lorey, 1958). Il devient ainsi nécessaire de lutter contre d'éventuels attaques du Bayoud. Pour combattre ce fléau, plusieurs méthodes ont été utilisées à savoir les mesures prophylactiques, la désinfection des sols, la protection chimique et la lutte microbiologique et qui n'ont pas encore donné de résultats escomptés. Les méthodes classiques de sélection génétique et les techniques de micropropagation *in vitro* et les hybridations contrôlées ont donné certains résultats prometteurs sur le terrain (Louvet et Toutain, 1973 et Louvet, 1991). Saaidi et al. (1981) ont mentionné que la meilleure orientation de lutte contre la fusariose du palmier dattier est l'utilisation de palmiers résistants et présentant de bons caractères de qualité et de productivité. Par ailleurs, une des voies prometteuses de recherche-développement engagée par notre équipe, concerne la lutte biologique contre *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* avec des microorganismes des sols concurrents notamment les champignons mycorrhiziens sélectionnés (Oihabi, 1991; Jaiti et al., 2007 et 2008 et Meddich et al., 2015a et b).

Par ailleurs, la mobilisation des ressources suffisantes en eau est aussi importante. Même si le palmier dattier est une espèce tolérante à la sécheresse, il sera nécessaire de satisfaire au moins ses besoins pour qu'il remplisse sa fonction paysagère esthétique. Si dans les sols humides des bords du Tensift de la ville de Marrakech et dans les lieux où la nappe phréatique est peu profonde, l'entretien du palmier dattier ne présente pas de problème de couverture de ses besoins en eau, il en est différemment dans les zones où la nappe phréatique est plus profonde. Dans ce cas, il est nécessaire d'arroser le palmier dattier jusqu'à ce que son système racinaire atteigne la

nappe dans les meilleurs délais en pratiquant une arido-culture économe en eau par une irrigation rationnelle, une bonne rétention de l'eau dans le sol renfermant de l'humus et par une activité fonctionnelle des microorganismes et de champignons mycorhiziens (anti-stress hydrique) assurant une meilleure exploitation du sol par le système racinaire. Ce qui contribuerait ainsi à la politique générale d'économie d'eau par une meilleure exploitation et gestion des sols. Ici la gestion concomitante de l'eau et des sols assurent une fertilité suffisante répondant aux besoins du palmier dattier.

Ainsi l'objectif de cette étude est de résoudre les problèmes de gestion des sols de la pépinière de production des palmiers à la ville de Marrakech et ceux de la palmeraie par l'apport raisonné de fertilisants. C'est dans ce cadre que notre étude s'inscrit et vise à tester l'effet de fertilisation biologique par le produit Bactériosol[®] inventé par Mézy (1978) en comparaison avec une fumure organique et des traitements chimiques NPK appliqués à différentes doses au niveau du sol. Ceci dans le but de produire des palmiers sains, robustes et aptes à tolérer les aléas pédoclimatiques de la région de Marrakech en favorisant une bonne gestion du sol et une économie de l'eau d'irrigation. Par la suite, nous envisageons de planter les palmiers dattiers vigoureux à fort taux de reprise et de suivre leur comportement et développement dans la palmeraie Nord-ouest de Marrakech en impliquant les agriculteurs et en assurant la vulgarisation des retombées des bonnes pratiques culturales.

Matériels et méthodes

Présentation des fertilisants organiques

Les échantillons de Bactériosol[®], mis en place par Mézy (1978) nous ont été fournis par l'équipe du même inventeur. Ces échantillons sont livrés sous forme de granulés. Il s'agit d'un amendement organique, NFU 44-051, composé d'une sélection de végétaux naturels compostés et de minéraux. Par ailleurs, notre équipe a également relevé plusieurs populations de bactéries (actinomycètes : $4,29 \cdot 10^7$ ufc/g) et de champignons (moisissures : $3,35 \cdot 10^6$ ufc/g et levures : $3,74 \cdot 10^4$ ufc/g) au niveau du Bactériosol[®].

Pour la fumure organique testée, il s'agit d'un fumier de ferme qui a été fournis et stocké à la pépinière de la ville de Marrakech tout en garantissant son entretien pour sa bonne décomposition et évolution.

Mode d'application des amendements et conditions de culture des palmiers

Les graines de palmier dattier du cultivar 'Boufegouss' ont été désinfectées et mises en germination dans des bassines en plastique renfermant un substrat sableux stérile préalablement arrosé à l'eau distillée. Puis elles sont incubées dans une étuve à 38°C. Les plants de palmier sont

par la suite repiquées à l'âge de 2 mois (stade une feuille) à raison de 2 plants par pot (15,5 cm x 21 cm) contenant chacun un mélange de terre végétale naturelle, de sable et de tourbe (1/2,1/3,1/6 : v/v/v) préalablement stérilisé pendant 3 heures à 180°C.

Après 14 mois de culture sous serre des palmiers dattiers âgés de 16 mois, les six traitements ci-dessous ont été appliqués.

1. Palmiers additionnés de Bactériosol[®] à raison de 5g du produit (déposé à la surface)/pot.

2. Palmiers témoins sans aucune application d'amendement ni organique ni minéral.

3. Palmiers additionnés de la dose D₁ renfermant les mêmes quantités en NPK que celles présentes dans Bactériosol[®].

4. Palmiers additionnés de la dose D₂ contenant des teneurs en NPK cinq fois plus que celles du Bactériosol[®].

5. Palmiers additionnés de la dose D₃ contenant des teneurs en NPK dix fois plus que celles du Bactériosol[®].

6. Palmiers additionnés d'une fumure organique (FO) à raison de 5g /pot.

L'ensemble des plants est placé à l'intérieur d'une serre couverte de plastique transparent (T° moyenne de 26,8°C ; Humidité relative moyenne de 59% et Lumière de 330µm⁻².s⁻¹). Durant l'expérimentation, aucune fertilisation du sol ou apport de solution nutritive n'a été effectué pour tous les traitements testés excepté un arrosage régulier de l'ensemble des plants par de l'eau distillée avec une fréquence de 2 fois par semaine. Nous avons mis en place six lots à raison de 100 plants par traitement, soit un total de 600 palmiers utilisés.

Paramètres mesurés

Avant, l'application des différents amendements à tester, nous avons procédé à l'analyse des paramètres physico-chimiques du substrat de culture des palmiers (terre végétale, sable et tourbe), du Bactériosol[®] et de la fumure organique naturelle.

Le pH est mesuré par la méthode électrométrique à l'aide d'un pH-mètre et la conductivité est déterminée à l'aide d'un conductimètre sur un extrait aqueux au 1/5 du sol.

La mesure de l'azote total est basée sur la transformation de l'azote organique en azote ammoniacal. L'échantillon subit une minéralisation par l'acide sulfurique concentré en présence du catalyseur Kjeldahl, puis l'Ammoniac formé est déplacé par NaOH (40%). Ensuite, l'Ammoniac entraîné par la vapeur d'eau est fixé par l'acide borique et titré avec l'acide sulfurique (Rodier, 1984).

Le dosage du phosphore total, du potassium et du sodium dans les parties aériennes du palmier a été réalisé selon les protocoles décrits dans le Manuel des méthodes d'analyses de sol et de plantes, 1996. Les teneurs du phosphore sont déterminées par la méthode colorimétrique basée sur les propriétés des molybdates qui en milieu acide et en présence de phosphore, donnent un complexe phosphomolybdate qui après sa réduction vire en coloration bleue mesurée au spectrophotomètre à 820 nm. Alors que, les teneurs du potassium et du sodium ont été déterminées par spectrophotomètre à flamme.

Le carbone organique total est dosé par la méthode d'oxydation de la matière organique à froid par un excès de bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ en présence de l'acide sulfurique concentré conformément au protocole d'Anne décrit par Aubert (1978).

Après 4 mois d'application des différents traitements, des prélèvements de 50 plantes par traitement ont été effectués pour évaluer l'effet de ces fertilisants sur la croissance et le développement des palmiers. Les palmiers restants ont servi pour l'analyse minérale.

L'évaluation de croissance des palmiers soumis aux différents traitements a été effectuée par la détermination de l'allongement de la partie aérienne et racinaire, du nombre de feuilles formées, de la surface foliaire et de la production de biomasse (matière fraîche et sèche) des échantillons racinaires et foliaires pris séparément. La masse fraîche est déterminée juste après prélèvement des plants par pesée directe à l'aide d'une balance de précision. La masse sèche (MS) est mesurée après séchage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.

L'analyse minérale a concerné la partie aérienne des palmiers dattier assujettis aux différents traitements. Les teneurs en éléments minéraux N, P, K et Na ont été déterminées après minéralisation, par spectrophotomètre d'absorption.

Analyse statistique

Tous les résultats ont été analysés statistiquement avec le logiciel CO-STAT (Statistical Software, New Anova Style). L'étude a compris une analyse de variance suivie du test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

Résultats

Détermination des paramètres physico-chimiques

Les résultats obtenus ont montré que le pH est basique pour le substrat de culture et pour la fumure naturelle et il est proche de la neutralité pour le Bactériosol[®] (**Tableau 1**). Le sol utilisé est moyennement salin avec une conductivité électrique de 0,74 ms/cm ; tandis que la fumure naturelle et Bactériosol[®] restent respectivement fortement et extrêmement salin avec des

valeurs de 1,53 et 55,80 ms/cm. Nous constatons que la partie minérale (NPK) est très faible au niveau du sol et des deux amendements organiques utilisés. La matière organique est élevée au niveau du Bactériosol[®] suivie de celle du fumier naturel ; alors qu'elle est très faible et ne dépasse pas les 0,55% pour le sol utilisé.

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques du sol et des amendements organiques testés

Paramètres	Substrat utilisé	Bactériosol [®]	Fumure naturelle
pH	8,75	6,17	8,29
Conductivité (ms/cm)	0,74	55,80	1,53
Azote total (%)	0,14	1,87	1,40
Phosphore total (%)	0,01	2,00	0,02
Potasse totale (%)	0,01	1,00	0,05
Carbone organique (%)	0,32	14,73	9,60
Matière organique (%)	0,55	25,39	16,55

Effet des amendements appliqués sur la croissance du palmier dattier

Après 4 mois de l'application des différents amendements, les résultats obtenus ont révélé clairement l'importance des traitements biologiques et le rôle des microorganismes dans l'amélioration des paramètres de croissances des palmiers. La détermination de l'allongement aérien et racinaire, de la surface foliaire et du nombre des feuilles des palmiers, a montré que Bactériosol[®] a augmenté significativement l'allongement aérien et racinaire, le nombre de feuilles produits et la surface foliaire par rapport aux autres traitements (**Tableau 2**). En plus de l'amélioration de ces paramètres morphologiques, les feuilles des plants traités par Bactériosol[®] sont plus vertes que les feuilles des sujets témoins.

Les productions en matière fraîche aérienne et racinaire ont été doublées chez les palmiers amendés au Bactériosol[®] que chez les plants témoins.

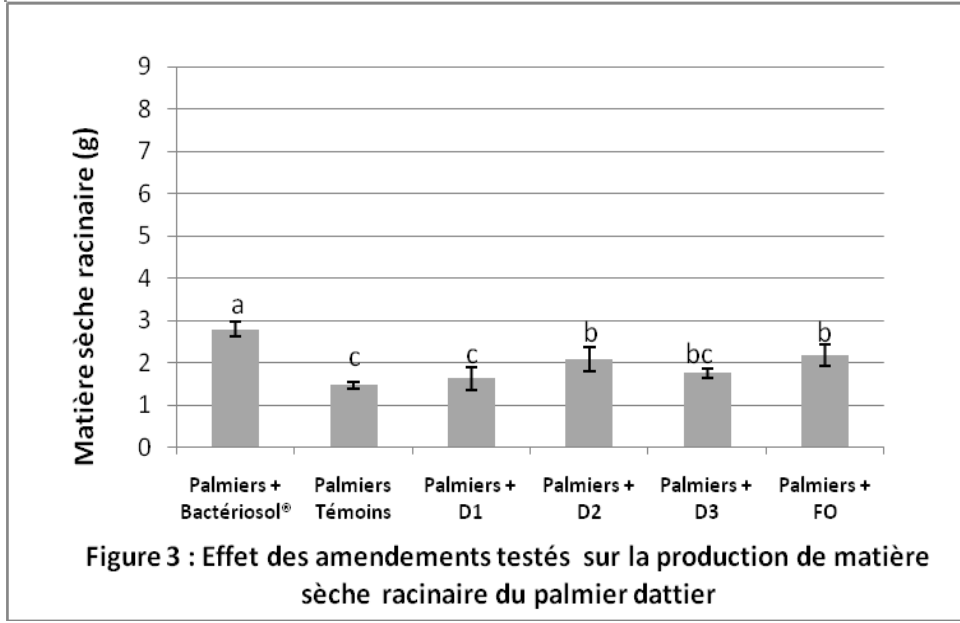
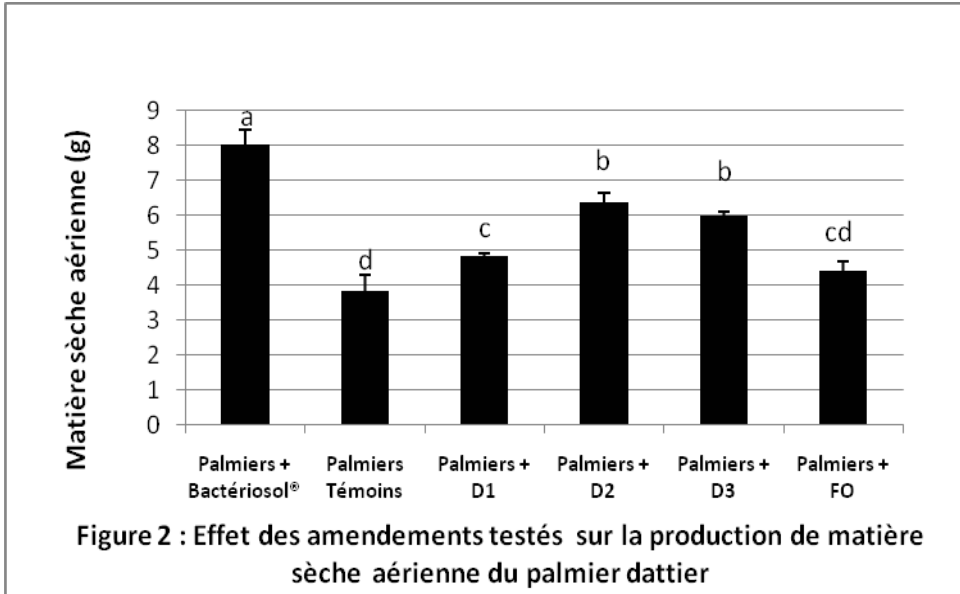
Tableau 2 : Effet des amendements testés sur la croissance du palmier dattier, après 4 mois de leur application

Traitements	HA	AR	NF	SF	MFA	MFR
Palmiers + Bactériosol [®]	41,04±0,941a	31,91±0,156a	5,75±0,433a	56,81±0,743a	18,74±0,668a	9,53±0,216a
Palmiers Témoins	38,97±0,266b	26,97±0,030c	3,94±0,104b	28,88±0,755c	9,35±0,497d	4,51±0,499d
Palmiers + D ₁	38,72±0,434b	29,09±0,344b	4,63±0,323b	36,63±1,85b	11,76±0,831c	5,14±0,462c
Palmiers + D ₂	39,13±0,165a	29,31±0,537b	4,88±0,208b	36,81±1,953b	13,83±0,384b	5,50±0,305c
Palmiers + D ₃	38,41±0,449b	26,28±0,485d	4,44±0,511b	36,00±1,179b	12,59±0,212c	5,28±0,316c
Palmiers + FO	38,38±0,321b	29,15±0,259b	4,31±0,536b	36,75±1,807b	11,45±0,503c	7,34±0,205b

HA : Hauteur aérienne en cm ; AR : Allongement racinaire en cm ; NF : Nombre de feuilles émises en unité; SF : Surface foliaire en cm²; MFA : Matière fraîche aérienne en gramme et MFR : Matière fraîche racinaire en gramme.

Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes, p<0.05

De même, les productions en matière sèche aérienne et racinaire sont 2 fois plus importantes chez les plants traités par Bactériosol[®] que chez les plants témoins (Figures 2 et 3). Le produit Bactériosol[®] a donné des meilleurs résultats suivis des doses élevées de NPK (D₂ et D₃) et de la fumure naturelle. On note également que l'application de la dose D₃ a entraîné une baisse légère de la biomasse fraîche et sèche des palmiers par rapport à la dose D₂. Les essais comparatifs viennent donc confirmer l'utilité des amendements biologiques sélectionnés.



Effet des amendements appliqués sur la nutrition minérale du palmier dattier

L'analyse minérale concernant la partie aérienne du palmier dattier montre que les palmiers traités par Bactériosol® ont enregistré des valeurs élevées d'accumulation des éléments minéraux N, P, K et Na suivis de ceux traités par D₂ pour l'azote et le sodium (**Tableau 3**). Alors que la D₃ assure une bonne absorption en P, K et en Na. Les plants additionnés de la fumure organique naturelle manifestent une composition minérale moyenne à faible. Tandis que ceux non traités et ceux additionnés de D₁ montrent les plus faibles valeurs en N, P, K et en Na.

Tableau 3 : Effet des différents amendements testés sur les contenus ioniques du palmier dattier, après 4 mois de leur application

Teneur	Palmiers + Bactériosol®	Palmiers témoins	Palmiers + D ₁	Palmiers + D ₂	Palmiers + D ₃	Palmiers + FO
N (mg/plant)	110,38±1,478a	32,24±0,251f	67,61±0,881d	94,94±1,730b	84,29±1,490c	36,62±0,740e
P (mg/plant)	2,33±0,324a	1,11±0,075b	0,90±0,185b	1,01±0,145b	1,24±0,296b	0,81±0,191b
K (mg/plant)	144,06±3,669a	72,82±1,535e	71,92±1,095e	105,04±1,019c	120,07±2,025b	86,22±0,890d
Na (mg/plant)	19,43±1,981a	9,29±0,916c	10,01±0,262bc	12,68±0,595b	12,40±0,375b	11,31±1,454bc

Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes, $p < 0.05$

Discussions

Le composé Bactériosol® est très riche en microorganismes notamment les bactéries, les levures et les moisissures. Ces microorganismes sont généralement aptes à transformer rapidement toutes les formes de matière organique en humus, ce qui permet une croissance élevée des plantes cultivées tout en préservant leur bon équilibre physiologique.

L'inoculation de la rhizosphère par Bactériosol® permet une bonne amélioration de la croissance des plants de palmier. Ainsi, cet amendement biologique a permis une augmentation du nombre de feuilles émises et du nombre de palmes pennées. Parallèlement, on note un accroissement de la hauteur des plants et de leur partie racinaire. La surface foliaire est plus importante chez les plants traités par Bactériosol® que chez les plants témoins. Ce qui rappelle que l'optimum de la photosynthèse est obtenu lorsque les feuilles sont turgescentes ; c'est à dire bien alimentées par des sols convenablement pourvus en humus (rétention) et en microorganismes (pompe à eau et éléments nutritifs vers les racines). De même, la production en matière fraîche et sèche aérienne et racinaire est restée 2 fois plus importante chez les plants traités par Bactériosol® que chez les plants témoins ou ceux soumis aux autres traitements. Des constatations identiques sont relevées chez d'autres cultures cultivées en présence du Bactériosol® telles que la pomme de terre (Klasink, 1996 et 1998) et la laitue et le brocoli (Klasink, 1996 et Conavas et Bermejo, 2002). De même, des résultats

similaires ont été soulignés dans le cas de palmier dattier et ses cultures sous jacentes notamment le trèfle et l'orge additionnés d'amendements biologiques sous forme de champignons mycorrhiziens sélectionnés et isolés à partir des sols des palmeraies marocaines (Oihabi et Meddich, 1996 ; Meddich, 2001 et Meddich *et al.*, 2000 et 2015a et b).

Quant à la composition minérale des parties aérienne des palmiers, elle est nettement améliorée par l'apport du Bactériosol[®]. Les plantes amendées par ce produit sont plus vertes que les palmiers témoins. Ce qui montre les effets bénéfiques de Bactériosol[®], sur la fertilité du sol notamment par la mise à disposition des plants, de l'eau et de matières nutritives plus gratifiantes que sur les témoins. Des résultats similaires ont été également notés dans le cas de sols et de lisier amendés de Bactériosol[®] (Félix, 1996). Les colorations jaunissantes malgré une irrigation similaire des plants de dattiers non traités par Bactériosol[®] sont dues probablement à une insuffisance de l'activité des microorganismes du sol ce qui réduit la mobilisation de l'eau et celles des nutriments pour les plants témoins.

Les améliorations légères enregistrées dans le cas de la dose D₃ de l'engrais NPK sont peut être expliquées par un effet inhibiteur de la forte dose. L'effet négatif de la dose D₃ est bien confirmé par la diminution légère des paramètres de croissance des palmiers par rapport à la dose D₂. Ceci est peut être due à la forte concentration d'éléments minéraux ce qui a induit une mauvaise assimilation de nutriments. Ces effets négatifs de la forte dose ont été aussi rapportés par Meddich (2001) et Abouelwafa (2009) qui ont enregistré une diminution de la matière sèche respectivement chez le trèfle et le Maïs.

Malgré, l'apport au substrat de culture des palmiers de doses en NPK similaires ou supérieures à celles présentes dans Bactériosol[®], les paramètres de croissance des plants sont restés réduits sous ces fertilisants chimiques. Les effets positifs de l'inoculation par Bactériosol[®] sont significatifs au niveau de la biomasse et des contenus ioniques des palmiers et viennent confirmer les résultats obtenus sur d'autres cultures en d'autres lieux et dans d'autres conditions avec ce même fertilisant.

Conclusion

L'agriculture moderne est confrontée à plusieurs challenges notamment ceux écologiques et ceux liés aux bonnes pratiques culturales.

Notre étude a montré l'importance des amendements biologiques et le rôle des microorganismes dans l'amélioration de la croissance des palmiers par rapport aux traitements par les engrais chimiques.

Ces résultats obtenus avec Bactériosol[®] encouragent la poursuite des essais du suivi de comportement des plants traités en plein champ à la palmeraie.

Bactériosol[®] peut constituer un produit biologique innovant pour améliorer la résistance à la sécheresse à la fois des plantes vivant continuellement sous stress hydrique et des cultures victimes des séquences de sécheresse périodiques.

De même, l'utilisation de tel produit enrichi de microorganismes pourrait être exploitée dans les programmes d'amélioration de la résistance du palmier dattier aux contraintes biotiques et abiotiques en améliorant leur tolérance aux maladies et en augmentant leur rendement sans recours intensifs aux engrais chimiques.

Remerciements

Les auteurs remercient la Fondation Mohammed VI pour la Protection de l'Environnement Maître d'ouvrage du Projet de Sauvegarde de la Palmeraie de Marrakech pour son soutien de la pépinière de la ville de Marrakech.

References :

Abouelwafa, R. (2009). Biodégradation aérobie des boues de station d'épuration des rejets du raffinage des huiles brutes pour une valorisation agronomique. Thèse de doctorat national à la Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech, Maroc.

Aubert, G. (1978). Méthodes d'analyse des sols. Edition C.R.D.P., Marseilles, France, 360 p.

Canovas Sanchez, M. et Bermejo Carrillo, M. (2002). Etude de la viabilité agronomique et économique du produit Bactériosol comme activateur de la microfaune du sol sur cultures de Laitue et de Brocoli. Cifacita, El Jimenado, Km 4,5 Paraje de Santa Cruz 30.700 Torre Pacheco, Espagne. pp 1-131.

CGIAR, (2005). Science for Agricultural Development. Changing contexts, New Opportunities. The Science Council of the Consultative Group on International Agricultural Research. Journées Scientifiques 5-9 Décembre 2005 Marrakech, Maroc.

Debbi, F. (2004). Profil Environnemental de Marrakech. Agendas 21 locaux pour la Promotion de l'Environnement et du développement durable en milieu urbain. 4. Des risques environnementaux permanents. Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement. 169p.

Elhoumaizi, M.A., Oihabi, A. et Saaidi, M. (1998). La Palmeraie de Marrakech : ses contraintes et ses atouts de développement. Sécheresse 2, 163-166.

Félix, B. (1996). Dosage des nitrates lessivés et des acides humiques disponibles dans un sol amendé de Bactériolit et de lisier, Laboratoire Europe Sols, Toulouse, France. pp 1-55.

- Klasink, A. (1996). Traitement du sol de culture de la pomme de terre par Bactériosol. Landwirtschaftskammer Weser-Ems, 26121 Oldenburg, Allemagne. pp 1-6.
- Klasink, A. (1998). Traitement pendant 3 ans du sol d'une prairie expérimentale par Bactériosol. Landwirtschaftskammer Weser-Ems, 26121 Oldenburg, Allemagne. pp 1-7.
- Jaiti, F., Meddich, A. and El Hadrami, I. (2007). Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of date palm against bayoud disease. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 71 : 166–173.
- Jaiti, F., Meddich, A., Kassami, M. et El hadrami, I. (2008). Effect of Arbuscular Mycorrhization on the accumulation of hydroxycinnamic acid derivatives in date palm seedlings challenged with *Fusarium oxysporum fsp. albedinis*. *Journal of Phytopathology*. 156 : 641-647.
- Manuel des méthodes d'analyses de sol et de plantes. (1996). Centre Régional de la Recherche Agronomique de Settat, Maroc. Dépôt légale 442/96. ISBN 9981-116-03-3
- Meddich, A., Oihabi, A., Abbass, Y. et Bizid, E., (2000). Rôle des champignons mycorrhiziens à arbuscules de zones arides dans la résistance du trèfle (*Trifolium alexandrinum L.*) au déficit hydrique. *Agronomie*, 20, 283-295.
- Meddich, A. (2001). Rôle des endomycorhizes à vésicules et à arbuscules des palmeraies marocaines dans la tolérance des plantes de zones arides au stress hydrique. Thèse de Doctorat National. Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc. 234 pages.
- Meddich, A. (2014). La palmeraie et les jardins de la Ville de Marrakech : Etat des lieux et Actions de Remise à niveau et de valorisation. 6ème éditions des Journées Scientifiques. La biodiversité urbaine et la qualité de vie dans les villes et les établissements scolaires. 28-29 Novembre, Marrakech. Maroc.
- Meddich, A., Jaiti F., Bourzik W., El Asli A. and Hafidi M. (2015). Use of mycorrhizal fungi as a strategy for improving the drought tolerance in date palm (*Phoenix dactylifera*). *Scientia Horticulturae* 192 468–474
- Meddich, A., Oihabi, A., Jaiti, F., Bourzik W. et Mohamed Hafidi M. (2015). Role of arbuscular mycorrhizal fungi on vascular wilt and drought tolerance in date palm (*Phoenix dactylifera L.*). *Canadian Journal of Botany*, 93(6): 369-377, 10.1139/cjb-2014-0249.
- Mézy, M., (1978). Découverte du procédé Marcel Mézy, Mézagri, route du Maquis Jean-Pierre, 12340 Bozouls, France.
- Louvet, T. et Toutain, G. (1973). Recherches sur les fusarioses. VIII. Nouvelles observations sur la fusariose du palmier dattier et précisions concernant la lutte. *Ann. Phytopathol.*, 5 (1) : 35-52.
- Louvet, J. (1991). Que devons-nous faire pour lutter contre le Bayoud ?. *Physiologie des Arbres en Zones Arides et Semi-Arides*, Groupe d'Etudes d'Arbres, Paris, France, 337-346.

- Oihabi, A. et Meddich, A. (1996). Effet des mycorhizes à arbuscules sur la croissance et la composition minérale du trèfle (*Trifolium alexandrinum*), Cahiers Agriculture, 5, 382-386.
- Oihabi, A. (1991). Etude de l'influence des mycorhizes à vésicules et arbuscules sur le Bayoud et la nutrition minérale du palmier dattier. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Cadi Ayyad Marrakech, Maroc. 117p.
- Pereau-Leroy, P. (1958). Le palmier dattier au Maroc. Ministère de l'Agriculture, Institut Français de Recherche Outre-mer, France 142 p.
- Rodier, J. (1984). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7^{ème} édition. Dunod, Paris. 1365 p.
- Saaidi, M., Toutain, G., Bannerot, H. et Louvet, J. (1981). La sélection du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) pour la résistance au Bayoud. Fruits. 36 (4) : 241-249.
- Saaidi, M. (1992). Comportement aux champs de 32 cultivars de palmier dattier vis-à-vis du bayoud : 25 années d'observations. Agronomie. 12 : 359-70.
- Toutain, G. (1965). Note sur l'épidémiologie du Bayoud en Afrique du Nord. Al Awamia. Rabat. 15, 37-45.
- Toutain, G. (1979). Eléments d'agronomie saharienne, de la recherche au développement-INRA-Gret.