

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



MEMOIRE DE MASTER 2

En Sciences Biologiques

Spécialité : Diversité et adaptation de la flore méditerranéenne

Thème

Mise en évidence de la diversité fongique (Glomeromycota) de la rhizosphère du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) de dayate El Gouffa, Laghouat (Algérie).

Présenté par : M^{elle} AIT KACI Thiziri

M^{elle} BEN OUALI Lilia

Le 03/10/2017

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} NAIT KACI -BOUDIAF M.....MCA à l'UMMTO.

Promotrice : M^{me} SMAIL-SAADOUN N.....Professeur à l'UMMTO.

Co-promotrice: M^{elle} MECHIAH F.....Doctorante à l'UMMTO.

Examineur : M^{me} LARBI-AIDROUS N.....MAA à l'UMMTO.

2016/2017

Remerciement

Nous remercions < Dieu Tout Puissant ..de nous avoir donn° la sant°, la patience et la volont° pour r°aliser ce modeste travail.

C'est avec un grand plaisir que nous exprimons notre gratitude et nos sincÈres remerciements ° notre promotrice : M^{me} SMAIL-SAADOUN N. Professeure ° l'UMMTO pour avoir accept° de diriger ce modeste travail.

Nous tenons ° remercier notre Co-promotrice : M^{elle} MECHIAH F pour son orientation judicieuses et encadrement, ses conseils qui nous ont guid°s dans l'°laboration de ce m°moire de fin d'°tude.

Nous remercions M^{me} NAIT KACI-BOUBIAF M. maÎtre de conf°rences classe A ° l'UMMTO qui nous fait honneur de pr°sider le jury

Nous remercions M^{me} LARBI-AIDROUS N. MaÎtre assistante classe A ° l'UMMTO, pour avoir accept° de faire partie du jury et d'°valuer ce m°moire

Nos remerciements vont °galement ° tout le personnel du Laboratoire de Ressources Naturelles

A tous ceux qui ont contribu° ° notre formation, particuliÈrement les enseignants de d°partement Biologie de Tizi-Ouzou, trouvent ici notre profonde reconnaissance.

Enfin, un grand merci pour tous ceux qui ont particip° de prÈs ou de loin dans la r°alisation de ce modeste travail.

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à :

Nos chers parents, pour leurs soutiens, patiences et leurs sacrifices
durant nos études.

A nos frères et sœurs, et nos amis pour leurs conseils et leurs
encouragements.

A tous qui nous aiment

Listes des abr^oviations

A.C.P : analyse en composante principale

CaCO₃(%) : taux de carbonate de Calcium

CMA : champignons mycorhiziens ^a arbuscules

MO (%) : taux de mati~~Ce~~re organique

O.N.M : Office Nationale de M^ot^orologie

P/ ETPp : quotient pluvio-^ovapotranspiratoire

T : temp^orature

Liste des tableaux

Tableau 1 : La classification du phylum de Glomeromycota d'après Oehl et al., (2011)	8
Tableau 2 : Textures des sols sous pistachier pr°c°demment °tudi°es	28
Tableau 3 : Intervalles de pH des sols sous pistachier de l'Atlas pr°c°demment °tudi°s	29
Tableau 4 : Taux de mati°re organique obtenus dans diff°rents sols sous pistachiers pr°c°demment °tudi°s	30
Tableau 5 : Taux de calcaire obtenus dans diff°rents sols sous pistachiers pr°c°demment °tudi°s.....	30
Tableau 6 : donn°es et param°tres utilis°s dans la classification °cologique de la station de Laghouat (2002-2012), (Boubrima, 2014)	35
Tableau 7 : abondance de diff°rents genres de Glomeromycota isol°s ^a partir des °chantillons de sol du pistachier de l'Atlas.	44
Tableau 8 : densit° de spores/100 g de sol sous Pistacia atlantica Desf.....	45
Tableau 9 : r°sultats de l'ANOVA appliqu°e sur les genres des champignons endomycorhizog°es des sols sous pistachier de l'Atlas de la dayate El Gouffa (Laghouat)..	47
Tableau 10 : Matrice de corr°lations de Pearson entre les genres de Glomeromycota recens° au niveau des sols sous pistachier de l'Atlas de dayate El Gouffa	47
Tableau 11 : Matrice de corr°lation comparative entre les genres des Glomeromycota de dayate El-Gouffa pr°lev°e en 2015 et en 2016.	49

Liste des figures

Figure 1 : principaux types de mycorhize représentés sur une coupe transversale d'une racine (Le Tacon, 1998)	4
Figure 2 : détail de la structure d'une ectomycorhize (d'après Landeweert et al., 2001)	5
Figure 3 : représentation schématique et photographies des différentes structures des champignons mycorhiziens à arbuscules (Whiffen, 2007 ; Berutti et al., 2014)	7
Figure 4 : spore et saccule sporifère d'Entrophospora.....	10
Figure 5 : spore et saccule sporifère d'Acaulospora rehmi (Blaszkowski, 2003)	10
Figure 6 : aspect d'une spore d'Ambispora fennica (Walker et al., 2007)	10
Figure 7 : spore de Gigaspora sp (Huyuan Feng, 2009)	11
Figure 8 : spore de Scutellospora (Huyuan Feng, 2009)	11
Figure 9 : spore de Glomus (Douira et al., 2014)	12
Figure 10 : spore de Glomus formant des grappes (Zeramini, 2009)	12
Figure 11 : aspect d'une spore Paraglomus spp. (Blaszkowski, 2003)	13
Figure 12 : les différentes phases d'établissement de la symbiose mycorhizienne arbusculaire, (Bonfante et Genre, 2010)	16
Figure 13 : pistachier de l'Atlas (Pistacia atlantica) (Hamitouche, avril 2014)	19
Figure 14 : touffe du jujubier (Ziziphus lotus) (Hales, 2016)	20
Figure 15 : carte de distribution de Pistacia atlantica Desf. dans le monde (Alyafi (1997), Browiez (1988) et Khaldi et Zohary (1996) ; modifié par Belhadj (2007)	20
Figure 16 : répartition du pistachier de l'Atlas en Algérie d'après Monjauze (1980) modifié par (kebci, 2008)	21
Figure 17 : système racinaire du pistachier de l'Atlas (Ait Slimane, 2004)	22
Figure 18 : écorce d'un pied du pistachier de l'Atlas (Hales, 2016)	23
Figure 19 : feuilles du pistachier de l'Atlas (Mechiah, 2015)	24
Figure 20 : fleur en grappes de Pistacia atlantica (Benaradj et al., 2015)	25

Figure 21 : fruits immatures du pistachier de l'Atlas (Mechiah, 2015)	26
Figure 22 : localisation de la wilaya de Laghouat (Anonyme, 2015)	32
Figure 23 : image satellite montrant la localisation de dayate El Gouffa par rapport à la ville de Laghouat (Google earth, 2014)	33
Figure 24 : diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station d'étude (2002-2012) (Boubrima, 2014)	34
Figure 25 : zonation écoclimatique de la station d'étude selon la méthode de Le Houérou (1995) (Boubrima, 2014)	36
Figure 26 : sujet 1, dayate El Gouffa (Laghouat, avril, 2016)	37
Figure 27 : sujet 2, dayate El Gouffa (Laghouat, avril, 2016)	37
Figure 28 : sujet 3, dayate El Gouffa (Laghouat, avril, 2016)	38
Figure 29 : sujet 4, dayate El Gouffa (Laghouat, avril, 2016)	38
Figure 30 : sujet 5, dayate El Gouffa (Laghouat, avril, 2016)	39
Figure 31 : sujet 6, dayate El Gouffa (Laghouat, avril, 2016)	39
Figure 32 : différents morphotypes de <i>Glomus</i> isolées à partir du sol rhizosphérique de <i>Pistacia atlantica</i> (×400)	42
Figure 33 : différents morphotypes d' <i>Acaulospora</i> isolées à partir du sol rhizosphérique de <i>Pistacia atlantica</i> (×400)	42
Figure 34 : spore de <i>Gigaspora</i> isolée à partir du sol rhizosphérique de <i>Pistacia atlantica</i> (×100)	43
Figure 35 : spores d' <i>Ambispora</i> isolées à partir du sol rhizosphérique de <i>Pistacia atlantica</i> (×400)	43
Figure 36 : structures morphologiques des spores indéterminées.....	43
Figure 37 : densité de spores/ 100g des sols sous pistachier de l'Atlas	46
Figure 38 : représentations des genres de champignons endomycorhizogènes de <i>Pistacia atlantica</i> sur A.C.P	48

Figure 39 : analyse comparative (A.C.P N°2)	50
---	----

Sommaire

Introduction générale	2
------------------------------------	----------

Chapitre 1 : Symbioses mycorhiziennes

1. Introduction.....	4
2. Différents types de symbioses mycorhiziennes	4
2.1. Ectomycorhizes	5
2.2. Ectendomycorhizes.....	5
2.3. Endomycorhizes	6
2.3.1. Endomycorhizes Ericoïdes	6
2.3.2. Endomycorhizes des Orchidées	6
2.3.3. Endomycorhizes à vésicules et arbuscules	6
2.3.3.1. Taxonomie des champignons responsables des endomycorhizes à vésicules et arbuscules.....	7
• Diversisporales.....	9
• Gigasporales	10
• Glomerales.....	11
• Paraglomerales	13
• Archaeosporales.....	13
2.3.3.2. Etablissement de la symbiose mycorhizienne.....	14
1. Phase asymbiotique : germination de la spore et ramification de l'hyphe germinative	15
2. Phase pré-symbiotique : Le dialogue entre une plante et un champignon mycorhizogènes	15
3. Phase symbiotique : colonisation des racines de l'hôte	16
3. Rôles écologiques des champignons mycorhizogènes	17

Chapitre 2 : présentation de pistachier de l'Atlas

1. Introduction	19
------------------------------	-----------

Sommaire

2. Répartition géographique.....	20
3. Caractéristiques botaniques	22
3.1. Système racinaire	22
3.2. Tronc.	23
3.3. Ecorce	23
3.4. Bois	24
3.5. Feuilles	24
3.6. Fleurs	25
3.7. Fruit.....	25
4. Exigences écologiques du pistachier de l'Atlas.....	26
4.1. Exigences climatiques	26
4.1.1. Pluviométrie.....	26
4.1.2. Température.....	26
4.1.3. Lumière	27
4.1.4. L'altitude.....	27
4.2. Caractères édaphiques	27
5. Propriétés et utilisation	31
5.1. Arbre	31
5.2. Résine	31
5.3. Feuilles	31
5.4. Graines.....	31
Chapitre 3 : matériel et méthodes	
1. Description de la zone d'étude	32
1.1. Situation géographique.....	32

Sommaire

1.2. Bioclimat de la zone d'étude	33
1.2.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	33
1.2.2. Zonation écoclimatique de Le Houérou (1995)	34
2. Echantillonnage sur le terrain.	37
3. Echantillonnage des sols.	40
4. Extraction des spores à partir du sol	40
4.1. Extraction des spores par tamisage humide.....	40
4.2. Séparation des spores avec une solution de saccharose	40
4.3. Identification microscopique des spores	41
5. Analyse statistique.....	41
Chapitre 4 : résultats et discussion	
1. Mise en évidence des spores sous pistachier.....	42
1.1. Nombre de morphotypes de champignons endomycorhizogènes.....	42
1.2. Abondance de la communauté sporale de CMA.....	45
2. Densité de la communauté sporale de CMA	46
3. Analyse de la variance (ANOVA)	47
4. Analyse en composantes principales (ACP) N°1	49
5. Etude synthétique : ACP N°2	51
Conclusion générale	53
Références bibliographiques	54

Introduction générale

Les plantes autotrophes capables de transformer l'énergie en éléments nutritifs et les champignons hétérotrophes spécialisés dans l'absorption de l'eau et des éléments minéraux à partir du substrat associent leurs fonctions. Cette association s'appelle mycorhize (Dalpé, 2001).

Le terme « mycorhize » désigne une symbiose mutualistique bénéfique entre les champignons et les racines de la majorité des plantes vasculaires qui leur permet de survivre et croître plus efficacement (Smith et Read, 1997).

Ces symbioses se rencontrent chez 90% des plantes terrestres (Dalpé, 2001 ; Smith et Read, 2008) et chez les plantes aquatiques et marécageuses (Beck- Nielsen et Vindaek, 2001 ; Radhika et Rodriguez, 2006), distribuées dans tous les climats et les écosystèmes, indépendamment du type de sol (Khade et Adoleya, 2009 ; Alguacil et al., 2009 ; Smith et al., 2010), de la végétation (Wubet et al., 2003 et Brundrett, 2009) et des conditions environnementales (Tao et Zhiwei, 2005 ; Cho et al., 2006). Elles jouent un rôle actif dans l'amélioration de la diversité et la productivité des plantes, dans la diversité de la microflore, de la microfaune et de la qualité du sol.

Les Glomeromycota constituent le seul groupe de champignons symbiotiques biotrophes stricts de plantes qui forment des mycorhizes à arbuscules (krik et al., 2008 in Lee et al., 2012) Ils sont généralement considérés comme symbiotes obligatoires (Schüßler et Walker, 2010). Leur identification est basée sur la morphologie, la formation et la structure des spores (Morton et Benny 1990 in Oehl et al., 2011).

La zone aride est caractérisée à la fois par son climat peu pluvieux, et parfois très sec, et très irrégulier, et par sa végétation herbacée et frutescente, rarement arborée, très irrégulièrement répartie, et constitue un couvert excessivement lâche (Aubert, 1960).

Parmi l'une des meilleures espèces illustrant l'association symbiotiques avec la communauté fongique tellurique le pistachier de l'Atlas dénommé aussi Bétoum est un arbre forestier qui appartient à la famille des Anacardiacees (Spichiger et al., 2002). C'est un arbre bien adaptée à l'aridité et à la salinité, il est considéré comme une espèce végétale la plus adaptées aux conditions pédoclimatiques les plus dures du sud Algérien. Il se trouve à l'état spontané dans le sud Algérien notamment dans les régions semi-arides à désertiques où il joue un rôle considérable dans l'équilibre écologique. Le pistachier de l'Atlas présente une plasticité écologique très large allant des régions sub-humides jusqu'au Sahara Central Algérien (Oukara et al., 2014).

Dans le cadre des activités de recherche du laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, notre travail a pour but la mise en évidence de la diversité des Glomeromycota associés au pistachier de l'Atlas de dayate El Gouffa, de la wilaya de Laghouat (Algérie). Notre intérêt s'est porté sur la quantification et l'identification de la diversité sporale des champignons endomycorhizogènes qu'abritent les sols rhizosphériques de cette espèce. Une bonne connaissance de la diversité en Glomeromycota de cette essence permettrait de comprendre leurs rôles dans l'adaptation de *Pistacia atlantica* Desf. pour faire face aux multiples contraintes biotiques et abiotiques.

Nous avons scindé notre travail en quatre chapitres :

Le chapitre 1 concerne la présentation du pistachier de l'Atlas ;

Le chapitre 2 concerne les données bibliographiques des symbioses mycorhiziennes ;

Le chapitre 3 concerne la description de la zone d'étude (dayate El Gouffa) et présente aussi le matériel végétal et les méthodes utilisées, lors de l'expérimentation ;

Le chapitre 4 concerne la présentation et discussion.

Nous avons terminé le travail par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre 1

Symbioses mycorhiziennes

1. Introduction

Les symbioses mycorhiziennes sont très répandues dans tous les écosystèmes terrestres. On les retrouve dans tous les types de milieux aussi bien des déserts que des forêts tropicales ou tempérées. Ces symbioses sont des associations à bénéfices mutuels entre les deux partenaires qui impliquent un champignon et les racines de la plante hôte, d'où le terme mycorhize (origine gréco-latine : mukes et rhiza veulent dire champignon et racine respectivement). Il existe plusieurs types de mycorhizes impliquant différents champignons et différentes plantes hôtes (Fortin et *al.*, 2008). Seuls représentants fongiques du groupe, les champignons mycorhizogènes à arbuscules font partie des mycorhizes arbusculaires ou endomycorhizes. Ce sont les symbiotes les plus répandus et ils forment des mycorhizes avec plus de 90% des espèces de plantes vasculaires (Smith et Read, 2008).

2. Différents types de symbiose mycorhizienne

La symbiose mycorhizienne prend différentes formes (Fig. 1), appelées ectomycorhizes, ectendomycorhizes, endomycorhizes à arbuscules, endomycorhizes à pelotons des Orchidaceae et endomycorhizes à pelotons des Ericaceae et hélianthèmes, selon les caractères anatomiques de l'association (Peyronel et *al.*, 1969), qui dépendent en fait directement des partenaires impliqués. La classification des mycorhizes est basée donc sur le type de champignon associé, selon que celui-ci soit asepté, c'est à-dire Zygomycète de l'ordre des Glomales, ou septé comme les Ascomycètes ou Basidiomycètes (Smith et Read, 1997).

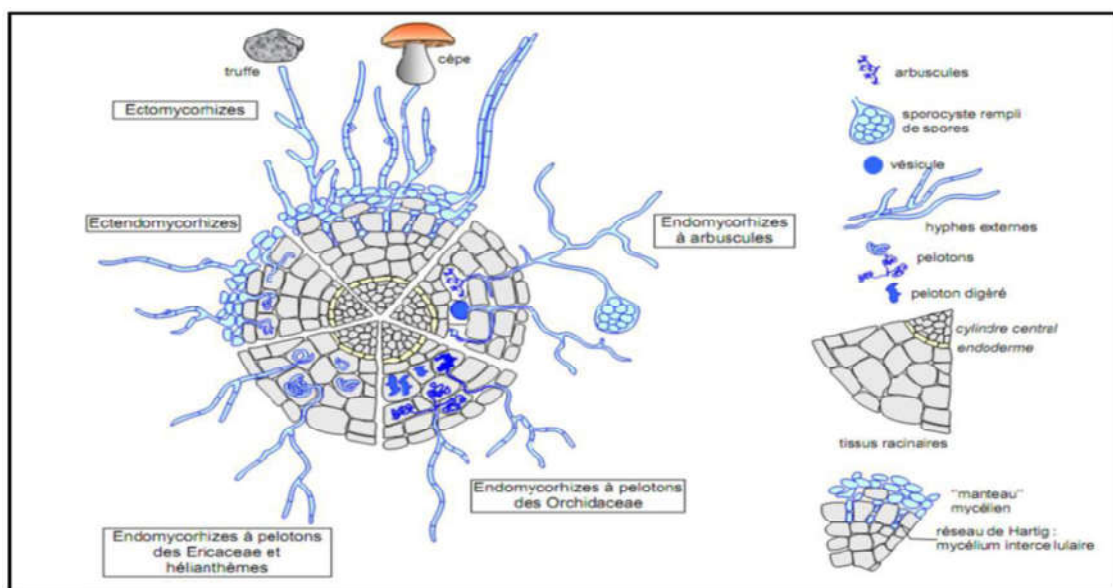


Fig.1 : principaux types de mycorhize représentés sur une coupe transversale d'une racine (Le Tacon, 1998).

2.1. Ectomycorrhizes

Les champignons formant les ectomycorrhizes appartiennent au groupe des champignons supérieurs, tels que les Basidiomycètes et les Ascomycètes (Miller, 1982) et possèdent plus de 5000 espèces (Molina *et al.*, 1992). Cependant, l'association avec les ectomycorrhizes concerne seulement 5% des plantes vasculaires, particulièrement les espèces ligneuses (Garbaye, 1988) (Fig. 2).

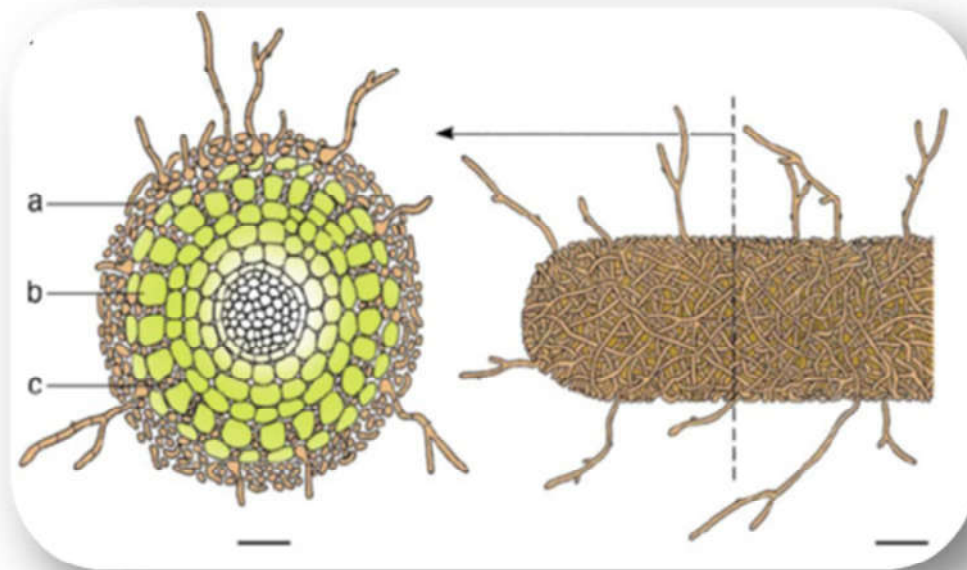


Fig.2 : détail de la structure d'une ectomycorhize. (a) Les champignons (en marron) entourent le bout d'une racine et pénètrent l'espace intercellulaire des cellules corticales (b ; vert) en formant un (c) réseau de Hartig (Hartig net) ou réseau d'hyphes (d'après Landeweert *et al.* 2001).

2.2. Ectendomycorrhizes

Les ectendomycorrhizes forment un groupe particulier, présentant à la fois des caractéristiques des ectomycorrhizes et des endomycorrhizes. Les hyphes mycéliens forment autour de la racines un manteau fongique généralement plus réduit que celui des ectomycorrhizes et elles franchissent les parois des cellules végétales. Les ectendomycorrhizes ont d'abord été considérées comme des infections d'importance mineure chez les conifères, apparaissant en l'absence de champignons ectomycorhizogènes. En fait, ce type d'interaction

est mutualiste et correspond souvent à une colonisation mycorhizienne précoce des plantules (Smith et Read, 1997).

2.3. Endomycorhizes

Les endomycorhizes sont produites par des champignons telluriques appartenant au phylum récemment érigé des Gloméromycètes (Schüßler et *al.*, 2001). Ils établissent une symbiose à bénéfices réciproques avec la grande majorité des plantes (90%) (Smith et Read, 2008). Trois types sont rencontrés.

2.3.1. Endomycorhizes éricoïdes

Ce type d'association mycorhizienne est présent sur les racines des plantes de la famille des Ericacées, plus spécifiquement chez les sous familles Ericoïdeae, Rhododendroïdeae, Vaccinioïdeae, Epachridaceae et Empetraceae. La plupart de ces associations sont formées par un champignon Ascomycète du genre *Pizizella* (Issac, 1992).

2.3.2. Endomycorhizes des Orchidées

La famille des Orchidacées regroupe des milliers d'espèces à travers le monde. Toutes les orchidées forment une association symbiotique avec les champignons aux premières étapes de leur développement (Issac, 1992).

2.3.3. Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules

Les champignons endomycorhizogènes à arbuscules (CMA) constituent le type de mycorhizes le plus répandu et le plus ancien, qui auraient coévolué avec les plantes terrestres depuis au moins 460 millions d'années (Redecker et *al.*, 2000) et qui sont maintenant incapables de survivre sans plante hôte (ce sont des symbiotes obligatoires). Contrairement aux autres types de mycorhizes, ce sont des champignons aseptés faisant partie de l'ordre des Glomales anciennement classé dans les Zygomycètes, il a été placé récemment dans un nouveau phylum : les Glomeromycètes (Schüßler et *al.*, 2001). Ils sont capables de coloniser une large variété de plantes, de la majorité des herbacées à quelques espèces ligneuses. Les hyphes des champignons CMA se développent dans le cortex racinaire, où ils forment des arbuscules intracellulaires et des vésicules (Fig. 3). Les arbuscules sont le lieu de contact et d'échanges d'éléments entre les deux partenaires et les vésicules constitueraient des organes de stockage. Des hyphes extraradiculaires se développent aussi sur plusieurs centimètres à l'extérieur de la racine, explorant le sol alentour et pouvant porter une multitude de spores.

Ces spores constituent l'organe de reproduction et de dissémination typique des champignons CMA, elles peuvent contenir des centaines de noyaux qui ne possèdent pas forcément le même matériel génétique. La génétique des Glomeromycètes est néanmoins très mal connue et, même si le débat reste encore ouvert, ils sont supposés être asexués (Pawlowska et Taylor, 2004 et Rosendhal, 2008).

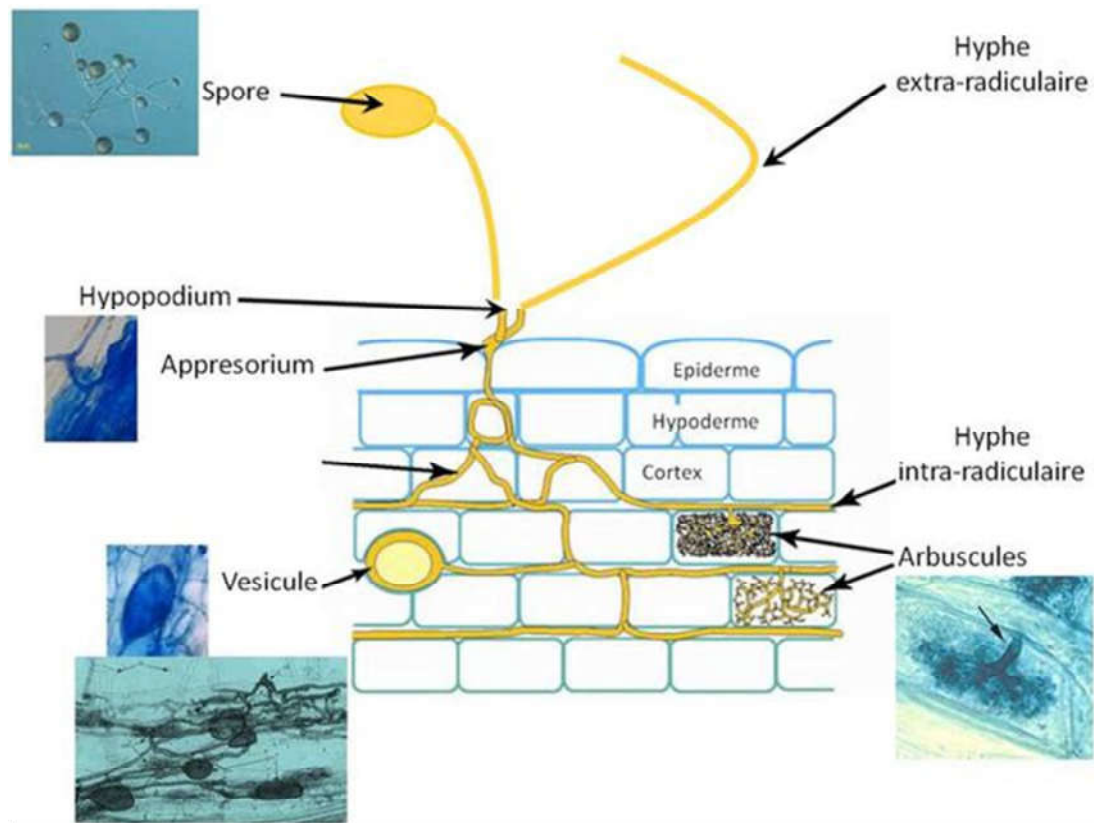


Fig. 3 : représentation schématique et photographies (après coloration) des différentes structures des champignons mycorhiziens à arbuscules (Whiffen, 2007 ; Berutti et *al.*, 2014).

2.3.3.1. Taxonomie des champignons responsables des endomycorhizes à vésicules et arbuscules

Les champignons responsables des endomycorhizes à vésicules et arbuscules sont regroupés dans le phylum des Glomeromycota (Morton et Benney, 1990). Les Glomeromycota sont subdivisées en trois classes, cinq ordres, quinze familles et trente-huit genres (Morton et Redecker, 2001 ; Schüßler et *al.*, 2001 ; Oehl et Sieverding 2004 ; Walker et Schüßler, 2004 ; Sieverding et Oelh, 2006 ; Spain et *al.*, 2006 ; Palenzuela et *al.*, 2008 ; Oelh et *al.*, 2008, 2011 et Redecker et *al.*, 2013) (tableau 1).

Tableau 1 : classification du phylum de Glomeromycota d'après Oehl et *al.* (2011).

Classes	Ordres	Familles	Genres
Glomeromycètes	Glomérales	Glomeraceae	<i>Glomus</i>
			<i>Dominikia</i>
			<i>Funneliformis</i>
			<i>Kamienskia</i>
			<i>Rhizoglomus</i>
			<i>Sclerocystis</i>
			<i>Septoglomus</i>
			<i>Simiglomus</i>
		Entrophosporaceae	<i>Claroideoglomus</i>
			<i>Albahypha</i>
			<i>Viscospora</i>
			<i>Entrophosphora</i>
		Diversisporaceae	<i>Diversispora</i>
			<i>Corymbiglomus</i>
			<i>Otospora</i>
			<i>Redeckera</i>
			<i>Tricispora</i>
		Sacculosporaceae	<i>Sacculospora</i>
		Pacisporaceae	<i>Pacispora</i>
		Acaulosporaceae	<i>Acaulospora</i>
			<i>Kuklospora</i>
	Gigasporales	Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i>
		Scutellosporaceae	<i>Scutellospora</i>
			<i>Bulbospora</i>
			<i>Orbispora</i>
		Dentiscutataceae	<i>Dentiscutata</i>
			<i>Fuscutata</i>
			<i>Quatunica</i>
		Intraornatosporea	<i>Intraornatosporea</i>
			<i>Paradentiscutata</i>
		Racocetraceae	<i>Racocetra</i>
			<i>Cetrasporea</i>
Archaeosporomycètes	Archaeosporales	Ambisporaceae	<i>Ambispora</i>
		Archaeosporaceae	<i>Archaeospora</i>
			<i>Intraspora</i>
			<i>Palaeospora</i>
		Geosiphonaceae	<i>Geosiphon</i>
Paraglomeromycètes	Paraglomérales	Paraglomeraceae	<i>Paraglomus</i>

La taxonomie des Glomeromycota reste toujours complexe, elle est basée principalement sur les caractères morphologiques des spores qui revêtent une grande

importance (Gerde mann et Nicolson, 1963 ; Morton et Benny, 1990 et Giovannetti et Gianinazzi-pearson, 1991). Les clefs d'identification qui ont permis la détermination des Glomeromycota reposent sur :

- la forme de l'hyphe portant les spores terminales. Des travaux ont permis de distinguer des types simples, renflés et bulbeux ;
- la présence ou l'absence du septum ; membrane qui permet de séparer le contenu de la spore de l'hyphe ;
- l'aspect interne des spores : il comporte deux modèles généraux, soit il montre un cytoplasme réticulé, soit un cytoplasme vacuolisé qui contient de nombreuses gouttelettes lipidiques dont la taille augmente au cours du vieillissement ;
- la couleur des spores est généralement variable d'une espèce à une autre ;
- la structure et le nombre de parois sporales.

Ces caractères morphologiques sont réduits et souvent variables selon la maturité des spores et des conditions du milieu. Cependant, en absence de spores, il est difficile d'identifier l'espèce à partir de son mycélium. La taxonomie basée sur le morphotypage des spores a permis de distinguer cinq ordres.

- **Diversisporales**

Les membres appartenant à cet ordre forment une mycorhize exempte de vésicules (Walker et Schüßler, 2004). En revanche, le mycélium extramatriciel forme des cellules auxiliaires et des spores. Ces dernières se forment soit à l'intérieur d'un sac sporifère chez *Kuklospora* ou d'une manière intercalaire entre le saccule et l'hyphe suspenseur chez *Entrophospora* (Sieverding et Oehl, 2006) (Fig. 4), ou latéralement sur le sac chez *Acaulospora* (Fig. 5) et *Otospora* (Morton et Benny, 1990) ou sur un pédicelle attaché à l'hyphe portant le sac chez *Ambispora* (Walker et al., 2007) (Fig. 6), ou sur l'hyphe suspenseur chez *Divercispora* et *Pacispora* (Schüßler et al., 2001 et Walker et Schüßler, 2004).



Fig. 4: Spore et saccule sporifère d'*Entrophospora infrequens* (Blaszkowski, 2003)

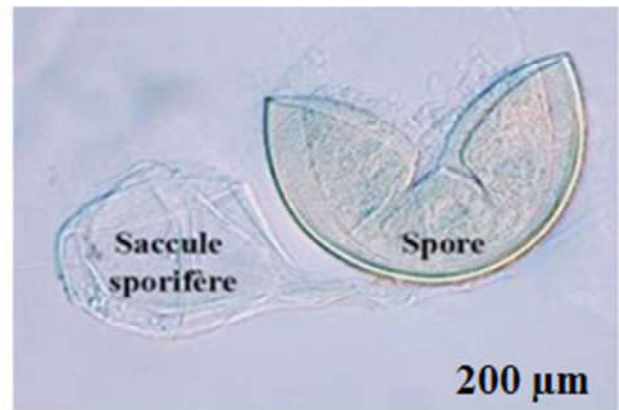


Fig. 5: Spore et saccule sporifère d'*Acaulosporarehmii* (Blaszkowski, 2003)

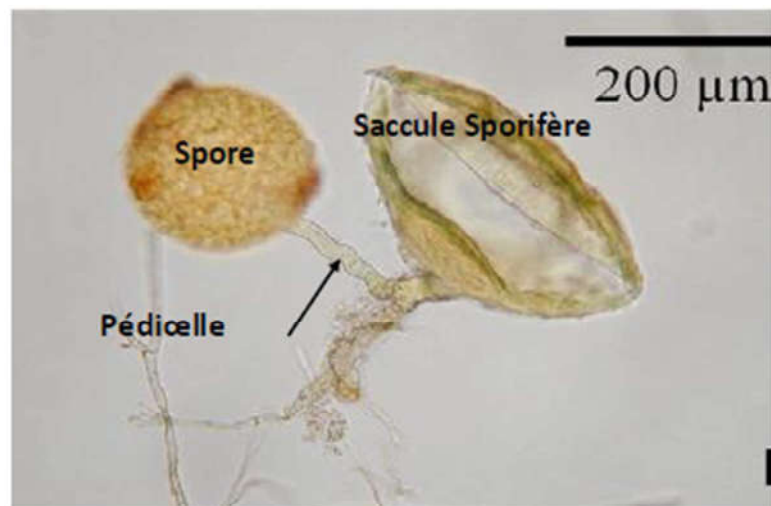


Fig.6 : Aspect d'une spore d'*Ambispora fennica* (Walker et al., 2007)

La germination des spores de ces derniers s'accompagne par le développement d'une forme sphérique appelé en anglais « germination orb » (Spain, 1992), d'où sortent les tubes germinatifs et qui persiste même après la germination (Sturner et Morton, 1999 et Jeffries et al., 2007).

- **Gigasporales**

Les membres appartenant à cet ordre présentent des formations gigasporoides ou scutellosporoides (Oelh et al., 2011). Elles ne forment pas de vésicules intraradicales, mais des cellules auxiliaires à surface épineuse dans le genre *Gigaspora* et presque lisse dans le genre *Scutellospora*.

Les spores de Gigasporales se forment au bout de l'hyphe sur une cellule sporogène bulbeuse chez *Gigaspora* et *Scutellospora* (Bentivenga et Moryton, 1995). La paroi des spores juvéniles de *Gigaspora* est formée de deux couches à épaisseurs égales.

Dans le cas de cet ordre, les tubes germinatifs sortent directement de la paroi sporale à l'intérieur de laquelle se forme la paroi germinative et à partir de celle-ci se différencient les différentes structures de germination de chaque espèce (Fig. 7). Les espèces appartenant au genre *Scutellospora* germent en formant un bouclier de germination, localisé dans la couche interne de la paroi germinative de la spore, qui permet la sortie des tubes germinatifs (Oehl et *al.*, 2008) (Fig. 8)

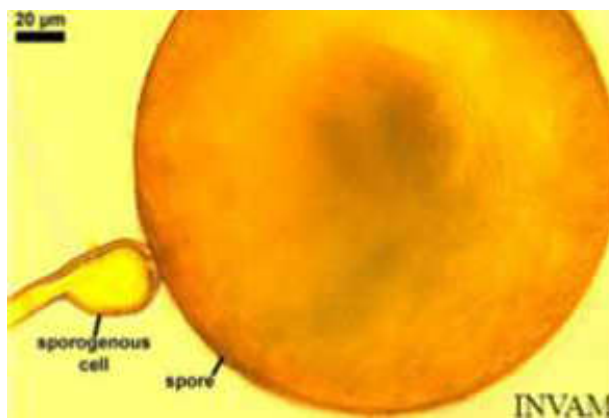


Fig.7 : spore de *Gigaspora sp*

(Huyuan Feng, 2009)

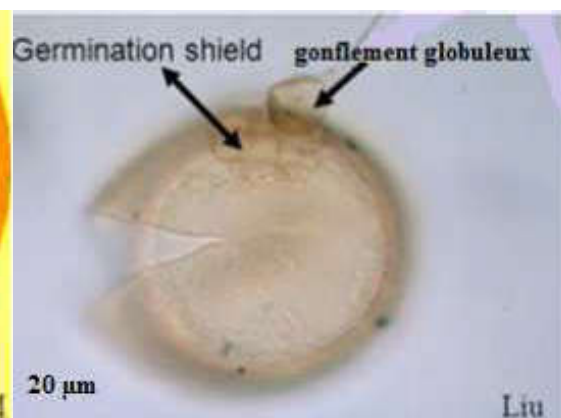


Fig. 8 : spore de *Scutellospora sp*

(Huyuan Feng, 2009)

- **Glomerales**

Les champignons appartenant à l'ordre des Glomerales sont hypogés et rarement épigés (Morton et Benny, 1990). Ils forment des arbuscules, des vésicules de forme ellipsoïde (Wubet et *al.*, 2003) et des spores intercalaires ou terminales au bout de l'hyphe suspenseur (Declerck et *al.*, 2001). Inversement à d'autres genres qui sporulent rarement dans les racines vivantes, beaucoup de spore du genre *Glomus* peuvent former des spores dans les racines et dans le sol (Brundrett, 1996).

La germination des spores de cet ordre s'effectue lorsque la paroi sporale interne est forcée par le tube germinatif à partir de l'hyphe suspenseur (de Souza et Berbara, 1999) qui traverse directement la paroi sporale (Tummerup et Kidby, 1980) ou la paroi de l'hyphe suspenseur et donne naissance à un ou plusieurs tubes germinatif droits à paroi épaisse (Fig. 9).

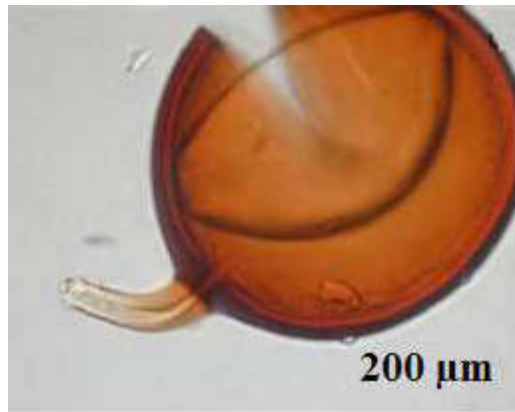


Fig.9 : spore de *Glomus* (Douira et *al.*, 2014)

Les spores sont souvent singulières ou en grappes et rarement en sporocarpes, munies d'un péricardium (collerette membranaire protectrice enveloppant une masse de spores) (Giovannetti et *al.*, 1991). Elles ont une seule paroi sporale de 13 à 26 µm de diamètre, continue avec la paroi de l'hyphe suspenseur. Cette paroi est formée d'une à six couches à structure laminaire (Blaszkowski et Czerniawska, 2008) (Fig. 10).



Fig.10 : spore de *Glomus* formant des grappes (Zeramndini, 2009)

- **Paraglomérales**

Les espèces appartenant à l'ordre des Paraglomérales forment des arbuscules, rarement des vésicules et des spores singulières dans le sol, ressemblant à celles des Glomérales, mais incolores. La paroi sporale est constituée de deux à trois couches continues avec celles de l'hyphe suspenseur, la couche superficielle se détériore et se dégrade avec l'âge. La germination se fait directement à travers la paroi sporale (Morton et Redecker, 2001) (Fig. 11).

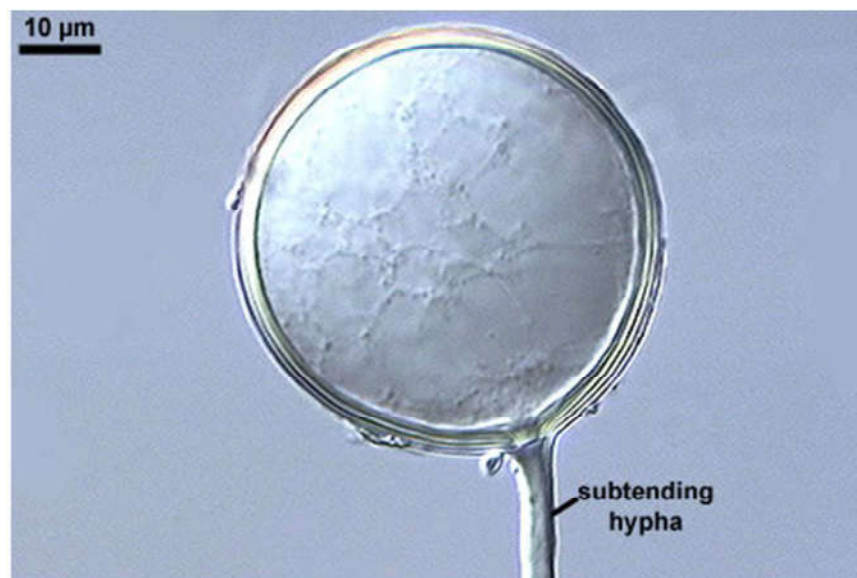


Fig.11 : aspect d'une spore *Paraglomus* spp. (Blaszkowski, 2003).

- **Archaeosporales**

Les champignons qui forment l'ordre des Archaeosporales (Morton et Redecker, 2001) forment des arbuscules et rarement des vésicules (Spain et *al.*, 2006 ; Walker et *al.*, 2007). Leurs spores identiques à celles d'*Acaulospora* et de *Glomus*, sont singulières ou en grappes, elles possèdent une paroi sporale et une paroi germinative dont chacune contient deux à trois couches (Morton et Redecker, 2001 ; Spain, 2003 ; Spain et *al.*, 2006 et Sieverding et Oelh, 2006).

Les faibles variations morphologiques entre les spores rendent souvent difficile leur identification. Des études complémentaires de caractérisation moléculaire doivent être effectuées pour analyser la variabilité génétique des champignons mycorhiziens à arbuscules (Sanders, 2004).

2.3.3.2. Etablissement de la symbiose endomycorhizienne

Les CMA sont des biotrophes obligatoires incapables de compléter leur cycle de vie de manière asymbiotique (Bonfante et Bianciotto, 1995). D'après Requena et *al.*, (2007), l'établissement de la symbiose mycorhizienne à arbuscules débute par le contact entre une racine compatible avec les hyphes germinatifs produits par les propagules des CMA (spores asexuées ou racines déjà mycorhizées). Le cycle de développement des CMA se divise en cinq stades.

Stade 1 : germination des spores et émergence d'un mycélium primaire, ou promycélium.

Stade 2 : contact racinaire et développement d'un appressorium.

Stade 3 : pénétration du CMA dans la racine et mise en place de la forme intraracinaire du champignon. Le mycélium pénètre à l'intérieur du système racinaire, se renfle en vésicules et forme des arbuscules.

Stade 4 : la mycorhize ainsi formée produit un réseau extra-racinaire à partir duquel sont différenciées de nouvelles spores.

Stade 5 : après leur maturation, ces spores seront à l'origine du promycélium de départ (stade 1).

Les CMA produisent un grand nombre de spores rondes à paroi épaisse, d'un diamètre de 50 à 100 μm contenant environ 2000 noyaux par spore (Bécard et Pfeffer, 1993), stockant de grandes quantités d'éléments carbonés, principalement sous forme de lipides de réserve (Sancholle et *al.*, 2001).

La colonisation des racines par ces champignons suit une série de trois phases (Fig. 12).

1. Phase asymbiotique : germination de la spore et ramification de l'hyphe germinative

Dans des conditions favorables tels que le pH neutre (Pons et *al.*, 1984), une température optimale de 20-30 °C (Sheikh et Sadlers, 1988), les spores peuvent germer spontanément et produire un hyphe germinatif et quelques ramifications primaires sans stimulus exogène. Cependant, d'autres facteurs peuvent inhiber la germination telle qu'une extrême sécheresse, un excès d'humidité et d'acidité du sol (Siquiera et *al.*, 1985). Lors qu'aucun partenaire végétal est à proximité, les hyphes germinatifs se cloisonnent et le

cytoplasme se rétracte dans la spore (Requena et *al.*, 2007). Les spores des CMA sont capables de germer ou d'entrer à nouveau en dormance de nombreuses fois si des signaux racinaires ne sont pas perçus (Koske, 1981).

2. Phase pré-symbiotique : le dialogue entre une plante et un champignon mycorhizogène

Avant le premier contact physique, les deux partenaires de la symbiose émettent des signaux dans le sol, qui leur permettent d'être informés de leur présence respective. Un certain nombre de gènes impliqués dans l'établissement de la symbiose seront alors activés (Bonfante et Genre, 2010).

- **Signaux émis par les végétaux**

Les plantes hôtes produisent des exsudats racinaires capables de stimuler la germination, d'induire une ramification des hyphes et de modifier l'activité métabolique du CMA (Giovannetti et *al.*, 1998 ; Buée et *al.*, 2000 et Nagahashi et Douds, 2000). Dénommées « branching factors », ces molécules ont été identifiées comme étant des strigolactones, un dérivé des apocaroténoïdes, résultant d'un clivage oxydatif de caroténoïdes (Buée et *al.*, 2000 ; Akiyama et *al.*, 2005 et Besserer et *al.*, 2006).

En plus des strigolactones, d'autres molécules ont été décrites comme potentiellement perçues par les CMA, même si leur rôle reste encore à définir. Différents flavonoïdes ou polyamines ont montré un effet sur la germination des spores ou la ramification des hyphes, toutefois leurs effets sur l'établissement de la symbiose sont contrastés, montrant des effets positifs dans certains cas et des effets négatifs dans d'autres cas (Steinkellner et *al.*, 2007 ; Scervino et *al.*, 2007 ; Hassan et Mathesius, 2012 et Cheng et *al.*, 2012).

- **Signaux émis par le CMA**

De même que pour les signaux « Nod factors » émis par les Rhizobiums, les CMA produisent des molécules diffuses qui leur permettent d'être reconnus par les plantes. Ces molécules appelées « Mycfactors » induisent l'activation de gènes chez la plante hôte relatifs à l'établissement de la symbiose (Bonfante et Requena, 2011). Parmi ces molécules sécrétées par le champignon, les Myc-LCO (LCO : lipochitooligosaccharides) ont été récemment décrites comme jouant un rôle dans la préparation de la plante à la colonisation mycorhizienne arbusculaire (Maillet et *al.*, 2011). Ces composés favorisent la mycorhization des plantes lorsqu'ils sont ajoutés de manière exogène, et induisent également la formation de

racines latérales (Maillet et *al.*, 2011). Une fois ces premiers signaux échangés, les deux partenaires mettent en place une régulation génique propre à l'établissement de la symbiose.

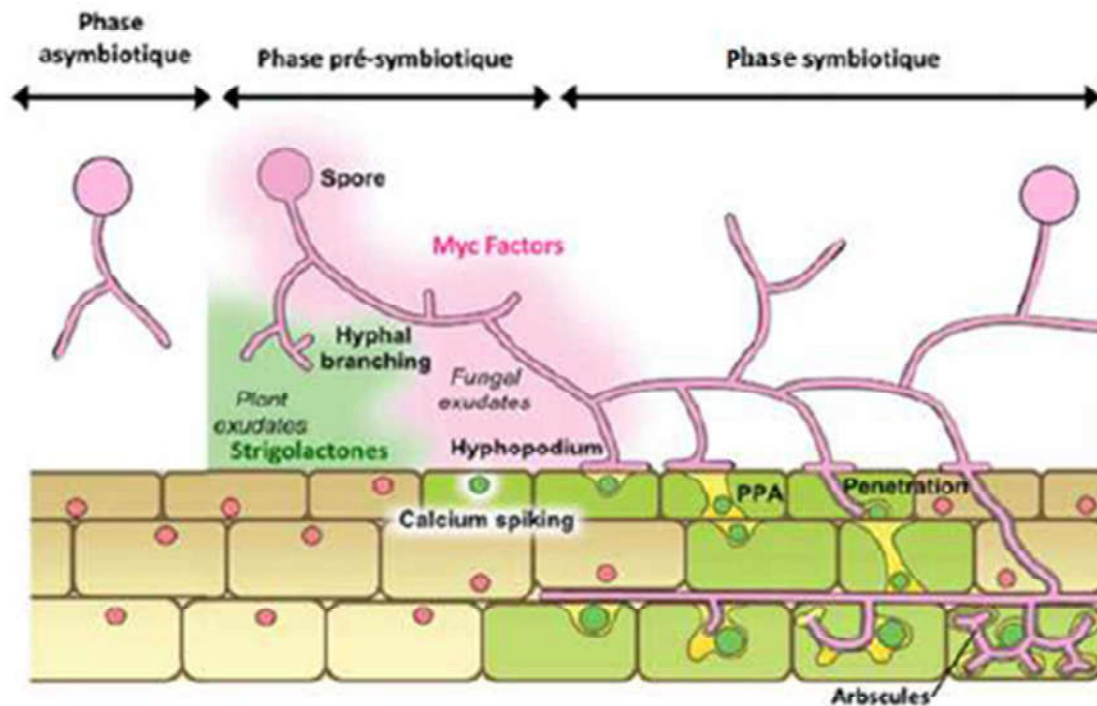


Fig. 12 : différentes phases d'établissement de la symbiose mycorhizienne arbusculaire (Bonfante et Genre, 2010).

3. Phase symbiotique : colonisation des racines de l'hôte

Le champignon forme une structure renflée au contact de l'épiderme appelée hyphopode. Les cellules végétales réorganisent leur cytosquelette et forment un système membranaire de pré-pénétration (PPA), qui va permettre au champignon d'entrer et d'atteindre la zone corticale de la racine pour y développer des structures hyper-ramifiées appelées arbuscules, lieu d'échanges entre les partenaires (Genre et *al.*, 2005, 2008). Ces structures sont entourées d'une membrane plasmique péri-arbusculaire séparant le champignon du cytoplasme végétal et assurant les échanges entre les deux partenaires grâce à des transporteurs spécifiques (Bonfante et Genre, 2010). Les arbuscules ont une durée de vie limitée estimée en moyenne à 8 jours (Javot et *al.*, 2007). Actifs pendant 4 à 5 jours (Taylor, 2010 et Kobae et Hata, 2010), les arbuscules entrent ensuite en sénescence et sont complètement éliminées de la cellule végétale qui retrouve son état initial (Javot et *al.*, 2007). Un grand nombre d'espèces de CMA, produisent également des vésicules qui sont des

structures de réserves lipidiques localisées à l'intérieur des cellules racinaires ou au niveau de l'apoplasme (Smith et Read, 2008).

3. Rôles écologiques des champignons mycorhizogènes

La symbiose mycorhizienne favorise le prélèvement et le transport vers la plante des éléments minéraux nutritifs très peu mobiles dans le sol comme le phosphore (Duponnois et *al.*, 2005 et Lambers et *al.*, 2008). En fonction du pH du sol, cet élément se retrouve en grande partie immobilisé par le fer, l'aluminium ou le calcium sous des formes difficilement accessibles par les plantes (Hinsinger, 2001). L'exploration du volume du sol par le mycélium extramatriciel et sa capacité à mobiliser des éléments nutritifs à partir des minéraux primaires favorisent la nutrition phosphatée des plantes (Manjunath et *al.*, 1989 et Landeweert et *al.*, 2001). Cette amélioration de la nutrition minérale des plantes concerne également d'autres macroéléments (N, K) et oligoéléments (B, Br, Cl, Cu, Cr, Cs, Co, Fe, Mo, Mn, Ni, Si, Zn) (Duponnois et Bâ, 1999 et He et Nara, 2007). Ces associations mycorhiziennes jouent également un rôle significatif dans la décomposition et la minéralisation de la matière organique tellurique et mobilisent les nutriments au bénéfice de la plante hôte (Gobat et *al.*, 2003 et Lambers et *al.*, 2008).

L'amélioration de la nutrition hydrique des plantes grâce à la symbiose mycorhizienne a également été déterminée et cet effet « mycorhize » est attribué à une meilleure utilisation de l'eau par la plante en raison du volume de sol exploré par les hyphes mycéliens (Garbaye, 2000 et Auge, 2001).

De nombreux résultats de recherche attribuent à la symbiose mycorhizienne un effet bioprotecteur via une réduction de l'effet pathogène de certains agents phytoparasites (Duponnois et Cadet, 1994 et St-Arnaud et *al.*, 1997) et une meilleure tolérance des plantes mycorhizées aux stress induits par les éléments traces métalliques ou par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (Leyval et Joner, 2003). Parallèlement, une nette amélioration de la structure du sol a souvent été observée en présence des mycorhizes. Le vaste réseau d'hyphes extramatriciels et leur capacité à produire des molécules agrégantes comme la glycoprotéine nommée glomaline, dans le cas de la symbiose mycorhizienne à arbuscules, permet une meilleure stabilisation du sol par la formation d'agrégats beaucoup plus stables (Rillig et Steinberg, 2002 ; Lovelock et *al.*, 2004 et Rillig et Mummey, 2006).

Les associations mycorhiziennes jouent un rôle clef dans le fonctionnement et la stabilité des écosystèmes terrestres en intervenant fortement dans les mécanismes régissant

l'évolution spatio-temporelle des écosystèmes. En effet, la présence de plantes supportant déjà des structures mycorhiziennes a été décrite comme un moyen très efficace pour assurer la régénération de l'espèce végétale, en facilitant notamment l'infection des jeunes plants et en conséquence leur survie, dans des conditions du milieu souvent hostiles (Simard et Durall, 2004). Les champignons mycorrhizogènes favorisent la coexistence entre plusieurs espèces végétales, améliorant ainsi la productivité et la biodiversité végétales dans ces écosystèmes (van der Heijden et *al.*, 1998 ; Gobat et *al.*, 2003 ; Hart et *al.*, 2003 ; Silvertown, 2004 ; Sanon et *al.*, 2006 et Kisa et *al.*, 2007). Certains auteurs ont montré qu'il existait un transfert de métabolites via des ponts mycéliens créé par le réseau d'hyphes connectant plusieurs plantes de la même et/ou d'espèces différentes (Robinson et Fitter, 1999 ; Gobat et *al.*, 2003 ; Yao et *al.*, 2003 et Simard et Durall, 2004). Par ailleurs, les associations mycorhiziennes sont fortement impliquées dans la dynamique des successions végétales. En début de succession, marquées par une pauvreté du sol en propagules mycorhiziennes, ce sont les espèces végétales qui dépendent peu de cette symbiose qui s'installeront. Par la suite, avec l'enrichissement du sol en structures mycorhiziennes et son appauvrissement en éléments nutritifs, les espèces présentant une mycotrophie plus importante leur succéderont avec une forte corrélation positive entre les biodiversités fongique et végétale (Reeves et *al.*, 1979 ; Janos, 1980 ; van der Heijden et *al.*, 1998 et Hart et *al.*, 2003).

Chapitre 2

Présentation du pistachier de l'Atlas

1. Introduction

Pistacia atlantica encore appelé bétoum en arabe, iggh en berbère a été décrit pour la première fois par le botaniste français René Louiche Desfontaine en 1798.

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf) (Fig. 13) est un arbre autochtone d'Algérie. Cette espèce constitue une véritable relique et nous dévoile peu à peu de remarquables aptitudes intrinsèques, à travers une forte adaptation et un potentiel de résilience sans pareil dans le contexte biogéographique (Benaradj et al., 2012).



Fig.13 : pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) (Hamitouche, avril 2014)

Quézel et Santa (1963) et Ozenda (1977) considèrent le bétoum comme étant une espèce endémique de l'Afrique du Nord, jusqu'aux hauts plateaux et aux régions sahariennes.

En Algérie, *Pistacia atlantica* Desf est associée au *Ziziphus lotus* (jujubier) « Tabakat » en berbère ou « Sedra » en Arabe (Blanguernon, 1955) (Fig. 14). Le jujubier, est un arbrisseau épineux, formant de grands buissons (Ozenda, 1983). Il est considéré comme plante-nurse permettant ou facilitant l'installation et la régénération du bétoum. En effet, il permet une bonne protection aux jeunes pousses contre les vents et le pâturage. Il peut également assurer au pistachier de l'Atlas un rôle d'abri, puisque qu'il confère au sol une humidité, une richesse en litière et en humus ainsi qu'à la présence d'un couvert végétal (Belhadj, 2001).



Fig.14 : touffe du jujubier (*Ziziphus lotus*) (Hales, 2016).

2.Répartition géographique

Les pistachiers sont des essences caractéristiques de la région méditerranéenne (Boudy, 1952). D'après Zohary (1952, 1987), Monjauze (1980), Ozenda (1983) et Quézel et Médial (2003), l'espèce *Pistacia atlantica* est commune aux deux régions méditerranéenne et irano-touranienne (Fig. 15).

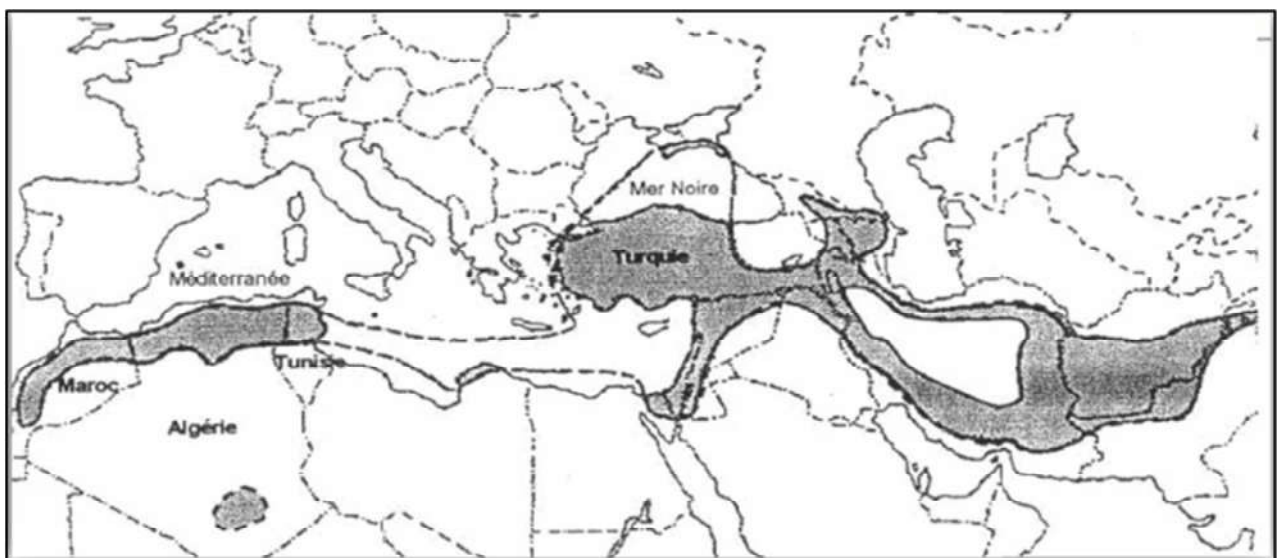


Fig.15 : carte de distribution de *Pistacia atlantica* Desf. dans le monde (d'après Alyafi (1979) ; Browiez (1988) et Khaldi (comm. pers. Zohary (1996) ; modifié par Belhadj(2007).

Le pistachier de l'Atlas est une espèce assez commune en Algérie, mais il trouve son optimum dans les régions arides et semi-arides, notamment les hautes plaines où il prospère dans les lits d'oueds et les dayas. Des peuplements plus ou moins vastes se retrouvent, ici et là, dans le Hoggar et dans l'Atlas, où le pistachier n'est arrêté dans son expansion que par la concurrence que lui opposent d'autres espèces bien plus adaptées au froid et à l'humidité (Fig. 16).

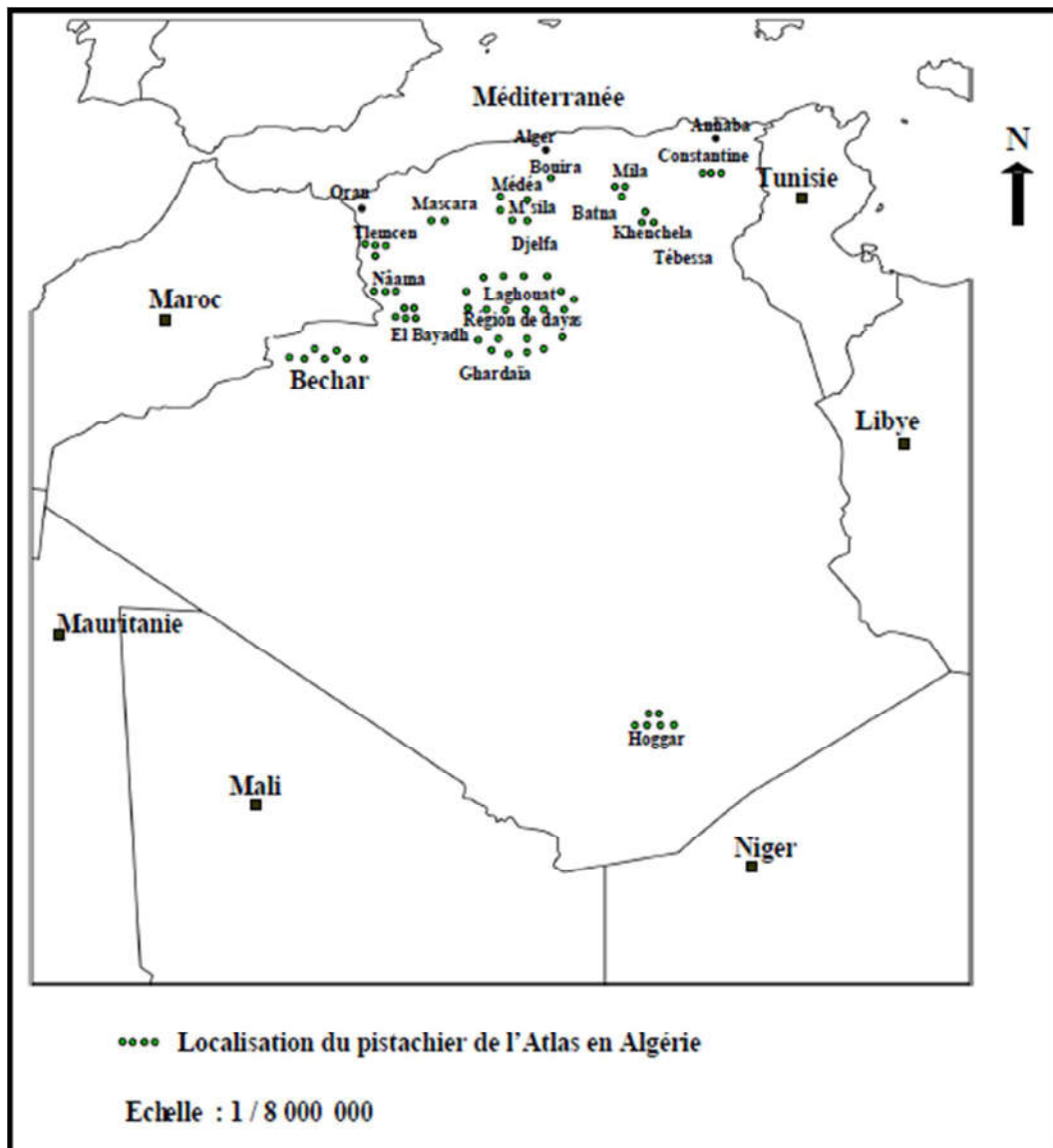


Fig. 16 : répartition du pistachier de l'Atlas en Algérie d'après Monjauze (1980) modifié par Kebci (2008).

3.Caractéristiques botaniques

Pistacia atlantica Desf appartient à l'ordre des Sapindales et à la famille des Anacardiaceae (Spichiger et al., 2002). Au Nord de l'Afrique et au Proche Orient, Monjauze (1980) l'a défini comme étant l'arbre le plus ubiquiste, pouvant atteindre 20 m à 25 m de hauteur (Monjauze,1980 ; Zohary,1987).

3.1. Système racinaire

Le système racinaire du pistachier de l'Atlas n'est pas moins impressionnant (Fig. 17). En effet, selon Chaba et al. (1991), Ait Slimane (2004), Limane et al. (2014), Boubrima (2014), et Hamitouche (2016) le pistachier de l'Atlas présente un système racinaire vigoureux à extension horizontale et verticale. Au stade juvénile, il présente un pivot séminal et orthogéotrope à ramifications latérales, se ramifiant profondément dans le sol pour que la plante puisse se fixer au sol et s'alimenter en ressources hydrominérales. Il offre par la suite un système racinaire mixte, à extension verticale profonde et horizontale superficielle. Mais au stade adulte, le pivot peut se développer et se lignifier, comme il peut disparaître et laisser place aux racines secondaires pour développer et donner par la suite un système racinaire à extension latérale ou superficielle. Les deux types de racines peuvent aussi se développer pour donner le type généralisé (racines à extension verticale et latérale).



Fig. 17 : système racinaire du pistachier de l'Atlas (Ait Slimane, 2004).

Le système racinaire du pistachier de l'Atlas établit des relations symbiotiques principalement avec des espèces fongiques pour faire face aux conditions climatiques et édaphiques. Ces microorganismes sont observés et confirmés par plusieurs travaux menés au Laboratoires Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou à savoir : Abed (2006), Ait Zegagh-Benamara (2006), Mellah (2007), Amarache et Chelli (2008), Smail et al., (2008), Hadj Benamane et Ould Amrouche (2009), Raab (2010), Redjdal (2010), Yazag (2013), Ferhani (2015), Mechiah (2015), Hales (2016) et Haddouche (2017). Ces travaux montrent que le pistachier de l'Atlas établit des associations symbiotiques de type : mycorhizien et endophytique (DSE).

3.2. Tronc

Le tronc du pistachier de l'Atlas mesure en moyenne 2 m de circonférence (Négre,1962). Sa couronne est en boule au jeune âge, puis se développe en demi-sphère. Pour Emberger (1942), c'est un arbre à couronne volumineuse arrondie.

3.3. Ecorce

L'écorce de l'arbre est d'abord rouge, puis grisâtre assez clair avant de devenir un rhytidome dur et crevassé, tessellé en profondeur, disposé en damier et noirâtre comme celui du frêne oxyphylle (Monjauze, 1980) (Fig. 18). C'est un arbre résineux. Les suintements du tronc d'arbre donnant l'écorce rouge est utilisé dans la tannerie des peaux (Yousfi,2003).

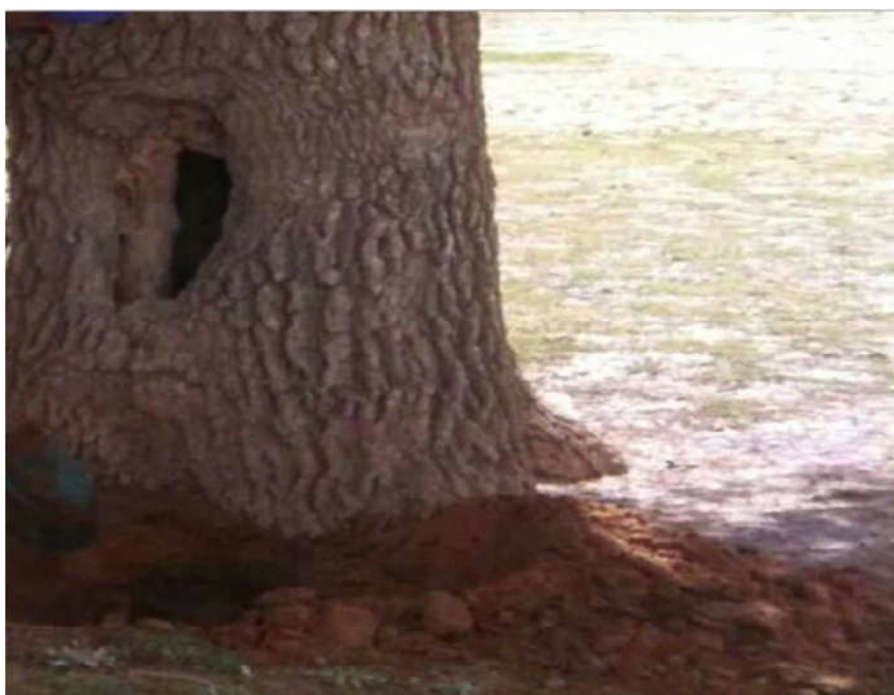


Fig.18 : écorce d'un pied du pistachier de l'Atlas (Hales, 2016).

3.4. Bois

Ozenda (1977) souligne que le bois du pistachier de l'Atlas est remarquablement dur. Monjauze (1980) le décrit comme un bois lourd, peu résilient et de bonne conservation.

3.5. Feuilles

Les feuilles sont souples caduques en automne (Fig. 19), imparipennées à rachis finement ailé, composées de 7-9 folioles larges (Fennane et al., 2007). Elles sont alternes et mesurent rarement plus de 12 cm de longueur totale (Monjauze, 1980). Le pétiole est non ailé (Meikle, 1977 in Belhadj, 2007) ou à peine ailé (Tutin et al., 1981 in Ait Said 2011).

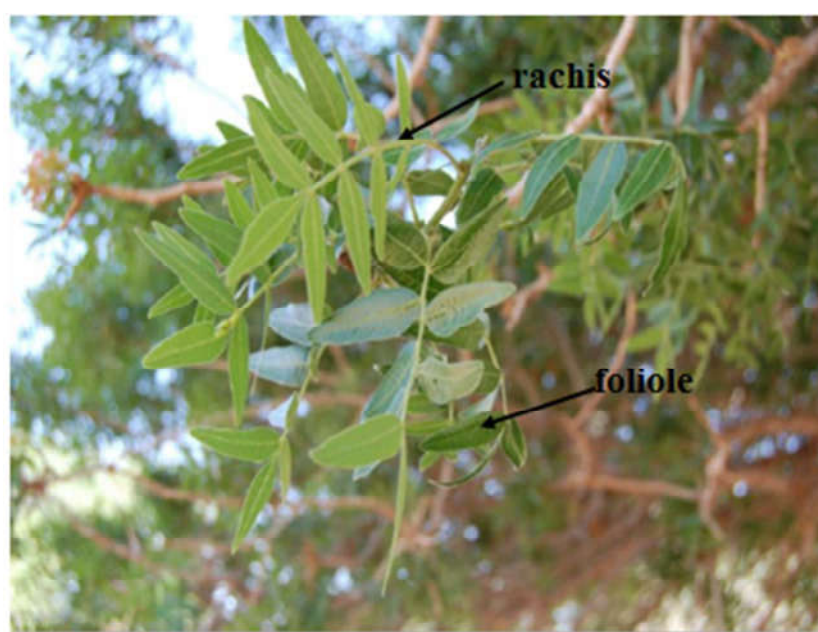


Fig.19 : feuilles du pistachier de l'Atlas (Mechiah, 2015).

Les feuilles du pistachier de l'Atlas sont adaptées à la sécheresse atmosphérique. En effet, les travaux de Smaïl-Saadoun (2005) ont mis en évidence chez les populations étudiées, une absence totale de stomates au niveau de la face supérieure. A l'inverse, les épidermes de la face inférieure montrent une densité stomatique élevée.

Hadj Benamane et Ould Amrouche (2009) à Theniet El Had ont signalé des mycoendophytes dans les feuilles de cette espèce. Cela est confirmé par les travaux de Zareb (2014) et Benfodil (2015) sur les feuilles de la population de Timzerth, à Lagouat.

3.6. Fleurs

La floraison qui apparaît juste avant la feuillaison débute au mois de février (Gundwag,1976). C'est une espèce dioïque, les fleurs mâles et femelles sont portées par des pieds différents (Ozenda, 2004) (Fig. 20). L'inflorescence mâle est une panicule et l'inflorescence femelle est une grappe, la pollinisation est anémophile (Alyafi,1979).



Fig. 20 : Fleur en grappes de *Pistacia atlantica* (Benaradj et al., 2015).

3.7. Fruits

Les fruits sont appelés El-Khodiri. Cette appellation est due à la couleur vert foncé que prend ce dernier à sa maturité (Fig. 21). Ce sont des drupes comestibles de la taille d'un pois, ovoïdes et aplaties, pointues à leur sommet (Sahli,1997), à endocarpe osseux et mésocarpe sec plus ou moins plissé (Alyafi,1997), mesurant 0,5 cm de diamètre (Négre,1962) et ne dépassant pas les 0,5 cm de longueur. Il atteint sa maturité à la fin de l'été, entre le mois d'août et le mois de septembre (Khaldi et Khoudja, 1996). La fructification débute vers la fin du mois de mars (Yaaqobi et al.,2009).



Fig. 21 : fruits immatures du pistachier (Mechiah, 2015).

4.Exigences écologiques du pistachier de l'Atlas

4.1. Exigences climatiques

4.1.1. Pluviométrie

Le pistachier de l'Atlas reçoit une pluviométrie maximale de l'ordre de 1000 mm/ an au niveau de sa limite septentrionale à l'ouest Algérien et reçoit environ 600 mm/an sur le bord méridional de l'Atlas Tellien. Cette quantité de pluie décroît jusqu'à 250 mm dans les plaines de Boghari et Boughzoul (Morsli,1992), allant jusqu'à 70mm à Ghardaïa (Sahli,1997). Belhadj (1998) signale qu'il reçoit 350 mm/an dans la région de Messaad à 100 km du chef-lieu de la wilaya de Djelfa.

4.1.2. Température

Le bétoum est une espèce xérophile et vigoureuse, elle résiste à la sécheresse que l'on trouve dans les zones rocailleuses arides et semi-arides. Elle supporte des températures élevées (49°C à Ghardaïa) et des températures basses (-12°C à Djelfa) (Salhi,1997).

4.1.3. Lumière

D'après Monjauze (1968), le bétoum est une essence héliophile à l'état adulte et à l'état jeune, les semis se trouvent dans les touffes de *Ziziphus lotus* L. et bénéficient ainsi de la lumière nécessaire à leur croissance. Ait Radi (1979) signale qu'un ombrage important nuit à la fructification du pistachier.

4.1.4. Altitude

Le pistachier de l'Atlas peut se développer jusqu'à 2000m d'altitude dans les montagnes sèches (Atlas Saharien) (Belhadj, 1999). Par ailleurs, Alcaraz (1970) note que le pistachier de l'Atlas se rencontre à une altitude de 45m dans la région de Mohammédia (ouest algérien) et jusqu'à une altitude de 590m à Mascara.

4.2. Caractéristiques édaphiques

Selon Nègre (1962), le pistachier de l'Atlas est indifférent au type de sol. Cette essence supporte bien les sols limono-argileux et se développe sur les roches calcaires, où les racines s'insinuent et se développent à l'intérieur des fissures (Khaldi et Khoudja, 1996). Il préfère aussi les terrains argileux et les alluvions de plaines (1985 in Tahrour, 2005).

Brown et al. (1994) signalent que le pistachier de l'Atlas occupe une variété de sol qui se caractérisent par un pH élevé.

Selon Quézel et Médail (2003), le pistachier de l'Atlas peut occuper les fentes de rochers et de falaises (dans ce cas, sous forme d'individus prostrés et plaqués aux rochers), les terrains plats sur sols profonds ou très rocailleux et les lits d'oueds ou les grandes dépressions temporairement humides.

Les sols sous pistachier de l'Atlas précédemment étudiés présentent majoritairement une texture à dominance limoneuse-fine à limoneuse-fine-argileuse à fraction sableuse (Tableau 2).

Tableau 2 : Texture des sols sous pistachier précédemment étudiés.

Population	Textures	
Sidi Naâmane (Médea) (Limane et al. (2014))	Limono-argileuse	
Theniet El Had (Tissemsilt) (Tisgouine, 2010)	Limoneuse et limono-sableuse	
El Mergueb (M'sila) (Limane, 2009)	Limoneuse et sablo-limoneuse	
Boucédria (Djelfa) (Bentaleb, 2011)	Limono-sableuse, limoneuse à limoneuse fine.	
Lekhneg (Laghouat) (Limane et al. (2014))	Limono-sableuse	
Aïat, Tîmzerth (Laghouat) (Deguiche, 2008)	Limoneuse	
Tirlhem (Laghouat) (Bounceur, 2009)	Limoneuse fine, limono-sableuse.	
Aïat, Tîmzerth (Laghouat) (Amroune, 2013)	Sablo-limoneuse, limono-sableuse à limon-argilo-sableuse.	
Saadi,Hassi Delâa (Laghouat) (Boubrima, 2014)	Limoneuse à limoneuse fine, limono-sableuse, et limono-argileuse.	
El Gouffa (Laghouat) (Hamitouche, 2016)	Limoneuse fine, limoneuse-fine-argileuse	
Béni Ounif (Béchar) (Limane et al, 2014)	Sablo-limoneuse	

D'après les résultats des études précédemment menées au laboratoire Ressources Naturelles, les sols sous pistachier sont caractérisés par un pH neutre à basique (Tableau 3).

Tableau 3 : intervalles de pH des sols sous pistachier de l'Atlas précédemment étudiés

Population			Intervalle de pH
Theniet El Had	(Tissemsilt)	(Tisgouine,2010)	6,17-7,52
Oued Besbes	(Médéa)	(Tahrour, 2005)	7,26-7,86
Boucédraia	(Djelfa)	(Bournine,2007)	7,96-8,00
Boucédraia	(Djelfa)	(Bentaleb, 2011)	7,39-8,40
El Mergueb	(M'sila)	(Limane,2009)	7,5-8,70
Aiat, Timzerth	(Laghouat)	(Boubrima, 2014)	7,57-7,88
Timzert	(Laghouat)	(Deguiche,2008)	8,07-8,51
Aiat, Timzerth	(Laghouat)	(Amroun, 2013)	7,27-8,66
Saadi,HassiDelaa	(Laghouat)	(Boubrima, 2014)	7,53-8,02
Tilghemt (Centre)	(Laghouat)	(Bounceur,2009)	8,26-8,44
El Gouffa	(Laghouat)	(Hamitouche, 2016)	8,02-8,41
Béni Ounif	(Béchar)	(Bournine,2007)	8,09-8,46

D'après Pouget (1980), l'aridité influe sur le couvert végétal, la diminution du couvert végétal se traduit par une diminution du taux de matière organique dans le sol (Tableau 4).

Tableau 4 : taux de matière organique obtenus dans différents sols sous pistachiers précédemment étudiés.

Population			Intervalle de MO (%)
Boucédraia	(Djelfa)	(Bournine, 2007)	0,98-1,65
El Mergueb	(M'sila)	(Limane, 2009)	1,11-5,45
Aiat, Timzerth	(Laghouat)	(Boubrima, 2014)	0,21-1,26
Timzerth	(Laghouat)	(Deguiche, 2008)	0,10-2,42
Tilghemt(centre)	(Laghouat)	(Bounceur, 2009)	0,50-1,69
Saadi, Hassi Delaa	(Laghouat)	(Boubrima, 2014)	1,33-3,41
El Gouffa	(Laghouat)	(Hamitouche, 2016)	0,22-1,41
Beni Ounif	(Béchar)	(Bournine, 2007)	1,74-2,76

Les racines du pistachier n'ont pas de mal à se développer dans les sols calcaires (Khaldi et Khoudja, 1996) (Tableau 5).

Tableau 5 : taux de calcaire obtenus dans différents sols sous pistachiers précédemment étudiés.

Population			CaCO3 total (%)
Boucédraia	(Djelfa)	(Bournine, 2007)	10,41-16,66
El Mergueb	(M'sila)	(Limane, 2009)	3,13-34,37
Timzerth	(Laghouat)	(Deguiche, 2008)	5,62-51,87
Tilghemt(centre)	(Laghouat)	(Bourceur, 2009)	7,81-32,81
El Gouffa	(Laghouat)	(Hamitouche, 2016)	4,53-18,75
Beni Ounif	(Béchar)	(Bournine, 2007)	25-30

5. Propriétés et utilisation

Le genre *Pistacia* est connu par ses propriétés médicinales depuis l'antiquité. En effet, les plantes de ce genre ont été utilisées en médecines traditionnelle pour le traitement de l'eczéma, des infections de la gorge, des calculs rénaux, de l'asthme et des douleurs d'estomac, mais aussi comme anti-inflammatoire, antiviral etc... (Kordali et al, 2003).

Pistacia atlantica est un arbre à la fois protecteur et productif (Monjauze, 1967). Il fournit un bois lourd peu résilient de bonne conservation. C'est un bois d'artisanat et un bois excellent pour le chauffage et la carbonisation (Monjauze, 1980). Cette essence peut être utilisée dans les reboisements pour la protection de la steppe pastorale, en raison de sa rusticité et sa résistance à la sécheresse. Dans ce cadre, en Algérie 100 ha environ sont plantés chaque année en *Pistacia atlantica* dans les actions du barrage vert (Chaba et al., 1991). En plus de l'utilisation écologique du *Pistacia atlantica* dans les programmes de reboisement et la préservation des terres, il a l'avantage aussi d'être un bon porte-greffe et un bon pollinisateur pour *Pistacia vera* (Crossa-Raynaud, 1984 ; Isfendiyaroglu et al., 2001 ; Ozkeret al., 2006 et Maria et al., 2010).

L'écorce produit une résine-mastic (Oléorésine), qui exsude naturellement de façon abondante par temps chaud (Dogan et al., 2003). Les populations locales faisaient autre fois quelques usages. La pharmacie s'est longtemps servi pour la fabrication d'onguent (Monjauze, 1980). Cette résine dont l'odeur rappelle celle de térébenthine est largement utilisée en industrie photographique et en médecine dentaire. Elle est également utilisée comme colle (Yousfi et al., 2003).

Les feuilles du pistachier de l'Atlas donnent un extrait phénolique qui présente une activité antifongique considérable et qui trouve ses utilisations dans le domaine pharmacologique (Benhamou et al. 2008).

Le fruit du pistachier de l'Atlas est une source importante de nourriture, même si les fruits sont plus petits et non pas de valeur commerciale comme celles produites dans les vergers principalement à partir de la culture de *Pistacia vera* L. (Pourezza et al., 2008). Les graines sont séchées, écrasées ou moulues et ramassées avec de l'eau sucrée et consommées en boulettes ou bien séchées et croquées telles quelles comme des cacahuètes (Belhadj, 2001).

Chapitre 3

Matériel et méthodes

1. Description de la zone d'étude

1.1. Situation géographique

Notre station d'étude dayate El Gouffa est située à 80 km au sud du chef-lieu de la ville de Laghouat (Fig. 22). Notre daya est de type jeune. Elle est située à une altitude allant de 900 à 1000 m (Fig. 23).

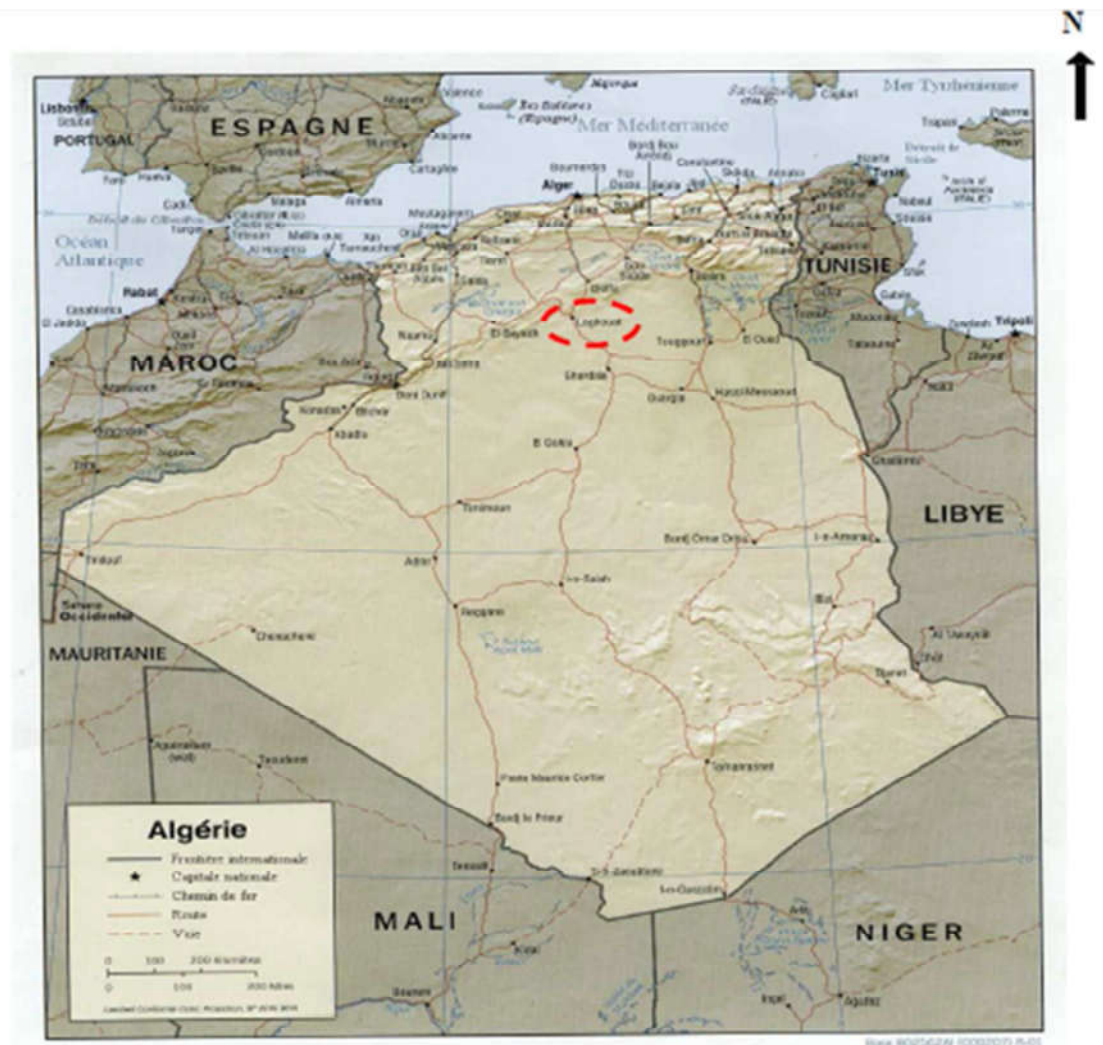


Fig. 22 : localisation de la wilaya de Laghouat (Anonyme, 2015) échelle 1/120 000^e.

Les dayas de Laghouat sont à fond très plat, jamais complètement imperméables, de forme régulière et peuplées de *Pistacia atlantica* Desf. *Ziziphus lotus*, ainsi que d'autres espèces végétales adaptées à la texture et au régime de submersion temporaire. Cette végétation offre aux dayas un effet oasis, faisant d'elles un refuge d'une biodiversité importante (Pouget, 1980).



Fig. 23 : image satellite montrant la localisation de dayate El Gouffa (Google earth, 2014).

1.2. Bioclimat de la zone d'étude

Notre zone d'étude (dayate El Gouffa) étant dépourvue de stations météorologiques (O.N.M), il est possible d'illustrer les caractéristiques essentielles de son climat en prenant les données bioclimatiques de la station de Laghouat comme référence. Cette station se situe à 777 m d'altitude, 33° 53' Nord de latitude 02° 31' Est de longitude sur la route de khenag (Boubrima, 2014).

1.2.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme de Bagnouls et Gaussen (1953) permet de définir la période sèche, en mettant en regard les précipitations et les températures (Fig. 24).

La saison sèche selon le diagramme de Bagnouls et Gaussen (1953) pour caractériser un mois biologiquement sec est celui où le total des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne du même mois en degrés Celsius :

$$P \leq 2T^{\circ}$$

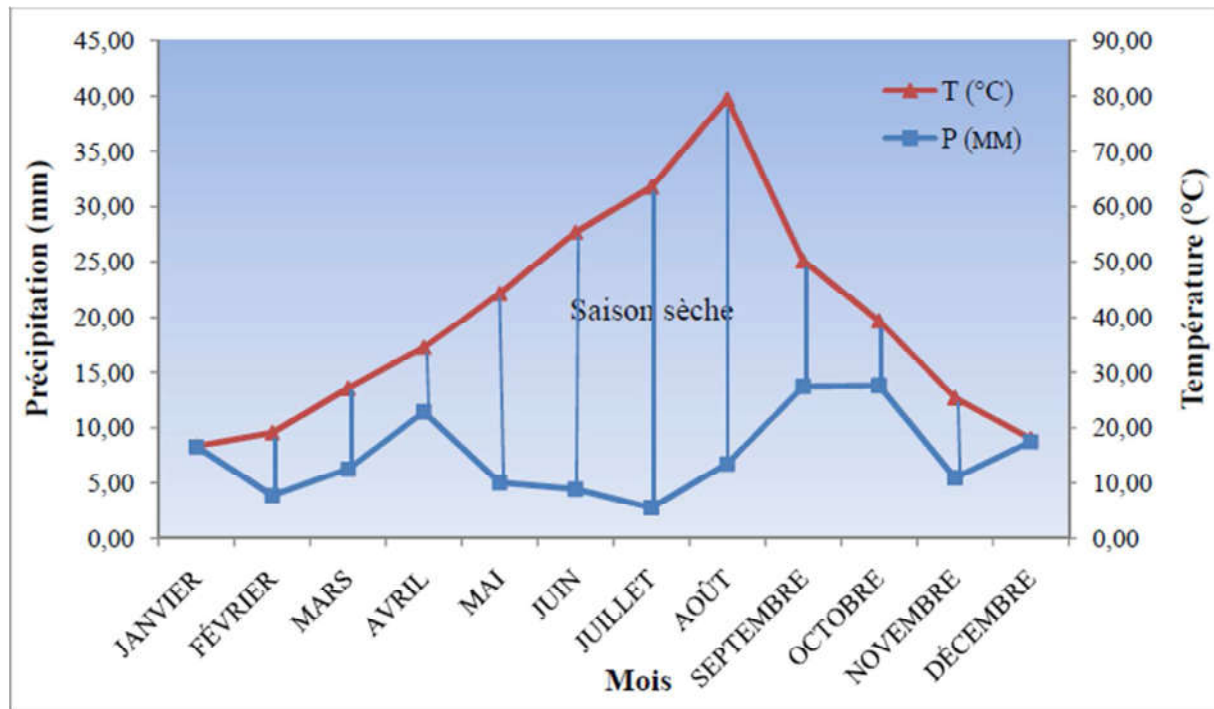


Fig. 24 : diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station d'étude (2002-2012) (Boubrima, 2014).

L'analyse de la figure révèle une longue période de sécheresse qui s'étale du mois de janvier au mois de décembre (Boubrima, 2014).

1.2.2. Zonation éoclimatique de Le Houérou (1995)

La zonation éoclimatique de Le Houérou (1995) concerne spécialement les régions de l'Afrique du Nord. Elle consiste à tracer un diagramme qui porte sur les ordonnées le quotient pluvio-évapotranspiratoire (P/ETP_p) et sur les abscisses les moyennes des températures minimales du mois le plus froid (Fig. 25). Le croisement de ces deux variables donne l'étagement bioclimatique de la région étudiée.

Les données nécessaires pour la zonation éoclimatique selon la méthode de Le Houérou (1995) sont données dans le tableau 6.

Tableau 6 : données et paramètres utilisés dans la classification écoclimatique de la station de Laghouat (2002-2012) (Boubrima, 2014).

Station	Altitude (m)	P (mm)	M (°C)	M (°C)	M+m/2	ETPp	P/ETPp	(P/ETPp) ×100	Classification
Laghouat	777	181,42	40,89	2,03	21,46	1473	0,12	12	Aride inférieur à hiver frais

ETP correspond à l'évapotranspiration calculée à partir de la formule de Penman :

$$ETP = ((M+m) / 2) \times 68,64$$

La zone aride est caractérisée à la fois par son climat toujours peu pluvieux et parfois très sec et très irrégulier. La végétation est herbacée ou frutescente, rarement arborée, très irrégulièrement répartie, elle constitue un couvert excessivement lâche (Aubert, 1960 *in* Hamitouche, 2016).

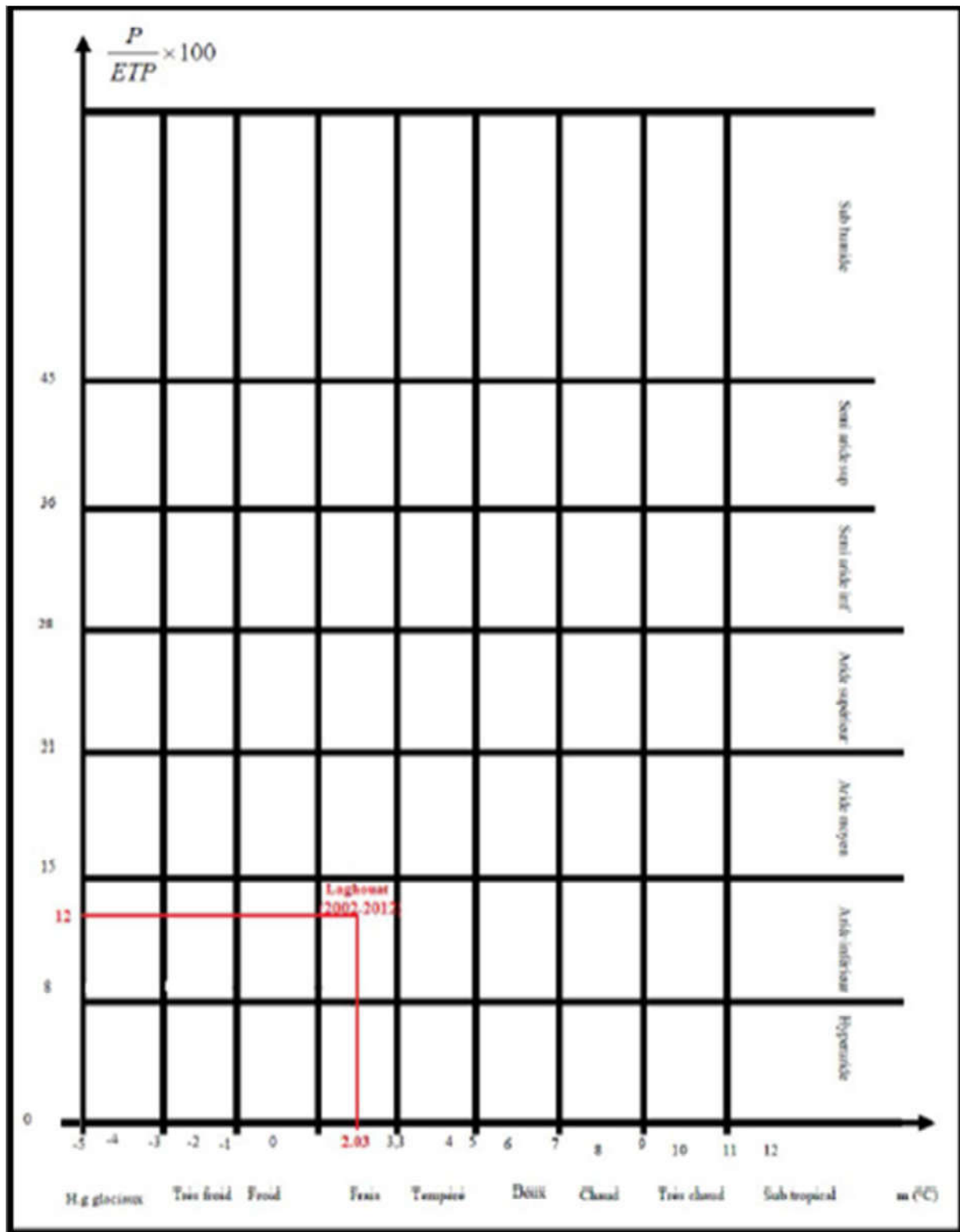


Fig. 25 : zonation éoclimatique de la station d'étude selon la méthode de Le Houérou (1995) (Boubrima, 2014)

En se référant à cette zonation éoclimatique, notre station d'étude est classée dans l'étage bioclimatique aride inférieur à hiver frais.

2. Echantillonnage sur le terrain

Les sols du pistachier de l'Atlas, objet de notre étude ont été récoltés au mois d'avril, 2016. L'échantillonnage des sols s'est porté sur six sujets de classes d'âges différentes qui ont été choisis d'une manière subjective.

Les caractéristiques générales des sujets sont résumées ci-dessous.



Fig. 26 : sujet 1, dayate de El Gouffa
(Laghout, avril 2016)

Sujet 1 : mâle âgé

Altitude : 968,95 m

Latitude : 33°29.534 N

Longitude : 2°13.344 E



Fig. 27 : sujet 2, dayate El Gouffa
(Laghout, avril 2016)

Sujet 2 : femelle âgée

Altitude : 966,52m

Latitude : 33°29.606 N

Longitude : 2°13.358 E



Fig. 28 : sujet 3, dayate El Gouffa
(Laghouat, avril 2016)

Sujet 3 : mâle moyen
Altitude : 957,3768 m
Latitude : 33°29 694 N
Longitude : 2°13 354 E



Fig. 29 : sujet 4, dayate El Gouffa
(Laghouat, avril 2016).

Sujet 4 : femelle moyenne
Altitude : 965,9112 m
Latitude : 33°29 529 N
Longitude : 2°13 308 E



Sujet 5 : immature

Altitude : 965,30 m

Latitude : 33°29 702 N

Longitude : 2°13 405 E

Fig. 30 : sujet 5, dayate El Gouffa
(Laghouat, avril 2016).



Sujet 6 : immature

Altitude : 959,5104 m

Latitude : 33°29 709 N

Longitude : 2°13 362 E

Fig. 31 : sujet 6, dayate El Gouffa
(Laghouat, avril 2016).

3. Echantillonnage des sols

Les sols sous pistachier de l'Atlas des six sujets sont prélevés à partir d'un profil racinaire, à 20 cm de profondeur.

Les sols ont été conservés dans des sacs en plastique portant les informations suivantes : le nom de la daya, le numéro du sujet et le niveau échantillonné, ensuite transportés au laboratoire et conservés à des températures ambiantes. Les sols ont été séchés à l'air libre pendant 48 heures, puis tamisés (2 mm pour le diamètre des mailles) pour obtenir une terre fine. Pour chaque échantillon de sol, nous avons prélevé 100 g ensuite séchés à l'étuve pendant 5h de temps à une température de 120°C. Ces échantillons ont été préparés pour l'extraction des spores selon la méthode du tamisage humide (Gerdemann et Nicolson, 1963).

4. Extraction des spores à partir du sol

4.1. Extraction des spores par tamisage humide

Pour l'extraction des spores de champignons mycorrhizogènes, nous avons utilisé la méthode de tamisage humide adapté par Gerdemann et Nicolson (1963).

Un échantillon de 100 grammes de sol a été mis en suspension dans de l'eau du robinet agité vigoureusement afin de séparer les propagules fongiques et les particules de sol. La suspension a été versée sur une série de tamis superposés à mailles décroissantes (1,6 mm, 280,125,56 μ m). Les racines et les grosses particules du sol ont été récupérés au tamis dont le diamètre de mailles est à 1,60 mm.

4.2. Séparation de spore avec une solution de saccharose

Les suspensions sporales ont subi une première centrifugation pendant 10 minutes à 2000 TPM (tour par minute). Le surnageant de chaque tube à centrifugation a été filtré sous vide sur tissu blanc en mousseline. Les spores d'apparence saines ont été extraites manuellement à l'aide d'une lame à bistouri pointue, sous la loupe binoculaire. Après, cette suspension sporale a été centrifugée pour une deuxième fois avec une solution de saccharose de 25%, afin de concentrer les spores et de réduire la présence de particules de sol et de fragments de racines. Les tubes ont été centrifugés pendant 10 minutes à une vitesse de 2000 TPM. Le sol et les débris ont sédimenté au fond des tubes à centrifugation. Les spores sont concentrées dans la solution de saccharose. Le surnageant de chaque tube à centrifugation a été filtré puis lavé abondamment, mais délicatement pour diluer la solution sucrée. Ensuite, le reste des spores a été isolé.

4.3. Identification microscopique des spores

Les spores ont été examinées sous la loupe binoculaire et les spores moribondes ont été éliminées. Les spores ont été placées entre lame et lamelle dans une goutte de gélatine glycerinée. L'identification des caractéristiques des spores a été réalisée à l'aide d'un microscope optique et les spécimens ont été photographiés à l'aide d'un appareil photo numérique.

La description des espèces et la détermination des couleurs ont été réalisées à l'aide de clé d'identification de la collection internationale de culture de champignons mycorhiziens à vésicules et arbuscules (INVAM) et aux différents articles collectés.

5. Analyse statistique

- Calcul des abondances (nombre de spore de chaque genre/le nombre total de spore pour chaque sujet).
- Calcul de la densité des communautés de spores de CMA (nombre total de spore /100g du sol pour chaque sujet).
- Analyse de la variance (ANOVA) : fait grâce au logiciel Stat Box 6,40.
- Une analyse en composants principale (A.C.P) : pour mettre en évidence la distribution spatiale des différentes familles de Glomeromycètes en fonction des sujets échantillonnés, grâce au logiciel Stat Box 6,40.

Chapitre 4

Résultats et discussion

1. Mise en évidence des spores sous pistachier de l'Atlas

Après observation microscopique des spores prélevés, nous avons pu différencier plusieurs morphotypes de CMA.

1.1. Nombre de morphotypes de champignons endomycorhizogènes

Les différents types de spores sont différenciés sur la base de leurs caractéristiques morphologiques à savoir la couleur, la taille, la structure de la paroi et la présence ou l'absence de l'hyphe suspenseur.

Malgré l'aridité qui caractérise notre day, les champignons endomycorhizogènes présentent une diversité remarquable, au niveau des sols échantillonnés de tous les sujets étudiés. D'après l'identification des spores retrouvées, nous avons pu recenser 15 morphotypes du genre *Glomus*, 9 morphotypes du genre *Acaulospora*, 3 morphotypes du genre *Ambispora*, 1 morphotype du genre *Gigaspora* et seulement 2 morphotypes indéterminés.

Nous remarquons une diversité importante du genre *Glomus* au niveau des sols rhizosphériques de *Pistacia atlantica* Desf. Ces résultats sont en accord avec ceux de Azcon Aguilar et al. (2003), Wang et al. (2008) et Bâ et al. (1996) qui signalent que les champignons appartenant aux genre *Glomus* présentent le plus grand nombre de morphotypes dans les sols des zones semi-arides, ceci peut être expliqué par sa capacité d'adaptation aux sols dégradés et leur aptitude à développer un réseau d'hyphe et de sporuler rapidement.

Nous avons trouvé des spores qui sont plus souvent solitaires et quelque fois en grappe (sporocarpe). Ces spores sont de taille, de forme et de couleur différentes qui présentent des parois épaisses contenant plusieurs couches stratifiées (Fig. 32b). La présence des hyphes suspenseurs (Fig. 32d) de différente forme qui relient les spores au mycélium sont des éléments caractéristiques du genre *Glomus* (Fig. 32).

1.2. Abondance de la communauté sporale de CMA

Le tableau ci-dessous résume l'abondance de différents genres de Glomeromycota isolés à partir des échantillons de sol du pistachier de l'Atlas.

Tableau 7 : abondance de différents genres de Glomeromycota isolés à partir des échantillons de sol du pistachier de l'Atlas.

Genres	Familles	Ordres	Abondance
<i>Acaulospora</i>	Acaulosporaceae	Diversisporales	71.28%
<i>Glomus</i>	Glomeraceae	Glomerales	25.89%
<i>Ambispora</i>	Ambisporaceae	Archaeosporales	1.3%
<i>Gigaspora</i>	Gigasporaceae	Diversisporales	0.44%
Indéterminés	/	/	1.92%

Selon le tableau 7, le genre *Acaulospora* est le plus abondant parmi tous les genres recensés dans les sols rhizosphériques de *Pistacia atlantica* Desf. Son abondance est de 71,28%, suivi par le genre *Glomus*, avec 25,89%. Les autres genres de champignons endomycorhizogènes prélevés sont très faiblement répandus, tel que *Ambispora* et *Gigaspora*.

La prédominance du genre *Acaulospora* pourrait être due à leur adaptation aux différents types et pH du sol (Jefwa et al., 2006 ; Starker et al., 2010). Ce genre est omniprésent dans les sols des zones arides.

Nous avons remarqué que l'abondance des genres est plus importante dans les sols des sujets de notre étude par rapport à celle obtenu par Mechiah (2015).

2. Densité de la communauté sporale de CMA

Le tableau ci-dessous résume la densité des spores/100g de sol rhizosphérique de chaque sujet échantillonné.

Tableau 8 : densité de spores/100g de sol sous pistachier de L'Atlas

Sujets	Densité de spore/100g du sol
Sujet 1	316
Sujet 2	47
Sujet 3	237
Sujet 4	93
Sujet 5	586
Sujet 6	168

D'après ce tableau, le nombre de spores dans les sols échantillonnés varie entre 47 et 586 spores/100 g du sol. La plus grande valeur a été enregistrée pour le sujet 5 suivi par le sujet 1. Ces derniers semblent être les plus riches en propagules de champignons endomycorhizogènes. Pour les sujets 3 et 6, la densité est moyenne. Par ailleurs, on note que les sujets 2 et 4 sont pauvres en spores (Fig. 37).

Nous avons remarqué que la densité sporale est plus importante dans les sols des sujets de notre étude par rapport à celle obtenus par Mechiah (2015) qui a travaillé sur la même Daya ; cela pourrait être dû à l'année d'échantillonnage.

Selon certains auteurs la densité des spores de CMA augmente dans les climats secs (Uhlmann et *al.*, 2006) ; elle liée à leur adaptation aux écosystèmes chauds secs et arides (Mangan et *al.*, 2004 ; Tao et Zhiwei, 2005).

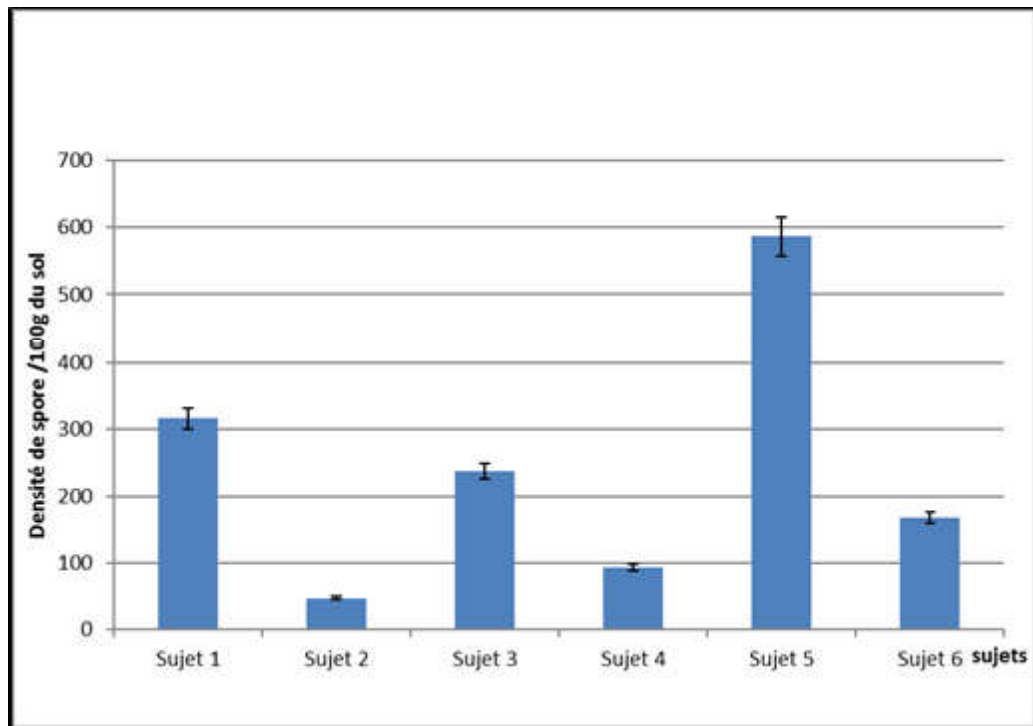


Fig. 37 : densité de spores/ 100g des sols sous pistachier de l'Atlas.

Une densité importante des spores est isolée dans les sols rhizosphériques du pistachier de l'Atlas. Cela pourrait être lié à la saison d'échantillonnage (printemps). Selon une étude faite par Pringle et Bever (2002), les espèces fongiques sporulent différemment selon les saisons. Smith, (1980) a montré que les densités maximales des spores sont notées au printemps et elles diminuent en été.

La variation de la densité sporale est en relation direct avec le stade végétatif de la plante (Moreira- Souza et *al.*, 2003). Selon Hatimi et Tahrour (2007), la production des spores est importante pendant la floraison des plantes. Elle décroît en fin de saison, quand les plantes sont en fin de cycle avec changement physiologique des racines. Ceci explique les taux importants de densité sporale et de colonisation mycorhizienne trouvée, dans notre étude, pendant la saison printanière.

3. Analyse de la variance (ANOVA)

Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) illustrés par le tableau 9 nous révèlent que les différences sont significatives entre les genres de la communauté fongique des Glomeromycota recensés au niveau des sols de chaque sujet au seuil de signification $\alpha = 0,05$. Cela pourrait être expliqué par la présence de tous ces genres pour accomplir

leur rôle dans le sol face aux conditions édaphiques, sauf que pour les morphotypes de *Gigaspora* où la différence est non significative ($P=0,58$).

Tableau 9 : résultats de l'ANOVA appliquée sur les genres des champignons endomycorhizogènes des sols sous pistachier de l'Atlas de la dayate El Gouffa (Laghouat).

Variables	Probabilités	Conclusion
<i>Acaulospora</i>	$P=0,00$	Significative
<i>Glomus</i>	$P=0,00$	Significatives
<i>Ambispora</i>	$P=0,01$	Significative
<i>Gigaspora</i>	$P=0,58$	Non significative
Indéterminé	$P=0,00$	Significative

Des interactions importantes sont décrites entre les différents genres de Glomeromycota recensés au niveau des sols sous pistachier de l'Atlas d'El Gouffa. A cet effet, une matrice de corrélation est faite pour identifier et décrire la nature de ces interactions.

Tableau 10 : Matrice de corrélations de Pearson entre les genres de Glomeromycota recensés au niveau des sols sous pistachier de l'Atlas de dayate El-Gouffa.

	<i>Acaulospora</i>	<i>Glomus</i>	<i>Ambispora</i>	<i>Gigaspora</i>	Ind
<i>Acaulospora</i>	1				
<i>Glomus</i>	0,95	1			
<i>Ambispora</i>	0,94	1,00	1		
<i>Gigaspora</i>	0,13	0,00	0,02	1	
Ind	0,14	0,15	0,20	0,71	1

Nous remarquons à partir du tableau 10 une corrélation forte et positive relevée entre les deux genre *Glomus* et *Ambispora* (**1,00**), d'autres sont positives et moins fortes, telles que celles entre *Acaulospora* et *Glomus* (**0,95**) et entre *Ambispora* et *Acaulospora* (**0,94**).

Nous n'avons pas noté au niveau de cette étude des corrélations négatives entre les différents genres recensés dans notre cas. Cela signifie qu'il n'existe aucune interaction antagoniste chez les Glomeromycota.

La forte corrélation positive entre les deux genres de champignons endomycorhizogènes s'explique par la nécessité de ces deux champignons d'exister ensemble pour accomplir leur rôle convenablement, car l'absence de l'un limite la présence de l'autre (c'est une synergie). Cette relation intime indissociable entre les deux genres de champignons permet de générer des propriétés avantageuses à la plante.

4. Analyse en composante principale (ACP) N°1

Une analyse en composantes principales (ACP) est réalisée (Fig. 38).

Le plan 1 et 2 de l'ACP explique 93% du phénomène, avec pour l'axe F1 60% et pour l'axe F2 33% de l'inertie totale.

Selon l'axe 1, nous notons l'individualisation de deux groupes A et B.

- Le groupe A renferme les sujets 1 et 5 qui se caractérisent par la présence d'*Acaulospora*, *Glomus*, *Ambispora*, *Gigaspora* et indéterminé.
- Le groupe B englobe les sujets 2, 3, 4 et 6 qui se caractérisent par la présence de tous les genres avec une abondance moins importante à celle du groupe A

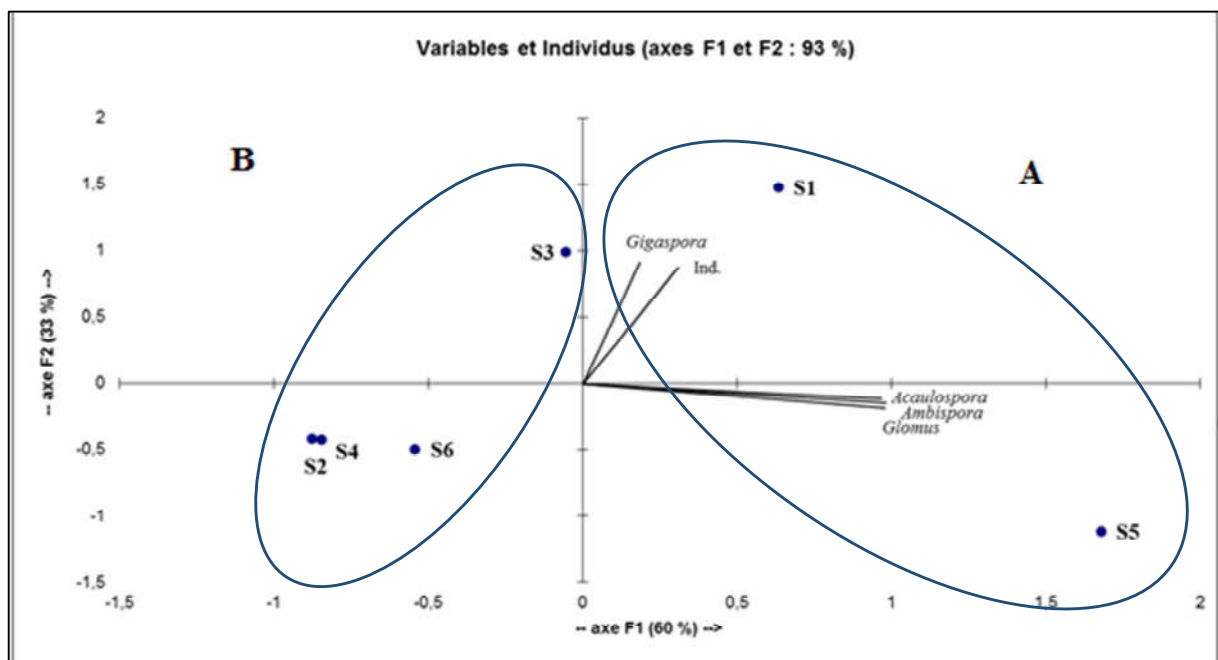


Fig. 38 : représentation des genres de champignons endomycorhizogènes de *Pistacia atlantica* sur A.C.P.

L'abondance des genres *Acaulospora*, *Glomus* et *Ambispora* dans les sujets 1 et 5 se rapproche, alors que le genre *Gigaspora* et les morphotypes indéterminés présentent une faible abondance.

Selon l'axe F2 il y a une opposition entre l'abondance des genres *Acaulospora*, *Glomus*, *Ambispora* et celle des genres *Gigaspora* et indéterminés, cela pourrait être expliqué par la présence de ces deux derniers seulement dans le sujet 1 et leur absence totale dans le sujet 5.

Dans le but de comparé les résultats obtenus par Mechiah (2015) et nos résultats nous avons effectué une comparaison des corrélations des différents genres de Glomeromycota au niveau des sols rhizosphériques du pistachier de l'Atlas entre l'année 2015 et 2016.

Tableau 11 : Matrice de corrélation comparative entre les genres des Glomeromycota de dayate El-Gouffa prélevée en 2015 et en 2016.

	<i>Acaulospora</i>	<i>Glomus</i>	<i>Ambispora</i>	<i>Gigaspora</i>	Ind	<i>Scutellospora</i>
<i>Acaulospora</i>	1					
<i>Glomus</i>	0,94	1				
<i>Ambispora</i>	0,69	0,79	1			
<i>Gigaspora</i>	-0,21	-0,16	0,20	1		
Ind	-0,30	-0,12	-0,10	0,43	1	
<i>Scutellospora</i>	-0,39	-0,29	-0,19	0,25	0,43	1

A partir du tableau nous pouvons noter des fortes corrélations entre les genres *Acaulospora* et *Glomus* (**0,94**) et des corrélations moins fortes entre les genres *Glomus* et *Ambispora* (**0,79**) et entre *Acaulospora* et *Ambispora* (**0,69**).

Des corrélations négatives sont observées telles entre le genre *Scutellospora* et respectivement *Acaulospora* (- 0,39), *Glomus* (- 0,29) et *Ambispora* (- 0,19), ceci s'expliquerait par l'absence du genre *Scutellospora* aux niveau de tous les sols échantillonnés dans notre étude, et entre *Gigaspora* et respectivement *Acaulospora* (- **0,21**) et *Glomus* (- **0,16**), entre Indéterminés et respectivement *Acaulospora* (- **0,30**), *Glomus* (-**0,12**) et *Ambispora* (- **0,10**), cela dû à la faible abondance de genre *Gigaspora* et le morphotype Indéterminé marqués au niveau de la présente étude par rapport à celle étudiée en 2015.

5. Etude synthétique : ACP N°2

Dans le but de comparer nos résultats de spores recensés dans les sols rhizosphériques du pistachier de l'Atlas à dayate El-Gouffa avec ceux réalisés par Mechiah (2015), nous avons établi une analyse globale (Fig. 39).

Le plan 1 et 2 de l'ACP explique 75% du phénomène avec pour l'axe F1 48% et pour l'axe F2 26% de l'inertie totale.

Selon l'axe 1, nous notons l'individualisation de deux groupes A' et B'.

- Le groupe A' renferme les individus 1, 3, 5 et 6 de notre étude de l'année 2016.
- Le groupe B' rassemble tous les sujets représentés par Mechiah (2015) à dayate El Gouffa et les sujets 2 et 4 qui appartiennent à la présente étude.

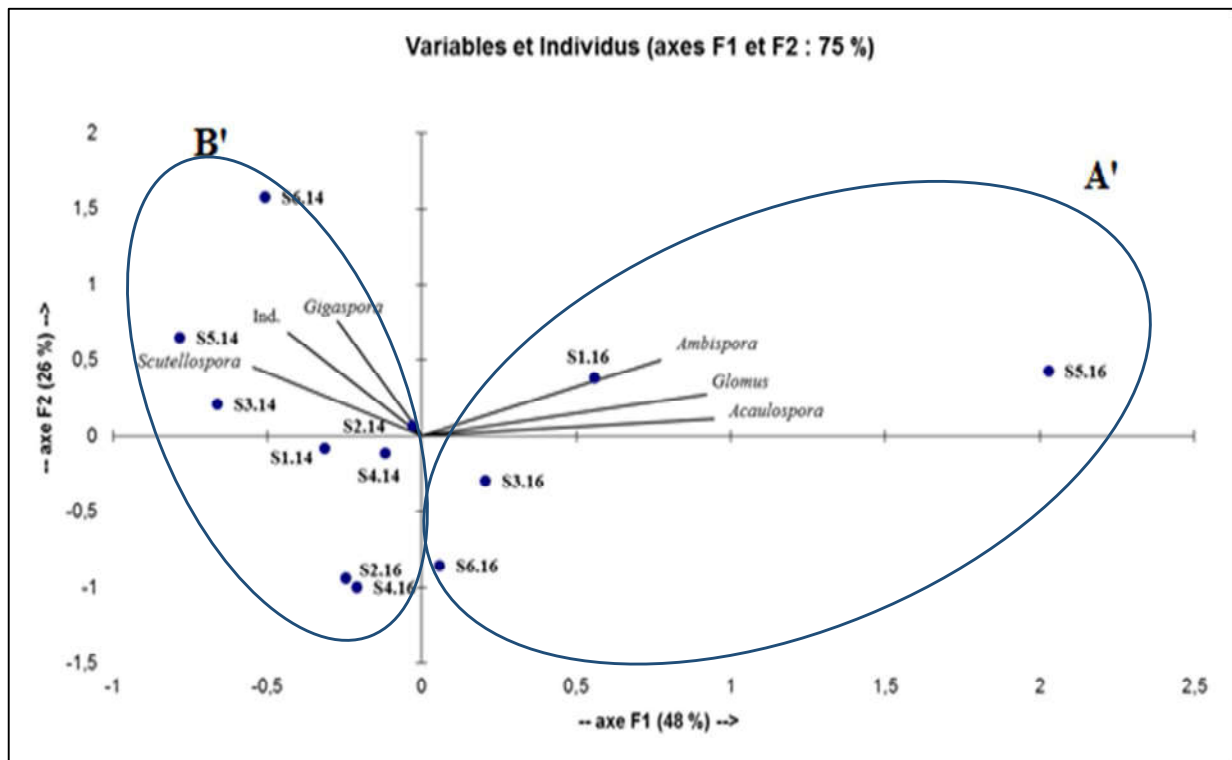


Fig. 39 : analyse comparative (A.C.P N°2).

A partir de cette ACP on peut noter :

- L'abondance des genres *Acaulospora*, *Glomus* et *Ambispora* recensés est plus importante que celle trouvée par Mechiah (2015) contrairement à l'abondance de genre *Gigaspora* et le morphotype Indéterminé.
- L'absence du genre *Scutellospora* dans les sujets de notre étude.

Les résultats de ce chapitre nous confirment que la diversité en champignons endomycorhizogènes au niveau des sols sous pistachier de l'Atlas donne un important pouvoir adaptative à la plante, par rapport aux variations climatiques et édaphiques.

Conclusion générale

Conclusion générale

La présente étude a pour objectif de mettre en évidence la diversité fongique de la rhizosphère du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) de dayate El Gouffa, wilaya de Laghouat (Algérie).

Notre échantillonnage a concerné six arbres de classe d'âge différentes (jeunes, moyens et âgés), qui ont été choisis d'une manière subjective au printemps 2016.

Afin de mettre en évidence la présence des champignons endomycorhizogènes, nous sommes focalisés sur l'identification morphologique des différentes spores isolées par la technique du tamisage humide adopté par Gerdemann et Nicolson (1963).

La détermination microscopique des spores prélevées des sols sous pistachier montre une diversité importante de la communauté fongique des champignons endomycorhizogènes à vésicule et arbuscules. Nos résultats mettent en évidence la présence de plusieurs morphotypes répartis en quatre familles : Acaulosporaceae, Glomeraceae, Gigasporaceae, Ambisporaceae et un nombre réduit de morphotypes indéterminés.

Nous avons pu identifier 30 morphotypes de Glomeromycota dont le genre *Glomus* est le plus diversifié avec 15 morphotypes, suivi par *Acaulospora* avec 9 morphotypes.

Le genre *Acaulospora* est le plus abondant parmi tous les genres recensés dans les sols rhizosphériques de *Pistacia atlantica* Desf. Son abondance est de 71%. Il est suivi par le genre *Glomus* avec 25%. Les autres genres de champignons endomycorhizogènes sont faiblement présents.

L'ensemble des résultats obtenus dans les deux travaux (2015 et 2016) démontre que la densité des spores des sols rhizosphériques sous pistachier de l'Atlas retrouvée dans notre étude est plus importante que celle notée par Mechiah (2015), contrairement à la diversité sporale.

En perspectives, ce travail peut être poursuivi par :

- une étude plus approfondie concernant les spores endomycorhiziennes afin de déterminer les espèces des différents genres recensés, car les moyens dont nous disposons ont juste permis de déterminer le genre ;
- étudier l'impact des paramètres climatiques et les caractéristiques physico-chimiques du sol sur la densité et la diversité des spores des champignons endomycorhizogènes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abbas Y., 2014. Microorganismes de la rhizosphère des Tétracinaies : un outil pour optimiser la régénération assistée du *Tetracina articulata*. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université Mohamed V, 177p.

Abdous O., 2010. Approche de l'adaptation de l'architecture racinaire du Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) à la sécheresse : cas des populations de Theniet El Had (Tissemsilt) et la daya de Tilrhemt (Laghout). Mémoire d'ingénieur Agronome, Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques, U.M.M.T.O, 123p.

Abed K., 2006. Approche anatomique des radicelles de *Pistacia atlantica* Desf. Subsp. *atlantica* : cas de la population de Ain Oussara (wilaya de Djelfa). Mémoire d'Ingénieur en Biologie, Département des Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 67p.

Ait Slimane L., 2004. Architecture racinaire et adaptation du Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica*) à la sécheresse ; cas de la population de Béni Ounif (wilaya de Béchar). Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 107 p.

Ait Radi A., 1979. Multiplication par voie végétative et par semis de *Pistacia atlantica* Desf. Et d'*Ailantus altissima*. Mémoire d'Ingénieur, INA El Harrach, 40p.

Amarache C., et Chelli O., 2008. Contribution à la recherche de symbiose mycorhizienne de (*Pistacia atlantica*. Desf. ssp. *atlantica*) de la station de Tilghemt (wilaya de Laghout) Mémoire d'Ingénieure en Biologie, Département des Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 78 p.

Alyafi J., 1979. Approche systématique et écologique du genre *Pistacia atlantica* L. dans la région Méditerranéenne. Thèse de Doctorat de 3eme cycle. Faculté des Sciences et techniques, St Jérôme, Marseille.

Ait Zegagh-Benamara N., 2006. Approche anatomique des radicelles de *Pistacia atlantica* Desf. Subsp. *atlantica* : cas de la population de Béni Ounif (Wilaya de Béchar). Mémoire Ingénieure en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 54 p.

Ait Said S., 2011. Strategies adaptatives de deux espèces du genre *Pistacia atlantica* (*P. lentiscus* L. Et *P. atlantica* Desf.) aux conditions d'altitude et d'aridité : Approches morpho-anatomiques, phytochimiques et ecophysiques. Mémoire de Doctorat, Département des Sciences biologiques, Faculté des Sciences Biologiques, U.M.M.T.O, 160p.

Acheheb H., 2013. Valorisation de l'huile des graines de pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.). Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique. El Harrach, 127p.

Bagnouls F., et Gaussen H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat de Toulouse, 88 :193-240.

Bournine K., 2007. Caractérisation physique et chimique des sols rhizosphérique et globaux sous pistachier de l'Atlas : cas des peuplements de Boucedraïa (Ain Oussera et de Béni Ounif (Bechar)). Mémoire d'ingénieur Agronome, Département de Science Agronomique, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, U.M.M.T.O, 109p.

Bounceur D., 2009. Contribution à l'étude de caractéristiques physiques et chimiques des sols sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica*) : cas de la dayate de Tilrhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 85 p.

Boubrima A., 2014. Type d'enracinement du pistachier de l'Atlas en relation avec les propriétés physico-chimiques du sol sous-jacent : cas de dayate Saadi (Hassi Delâa) et de dayate Aiat (Timzerth) de la Wilaya de Laghouat. Mémoire de Magister Ecologie végétale, Université Amar Telidji. Laghouat. 244 p.

Bouazza Marouf Kh., 2016. Les symbioses mycorhiziennes et leur importance dans la réhabilitation des sols dégradés. Thèse de Doctorat, Département de Biotechnologie, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Ahmed Ben Bella d'Oran. 193p.

Benaradj A., Bouazza M., et Boucherit H., 2012. Diversité floristique du peuplement à *Pistacia atlantica* Desf. Dans la région de Bechar (sud-ouest Algérien). Mediterranea Série. De Estudios Biologicos, Epoca N-23. Laboratoire d'Ecologie Végétale et Gestion des Ecosystèmes naturels, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen.

Bentivenga S.P., et Morton J.B. 1995. A monograph of the genus of *Gigaspora*, incorporating developemental patterns of morphological characters. Mycologia. 87 :719-731.

Blaszkowski J., kowalczyk S., et Czerniawska B., 2006. *Acaulospora rehmi* and *Gigaspora margarita*, arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) new for Europe and Poland. *Acta Mycol.*, 41: 41-48.

Blaszkowski J., et Czerniawska B., 2008. *Glomus erburneum* and *Scutellospora fulgida*, species of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) new for Europe. *Acta Mycol.*, 43(1):57-65.

Chaba B., Charaa O. Khichane M., 1991. Germination, morphogenèse racinaire et rythmes de croissance du pistachier de l'Atlas. *Physiologie des arbres et des arbustes en zones arides et semi arides*, Groupe d'Etude de l'Arbre : 465-472.

Deguiche M., 2008. Contribution à la caractérisation des sols sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.). Cas de la daya de Timzerth (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur Agronome, Département des Sciences Biologiques et Agronomiques, U.M.M.T.O, 88p.

Declerk S., Cranenbrouck S., Dalpé Y., Seguin S., Grandmougin-Ferjani A., Fantaine J., et Sancholle M., 2000. *Glomus proliferum* sp. Nov : a description based on morphological, biochemical, molecular and monoxenic cultivation data. *Mycologia*, 92 :1178-1187.

Duponnois R., Hafidi M., Ndoye I., Ramanankierana H., et BA A., 2013. Des champignons symbiotiques contre la désertification. , cosystèmes méditerranéens tropicaux et insulaires, IRD Edition. Marseille, 512p.

Fortin J.A., Plenchette C., Piché Y., 2008. Les mycorhizes : La nouvelle révolution verte. Multi monde. Quae. (Eds), Québec, Canada.129 p.

Ghalia M., 2015. Protection du blé contre l'oidium par des champignons mycorhiziens à arbuscules : mécanisme et optimisation. Mémoire de Doctorat, Université de Littoral Côte d'Opale, 221p.

Garbaye J. 1988. Growth response of eucalyptus in the Congo to ectomycorrhizal inoculation. *Forest Ecology and manageme*

Hadj Benamane D., 2009. Contribution à la recherche de la mycoflore endophyte et mycorhizienne du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.ssp.atlantica) population Theniet El Had (wilaya de Tassemsilt). Mémoire d'Ingénieur Agronome, Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques, U.M.M.T.O, 51p.

Hamitouche F., 2016. Influence des propriétés physico-chimiques du sol sur l'architecture racinaire de *Pistacia atlantica* Desf. de Dayate El Gouffa, commune Ain Madhi, W. Laghouat0 Mémoire de Magister, Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques U.M.M.T.O. 140p.

Haddouche S., 2017. Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes chez le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) : Cas de la population de la dayate Saadi Hassi-Delâa (Wilaya de Laghouat). Mémoire de Master, Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques U.M.M.T.O. 71p

Le Houérou., 1995. Bioclimat et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification, Option Méditerranéenne B. p396.

Kaddour H., 2008. Contribution à l'étude du comportement morpho-physiologique et biochimique de *Pistacia atlantica* Desf. Sp. *Atlantica.*, stressée à la salinité. Thèse de Magister, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Oran Es-Senia, 94p.

Kebcis S., 2008. Approche de l'adaptation de l'architecture racinaire du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica*) à la sécheresse : cas de la population de Tirlhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur Agronome, Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques Agronomiques, U.M.M.T.O, 116p.

Limane A., 2009. Architecture racinaire du pistachier de l'Atlas en relation avec les propriétés physico-chimiques du sol sous-jacent : cas de la population de la réserve nationale d'El Mergueb (wilaya de M'sila), Mémoire de Magister en Biologie, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, U.M.M.T.O.149 p.

Limane A., Smail-Saadoun N., et Thomas G., 2014. Root architecture of Atlas pistachio in relation to underlying soil properties under arid conditions. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 9(6), 620-626.

Labeled I., 2015. Composition chimique et évaluation des activités biologiques des huiles essentielles de *Pistacia atlantica* Desf. Et de *Ferula vesceritensis* coss. et synthèse catalytique de nouveaux dérivés pipéridiniques. Mémoire de Doctorat, Département de Chimie, Faculté des Sciences exactes, Université des Frères Mentouri-Constantine, 254p.

Mellah H., 2007. Approche anatomique des radicelles du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. Subsp. *Atlantica*) : cas de la population d'Oued Besbès, wilaya de Médéa.

Mémoire d'Ingénieur Agronome, Département des Sciences Biologiques Agronomiques, U.M.M.T.O, 86p.

Maameri S., 2008. Etude de *Pistacia atlantica* de deux régions du sud algérien : dosage des lipides, dosage de polyphénol, essais anti-Leishmaniens. Mémoire de Magister, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université M'Hamed Bougara Boumerdes, 139p.

Mechiah F., 2015. Approche des symbioses racinaires de *Pistacia atlantica* Desf. de dayate El Gouffa (Laghouat, Algérie). Mémoire de Magister, Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques, U.M.M.T.O, 125p.

Mekahlia M.N., 2014. Dépendance mycorhizienne de l'Olivier (*Olea europaea* L.) dans l'est Algérien et mycorhization contrôlée de la variété Ferkeni. Mémoire de Doctorat, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar Annaba, 181 p.

Miller O.K. 1982. Taxonomy of ecto and ectendomycorrhizal fungi. In : Methods and mycorrhizal researches by N.C. Schenk. American Phytopathology Press, St Paul, Minesota pp. 510-517.

Monjausa A., 1980. Connaissance du Bétoum *Pistacia atlantica* Desf. Biologie et forêt, (4) :357-383.

Mortron J.B, et Benny G.L., 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes) : a new order, Glomales, Two New busorders, Glomineae and Gigasporineae, with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon, 37 :471-491.

Morton J.B., et Redecker D., 2001. Two families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera Archaeospora and Paraglomus, based on concordant molecular and morphological characters. Mycologia, 93 :181-195.

Négre R., 1962. Petite flore des régions arides du Maroc occidental, tome II Ed. C, N, R, S. 55 p.

Paul-Olivier R., 2009. Rôle de champignons micohiziens a arbuscules dans le transfert du Cadmium (Cd) du sofa la luzerne (*medicago truncatula*). Thèse de Doctorat en Sciences du sol, Faculté des Sciences et Techniques, Université Henry Poincaré Nancy I, 205p.

Pouget M., 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises ORSTOM. Paris, 569p.

Ozenda P., 1977. Flora du Sahara. Ed. C.N.R.S. 622 p

Ozenda P., 1983. Flor du Sahara deuxième édition C.N.R.S. 566 p.

Quezel P., et Medail F., 2003. Ecologie et biogéographie biologie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier. Pris. 573.

Raab G., 2010. Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes du pistachier de l'Atlas : Cas de la population de dayate de Timzerth (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 76p.

Redjdal L., 2010. Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes du pistachier de l'Atlas : Cas de la population du centre de dayate Tilrhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 93 p.

SAAD D., 2009. Etude des endomycorhizes de la variété Sigoise d'olivier (*Olea Europea* L.) et essai de leur application à des boutures semi-ligneuses. Mémoire de Magister en Biotechnologie, Université d'Oran, 98p.

Salhi F., 1997. Journées d'étude sur les zones arides et Saharienne. Publication INRF.
Sancholle M., 2000. *Glomus proliferum* sp. Nov : a description based on morphological, biochemical, molecular and monoxenic cultivation data. *Mycologia*, 92 :1178-1187.

Siad K., 2010. Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes chez *Olea Europea* L. Cas des oliveraies de Tizi Rached et Oued Aissi (Tizi Ouzou). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, U.M.M.T.O, 57p.

Sidhorm W., 2011. Diversité des mycorhizes arbusculaires chez la variété sigoise d'olivier (*Olea Europea* L.) : étude de leur efficacité sur la croissance des plants. Mémoire de Magister en Biotechnologie, Faculté des Sciences, Département de Biotechnologie. Université d'Oran Es-Senia, 108p.

Sieverding E., Oehl F., 2006. Revision of *Ectrophospora* and description of *Kuklospora* and *Intraspora*, two new genera in the arbuscular mycorrhizal Glomeromycetes. *J. Appl. Bot. Food Qual.*, 80 :69-81.

Smith S.E., Read D.J., 1997. Mycorrhizal symbiosis, 2nd Ed. Ed Academic Press, San Diego, CA, USA. Pp. 605.

Schøler A., Schwarzott D., et Walker C., 2001. A New fungal phylum, the Glomeromycota : phylogeny and evolution. Mycol. Res. 105 :1413-1421.

Spain J.L., 2003. Emendation of *Archeospora* and its type species, *Archeospora trappei*. Mycotaxon, 87 :109-112.

Spain J.L. Sieverding E., et Ohel F., 2006. *Appendicispora* : A New genus in the arbuscular mycorrhiza forming Glomeromycetes with a discussion of the genus *Archeospora*. Mycotaxon, 97 :163-182.

Walker et Schøler A., 2004. Nomenclatural clarification new taxa in the Glomeromycota. Mycol. Res., 108 : 979-982.

Wang B. et Qiu Y.L. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. Mycorrhiza, 16 (5) : 299-363 nt. 24, 151-157

Yaqoobi A., El Hafid L., et Haloui B., 2009. Etude biologique de *Pistacia atlantica* Desf. de la région orientale du Maroc. Laboratoire de Biologie des Plantes et des Microorganismes, Département de Biologie. Faculté des Sciences, Université Mohamed I, Oujda (Maroc). Biomatec Echo. Volume 3. N6. pp. 39-49.

Yousfi M., Nadjemi B., Belal M., Bombard I., et Gaydou E.M., 2005. Triacylglycerol composition of Oil from *Pistacia atlantica* fruit Growing in Algeria. JAOCS, Vol. N.2.82, 93-96.

Résumé

Le pistachier de l'Atlas est l'une des plus rares espèces arborescentes présentes dans les régions semi-arides, arides et voir même sahariennes. Notre étude a porté sur la quantification et l'identification de la communauté sporale des champignons endomycorhizogènes ainsi leur diversité au niveau des sols rhizosphériques de cette essence de dayate El Gouffa, wilaya de Laghouat (Algérie). Notre échantillonnage a concerné six sujets de classes d'âge différentes. Les spores sont extraites suivant la méthode de tamisage humide décrite par Gerdmann et Nicolson (1963). Les résultats ont montré que le nombre de spores varie entre 47 et 586 spore / 100g du sol ce qui reflète une forte densité. La caractérisation morphologique de ces spores révèle la présence de plusieurs espèces appartenant à quatre genres de Glomeromycota: *Acaulospora*, *Glomus*, *Ambispora*, *Gigaspora* et un nombre réduit de spores indéterminés, avec une dominance du genre *Acaulospora*(71%) suivi par *Glomus*(25%) qui est le plus diversifié. A cet égard, nous pouvons dire que le pistachier de l'Atlas abrite une gamme importante de champignons endomycorhizogènes qui permet à cette espèce une bonne résistance aux stress environnementaux.

Mots clés : Pistachier de l'Atlas, Endomycorhize, Glomeromycota, Spore, El Gouffa (Algérie).

Summary

The Atlas Pistachio is one of the rarest tree species present in the semi-arid, arid and even Saharan regions. Our study focused on the quantification and identification of the endomycorrhizogenic fungal community and their diversity in the rhizospheric soils of this dayate El Gouffa species, Laghouat wilaya (Algeria). Our sampling involved six trees of different age classes. The spores are extracted according to the wet sieving methods described by Gerdmann and Nicolson (1963). The results showed that the number of spores varies between 47 and 586 spores / 100 g of the soil, which reflects a high density. Morphological characterization of these spores revealed the presence of several species belonging to four genera of Glomeromycota: *Acaulospora*, *Glomus*, *Ambispora*, *Gigaspora* and some of unknown spores, with *Acaulospora* dominance (71%) followed by *Glomus* (25%) which is the most diversified. In this study, we can say that the Atlas pistachio contains a large range of endomycorrhizogenic fungi which allows this species to be resistant to environmental stresses.

Key Words : Atlas Pistachio, endomycorrhizogenic, Glomeromycota, genera, Laghouat (Algeria).

ملخص

البطمة واحدة من أندر أنواع الأشجار الموجودة في المناطق شبه القاحلة والجافة والصحراء. ركزت دراستنا على قياس وتحديد الفطر أندوميكوريزوجان و التنوع في التربة ريزوسفير في داية القفة ولاية الأغواط (الجزائر). شمل أخذ العينات لدينا ستة مواضيع من فئات عمرية مختلفة. يتم استخراج الأبواغ وفقا لطرق الغربلة التي وصفها جيردمان ونيكولسون (1963). وأظهرت النتائج أن عدد الأبواغ يتراوح بين 47 و 586 بوغ / 100 غرام من التربة، مما يعكس كثافة عالية. كشف الوصف المورفولوجي لهذه الأبواغ وجود العديد من الأنواع التي تنتمي إلى أربعة أجناس فطريات *Acaulospora* (71%)، *Gigaspora*، *Ambispora* و *Glomus* (25%) و هو الأكثر تنوع. في هذا الصدد، يمكننا أن نقول البطمة تقدم مجموعة واسعة من الفطريات الأندوميكوريزية مما يسمح له باكتساب مقاومة ضد الضغوطات البيئية.

مفاتيح الكلمات: البطمة , أندوميكوريز الفطريات الأبواغ القفة الأغواط (الجزائر)