

Évaluation des potentialités mycorrhizogènes en lien avec les paramètres physico-chimiques des sols de palmeraies du Maroc (Marrakech et Tafilalet)

Abdelilah Meddich^{1,*}, Mohamed Ait El Mokhtar¹, Said Wahbi¹ et Ali Boumezzough²

¹ Laboratoire biotechnologie et physiologie végétale, faculté des sciences Semlalia, université Cadi Ayyad Marrakech, Marrakech, Maroc

² Laboratoire écologie et environnement, faculté des sciences Semlalia, université Cadi Ayyad Marrakech, Marrakech, Maroc

Résumé – Plusieurs études ont montré que les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) aident les plantes hôtes à tolérer les contraintes biotiques et abiotiques notamment le déficit hydrique et la fusariose vasculaire du palmier dattier ou bayoud. Notre étude a permis l'évaluation des potentiels mycorrhizogènes des sols de palmeraies du Tafilalet et de Marrakech. Des échantillons de sols rhizosphériques des palmiers ont été analysés pour les quatre sites prospectés. Le nombre de propagules mycorhiziennes des palmeraies du Tafilalet est plus élevé que celui des palmeraies de Marrakech. De plus, les fréquences de mycorrhization des racines du maïs repiquées dans les sols des palmeraies du Tafilalet sont plus importantes (98–100 %) que celles des palmeraies de Marrakech (29–64 %). Le genre *Glomus* est plus répandu au niveau des sols prospectés que les genres *Sclerocystis* et *Acaulospora*. Les teneurs en phosphore assimilable et en azote total sont très faibles au niveau des sols des palmeraies du Tafilalet par rapport à celles des sols de palmeraies de Marrakech. Celles en chlore, calcium et en fer sont élevées partout. Les teneurs en macroéléments sont voisines pour le potassium, le phosphore total et le soufre. Pour les oligo-éléments, les teneurs en zinc et en cuivre sont moyennes à faibles partout ; les teneurs en zinc et en fer sont élevées au niveau de la palmeraie Nord-Ouest de Marrakech. La concentration en Pb est faible partout. Les sols de la palmeraie du Tafilalet, qui sont pauvres en N et en P assimilable, ont montré des potentiels mycorrhizogènes et des capacités d'infectivité plus importants que ceux des sols de la palmeraie de Marrakech.

Mots clés : potentiel mycorrhizogène / sols / palmeraie / palmier dattier

Abstract – **Evaluation of the mycorrhizal potential in relation with the physico-chemical properties of soils in Moroccan palm groves (Marrakech and Tafilalet).** Several studies have shown that arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) help host plants to tolerate biotic and abiotic stresses such as water deficiency and vascular fusariosis (or bayoud) in the case of date palm. Our study allowed the assessment of the mycorrhizogenic potential of soils from Tafilalet and Marrakech palm groves. Samples of rhizospheric palm soil from four palm groves were collected, homogenized and then analyzed. The number of mycorrhizal propagules was higher in Tafilalet than in Marrakech palm groves. In addition, AMF frequencies of maize roots transplanted into the soils of Tafilalet palm groves were higher (98–100%) than those transplanted into the soil of Marrakech palm groves (29–64%). The genus *Glomus* is the most abundant fungi in the prospected soils as well as the genera *Sclerocystis* and *Acaulospora*. Furthermore, the levels of the available phosphorus and total nitrogen were very low in soils of Tafilalet compared to those of Marrakech palm grove. The content of major elements such as chlorine, calcium and iron were found to be elevated in all the analyzed soils. These soils showed similar contents of macroelements, in particular potassium, total phosphorus, and sulfur. As for the trace elements, the zinc and copper contents were relatively low to medium in the four soils with high levels of zinc and iron in the northwest palm grove of Marrakech. Lead concentration was low in the studied soils. The soils of Tafilalet palm grove, which are poor in N and in available P, have shown greater mycorrhizal potential and infectivity capacity than those of the palm grove of Marrakech.

Keywords: mycorrhizal potential / soils / date palm grove

* Auteur de correspondance : a.meddich@uca.ma

1 Introduction

La palmeraie de Tafilalet et la palmeraie de Marrakech constituent des patrimoines naturels et culturels au Maroc. Elles jouent des rôles socio-économiques et environnementaux importants. La première est située au Sud-Est avec une vocation productive, alors que la seconde est située dans le Haouz de Marrakech, avec un intérêt plus ornemental que productif (Elhoumaizi *et al.*, 1998). Durant les dernières décennies, ce patrimoine a subi de multiples contraintes naturelles et anthropiques : sécheresse, salinité, manque de rajeunissement et d'entretien des peuplements (Botes et Zaid, 2002 ; Meddich *et al.*, 2015).

Cette situation a nécessité l'engagement de programmes de réhabilitation de ces oasis comme celui initié par la Fondation Mohammed VI pour la protection de l'environnement au profit de la palmeraie de Marrakech. Ce projet a permis la plantation de 561 000 palmiers et l'entretien de 81 000 sujets adultes dans cette palmeraie.

Conjointement à cette politique de rajeunissement et d'entretien des palmeraies du Maroc, il est nécessaire de développer des recherches sur les microorganismes telluriques susceptibles d'améliorer la croissance des palmiers dattiers dans ces milieux fragiles. Parmi ces microorganismes figurent les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) qui vivent en symbiose avec les racines des plantes. En effet, plusieurs études ont montré que les CMA aident les plantes hôtes à tolérer les contraintes biotiques et abiotiques (Duponnois *et al.*, 2013 ; Tao *et al.*, 2014). Les travaux de Meddich *et al.* (2015) ont mis en évidence le rôle prépondérant des CMA natifs isolés de la palmeraie d'Aoufous dans la tolérance des palmiers dattiers au déficit hydrique et à la fusariose vasculaire. Les CMA jouent également un rôle de bio indicateurs, dans la mesure où les sols agricoles peuvent être caractérisés par leurs communautés de champignons mycorhiziens.

Malgré l'intérêt et l'importance des CMA, ces microorganismes sont peu utilisés dans les parcelles agricoles, principalement à cause de l'absence de compatibilité des souches introduites avec les caractéristiques édaphiques locales (Duponnois *et al.*, 2013), ce qui provoque la disparition de l'inoculum introduit. Il pourrait donc être intéressant de sélectionner des souches autochtones, adaptées aux contraintes du milieu oasisien marocain.

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est d'étudier les sols de la palmeraie de Tafilalet et de ceux de la palmeraie de Marrakech et d'évaluer leur potentiel mycorhizogène, en vue d'une valorisation éventuelle de leurs ressources microbiennes telluriques, notamment les CMA autochtones.

2 Matériels et méthodes

2.1 Échantillonnage des sols

L'étude a été réalisée sur les sites d'Aoufous et de Zouala de la palmeraie du Tafilalet et sur deux sites de la palmeraie de Marrakech, Nord-Est (PNEM) et Nord-Ouest (PNOM) (Fig. 1).

Dans chaque site, 24 échantillons de sols rhizosphériques ont été prélevés à une profondeur située entre 10 et 40 cm, zone la plus riche en racines mycorhizables. Ces prélèvements sont effectués à 1 m des stipes de palmier et sont distants de 80 à

100 m. Les 24 échantillons de sol sont ensuite mélangés et homogénéisés afin d'obtenir un seul échantillon représentatif de chaque site.

2.2 Estimation du potentiel mycorhizogène des sols prospectés

Le potentiel mycorhizogène des sols est déterminé par la méthode du nombre le plus probable de propagules par unité de masse de sol. Il s'agit d'un test biologique reflétant la capacité d'un sol à initier la formation d'associations mycorhiziennes à partir d'une quantité d'inoculum présent dans le sol sous forme de propagules, c'est-à-dire de spores, de mycélium et de débris de racines portant des vésicules (Plenchette *et al.*, 1989). Chaque échantillon est séché à l'air ambiant puis tamisé à 2 mm, pour être dilué par la suite dans du sable préalablement stérilisé (180 °C pendant 3 h). Six dilutions ont été réalisées (1, 1/4, 1/16, 1/64, 1/256 et 1/1024), avec cinq répétitions pour chaque dilution. Pour chaque dilution, cinq pots en plastique, d'un diamètre de 5,5 cm et d'une hauteur de 6 cm, ont été remplis de 100 g de sol.

Le maïs (*Zea mays* L.) est utilisé comme plante hôte pour piéger le complexe mycorhizien indigène associé naturellement au palmier dattier. Les graines de maïs ont été désinfectées et mises en germination. Ensuite, un plant âgé d'une semaine est repiqué dans chaque pot. L'ensemble est placé dans une serre : température maximum 34 et 17 °C ; humidité relative moyenne nocturne, 92 %, et diurne, 46 % ; éclairage (en photons actifs) : 320 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Après un mois de culture, les plantes ont été dépotées et leur système racinaire a été soigneusement lavé et coloré selon la méthode décrite par Philips et Hayman (1970) afin de visualiser les structures mycorhiziennes. Les racines ont été découpées en fragments de 1 cm, et montées entre lame et lamelle pour être observées au microscope. Chaque système racinaire montrant au moins un point d'infection (pénétration d'un hyphé dans la racine) est considéré comme mycorhizé.

Le nombre le plus probable de propagules MPN a été calculé par la formule suivante :

$$\text{Log MPN} = (x \log a) - K,$$

où x = moyenne des pots mycorhizés ; a = facteur de dilution ;

$$Y = s - x,$$

où s = nombre de dilution ; y est requis pour la détermination de K dans la table de Fisher et Yates (1970).

2.3 Extraction et dénombrement des spores de CMA indigènes

L'extraction des spores de CMA à partir des sols rhizosphériques des palmiers s'est effectuée selon la méthode de Gerdman et Nicolson (1963). Le sol subit quatre tamisages de mailles allant de 800 à 50 μm sous filet d'eau. Les sols retenus par les deux derniers tamis (50 et 200 μm) sont récupérés et mélangés. Huit grammes du sol tamisé sont mis en suspension dans 8 mL d'eau distillée. Après centrifugation, le surnageant est éliminé alors que le culot est remis en suspension dans 8 mL d'une solution de saccharose à 65 % et

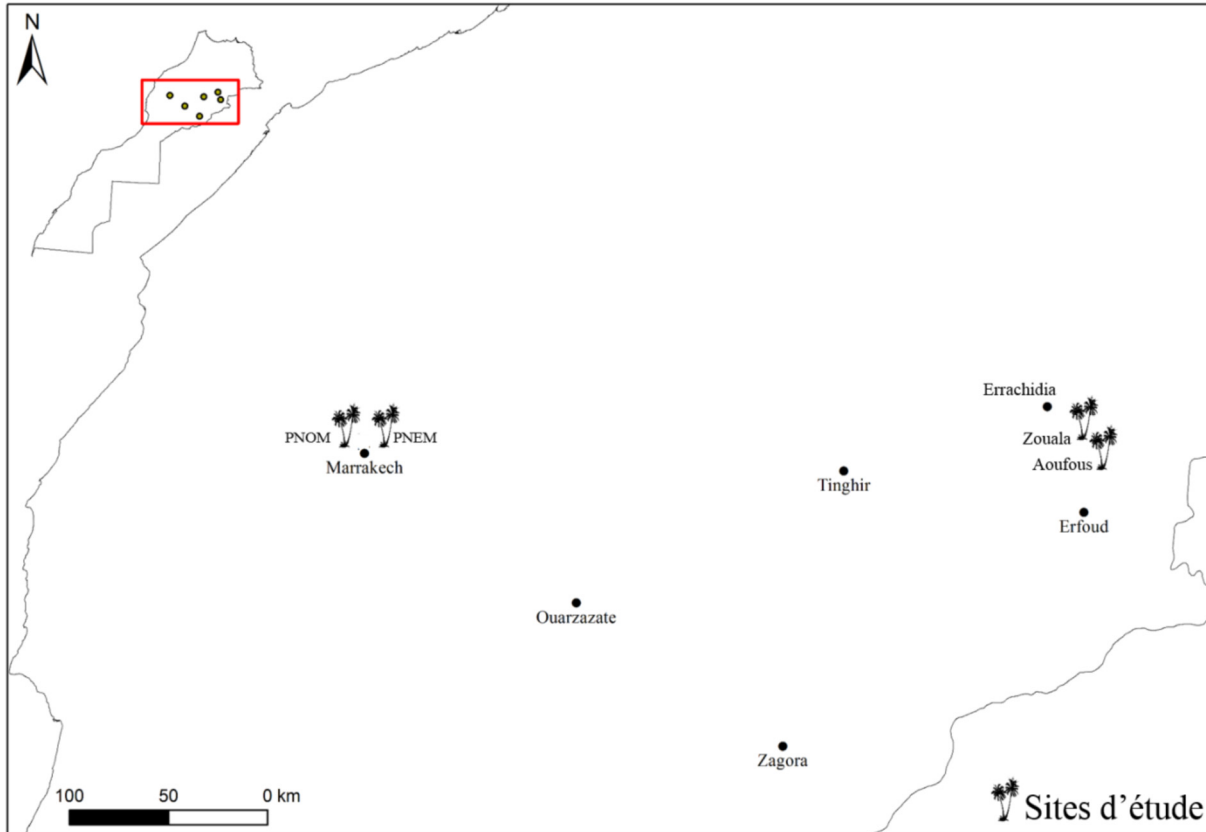


Fig. 1. Localisation des sites d'études au niveau des palmeraies prospectées. PNEM : palmeraie Nord-Est de Marrakech ; PNM : palmeraie Nord-Ouest de Marrakech.

Fig. 1. Location of study sites in prospected palm groves.

centrifugé à 2000 t/min pendant 10 minutes. Le surnageant, contenant les spores, est placé sous vide sur des filtres des papiers Whatman.

Les spores retenues ont été classées selon leur couleur, taille, hyphes d'attachement et leur consistance afin d'identifier leur genre (Morton et Benny, 1990). Le nombre de spores présentes dans 100 g de sol a été estimé par le comptage direct sous loupe binoculaire en utilisant cinq répétitions.

2.4 Fréquence de mycorhization et intensité de colonisation des racines du maïs

La mycorhization a été estimée selon la méthode décrite par Trouvelot *et al.* (1986) permettant le calcul des deux paramètres ci-dessous :

Fréquence de mycorhization (F) : importance de l'infection du système racinaire

$$F\% = (N - n_0) / N \times 100,$$

où N = nombre de fragments observés et n_0 = nombre de fragments sans trace de mycorhization.

Intensité de colonisation (M) : exprime la portion du cortex colonisé par rapport à l'ensemble du système racinaire.

$$M\% = [(95 \times n_5) + (70 \times n_4) + (30 \times n_3) + (5 \times n_2 + n_1)] / N,$$

où n_5, n_4, \dots, n_1 sont les nombres de fragments notés 5, 4, ..., 1 respectivement ; classe 5 : plus de 91 %, classe 4 : de 51 à 90 %, classe 3 : de 11 à 50 %, classe 2 : moins de 10 %, classe 1 : trace et classe 0 : pas de mycorhization.

2.5 Teneur en éléments minéraux et en éléments traces métalliques des sols

Les analyses concernant les teneurs en éléments minéraux et en éléments traces métalliques des sols ont été effectuées par un analyseur XRF portable Delta équipé d'étalonnages spécialisés pour le mode sol en précisant les concentrations de ces éléments identifiés. Le phosphore assimilable est déterminé par la méthode Olsen. 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 la soude (40 %). Ensuite, l'ammoniac entraîné par la vapeur d'eau est fixé par l'acide borique et titré avec l'acide sulfurique. La teneur en azote total est déterminée par l'unité de distillation Velp-UDK132.

2.6 Traitement statistique

Les résultats ont été analysés avec le logiciel CO-STAT : analyse de variance suivie du test de Newman et Keuls au seuil de 5 %.

Tableau 1. Résultats des potentiels mycorhizogènes des sols des palmeraies prospectées.**Table 1.** Results of mycorrhizal soil potential of palm groves prospected.

Dilution	Site	Répétitions					Nombre de plants mycorhizés
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	
1	PNEM	+	+	+	+	+	5
	PNOM	+	+	+	+	+	5
	Zouala	+	+	+	+	+	5
	Aoufous	+	+	+	+	+	5
	PNEM	+	+	+	+	+	5
1/4	PNOM	+	+	+	+	+	5
	Zouala	+	+	+	+	+	5
	Aoufous	+	+	+	+	+	5
1/16	PNEM	+	+	+	+	+	5
	PNOM	+	+	+	+	+	5
	Zouala	+	+	+	+	+	5
1/64	Aoufous	+	+	+	+	+	5
	PNEM	+	+	+	-	+	4
	PNOM	+	+	+	+	+	5
	Zouala	+	+	+	+	+	5
1/256	Aoufous	+	+	+	+	+	5
	PNEM	+	+	-	-	+	3
	PNOM	+	+	+	-	+	4
	Zouala	+	+	+	+	+	5
	Aoufous	+	+	+	+	+	5
1/1024	PNEM	+	+	-	-	-	2
	PNOM	+	+	-	-	-	2
	Zouala	+	+	+	+	+	5
	Aoufous	+	+	+	+	+	5

PNEM : palmeraie Nord-Est de Marrakech ; PNOM : palmeraie Nord-Ouest de Marrakech ; R : répétition. Les plants dont les racines montrent au moins un point d'infection sont marqués par le signe (+) ; ceux dont les racines ne sont pas infectées sont marqués par le signe (-).

3 Résultats

3.1 Potentiel mycorhizogène des sols

Pour les sols de la palmeraie d'Aoufous et de Zouala, le pourcentage d'inoculation par les CMA est de 100 % quel que soit le niveau de dilution du sol réalisé (Tab. 1). Pour la palmeraie de Marrakech, l'ensemble des maïs repiqués dans les sols concentrés ou faiblement dilués (1, 1/4 et 1/16) ont été totalement mycorhizés par les CMA (100 % d'infection). Les plants cultivés dans les dilutions moyennes à fortes (1/64 et 1/256) ont présenté des pourcentages d'inoculation par les CMA allant de 80 à 100 % pour le sol de la PNOM et de 60 à 80 % pour le sol du site PNEM. Par contre, les maïs repiqués dans la plus forte dilution (1/1024) ont montré de faibles pourcentages d'infection de CMA, de l'ordre de 40 % pour les deux sites PNEM et PNOM.

Ainsi, les sols des palmeraies du Tafilalet détiennent un nombre important de propagules mycorhiziennes (1627 propagules/100 g), alors que dans les palmeraies de Marrakech ce nombre n'est que de 829 et 219, respectivement pour PNOM et PNEM.

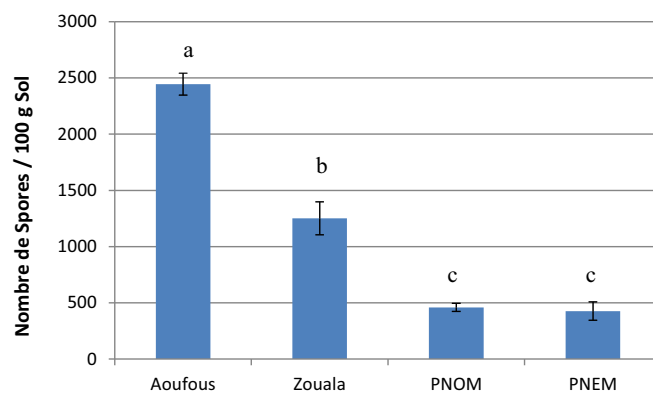


Fig. 2. Nombre de spores extraites de sols des palmeraies prospectées. Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes $P < 0,05$ (test de Newman et Keuls).

Fig. 2. Number of spores extracted from soil of palm groves prospected.

3.2 Dénombrement et identification des spores des CMA

Le nombre de spores des sols d'Aoufous et de Zouala est respectivement de 2445 et 1251 (Fig. 2). Pour la PNOM et la PNEM, il est respectivement de 459 et 427 spores.

Le genre *Glomus* est le plus répandu avec un pourcentage variant de 85 à 93 %. Le genre *Sclerocystis* n'est présent qu'à des proportions très faibles, de l'ordre 7 à 14 %. Le genre *Acaulospora* n'a été que très rarement identifié, dans le sol de la palmeraie d'Aoufous.

La majorité des spores présentent une taille de 20 à 1000 μm . Leur couleur est très diversifiée (jaune, orange foncée, marron, blanche et noire) (Fig. 3 et Tab. 2).

Les trois genres appartiennent à la classe des zygomycètes, ordre des Glomales, famille des Glomaceae (Morton et Benny, 1990). Les *Glomus* ont souvent une taille moyenne à petite et présentent différentes couleurs (Fig. 3); alors que les *Sclerocystis* ont une taille plus importante et constituent un amas de spores autour d'un plexus central.

3.3 Paramètre de mycorhization

Les fréquences de mycorhization des racines du maïs repiquées dans les sols des palmeraies du Tafilalet sont plus importantes (100–98 %) que celles des palmeraies de Marrakech (64–29 %) (Fig. 4). L'intensité de colonisation des racines des plantes est restée très faible dans le cas des palmeraies de Marrakech et ne dépasse pas 6 % après 1 mois de culture. Alors que cette colonisation des racines atteint respectivement 56 et 18 % dans les sols des palmeraies d'Aoufous et de Zouala. Les hyphes observés sont moins épais, ramifiés à l'intérieur du cortex et ne présentent pas de pelotons.

3.4 Teneur en éléments minéraux et en éléments traces métalliques des sols

Les résultats des analyses des éléments minéraux et des éléments traces métalliques des quatre sols étudiés sont présentés dans le Tableau 3. Les teneurs en phosphore

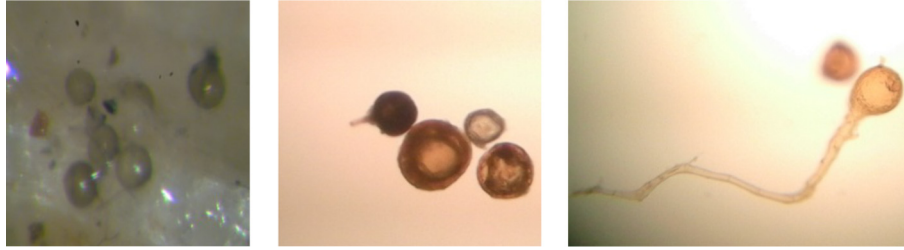


Fig. 3. Spores du genre *Glomus* isolées à partir des sols d'Aoufous G × 100.
Fig. 3. Spores of genus *Glomus* isolated from soils of Aoufous.

Tableau 2. Caractéristiques des CMA des sols prospectés.
Table 2. Characteristics of AMF from prospected soils.

Paramètres	Aoufous	Zouala	PNEM	PNOM
Nombre de spores/100 g de sol	2445	1251	427	459
Couleur des spores	Jaune, orange foncée, marron, blanche et noire	Jaune, orange foncée, marron, blanche et noire	Jaune, orange foncée, marron et noire	Jaune, orange foncée, marron et noire
Taille des spores	Structures sphériques (20–1000 µm)	Structures sphériques (20–1000 µm)	Structures sphériques (20–1000 µm)	Structures sphériques (20–1000 µm)
Type d'hyphes	Hyphes ramifiés moins épais et sans pelotons	Hyphes ramifiés moins épais et sans pelotons	Hyphes ramifiés moins épais et sans pelotons	Hyphes ramifiés moins épais et sans pelotons

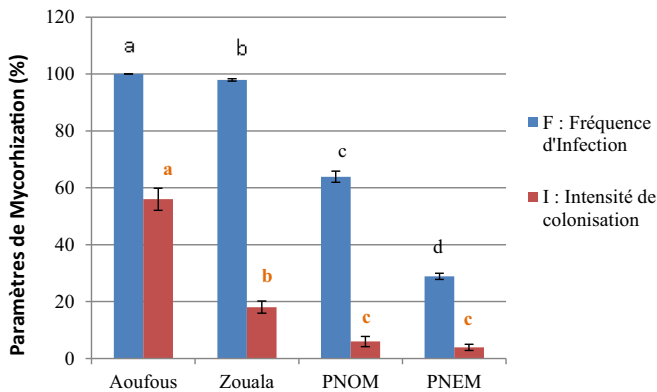


Fig. 4. Fréquence et intensité de mycorrhization des racines du maïs après 1 mois de culture. Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes $P < 0,05$ (test de Newman et Keuls). Chacun des paramètres F et M est traité statistiquement indépendamment de l'autre.
Fig. 4. Frequency and intensity of maize root colonization after 1 month of culture.

assimilable et en azote total sont très faibles dans les sols des palmeraies du Tafilalet par rapport à celles des sols des palmeraies de Marrakech. Nous avons relevé que les teneurs des éléments majeurs (chlore, calcium et fer) exprimées en pourcentage sont élevées au niveau des sols prospectés, avec une concentration importante de fer au niveau du sol de la PNOM, qui est de l'ordre de 1,5 %. En ce qui concerne les teneurs en macroéléments, le potassium, le phosphore total et le soufre, ils sont présents à des concentrations voisines dans les quatre sols étudiés. Les teneurs en oligo-éléments, notamment le zinc et le cuivre, sont moyennes à faibles dans les quatre sols avec des teneurs en zinc élevées dans le cas de la PNOM. La teneur en silicium des sols de la palmeraie de

Tableau 3. Concentrations en éléments minéraux et en éléments traces métalliques des sols des palmeraies prospectées.
Table 3. Concentrations of mineral elements and metals in soils of the prospected palm groves.

	Sol Aoufous	Sol Zouala	Sol PNEM	Sol PNOM
Concentration en %				
Azote Total	0,05 ^c	0,07 ^c	0,13 ^b	0,25 ^a
Ca	6,01 ^b	6,24 ^a	5,94 ^b	5,54 ^c
Cl	3,94 ^a	3,78 ^b	3,55 ^c	3,55 ^c
Fe	0,98 ^b	0,93 ^c	0,98 ^b	1,50 ^a
Concentration en ppm				
Si	5036 ^a	4557 ^b	4946 ^a	4823 ^{ab}
Al	3291 ^a	3106 ^a	2609 ^a	2626 ^a
P Total	1267 ^a	1307 ^a	1144 ^a	1286 ^a
P assimilable	6,98 ^c	13,65 ^c	30,98 ^b	42,30 ^a
K	823 ^a	855 ^a	782 ^a	821 ^a
S	601 ^a	630 ^a	547 ^a	616 ^a
Sr	259 ^b	272 ^a	196 ^c	123 ^d
Zr	136 ^b	180 ^a	139 ^b	141 ^b
Zn	29,2 ^b	26,3 ^b	30,9 ^b	55,2 ^a
Pb	15,68 ^a	14,1 ^a	13,3 ^a	15,2 ^a
Cu	15,6 ^a	20,5 ^a	14,4 ^a	23,4 ^a
Y	11,92 ^b	13,9 ^b	14,2 ^b	20,2 ^a

Zouala est relativement faible par rapport à celle des autres sols étudiés. La concentration en aluminium des sols des palmeraies du Tafilalet est statistiquement similaire à celle des sols des palmeraies de Marrakech. La teneur en plomb, est faible dans tous les sols prospectés.

4 Discussion

Les spores de CMA sont 2 fois plus abondantes dans la palmeraie d'Aoufous (2445 spores/100 g) que dans celle de Zouala (1251), et 5 fois plus que dans les palmeraies de Marrakech (443 spores/100 g). Radi (2014) a constaté que le nombre de spores de CMA des jardins de la ville de Marrakech est corrélé négativement avec la concentration du Zn, Cu et du Pb au niveau des sols prospectés. Dans notre cas, les sols de la PNOM ont montré des teneurs en Zn et en Fe qui sont plus élevées que celles des sols de la palmeraie du Tafilalet, sans toutefois dépasser les seuils d'anomalie pour le Zn (Tóth *et al.*, 2016). Les concentrations en Pb sont faibles, alors que les teneurs en K et en Ca sont importantes.

Selon les normes d'interprétation du phosphore assimilable (Delaunoy *et al.*, 2008), les teneurs en cet élément sont très faibles au niveau des sols des palmeraies du Tafilalet (< 14 ppm) par rapport à celles des sols des palmeraies de Marrakech (31 à 42 ppm). Les sols des palmeraies du Tafilalet sont plus pauvres en azote total (0,05–0,07 %) ; tandis que ceux des palmeraies de Marrakech sont moyennement riches en cet élément (0,13–0,25 %) en se basant sur les normes d'interprétation données par Calvet et Villemin (1986).

Par ailleurs, le nombre de propagules mycorhiziennes par 100 g de sols rhizosphériques des palmeraies du Tafilalet (1627/100 g) est respectivement 7,5 fois et 2 fois plus élevé que celui des sites PNEM (219) et PNOM (829) de Marrakech. Il en est de même pour les paramètres de mycorhization (F et M), qui sont plus élevés au niveau des palmeraies du Tafilalet, et particulièrement à Aoufous.

Ces résultats traduisent la richesse en isolats fongiques de CMA dans les sols des palmeraies du Tafilalet par rapport à ceux des palmeraies de Marrakech. Il est à signaler que le potentiel infectieux mycorhizogène d'un sol ne dépend pas seulement du nombre de spores présentes dans le sol mais aussi de leur qualité et de leur capacité d'adaptation et d'infectivité.

Ces travaux confirment que l'infectivité et l'abondance des CMA sont plus fortes dans les sols pauvres en éléments minéraux essentiels. Ainsi, la fréquence de mycorhization des racines du maïs cultivées dans les sols pauvres de palmeraies du Tafilalet est plus importante (100%). Alors que ce paramètre d'infectivité des CMA n'est respectivement de 64 et 29 % pour PNOM et PNEM. De même, l'intensité de colonisation des racines des plantes est élevée (56 %) pour la palmeraie d'Aoufous, tandis qu'elle ne dépasse pas 6 % pour la palmeraie de Marrakech. De plus, les CMA indigènes d'Aoufous sont connus pour leur capacité à améliorer les contenus ioniques et la tolérance du palmier dattier aux contraintes biotiques et abiotiques (Meddich *et al.*, 2015). En effet, le bon fonctionnement de la mycorhization est relevé dans le cas de sols pauvres surtout en phosphore. C'est sous des conditions déficitaires que la plante hôte établit cette relation symbiotique avec les CMA et facilite le plus les échanges avec le partenaire mycorhizien.

5 Conclusion

Les sols étudiés présentent des teneurs voisines en éléments traces métalliques. Par contre, les sols des palmeraies

du Tafilalet sont pauvres en phosphore assimilable et en azote total. Ils présentent des potentialités mycorhizogènes, une infectivité et une abondance des spores de CMA plus importantes que ceux des palmeraies de Marrakech. La liaison est notable entre la pauvreté des sols d'Aoufous et de Zouala en N et en P assimilable et leurs capacités importantes de mycorhization. Ce qui pourrait confirmer l'efficacité de la mycorhization dans les sols pauvres en phosphore. Pour les quatre sites prospectés, le genre *Glomus* est le plus répandu ; les genres *Sclerocystis* et *Acaulospora* ne sont présents qu'en très faibles proportions. L'utilisation de CMA autochtones adaptés aux conditions difficiles pourrait constituer un outil biotechnologique intéressant pour aider les plantes à tolérer les contraintes du milieu.

Références

- Botes A, Zaid A. 2002. The economic importance of date production and international trade. In Zaid A, Arias-Jimenez EJ, eds. *Date palm cultivation. FAO plant production and protection paper, 156 rev. 1*. Rome : FAO.
- Calvet G, Villemin P. 1986. Interprétation des analyses de terre. France : IPAS, SADEF- Ed. SCPA, Aspach le Bas, 25 p.
- Delaunoy A, Ferrie Y, Bouche M, Colin C, Rionde C. 2008. Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols destiné aux agriculteurs et aux agronomes. Montpellier : Chambre d'Agriculture du Tarn, INRA.
- Duponnois R, Hafidi M, Ndoye I, Ramanankierana H, Bà AM. 2013. Des champignons symbiotiques contre la désertification : écosystèmes méditerranéens, tropicaux et insulaires. Marseille : Édition IRD.
- Elhoumaizi MA, Oihabi A, Saaidi M. 1998. La palmeraie de Marrakech : ses contraintes et ses atouts de développement. *Science et changements planétaires/Sécheresse* 9: 163–166.
- Fisher RA, Yates F. 1970. Statistical Tables for Biological Agriculture and Medical Research, 6th ed. Davien: Hafner Publ. Comp.
- Gerdman JW, Nicolson TH. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235–244.
- Meddich A, Oihabi A, Jaiti F, Bourzik W, Hafidi M. 2015. Rôle des champignons mycorhiziens arbusculaires dans la tolérance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) à la fusariose vasculaire et au déficit hydrique. *Canadian Journal of Botany* 93: 369–377.
- Morton JB, Benny GL. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37: 471–491.
- Philips JM, Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158–161.
- Plenchette C, Perrin R, Duver P. 1989. The concept of soil infectivity and a method for its determination as applied to endomycorrhizas. *Canadian Journal of Botany* 67: 112–115.
- Radi M. 2014. Effet du déficit hydrique et de l'impact de la pollution métallique sur la diversité mycorhizienne des sols urbains de la ville de Marrakech. Thèse de Doctorat. Université Cadi Ayyad de Marrakech (Maroc).
- Tao L, Lin G, Zhang X, Yongliang C, Shubin Z, Chen B. 2014. Relative importance of an arbuscular mycorrhizal fungus (*Rhizophagus intraradices*) and root hairs in plant drought

- tolerance. *Mycorrhiza* 24: 595–602. DOI:[10.1007/s00572-014-0578-3](https://doi.org/10.1007/s00572-014-0578-3).
- Tóth G, Hermann T, Da Silva MR, Montanarella L. 2016. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for Food Safety. *Environment International* 88: 299–309.
- Trouvelot A, Kouch J, Gianinazzi-Pearson V. 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire: Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi S, ed. *Les mycorhizes: Physiologie et Génétique, 1er Séminaire Européen sur les mycorhizes*. Dijon: INRA, pp. 217–221.

Citation de l'article : Meddich A, Ait El Mokhtar M, Wahbi S, Boumezzough A. 2017. Évaluation des potentialités mycorhizogènes en lien avec les paramètres physico-chimiques des sols de palmeraies du Maroc (Marrakech et Tafilalet). *Cah. Agric.* 26: 45012.