

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département de Biologie Animale et Végétale

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie

Option : Génétique et Amélioration Végétale

Contribution à l'étude de la symbiose mycorhizienne de quelques espèces de la région d'ADRAR

Présenté par : - M^{elle} KAL saliha

-M^{elle}OULD-RABAH sarah

Promotrice : Mme MOHAMED OUALI D. Maitre assistante chargée de cours à l'U.M.M.T.O.

Co-promotrice : Mme TALEB K. Maitre de conférences classe B à l'U.M.M.T.O.

Présidente : Mme LARDJANE N. Maitre de conférences classe A à l'UMMTO.

Examinatrice : Mme LAMRI T. Maitre-assistante chargée de cours classe A à l'U.M.M.T.O.

Examineur : Mme SAHMOUNE F. Maitre-assistant chargé de cours classe A à l'U.M.M.T.O.

Soutenu le : 30/06/2016

Promotion : 2015/2016

Remerciements

Tout d'abord, louange à « **ALLAH** » Tout-Puissant, qui était avec nous tout au long de nos vies et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes, et qui nous a guidé dans notre étude et nous a donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Nous tenons à exprimer notre gratitude et notre reconnaissance remerciements à notre promotrice M^{me} MOHAMED OUALI D et notre Co-promotrice M^{me} TALEB K, qui ont fait preuve d'une grande patience et qui ont été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail. Leurs conseils, leurs orientations ainsi que leur soutien moral et scientifique qui nous ont permis de mener à terme ce projet.

Nous tenons à remercier aussi les membres de jury : M^{me} LARDJANE d'avoir accepté de présider ce jury, M^{me} LAMRI T, M^{me} SAHMOUNE F d'avoir accepté de juger ce travail.

Professeure YAKOUB S. pour nous avoir accueillies au sein de son laboratoire.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent à M^{elle} LATEB N ingénieur de laboratoire physiologie, M^{me} MAGUEMOUNE S ingénieur de laboratoire de pédologie, M^r DEGUICHE K et M^{elle} Hassiba responsables des moyens généraux pour leur aide précieuse, leurs gentillesse et leurs esprits scientifiques.

M^{me} HARCHAOUI C, maitre assistante chargée de cours dans département de biologie de l'UMMTO de nous avoir accueillies dans son laboratoire et mis à notre disposition le matériel nécessaire à notre étude.

M^{me} LAKABI L. d'avoir mis à notre disposition le microscope, avec sa générosité et sa gentillesse habituelles.

M^r BOUKHAROUB M^{ed} A. et son adorable équipe, de nous avoir si bien accueillies dans leurs laboratoire d'MDS, au sein du département de Génie Civil.

Et tous les ingénieurs des laboratoires communs du département de biologie de l'UMMTO.

M^f DJAOUI moussa et M^f DEFFON moussa pour leurs aides précieuses, leurs conseils judicieux et leurs encouragements.

En fin, mes remerciements sont adressés à tous ceux qui ont contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail

Merci

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

- ✓ *A mes très chers parents, aucune dédicace aussi parfaite et douce soit-elle, ne saurait exprimer toute ma reconnaissance et tout l'amour que je vous porte.*

Ce travail présente le fruit de votre soutien, vos sacrifices, et vos encouragements.

Que dieu vous protège et vous accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur.

- ✓ *A mes frères et ma très chère sœur pour leurs encouragements et leurs aides.*
- ✓ *A mes très cher amies 'Samira, Ania, Hayette, Zahia et Zahra ' que j'adore.*
- ✓ *A tous mes amis et à tous les membres de ma famille.*

Saliha 

Dédicaces

En guise de reconnaissance je dédie ce mémoire :

A mes très chers parents, pour leur dévouement, leur amour, leur soutien moral et financier durant toute ces années d'études, particulièrement à ma très chère maman que j'aime et qui est toujours pour moi un véritable exemple de courage et de persévérance, sans elle je ne serais pas la.

Je prie ~~ALLAH~~ pour qu'il vous prête longue vie et bonne santé.

A mes frères adorés, Aghilas qui est toujours une source de joie et de bonheur et de soutien fraternelle, et à Elias qui me motive toujours par son dynamisme.

A tous les membres de ma grande famille.

A tous mes amis, camarades et collègues.

Sarah

Sommaire

Introduction

Chapitre I : Généralités

I. Symbiose mycorhizienne	03
I.1. Différents types de mycorhizes	03
I.1.1. Les Ectomycorhizes	05
I.1.2. Les Endomycorhizes.....	06
I.1.2.1 Les endomycorhizes à arbuscules et vésicules.....	07
I.1.2.2 Les endomycorhizes à arbuscules.....	07
I.1.2.3 Les endomycorhizes à vésicules.....	07
I.1.2.4.3 Les mycorhizes à pelotons d'hyphes cloisonnés.....	07
I.1.3 Les Ectendomycorhizes.....	08
II. Rôles et applications des mycorhizes.....	10
II.1 La nutrition minérale de la plante.....	10
II.2 Nutrition azotées.....	10
II.3 Nutrition phosphatées.....	10
II.4 Nutrition carbonée.....	10
II.5 Activités hormonale.....	11
II.6 Résistance aux stress biotiques et abiotiques.....	11
III. Présentation de <i>Vitexagnus-castus</i>	12
III.1 Description botanique.....	12
III.2 Les noms communs / Synonymes	13
III.3 Classification Botanique	13
III.4 Répartition géographique	14

III.5 Propriétés et utilisation.....	14
IV. Présentation de <i>MoringaoleiferaLam</i>	14
IV.1 Description botanique.....	14
IV.2 les synonymes	16
IV.3 Classification Botanique (Lam, 1785).....	17
IV.4 Répartition géographique.....	17
IV.5 Propriétés et utilisation	18
Chapitre II : Matériel et méthode	
I.Description de la station d études	19
II.Prélèvement des racines.....	20
III.Tri et conservation des racines	20
IV.Etude des racines mycorhizées par la méthode d'écrasement des racines.....	20
V .Montage des lames.....	21
VI.Estimation de la fréquence d'endomycorhization.....	21
VII.Extraction des spores de CMA.....	22
VIII.Abondance relative des spores.....	24
IX.Description morphologique des spores isolées.....	25
X.Analyse physico-chimique du sol.....	25
Chapitre III : Résultats et discussion	
I. Association symbiotique chez un peuplement naturel de <i>Vitex agnus-castus</i>	26
I.1. Association symbiotiques de <i>Vitex agnus-castus</i>	28
I.1.1 Statut mycorhizien et cytologique	28
I.2. Quantification des mycorhizes associés aux racines de <i>V.agnus-castus</i>	28

II.1. Association symbiotique de <i>Moringaoleifera</i>	29
II.1.1 Statut mycorhizien et cytologique.....	29
II.2. Quantification des mycorhizes associés aux racines de <i>Moringaoleifera</i>	31
III. Identification et description morphologique des spores de CMA isolé.....	31
IV. Caractéristiques physico-chimiques du sol	40
Conclusion.....	44
Références bibliographique	

Liste des figures

Figure 1: principaux types mycorhiziens actuels représentés sur une coupe transversale de racine modifié d'après de (LE TACON, 1985).....	5
Figure 2 : Schéma des différentes étapes de colonisation des champignons MA (BOFANTE et GENRE 2010).....	8
Figure 3 : <i>Vitex agnus castus</i> en allure générale : 1 : Vitex arbuste ; 2 : Fleurs ; 3 : Allure générale de branches (Mohamed Ouali, 2016).....	12
Figure 4: Différentes structures de <i>Moringa oleifera</i> : 1. Branche et fleur ; 2. Feuilles ; 3. Péricarpe ; 4. Graines, (MOHAMED OUALI, 2016).....	15
Figure 5 : Situation géographique de la station d'étude Ouled Aissa en Algérie dans la wilaya d'Adrar (Google maps).....	19
Figure 6 : lavage et tri des racines.....	20
Figure 7: conservation des racines.....	20
Figure 8 : Récupération des spores : 1 : Tamisage du sol ; 2 : 50g de sol ; 3 : Série de tamis utilisée ; 4 : Technique de filtration de substrat en vue d'isoler les spores.....	23
Figure 9 : Centrifugation des suspensions contenant les spores.....	24
Figure 10 : Structure anatomique d'une endomycorhize VA de type intermédiaire.....	27
Figure 11 : structure anatomique d'une endomycorhize VA de type paris.....	30
Figure 12 : Les morphotypes observés chez <i>Vitex agnus-castus</i>	33
Figure 13 : Les morphotypes observés chez <i>Moringa oleifera</i>	35
Figure 14 : Sclérotés présente chez <i>Vitex agnus-castus</i> (flèches).....	39
Figure 15 : Différentes structures de sclérotés chez <i>Moringa oleifera</i>	39

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des caractéristiques morphologiques des huit types de la symbiose mycorhizienne. (Garbaye ,2013).....	4
Tableau 2 : Classification des cinq genres des champignons CMA (GAVÉRIAUX, 2012)...	6
Tableau 3 : Caractères généraux des grands groupes de mycorhizes.....	9
Tableau 4 : Fréquence moyenne mycorhizienne de <i>Vitex agnus-castus</i>	28
Tableau 5 : les fréquences mycorhiziennes de <i>Moringa oleifera</i>	31
Tableau 6 : Principales caractéristiques : forme et diamètre approximatif des différents types des spores de <i>Vitex agnus-castus</i> et leur identification.....	34
Tableau 7 : Principales caractéristiques : forme et diamètre approximatif des différents types des spores de <i>Moringa oleifera</i> et leur identification.....	36
Tableau 8 : Abondance relative des spores de <i>Vitex agnus-castus</i>	37
Tableau 9 : Abondance relative des spores de <i>Moringa oleifera</i>	37
Tableau 10 : Pourcentage d'abondance en spores pour chaque genre ainsi que leur morphotype chez <i>Vitex agnus castus</i>	38
Tableau 11 : Pourcentage d'abondance en spores pour chaque genre ainsi que leur morphotype chez <i>Moringa olaefira</i>	38
Tableau 12 : Caractéristique physico-chimique du sol du site d'étude de <i>Moringa oleifera</i>	40
Tableau 13 : Caractéristique physico-chimique du sol du site d'étude de <i>Vitex agnus-castus</i>	40

Introduction

Les plantes aromatiques médicinales représentent un intérêt économique considérable par leur appartenance aux industries de la parfumerie, des cosmétiques, de l'agro-alimentaire et de la pharmacie (Bruneton, 1999).

Une grande partie de la population mondiale et en particulier celle des pays en voie de développement a recours aux remèdes naturels d'origine végétale (OMS, 2003). En Afrique 80 % de la population utilise la médication traditionnelle à base d'extraits de plantes.

Le Sahara Algérien est caractérisé par la diversité de ses ressources végétales, réservoirs de substances naturelles à intérêt majeur pour les oasiens. *Vitex agnus castus* et *Moringa oleifera*, sont deux espèces introduites dans les zones arides du Sahara Algérien et plus particulièrement dans la région d'Adrar, connu des autochtones pour leur apport nutritionnel et médicinal et qui résistent bien à la sécheresse.

Depuis qu'elles ont conquis la surface de la terre, il y a environ 475 millions d'années et, dans le but de faire face aux carences en eau et en nutriments essentiels, les plantes se sont alliées à des microorganismes notamment les bactéries et les champignons qui grâce à leur association forment les mycorhizes (Strullu, 1991).

Les mycorhizes, association symbiotique entre les racines des plantes et les champignons de la rhizosphère jouent plusieurs rôles à différents échelles : elles maintiennent entre autre la biodiversité végétale et fongique, permettent une meilleure mobilisation des éléments nutritifs du sol et principalement le phosphore (Bolon, 1991), renforcent la résistance aux stress abiotiques (notamment la tolérance à la sécheresse) (Strullu, 1991) et réduisent l'effet des infections pathogènes. A l'échelle cellulaire, les mycorhizes participent même au maintien de l'homéostasie ionique et osmotique.

Cette étude rentre dans la thématique de l'axe de recherche sur la biodiversité floristique algérienne et plus particulièrement des plantes aromatiques et médicinales au niveau du laboratoire sur les zones arides de Bab Ezzouar.

Nous avons entrepris entre autre dans ce volet une étude biologique consistant en une contribution à l'étude du statut mycorhyzien des deux espèces : *Moringa oleifera* et de

Vitex agnus cactus, espèces résistantes à la sécheresse, introduites dans les zones arides du Sahara Algérien pour un développement rural durable en Algérie.

Dans le premier chapitre, nous exposerons d'une part quelques généralités sur la symbiose mycorhizienne et dans le deuxième sur les deux essences végétales, d'une part nous donnerons, le matériel et méthodes utilisées, nous terminerons par les résultats obtenus et leur discussion ainsi qu'une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités

I. Symbiose mycorhizienne

Les mycorhizes du grec : Mukès=champignon, rhiza=racine, sont des organes mixtes formés par des racines et des champignons du sol (Fortin et *al.*, 2008). L'association du champignon et de la racine est un processus très générale de la végétation spontanée (Vallade, 2001) et probablement la plus répandue et qui du point de vue nutritionnel est la plus importante. Ce phénomène affecte les $\frac{3}{4}$ des plantes vasculaires (Roland et *al.*, 2008). Cette colonisation est mutualiste, spécifique, durable et à bénéfices réciproques entre le mycélium des champignons et les racines des plantes (Maunoury, 2010). En effet, le champignon (hétérotrophe) assure à la plante (autotrophe) un apport essentiel des éléments minéraux et un échange de molécules carbonées issues de la photosynthèse. Il en existe plusieurs types différents distincts par leur morphologie et la nature des champignons qui les engendrent (Duhoux et Nicole, 2004).

I.1. Différents types de mycorhizes

Il existe plusieurs formes d'association mycorhiziennes (Le Tacon, 1998) (fig.1). Dechamplain (2002) a classé ces associations mycorhiziennes en sept types selon leur écologie, leur morphologie et leur structure : les mycorhizes à vésicules et à arbuscules ou mycorhizes à arbuscules (MA), les ectomycorhizes (ECM), les ectendomycorhizes, les mycorhizes arbutoïdes, monotropoïdes, éricoïdes et orchidoïdes. Garbaye (2013) quant à lui en distingue huit types résumés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des caractéristiques morphologiques des huit types de la symbiose mycorhizienne. (Garbaye, 2013)

Types de symbiose mycorhizienne	Groupes de plantes concernés	Groupe de champignons dominants	Présence d'un manteau fongique	Morphologie du mycélium externe	Présence d'un réseau de Hartig	Colonisation intracellulaire
Ectomycorhizes	Certaines Gymnospermes et Angiospermes	Ascomycètes et Basidiomycètes	Oui	Très diverse : filaments isolés, mèches, cordons, rhizomorphes	Oui	Non
Ectendomycorhizes	Certaines Pinacées (Gymnospermes)	Ascomycètes	Facultatif	Filaments isolés	Oui	Oui (filaments ramifiés)
Mycorhizes arbutoïdes	Ericacées (tribus des <i>Arbutioideae</i> et <i>Pyroloideae</i>)	Basidiomycètes	Facultatif	Filaments isolés ou mèches	Oui	Oui (spires)
Mycorhizes monotropoïdes	Ericacées (tribus des Basidiomycètes <i>Monotropoideae</i>)	Basidiomycètes	Oui	Filaments isolés ou mèches	Oui	Oui (doigts)
Mycorhizes orchidoïdes	Toutes les orchidées	Basidiomycètes	Non	Filaments isolés	Non	Oui (peletons)
Mycorhizes éricoïdes	Autres Ericacées et certaines Bryophytes	Ascomycètes	Non	Filaments isolés	Non	Oui (peletons)
Pseudo mycorhizes à endophytes brun cloisonné	Tous les groupes de plantes terrestre	Ascomycètes	Non	Filaments isolés	Non	Oui
Endomycorhizes arbusculaires	Presque tous les groupes de plantes terrestres	Gloméromycètes	Non	Filaments isolés	Non	Oui (arbuscules, spires, vésicules)

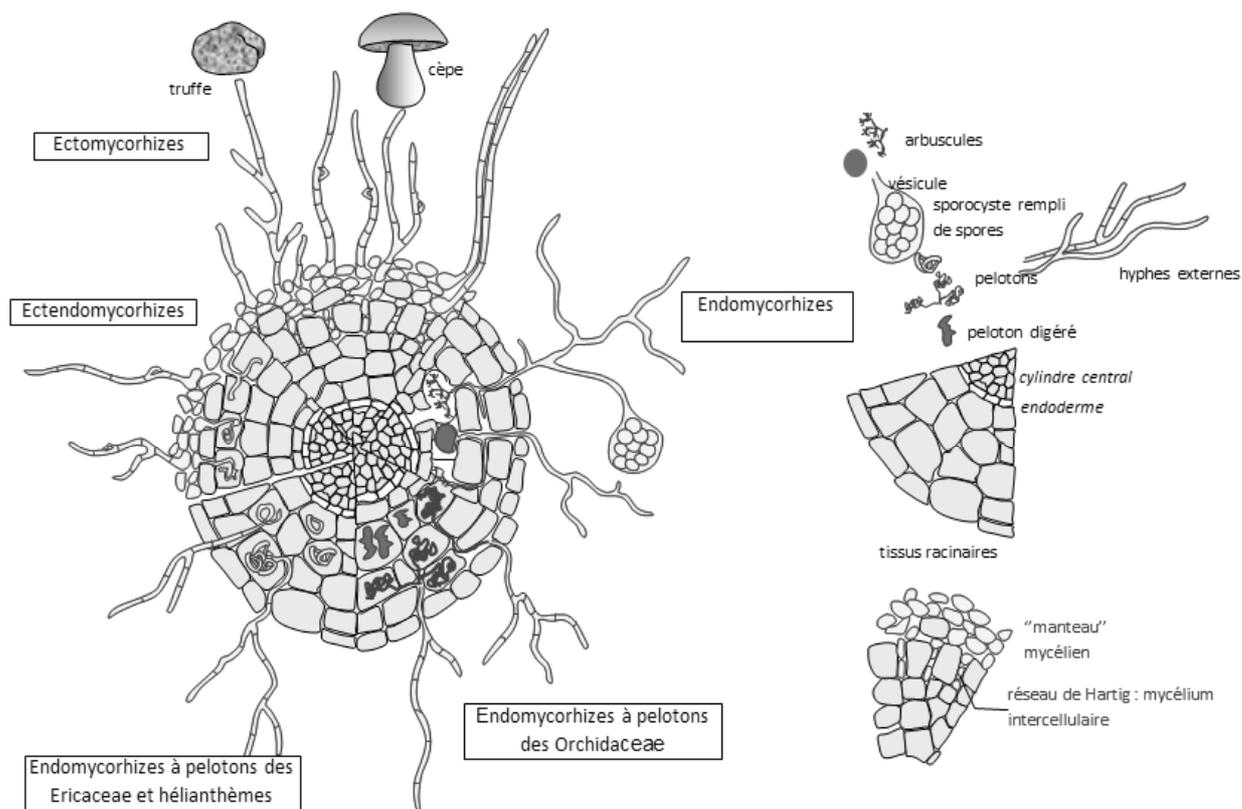


Figure 1: principaux types mycorhiziens actuels représentés sur une coupe transversale de racine modifié d'après de (Le Tacon, 1985).

I.1.1. Les Ectomycorhizes

De nombreux arbres ou arbustes forment une symbiose ectomycorhizienne, les ectomycorhizes généralement observées chez les Gymnospermes : les *Pinaceae* (le sapin, le mélèze, le épicéa, le pin, etc.) et chez les Angiospermes, principalement chez les Dicotylédones comme les *Fagaceae* (hêtre, chêne, châtaigner). Notons qu'une même essence peut posséder une symbiose ecto ou endomycorhizienne (Duhoux et Nicole, 2004). Contrairement aux champignons endomycorhiziens, les champignons ectomycorhiziens sont nombreux (plus de 5000 espèces) et appartiennent aux Ascomycètes ou basidiomycètes dont les cycles sexués sont généralement bien connus. Le mycélium progresse entre les cellules de cortex racinaire et forme des tissus spécialisés qui gaignent la racine et forment le manchon fongique. (Deneux- Musti *et al.*, 2003). C'est le cas par exemple de certains peupliers et saules (Duhoux. et Nicole, 2004).

I.1.2. Les Endomycorhizes

Les endomycorhizes sont des associations les plus répandues chez les végétaux.

Les endomycorhizes sont observées chez la plupart des groupes systématiques : de nombreuses Angiospermes mais également des Gymnospermes, des fougères et des Bryophytes. Elles ne comprennent ni manteau fongique, ni réseau de Hartig, mais seulement des hyphes intercellulaires qui pénètrent la racine et se répartissent entre elles et à l'intérieur des cellules du cortex pour former une structure d'échange, entre la plante et le champignon (Dommergs et al, 1999).

Les champignons des endomycorhizes AM (mycorhize à arbuscule), sont des symbiotes obligatoires et appartiennent à l'ordre des Glomales (Gloméromycètes). Ce sont des symbiontes biotrophes qui ne possèdent pas de stade sexué connu.

Dans cet échange mutualiste, un niveau supérieur de complexité apparaît puisque, parfois, les spores des champignons mycorhiziens AM hébergent un nombre important des bactéries endosymbiotiques (Duhoux. et Nicole, 2004). Le tableau 2 illustre les cinq ordres des spores de champignons mycorhiziens.

Tableau 2 : Classification des cinq genres des champignons CMA (Gavériaux, 2012).

ORDRES	FAMILLES	GENRES
Archaeosporales	Archaeosporaceae	<i>Archaeospora, Intraspora</i>
	Geosiphonaceae	<i>Geosiphon</i>
	Ambisporaceae	<i>Ambispora (= Appendicispora)</i>
Diversisporales	Acaulosporaceae	<i>Acaulospora, Kuklospora</i>
	Diversisporaceae	<i>Diversispora, Tricispora, Otopora, Redeckera</i>
	Sacculosporaceae	<i>Sacculospora</i>
	Pacisporaceae	<i>Pacispora</i>
Gigasporales	Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i>
	Dentiscutataceae	<i>Dentiscuta, Quatunica, Fuscutata</i>
	Racocetraceae	<i>Racocetra, Cetraspora</i>
	Scutellosporaceae	<i>Scutellospora, Orbispora</i>
Glomerales	Glomeraceae	<i>Glomus, Septoglomus, Funelliformis, Simiglomus</i>
	Entrophosporaceae (= Claroideoglomeraceae)	<i>Claroideoglomus, Viscospora, Entrophospora, Albahypha</i>
Paraglomerales	Paraglomeraceae	<i>Paraglomus</i>

I.1.2.1 Les endomycorhizes à arbuscules et vésicules

Une fois pénétrés dans la racine, les champignons différencient des filaments qui produisent des vésicules intra ou intercellulaires, dans les couches périphériques (épiderme et exoderme), et des arbuscules, dans les cellules corticales plus profondes. Dans tous les cas, les hyphes traversent la paroi végétale, s'installent dans l'espace péri plasmique et repoussent la membrane de la cellule hôte.

I.1.2.2 Les endomycorhizes à arbuscules

Les arbuscules sont constitués de structures fongiques très ramifiées qui résultent de dichotomies répétées. La croissance intracellulaire de l'arbuscule est généralement importante alors que les cellules de la plante hôte apparaissent hypertrophiées. Les nombreuses digitations de l'arbuscules sont limitées par une membrane péri-arbusculaire d'origine végétale qui entoure une paroi fongique très mince. Les arbuscules constituent ainsi une très grande surface de contact où les deux partenaires sont très proches. A cette interface est attribué un rôle dans le transfert du phosphore et du carbone entre les deux partenaires. La durée de vie des arbuscules est de quelques jours (Duhoux et Nicole, 2004).

I.1.2.3 Les endomycorhizes à vésicules

Les vésicules sont formées en général dans les couches superficielles de la racine. C'est la nature du champignon qui induit cette morphologie ; certains champignons, comme *Scutellospora* ou *Gigaspora* n'en forment jamais. Les vésicules ont des parois épaisses de formes variées et sont, là aussi, caractéristiques de l'espèce fongique. Elles joueraient probablement un rôle dans le stockage des réserves et dans la propagation du champignon (Duhoux et Nicole, 2004).

I.1.2.4.3 Les mycorhizes à pelotons d'hyphes cloisonnés

Ces associations sont représentées chez plusieurs familles végétales. Ce champignon envahit à la fois les embryons et le système racinaire des plantes adultes. Les deux types d'association ont été analysés par Bernard (1909).

Chez les embryons, le champignon pénètre par le suspenseur, il stimule la division des cellules et provoque donc la croissance embryonnaire. Chez un même embryon, peuvent être observés sur tous les stades de développement du partenaire fongique, c'est-à-dire des pelotons d'hyphes jusqu'aux amas de phagocytose (Strullu, 1991).

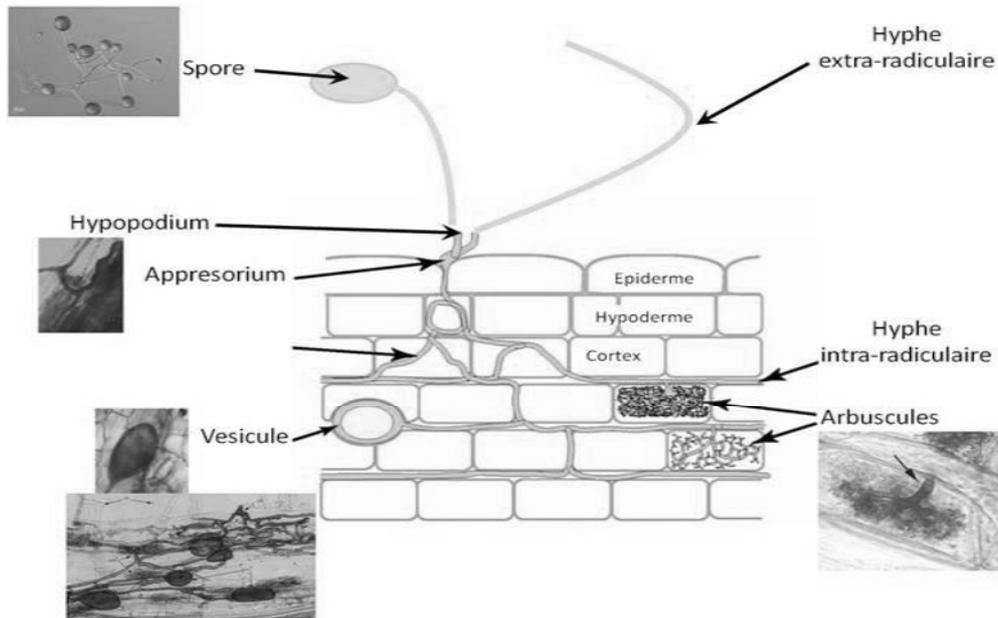


Figure 2 : Schéma des différentes étapes de colonisation des champignons MA (Bofante et Genre 2010).

I.1.3 Les Ectendomycorhizes :

Les ectendomycorhizes sont des associations mycorrhiziennes possédant les caractères qui les rapprochent des deux catégories précédentes. Elles montrent un manteau fongique et un réseau de Hartig (caractères d'ectomycorhizes) ainsi que des pénétrations dans ces cellules corticales bien organisées au niveau structural (caractères d'endomycorhizes)

Le tableau 3 représente les caractéristiques générales des grands groupes de mycorhizes.

Tableau 3 : Caractères généraux des grands groupes de mycorhizes

Types de mycorhizes	Ectomychorise	Endomycorhize	Ectoendomycorhize
Position systématique du champignon zygomycète <ul style="list-style-type: none"> • Zygomycètes • Ascomycètes • Basidiomycètes 	 + + +	 + + +	 ? + +
Position systématique des hôtes <ul style="list-style-type: none"> • gymnospermes • Angiospermes 	 + +	 + +	 + +
Formes biologique des hôtes arbres <ul style="list-style-type: none"> • Arbres • Arbuste • autres 	 + + +	 + + +	 + + +
Anatomie de complexe <ul style="list-style-type: none"> • Manteau • Réseau de Hartig • pelotons • Arbuscules 	 + + - -	 - - + +	 + + + ?
Physiologie de la symbiose <ul style="list-style-type: none"> • Extension de la surface d'absorption 	 +	 +	 +
Apoplaste mixte polysaccharidique (ca+)	 +	 +	 +
Granules métachromatiques vasculaires	 +	 +	 +

II. Rôles et applications des mycorhizes :

II.1 La nutrition minérale de la plante

Le rôle des mycorhizes (ecto et endomycorhizes) est d'assurer une meilleure nutrition minérale de la plante par l'augmentation du volume de sol exploré. Cette amélioration est réalisée par l'intermédiaire des filaments végétatifs extra matriciels qui augmentent considérablement le volume de sol exploité (1000 mètres de mycélium par mètre de racine (Martin et Plassard, 1997).

II.2 Nutrition azotée

Les champignons mycorhiziens contribuent également à l'amélioration de la nutrition azotée chez la plante hôte de la façon qui suit (Duhoux et Nicole, 2004) :

- Mise à disposition de la plante, par la machinerie enzymatique du champignon, de certaines formes d'azote (acide aminés, peptides et protéines) mal utilisées par la plante seule.

II.3 Nutrition phosphatée

La plante mycorhizée absorbe plus de phosphates grâce à son aptitude à utiliser des formes organiques ou minérales du phosphore du sol (orthophosphate) non assimilable. En effet, le champignon solubilise les formes combinées des phosphates et les transfère ensuite à la plante, sous leur forme mobilisable (Duhoux et Nicole, 2004).

II.4 Nutrition carbonée

En fournissant du CO₂ aux parties aériennes de la plante mycorhizée, il a été démontré que le champignon utilise entre 4 et 20% des hexoses (fructose et glucose) produits par la plante (Duhoux et Nicole, 2004). Dans la symbiose endomycorhizienne AM, les arbuscules sont considérés comme le site des échanges carbonés entre les deux partenaires; c'est au niveau des arbuscules qu'aurait lieu la régulation de l'hydrolyse du saccharose produite par la photosynthèse. Elle est provoquée par la stimulation de l'expression d'invertases de la plante, expression consécutive à l'acidification de l'interface de l'arbuscule (Duhoux et Nicole, 2004).

II.5 Activités hormonales

Il a été démontré que chez les champignons arbusculaires, l'acide jasmonique qui est une hormone végétale, ainsi que l'éthylène interviennent dans le processus de colonisation et entraînent des modifications biochimiques dans toutes les parties de la plante maintenant ainsi un équilibre entre le champignon mycorhizien et la plante hôte lors d'un stress abiotique (Fortin et *al.*, 2008).

II.6 Résistance aux stress biotiques et abiotiques

Outre les effets nutritionnels, d'autres effets positifs de mycorhizes notamment les MA ont été rapportés, à savoir une résistance accrue des plantes endomycorhizées aux attaques de certains pathogènes telluriques tels que : *Fusarium*, *Phytophthora* et *Thielaviopsis* (Azcon-Aguilar et Barea, 1992) et des nématodes (Morandi, 1987). Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer les mécanismes de base à ces effets. En effet, le CMA n'intervient pas directement sur le pathogène, mais plutôt en causant des changements dans les tissus de l'hôte notamment en développant la lignification des cellules, créant ainsi une barrière contre la pénétration des pathogènes (Schenck et Kellan, 1978). Une autre explication pourrait être trouvée au niveau de la compétitivité pour les sites d'infection : l'occupation en premier par les CMA des cellules hôtes empêcherait la pénétration du pathogène (Gianinazzi-Pearson et Diem, 1982). L'accumulation de certains composés du métabolisme secondaire, en particulier l'augmentation des teneurs en composés phénoliques (Krishna et Bagyaraj, 1984 ; Blal, 1989) et la production de phytoalexines (Morandi, 1987) observée chez les plantes endomycorhizées pourraient en être également responsables de l'inhibition des agents pathogènes.

L'endomycorhization joue aussi un rôle important dans l'augmentation de la résistance aux stress abiotiques. Elle permet de simplifier l'effet de ces stress et conférer à la plante une tolérance à l'acidité des sols (Gupta et Krishnamerthy, 1996) et au stress hydrique et salin.

III. Présentation de *Vitex agnus-castus*

III.1 Description botanique

Vitex agnus-castus “L’arbre au poivre, ou gattilier” est une espèce d'arbustes appartenant à la famille des *Verbenaceae* selon la classification classique, ou à celle des *Lamiaceae* selon la classification phylogénétique.



Figure 3 : *Vitex agnus castus* en allure générale : 1 : Vitex arbuste ; 2 : Fleurs ; 3 : Allure générale de branches (Mohamed Ouali, 2016)

Le système racinaire est pivotant, la tige est ligneuse ramifiée. Les feuilles sont composées palmées. Folioles vertes, linéaires, lancéolées, dentées (Quezel et Santa 1963). Il fleurit en août et septembre et ses fleurs sont petites, de couleur bleue violacée, regroupées en une inflorescence de type épi (fig.3). Il donne des baies qui ressemblent à des grains de

poivre, dur, d'un pourpre à la peau noire, jaunâtre à l'intérieur, à moitié couvert par leur calices verts et contenant quatre graines. L'odeur est aromatique et épicé, la saveur chaude et singulière après maturation (Aissaoui, 2010).

III.2 Les noms communs / Synonymes

L'espèce *Vitex agnus-castus* possède plusieurs noms communs tels que : « Kef meriem » (Quezel et Santa, 1963). Gattilier, « agneau chaste », petit poivre, poivre sauvage, herbe au poivre, arbre de poivre Agnolyt, Berry chaste, baie de l'arbre chaste, chastetree, chanvre arbre, le poivre de moine, les épices indiennes (Tela-Botanica, 2015), Kharouaa (Autochtones de la région d'Adrar)

III.3 Classification Botanique

Cronquist (1981) a établi la classification suivante :

Régne : Plantae

Sous- règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Sous classe : Asteridae

Ordre : Lamiales

Famille : Verbenaceae

Genre : *Vitex*

Espèce : *Vitex agnus castus* L.

Classification APG III(2009)

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

III.4 Répartition géographique

Vitex agnus-castus se rencontre au nord de l'Afrique et en Asie centrale et l'Asie occidentale. Elle est maintenant cultivée partout dans le monde, y compris la partie sud des Etats-Unis.

En Algérie, cette espèce trouve un ultime refuge dans les zones arides du Sahara (Aissaoui, 2010).

III.5 Propriétés et utilisation

Le gattilier est apprécié pour ses nombreuses vertus. Ainsi, ses feuilles aromatiques sont utilisées comme antiparasitaires et vermifuges et permettent de calmer et de soulager les douleurs. Ses racines, quant à elles, donnent du tonus, permettent de lutter contre la fièvre, sont un puissant expectorant et ont aussi des propriétés diurétiques. Ses fruits, pour leur part, contiennent de la casticine et de l'irridoloïde, des huiles grasses et des huiles essentielles, mais surtout des flavonoïdes.

Le gattilier est surtout connu pour son efficacité contre les différents troubles liés aux menstruations, voire la procréation. Ainsi, cette plante est utilisée pour régulariser les cycles menstruels, notamment pour les femmes touchées par l'aménorrhée ou l'absence des règles et pour celles qui ont des cycles irréguliers suite à la prise de contraceptifs. Le gattilier est également utilisé pour lutter contre l'infertilité due à un déséquilibre hormonal, il agit en effet sur l'ovulation, en régulant la sécrétion de prolactine et en augmentant le taux de progestérone. Enfin, il agit également sur les troubles de la pré-ménopause et de la ménopause (Mohamed Ouali, 2016).

IV. Présentation de *Moringa oleifera* Lam

IV.1 Description botanique

Moringa oleifera Lam est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur et dont le tronc mesure 20 à 40 cm de diamètre (Foidl, 2001).

Le tronc est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. En général, il atteint 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 mètres, les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol.

(Foidl, 2001) (fig 4.1).



Figure 4: Différentes structures de *Moringa oleifera* : 1. Branche et fleur ; 2. Feuilles ; 3. Péricarpe ; 4. Graines, (Mohamed Ouali, 2016).

Les feuilles, alternes et bi ou tripennées, se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles mesurent 20 à 70 cm de long, sont recouvertes d'un duvet gris lorsqu'elles sont jeunes, ont un long pétiole avec 8 à 10 paires de pennes composées chacune de deux paires de folioles opposés, plus un à l'apex, ovales ou en forme d'ellipse, et mesurant 1 à 2 cm de long (fig 4.2), elles peuvent être cueillies plusieurs fois dans l'année (Morton, 1991).

Les fleurs mesurent 2,5 cm de large et se présentent sous forme de panicules axillaires et tombantes de 10 à 25 cm. Elles sont généralement abondantes et dégagent une odeur agréable. Elles sont blanches ou couleur crème, avec des points jaunes à la base. Les sépales,

au nombre de cinq, sont symétriques et lancéolés. Les cinq pétales sont minces et spatulés, symétriques à l'exception du pétale inférieur et entourent cinq étamines.

Les fruits forment des gousses à trois lobes, mesurant 20 à 60 cm de long, qui pendent des branches. Lorsqu'ils sont secs, ils s'ouvrent en trois parties. Chaque gousse contient entre 12 et 35 graines (4.3).

Les graines sont rondes, avec une coque marron semi-perméable. La coque présente trois ailes blanches qui s'étendent de la base au sommet à 120 degrés d'intervalle. Un arbre peut produire 15000 à 25000 graines par an. Une graine pèse en moyenne 0,3 g et la coque représente 25% du poids de la graine (Makkar et Becker, 1997) (fig 4.4). La récolte des graines se fait (02) fois par an en Avril- Mai et Septembre-Octobre (Mohamed Ouali, 2016).

IV.2 les synonymes

Moringaceae du genre *Moringa*, lui-même issu du nom vernaculaire tamoul murungai, fréquemment appelé dans les pays francophone par « Arbre de vie ».

IV.3 Classification Botanique (Lam, 1785)

Règne : Plantae

Sous- règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Dilleniidae

Ordre : Capparales

Famille : Moringaceae

Genre : *Moringa*

Espèce : *Moringa oleifera* Lam

Classification phylogénétique : (APGIII, 2009)

Ordre : Brassicales

Famille : Moringaceae

IV.4 Répartition géographique

Elle semble être originaire des régions d'Agra et de Oudh, au nord-est de l'Inde, au sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya.

Cet arbre se rencontre à l'état naturel jusqu'à 1000 m d'altitude, il pousse relativement bien sur les versants mais est plus répandu dans les zones de pâturages et les bassins des rivières, même dans des zones recevant moins de 400 mm de précipitations annuelles (Odee, 1998). *Moringa oleifera* est aujourd'hui cultivée à travers le Moyen-Orient, ainsi que tout le long de la ceinture tropicale (Foild, 2001).

Moringa oleifera présente des racines fortes, très résistantes à la sécheresse et tolère 300 à 1100 mm d'eau / an. C'est une espèce végétale qui préfère un sol sablonneux, neutre ou légèrement acide (pH entre 5-7) mais, tolère aussi d'autres conditions de sol, des altitudes

au dessous de 500 m, supporte des températures entre 25- 35° mais, peut vivre à 45° dans l'ombre (Mohamed Ouali, 2016).

IV.5 Propriétés et utilisation

Les feuilles fraîches, riches en sels minéraux, vitamines (A,C, B,E) ,protéines et acides aminés. Elles présentent diverses utilisations : elles sont Antiscorbutiques, compléments nutritionnels, fortifiants, Anti-inflammatoires, antispasmodiques, diurétiques, rubéfiantes (Yang, 2006).

La racine renferme des athomines et des ptéryospermines qui sont des antibiotiques et les écorces des racines contiennent des alcaloïdes notamment la morginine et lamoringinine (utilisé en médecine comme stimulant cardiaque). Elle présente également des effets antiscorbutiques, tonifiants, bactéricides et fongicides (Yang, 2006).

Les graines sont riches en matière grasse et sont très usitées pour le traitement final dans des unités d'épuration des eaux usées. L'huile des graines est également exploitée comme lubrifiant dans la machinerie fine, comme l'horlogerie, pour sa faible tendance à se détériorer et devenir rance et collante (Ramachandran et *al.*, 1980). Elle est également utilisable comme huile de cuisine. Grâce à sa capacité à absorber et à retenir les substances volatiles, elle est également intéressante dans l'industrie des parfums pour stabiliser les senteurs (Ramachandran et *al.*, 1980).

Chapitre II

Matériel et méthode

I. Description de la station d'études

L'échantillonnage de nos espèces effectué à la station expérimentale (INRA) dans la commune d'Ouled Aïssa dans la wilaya d'Adrar en Algérie. Le territoire de la commune d'Ouled Aïssa se situe au nord-ouest de la wilaya d'Adrar, dans la région du Gourara. Le chef-lieu de la commune est situé à 208 km au nord d'Adrar. Ouled Aïssa est située à 355 mètres d'altitude (fig.5).

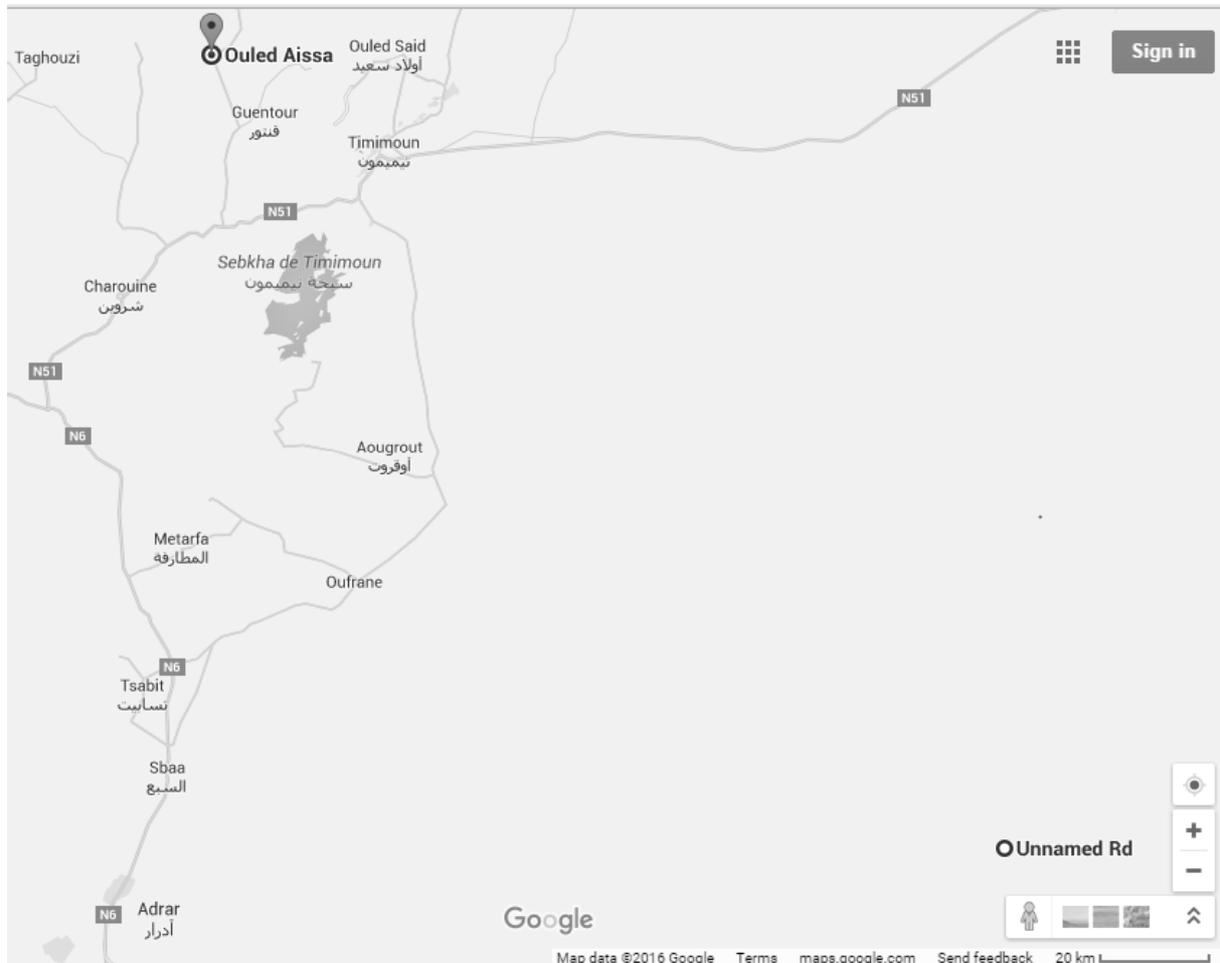


Figure 5 : Situation géographique de la station d'étude Ouled Aïssa en Algérie dans la wilaya d'Adrar (Google maps).

II. Prélèvement des racines

L'échantillonnage des racines de *vitex agnus-castus* et *Moringa oleifera* à été effectué au mois de Mars (2016), sur des arbres adultes pris au hasard. Autour des arbres, environ une dizaine de fragments racinaires sont récoltés à une profondeur de 20 à 30 cm. Les sols ont été humidifiés puis conservés dans des sacs en plastiques.

III. Tri et conservation des racines

Les racines contenues dans le sol, ont été triées et récupérées avec soin et disposées dans des cristallisoirs remplis à moitié d'eau. Elles sont ensuite lavées a l'aide d'un pinceau (plusieurs lavages sont nécessaires pour les débarrasser de tous le sol qui les entoure) (fig.6). Elles sont ensuite coupées en fragments de longueurs similaires de 2 à 3 cm a l'aide d'une lame Gillette et conservées dans une solution de FAA (formole-alcool-acide acétique) (fig.7).



Figure 6 : lavage et tri des racines



Figure 7: conservation des racines

IV. Etude des racines mycorhizées par la méthode d'écrasement des racines

Les fragments racinaires ainsi traités sont d'abord observés, à l'œil nu puis à la loupe binoculaire. Aucune structure ectomycorhizienne n'a été décelée.

Pour mettre en évidence la présence de structures endomycorhiziennes, il est nécessaire d'éclaircir les racines en éliminant les contenus cellulaires puis de les colorer avec un colorant spécifique : le bleu trypan.

➤ **Eclaircissement**

Les racines sont plongées dans une solution de KOH 10 % durant 4 heures à 90° C afin de les vider de leur contenu cytoplasmique. Après lavage à l'eau courante, les racines très pigmentées sont mises dans une solution d'H₂O₂ (10 %) jusqu'à devenir blanches. Le rajout de quelques gouttes d'acide lactique 5 % permet de neutraliser l'hydroxyde de potassium restant. Les racines sont à nouveau rincées à l'eau distillée.

➤ **Coloration**

La technique de coloration utilisée est celle décrite par Philips et Hayman (1970) avec Le Bleu de trypan qui permet la coloration de la chitine des parois du champignon. Les racines sont lavées à l'eau. Les structures fongiques, tels que les arbuscules, les vésicules et le mycélium apparaissent en bleu. Chaque fragment racinaire de 30cm est découpé en petit fragments d'environ 1 cm et monté entre lame et lamelle pour observation et évaluation au microscope.

V. Montage des lames

Les fragments colorés sont montés entre lame et lamelle dans une goutte d'eau. Ils sont ensuite écrasés avec le bout arrondi d'un crayon en bois. Pour une observation directe, nous avons monté les racines dans de l'eau, celles observées plus tard sont montées dans du lactoglycérol.

Les lames sont observées au microscope photonique. Chaque fragment étant soigneusement vérifié sur toute sa longueur, au grossissement (x 100 puis x 400).

VI. Estimation de la fréquence d'endomycorhization

Pour évaluer l'importance de l'infection mycorhizienne, nous avons opté pour le système le plus simple qui consiste à noter (+) les fragments pourvus de mycorhizes et (-) ceux qui en sont dépourvus (Plenchette et *al.*, 1989).

Les racines de 30 cm découpées en fragment ont été évaluées selon la méthode de Sanchez et *al.* (2007). La méthode consiste à parcourir la lame dans le sens horizontal, en commençant par le premier tiers de la première racine et noter pour chaque racine s'il y'a ou non colonisation. Nous parcourons à nouveau la lame en partant du deuxième tiers de la racine et ainsi de suite jusqu'au troisième tiers.

L'infection a été estimée par le paramètre suivant : **fréquence de mycorhization** (F) en utilisant la formule ci-dessous :

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

N : Nombre de fragments observés

n_0 : Nombre de fragments sans traces de mycorhization

Trente fragments de chaque échantillon pris au hasard ont été placés par groupe de cinq au le microscope. L'infection a été estimée par le pourcentage du nombre de fragments colonisés par CMA puis par le pourcentage de la longueur effectivement infectée de chaque fragment rapporté à sa longueur totale.

VII. Extraction des spores de CMA

La technique adoptée pour l'extraction des spores de CMA est celle de Gerdmann et Nicolson (1963) avec quelques modifications :

➤ Tamisage humide du sol

Les spores ont été extraites directement sur les échantillons de sol prélevés. Un échantillon de 50 grammes de chaque échantillon de sol a été mis dans 500 ml d'eau de robinet. Le mélange est agité longuement pour une bonne homogénéisation, laissé décanter pendant 5min. Ensuite faire passer la suspension a travers une séries de tamis de maille de 500 μ m, 315 μ m, 160 μ m, 125 μ m, 80 μ m, disposés respectivement l'un au-dessous de l'autre dans l'ordre ci dessus mentionné (fig.8). Les suspensions des quatre derniers tamis ont été récupérés chacune dans un bécher (Gerdmann et Nicolson, 1963).



Figure 8 : Récupération des spores : 1 : Tamisage du sol ; 2 : 50g de sol ; 3 : Série de tamis utilisée ; 4 : Technique de filtration de substrat en vue d'isoler les spores.

➤ Centrifugation

L'ensemble est centrifugé à 2 000 tr/mn pendant 5 mn. Le surnageant contenant les spores mortes et les débris légers est éliminé et au culot est ajoutée une solution de Saccharose de 20%. L'ensemble est centrifugé de nouveau à 500 tour/mn pendant 10 mn (fig.9) (Gerdmann et Nicolson, 1963).



Figure 9 : Centrifugation des suspensions contenant les spores.

➤ **Récupération des spores**

Après centrifugation, le surnageant est filtré sous vide sur papier Whatman. Les spores sont récupérées à la loupe binoculaire à l'aide d'une pince fine.

➤ **Conservation des spores**

Les spores récupérées après filtration sont lavées à l'eau distillée et conservées dans de l'eau.

VIII. Abondance relative des spores

La communauté de CMA de l'échantillon de sol a été estimée par comptage direct sous loupe binoculaire du nombre de spores présentes dans 100 g de sol.

L'abondance relative de chaque genre est calculée comme étant le rapport du nombre de spores de ce genre et du nombre total de spores dénombrées selon la formule suivante :

$$A = n/N \quad \text{où :}$$

A= abondance relative.

n= nombre de spores du genre fongique considéré. N= nombre total de spores dénombrées.

IX. Description morphologique des spores isolées

Pour l'approche d'identification des champignons mycorhiziens, les spores de chaque morphotype ont été récupérées à partir du sol. Elles ont été montées entre lame et lamelle, observées et mesurées à l'aide d'un micromètre au microscope optique (x400).

La détermination du genre est basée sur la classification établie par Schenk et Perez (1987).

X. Analyse physico-chimique du sol

Pour cette analyse du sol rhizosphérique, quelques paramètres ont été étudiés : le pH, l'humidité hygroscopique, la conductivité électrique.

Chapitre II

Résultats et discussion

I. Association symbiotique chez un peuplement naturel de *Vitex agnus-castus*

L'organisation cytologique des racines mycorhizées de *Vitex agnus-castus* observées au microscope optique est illustrée par (fig.10).

Après observation de l'ensemble des fragments racinaires, la seule structure mycorhizienne rencontrée est de type intermédiaire (fig.10).

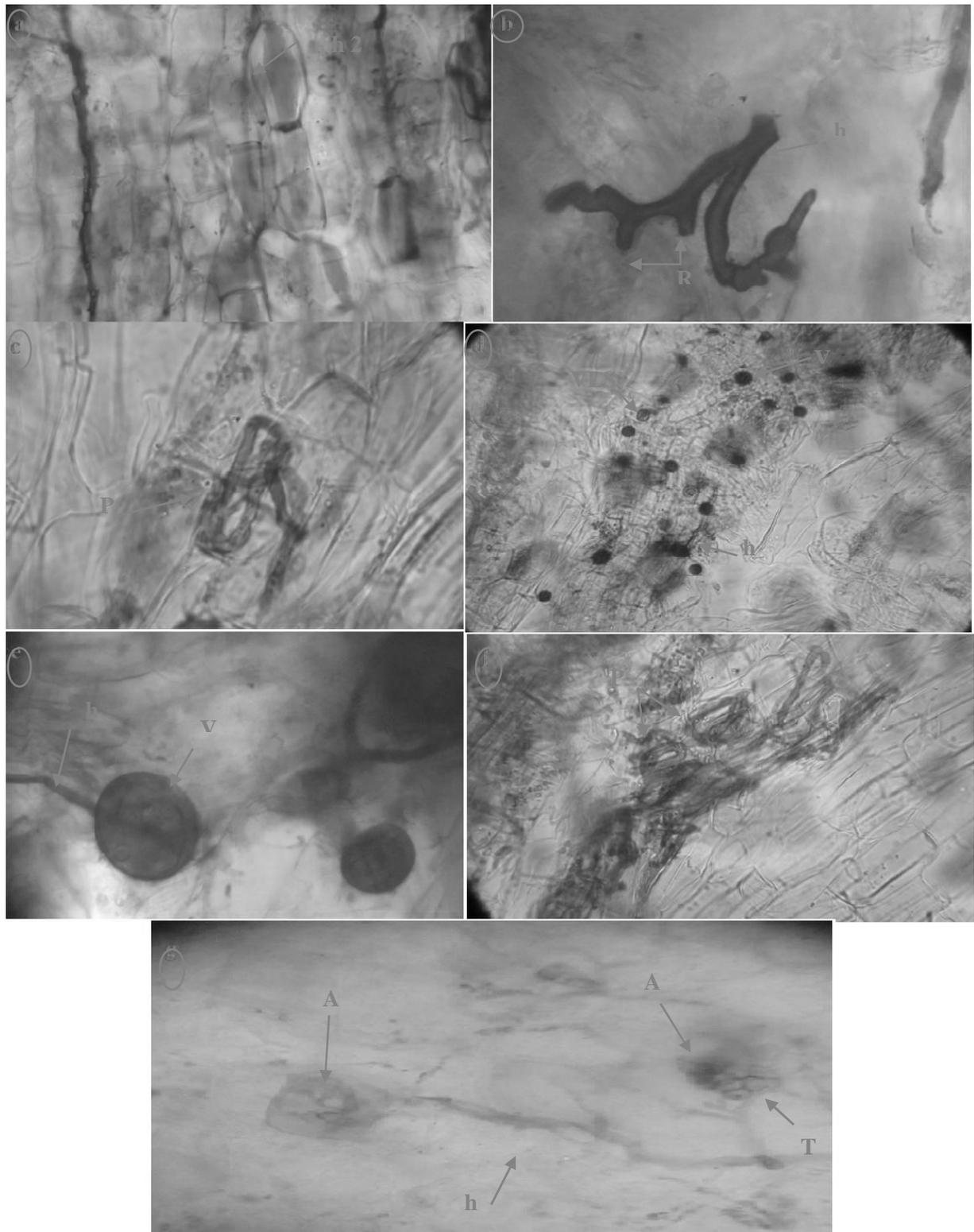


Figure 10 : Structure anatomique d'une endomycorhize VA de type intermédiaire.

a : hyphe mycélien (h1 : hyphe intercellulaire, h2 : hyphe intracellulaire), b : détail d'un hyphe (R : ramification d'un hyphe mycélien), c : détail d'un peloton, d : détail des principales structures d'une endomycorhize VA (h : hyphe, V : vésicule, VLS : visicules like spores), e : une vésicule (V) attaché à son hyphe (h), f : ensembles de pelotons (P : peloton), g : présence d'arbuscules (A : arbuscule, T : tronc, h : hyphe).

I.1. Association symbiotiques de *Vitex agnus-castus*

I.1.1 Statut mycorhizien et cytologique

La coloration au bleu de trypan a révélé la présence de structures endosymbiotiques : c'est des endomycorhizes à vésicules (fig.10). Ces dernières sont caractérisées par des hyphes extramatriciels, intracellulaires et intercellulaires (fig.10.a). Comme il y a présence des hyphes Coenocytiques (siphonnées). Les diamètres de ces hyphes diffèrent selon leur localisation (fig.10.b). De visu ce sont les hyphes extramatriciels qui présentent le diamètre le plus important comparés aux hyphes inter et intracellulaires.

Les hyphes mycéliens évoluent entre les cellules puis infectent les cellules corticales (fig.10.a). Certains hyphes se dilatent à leur extrémité pour former d'énormes ampoules inter- ou intracellulaires : Ce sont les vésicules qui peuvent être de forme arrondie (fig.10.d.e) ainsi que des VLS (vésicules like spores) de forme également arrondie (fig.10.d). D'autres structures caractéristiques des endomycorhizes VA, les pelotons relatifs à un enrôlement des hyphes mycéliennes à l'intérieure des cellules corticales (fig.10.c.f). Une fois dans les cellules, l'extrémité de certains hyphes subit une division dichotomique pour former les arbuscules (fig.10.g) qui constituent la surface d'échange entre l'hôte et le symbiote.

I.2. Quantification des mycorhizes associés aux racines de *V.agnus-castus*

Les résultats obtenus lors de notre expérimentation montrent que les racines étudiées présentent différentes structures fongiques : - hyphes, -vésicules, -arbuscules

Après avoir coloré et observé nos lames contenant les fragments racinaires au microscope optique, nous avons quantifié et calculé la fréquence mycorhiziennes F de *V.agnus-castus* et les résultats obtenus sont conciliés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Fréquence moyenne mycorhizienne de *Vitex agnus-castus*.

Site	Fréquence %
Ouled Aissa	83.4

Chez *Vitex agnus-castus*, l'étude des fréquences mycorhiziennes a révélé un grand taux d'infection fongique. La moyenne de mycorhization obtenue chez cette essence est de F= 83.4%.

II. Association symbiotique de *Moringa oleifera*

II.1. Statut mycorhizien et cytologique

L'analyse microscopique des racines de *Moringa oleifera* a montré que cette espèce est naturellement infectée également par des endomycorhizes. L'ensemble de l'organisation cytologique des racines mycorhizées observées est illustrée dans la (fig.11).

Chez *Moringa oleifera*, c'est une association endomycorhizienne de type paris qui s'annonce. Par ailleurs, aucune association ectomycorhizes n'a été également signalée.

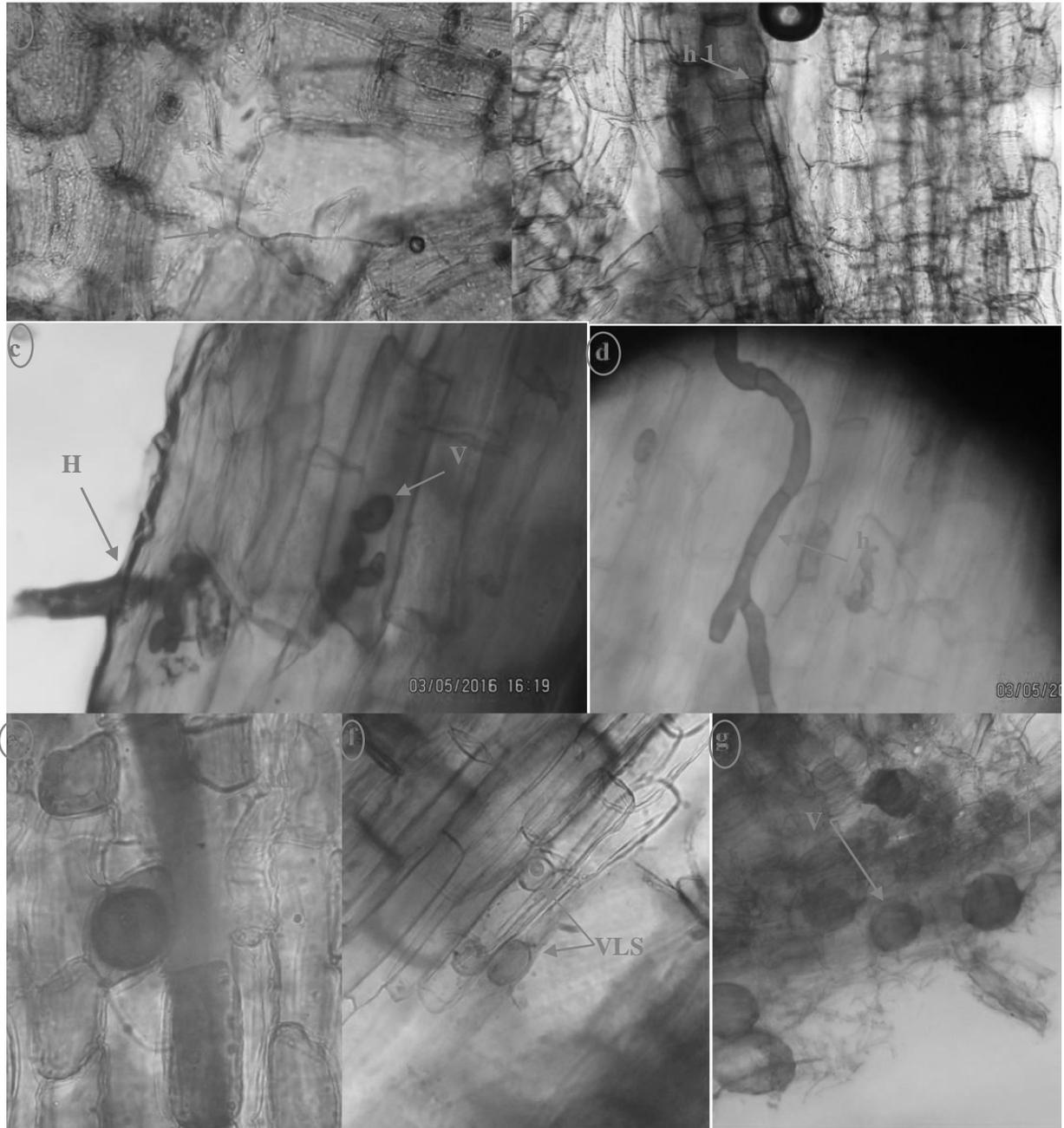


Figure 11 : structure anatomique d'une endomycorhize VA de type paris.

a : hyphe mycélien (h), b : hyphe intracellulaire (h1), hyphe intercellulaire (h2), c : pénétration d'un hyphopode (H) et formation de vésicule (V), d : hyphe siphonné, e : vésicule (V) à coute du cylindre centrale (C), f : VLS (visicules like spores), g : vu générale d'une endomycorhization (V : vésicules, h : hyphe).

La coloration au bleu de trypan a révélé la présence d'endomycorhizes à vésicules (fig.11). Ces dernières sont caractérisées par des hyphes extramatriciels, intracellulaires et intercellulaires (fig.11.a.b). Comme il y a présence des hyphes Coenocytiques (siphonnées). Les diamètres de ces dernières diffèrent selon leur localisation (fig.11.c). De visu, ce sont les hyphes extramatricielles qui présentent le diamètre le plus important comparées aux hyphes intracellulaires.

La pénétration des hyphes mycéliens dans les cellules de la racine chez les deux essences, débute par l'élaboration d'un hyphopode qui synthétise des enzymes (celluloses, pectinases) qui hydrolysent la paroi pectocellulosique des cellules épidermiques (fig.11.d).

Les hyphes mycéliennes évoluent entre les cellules puis infectent les cellules corticales (fig.11.b). Certains hyphes se dilatent à leur extrémité pour former d'énormes ampoules inter- ou intracellulaires, Ce sont des vésicules de forme arrondie (fig.11.e.g). Notons également la présence de VLS (vésicules like spores) de forme arrondie ou ovoïdale qui peuvent être intracellulaire (fig.11.f), ou bien extracellulaire. Par ailleurs aucune structure arbusculaire n'a été détectée.

II.2. Quantification des mycorhizes associés aux racines de *Moringa oleifera*.

Comme dans le cas de *Vitex agnus-castus*, nous avons quantifié et calculé la fréquence mycorhizienne F de *Moringa oleifera*. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : les fréquences mycorhiziennes de *Moringa oleifera*.

Site	Fréquence %
Ouled Aissa	74.9

Cette étude a montré que la moyenne de mycorhization obtenue chez cette essence est de 74.9%, ce qui présente un taux de mycorhization très important.

III. Identification et description morphologique des spores de CMA isolé

La distinction entre les différents groupes de spores de Glomeromycètes, est effectuée suivant cinq caractères morphologiques : la couleur, la forme, présences ou absence de suspenseur, diamètre et nombres de couche qui forme la paroi.

Nos observations indiquent la présence d'une grande diversité de morphotypes pour chacune des espèces *Vitex agnus-castus* et *Moringa oleifera*. L'utilisation de la clé de détermination élaborée par Schenck et Perez (1987) et le site Web INVAM (2006), indique la

présence de 27 morphotypes pour *Vitex agnus-castus* et 23 morphotypes pour *Moringa oleifera* appartenant essentiellement au genre *Glomus*, *Gigaspora*, *Scutelospora* et *Acaulospora*. Ces genres sont distribués équitablement au niveau des deux rhizosphères. Deux types de sporocarpes ont été détectés lors de notre étude. Ces sporocarpes sont morphologiquement différents l'un à aspect globulaire et l'autre présentant des ornements en éventail (fig.12) pour *Vitex agnus-castus*, pour *Moringa oleifera* il y'a absence de sporocarpe (fig.13).

L'ensemble des caractéristiques morphologiques et morphométriques des spores est présenté dans les tableaux 6 et 7.

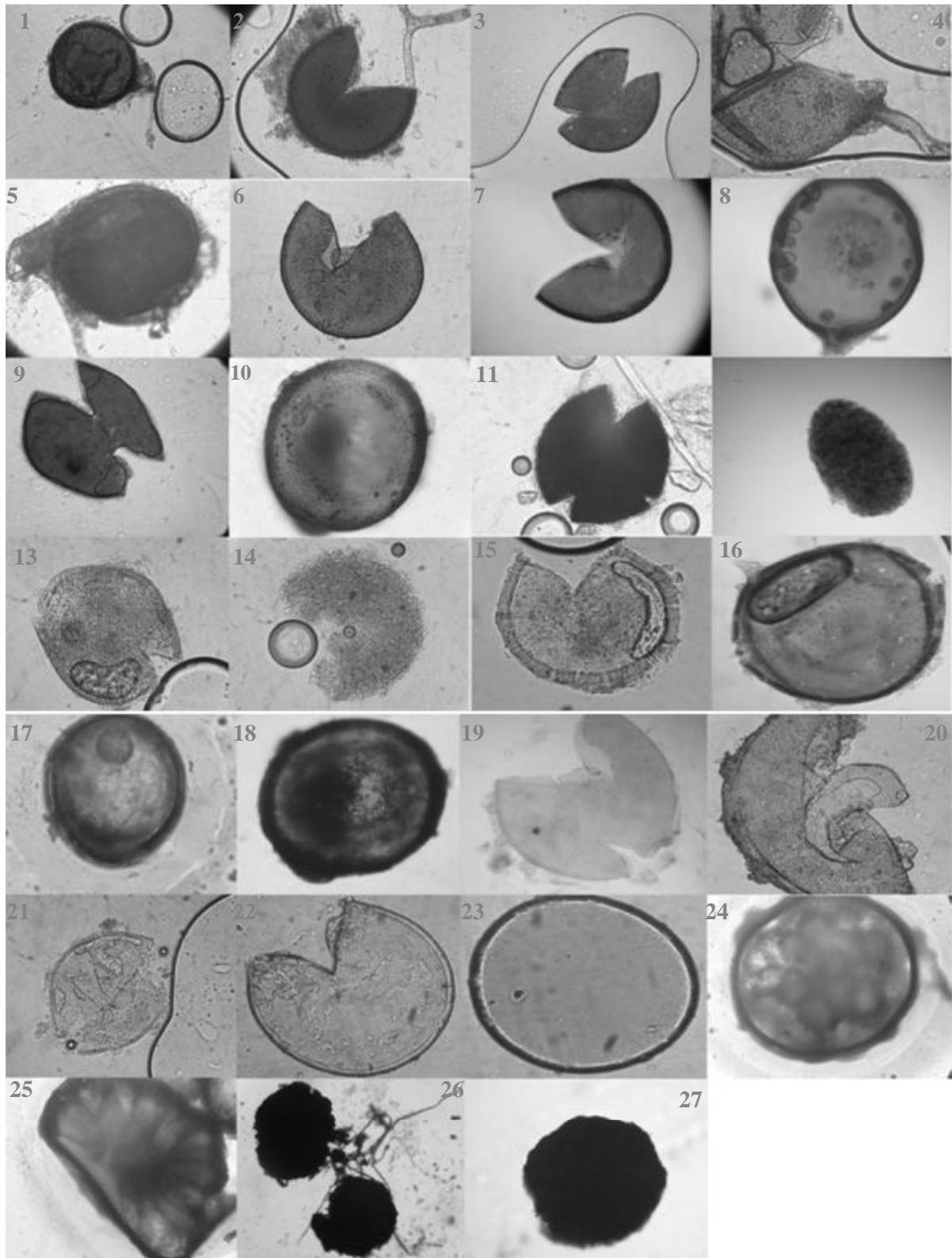


Figure 12 : Les morphotypes observés chez *Vitex agnus-castus*

Tableau 6 : Principales caractéristiques : forme et diamètre approximatif des différents types des spores de *Vitex agnus-castus* et leur identification.

TYPE	COULEUR	FORME	Présence ou absence de suspenseur	Diamètre (µm)	Nombre de paroi	Identification
1	Marron foncée	arrondie	oui	65	3	<i>Glomus sp1</i>
2	marron	sphérique	oui	82	2	<i>Glomus sp2</i>
3	miel	Sub-globuleuse	non	90	2	<i>Glomus sp3</i>
4	crème	sphérique	oui	(80-125)	2	<i>Glomus sp4</i>
5	Marron foncée	Sub-globuleuse	oui	(80-125)		Non identifiée
6	Marron	sphérique	non	(80-125)	2	<i>Glomus sp5</i>
7	Crème	arrondie	non	(80-125)	2	<i>Glomus sp6</i>
8	Jaune oronge	arrondie	oui	(80-125)	3	<i>Glomus sp7</i>
9	Marron foncée	ovale	non	55 largeur 83 longueur	2	<i>Glomus sp8</i>
10	Crème	Sphérique avec une squame noire	oui	(125-160)	2	<i>Glomus sp9</i>
11	noir	sphérique	non	(125-160)		<i>Glomus sp10</i>
12	Jaunâtre	ovale	non	(125-160)		Non identifié
13	orange	Irrégulière avec une squame noire	non	(125-160)	2	Non identifié
14	Jaune oronge	sphérique	non	(125-160)		Non identifié
15	Jaune claire	Sphérique avec une squame blanche	Non	(125-160)		<i>Acolospora sp1</i>
16	Jaune foncé	Globuleuse avec une squame ovale	non	(160-315)	2	<i>Acolospora sp2</i>
17	Marron à la crème	Sub-globuleuse avec une squame ronde	non	(160-315)	2	<i>Acolospora sp3</i>
18	Jaune verdâtre	globuleuse	oui	(160-315)	2	<i>Gigasporagantea</i>
19	Jaune foncé	globuleuse	oui	(160-315)	2	<i>Gigasporamargarita</i>
20	crème	arrondie	oui	(160-315)	2	<i>Gigasporarosea</i>
21	Crème avec une teinte pale	Sub-sphérique	non	(160-315)	2	<i>Gigasporaalbida</i>
22	Jaune transparent	sphérique	Non	(160-315)	2	<i>Scutelospora sp1</i>
23	Jaune	sphérique	Non	(160-315)	2	<i>Scutelospora sp2</i>
24	marron	Sphérique avec des granules	non	Plus de 315		<i>Sporocarp1</i>
25	Marron	Sphérique en éventail	non	Plus de 315		<i>Sporocarp2</i>
26	Noir	irrégulière	oui	Plus de 315		Non identifié
27	Noir	irrégulière	oui	Plus de 315		Non identifié

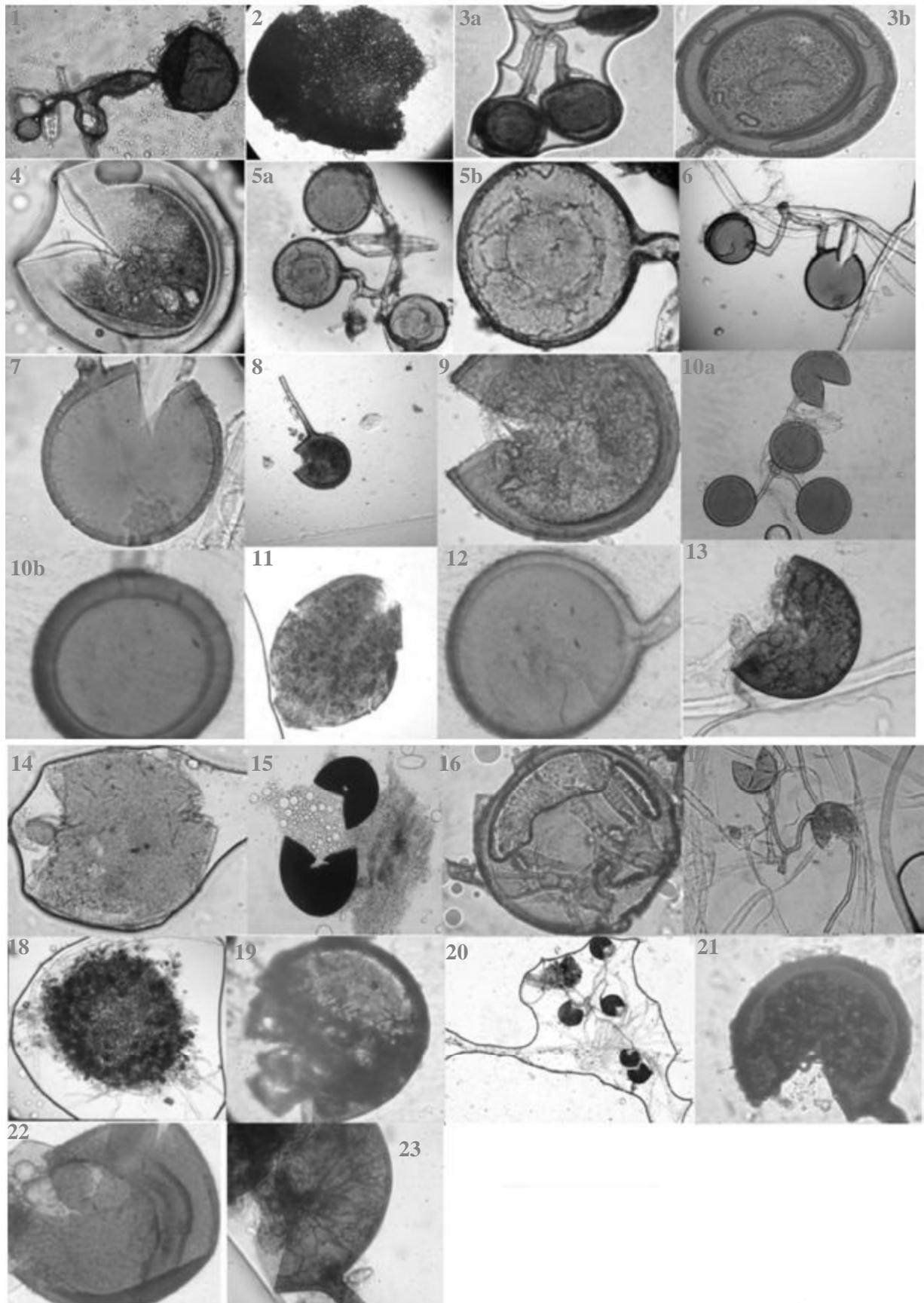


Figure 13 : Les morphotypes observés chez *Moringa oleifera*

Tableau 7 : Principales caractéristiques : forme et diamètre approximatif des différents types des spores de *Moringa oleifera* et leur identification.

Type	couleur	forme	Présence ou absence de suspenseur	Diamètre μm	Nombre de paroi	identification
1	marron	Sub-globuleuse	oui	45	2	Glomus sp1
2	Noir	arrondie	non	(80-125)		Glomus sp2
3a	Grappe de <i>Glomus</i>					
3b	marron	sphérique	oui	84	3	Glomus sp3
4	Jaune	globuleuse	oui	80-125	3	Glomus sp5
5a	Grappe de <i>Glomus</i>					
5b	Jaune orange	globuleuse	oui	80	2	Glomus sp6
6	Jaune pale	globuleuse	Oui	52	2	Glomus sp7
7	Marron	globuleuse	oui	102	2	Glomus sp8
8	Marron foncé	globuleuse	oui	80-125	3	Glomus sp9
9	Marron claire	globuleuse	non	125-160	3	Acolospora sp1
10a	Grappe de glomus					
10b	Jaune orangé	globuleuse	oui	89	3	Glomus sp10
11	Jaune orangé	ovale	non	125-160	2	Acolospora sp2
12	Jaune oronge	Globuleuse	oui	125-160	2	Scutelospora sp
13	Marron avec des tris noirs	Sphérique	oui	125-160	2	Glomus sp11
14	jaune	Sub-globuleuse	oui	125-160	2	<i>Scutellospora</i>
15	noir	globuleuse	oui	45	2	Glomus sp12
16		globuleuse	oui	210	3	Gigasporarosea
17	Jaune pale	Globuleuse en grappe	oui	51	2	Glomus sp13
18	Jaune verdâtre avec des granules marron	Irrégulière	oui	160-315		Non identifié
19	Jaune brun	globuleuse	Non	315	2	Gigasporadis cipiens
20	Marron	Irrégulière en grappe	non	315	2	Grappe de glomus
21	Marron avec des taches marron	arrondie	oui	80-125	2	Glomus sp14
22	Marron	Irrégulière		80-125	2	Non identifié
23	Marron	Sub-globuleuse avec des ornements hexagonales	oui	80-125	2	Glomus sp15

Gigaspora

Les spores appartenant aux espèces du genre *Gigaspora* ne présentent pas de paroi interne.

Glomus

C'est le genre qui présente le type de spore le plus abondant qui présente une grande diversification et une large répartition chez les deux essences végétales.

L'examen des spores, nous a permis de rencontrer une large gamme de taille allant de 80 µm à plus de 315 µm. La couleur peut varier du jaune pâle au jaune foncé. Elles sont circulaires ou sphériques. Le suspenseur est soit droit, courbé ou bifurqué.

Acaulospora

Ce genre par contre est très rare, avec des spores de grande taille allant de 114 à 302 µm avec une forme globuleuse ou sub globuleuse. Les spores de couleur marron foncée présentent une paroi épaisse facilement destructible. Elles ont un aspect luisant et reliées latéralement à des saccules sporifères en position terminale elles sont sessiles (pas de suspenseur) dès leur formation d'où le nom du genre *Acaulospora*.

Scutellospora

Les spores appartenant à ce genre ne se forment pas dans des sporocarpes. Elles ont une forme globuleuse, de couleur jaune pâle à jaune marron et une taille de 190 à 302 µm. L'hyphe d'attachement ou suspenseur est élargie à la sortie de la spore et effilé par la suite.

Les échantillons de sol ont montré des abondances relatives en spores chez *Vitex agnus-castus* est de 44% et chez *Moringa oleifera* est de 34,72%. (Tableaux 8 et 9).

Tableau 8 : Abondance relative des spores de *Vitex agnus-castus*.

Site	Nombre de spores /100g de sol sec
Ouled Aissa	44%

Tableau 9 : Abondance relative des spores de *Moringa oleifera*.

Site	Nombre de spores /100g de sol sec
Ouled Aissa	34,73%

Dans le genre *Glomus*, nous avons pu distinguer 10 espèces notées *Glomus sp* dans le cas de *Vitex agnus-castus* et 15 espèces dans le cas de *Moringa oleifera* toujours *Glomus sp*.

Pour le genre *Gigaspora*, 4 espèces différentes ont été détectées : *G.albida*, *G.discepiens*, *G.margarita* et *G.rosea* chez *Vitex agnus-castus* et 2 espèces : *G.rosea* et *G.discepiens* chez *Moringa oleifera*. Quant au genre *Scutelospora*, il est réparti entre 2 espèces notées sp1 et sp2 chez *Vitex agnus-castus* et une seule espèce pour *Moringa oleifera*

En ce qui concerne le genre *Acaulospora*, c'est le moins abondant dans le sol dont deux espèces ont été détectés pour *Vitex agnus-castus* notées sp1 et sp2, ils sont toujours d'aspect non identifiés et une seule espèce pour dans le de *Moringa oleifera* notée sp.

Nous n'avons pas observé de différence dans la composition des populations de spores entre les deux essences végétales, ce qui pourrait s'expliquer par la proximité de localisation des deux sites.

La diversité morphologique des spores rencontrées au niveau du site d'étude ainsi que leur abondance relative sont resumées dans les tableaux 10 et 11.

Tableau 10 : Pourcentage d'abondance en spores pour chaque genre ainsi que leur morphotype chez *Vitex agnus castus*.

Genre	<i>Acaulospora</i>	<i>Scutellospora</i>	<i>Gigaspora</i>	<i>Glomus</i>	Non identifiée
Abondance relative (%)	5,35%	9,37%	11,90%	71,57 %	1,78%
Nombres de morphotypes	2	2	4	10	10

Tableau 11 : Pourcentage d'abondance en spores pour chaque genre ainsi que leur morphotype chez *Moringa olaefira*.

Genre	<i>Acaulospora</i>	<i>Scutellospora</i>	<i>Gigaspora</i>	<i>Glomus</i>	Non identifiée
Abondance relative (%)	3,92%	8,53%	10,29%	75,93%	1,36%
Nombres de morphotypes	1	1	2	15	4

Lors de cette étude, nous avons remarqué la présence d'hyphes mycéliens septés entre les cellules. Ces dernières ne sont pas colorés par le bleu de trypan. En concordance avec la bibliographie, il s'agit finalement d'endophytes de types DES (Dark Septate Endophytes). Chez les deux essences végétales, ces filaments se présentent sous forme de microsclérotés en position intracellulaire (fig.14 et fig.15).

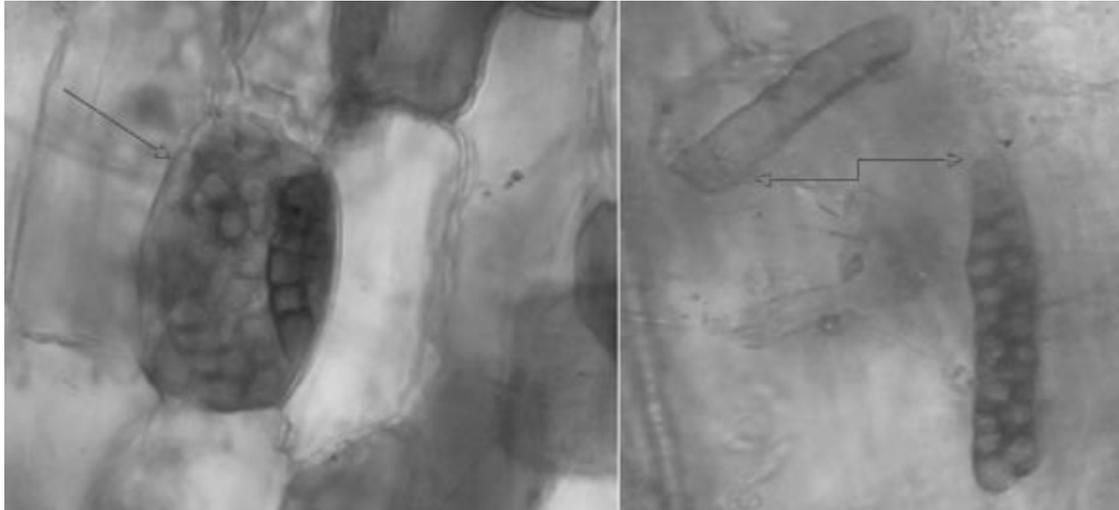


Figure 14 : Sclérotés présente chez *Vitex agnus-castus* (flèches).

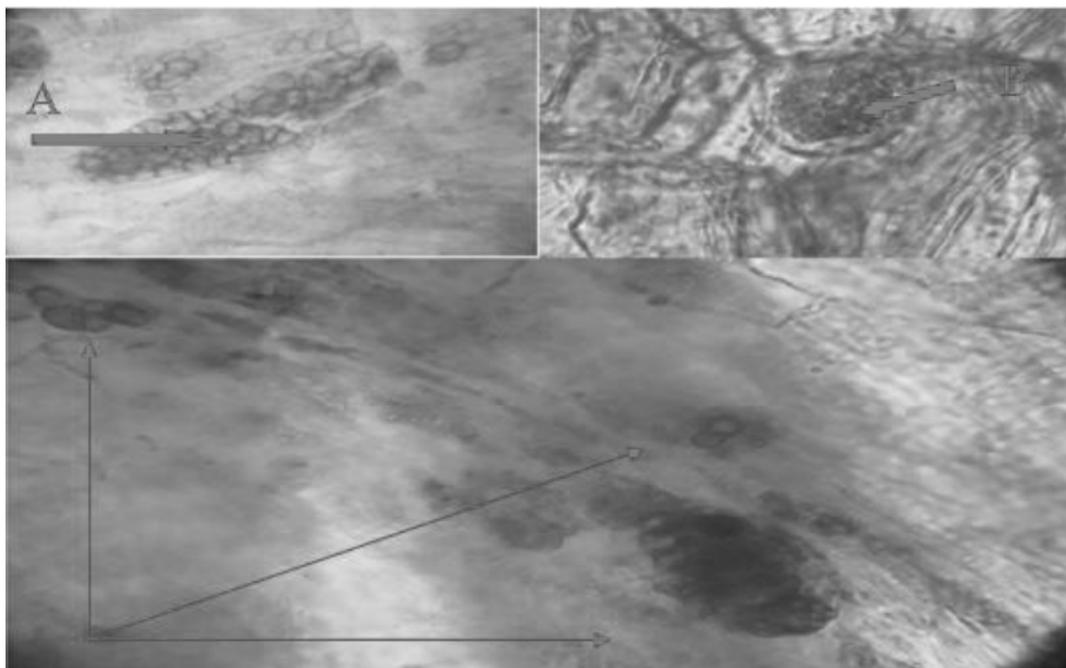


Figure 15 : Différentes structures de sclérotés chez *Moringa oleifera*.

A : Sclérote à forme allongé, B : Sclérote regroupé en amas ovale.

IV. Caractéristiques physico-chimiques du sol

Les paramètres physico-chimiques du sol des deux espèces étudiées sont regroupés dans les tableaux 12 et 13.

Tableau 12 : Caractéristique physico-chimique du sol du site d'étude de *Moringa oleifera*.

Site d'étude	pH eau	pH Kcl	Humidité %	Conductivité mmhos/cm
Ouled Aissa	7.6	7.5	8.0840	0.0145

Tableau 13 : Caractéristique physico-chimique du sol du site d'étude de *Vitex agnus-castus*.

Site d'étude	pH eau	pH Kcl	Humidité %	Conductivité mmhos/cm
Ouled Aissa	7.8	7.7	10.0085	0.0021

Les résultats illustrés dans les tableaux 12 et 13 montrent qu'il s'agit d'un sol alcalin (pH de 7.6 pour *Moringa oleifera* et de 7.8 pour *Vitex agnus-castus*), non salin (avec un taux de conductivité électrique de 0.0145 pour *Moringa* et de 0.0021 pour *Vitex agnus-castus*) et sec (taux d'humidité <10 %).

Discussion

Les observations des fragments racinaires de *Vitex agnus-castus* et *Moringa oleifera* ont permis de mettre en évidence l'existence d'endomycorhizes, de type intermédiaire pour *Vitex agnus-castus* et de type paris pour *Moringa oleifera*. Ce résultat concorde avec celui d'Opik et al.,(2006), qui affirment que la majorité des espèces végétales des zones arides sont endomycorhizées.

Plusieurs travaux confirment aussi la présence de ce type mycorhizien chez les espèces des régions arides et sahariennes. Nous pouvons noter les travaux D'amarache et Chelli (2008), Raab (2010) et Redjdal (2010) sur *Pistacia atlantica* et ceux de Smail-Saadoun et al., (2010) sur *Accacia radiana*

Par ailleurs, Garbay (2013) a rapporté que ce type d'association mycorhizienne domine chez les espèces ligneuses et herbacées sous différents climats, mais à des fréquences variées.

En comparant les résultats obtenus chez les deux espèces, nous constatons que les deux espèces ont un taux de mycorhization moyennement équitable. Ceci serait dû au fait que les deux espèces appartiennent au même biotope.

Dans les zones arides et semi-arides caractérisées par une dégradation sans cesse de couvert végétal, les champignons endomycorhiziens semblent jouer un rôle majeur dans la conquête par les végétaux de nouveaux espaces terrestres et la survie des communautés végétales sous diverses conditions édaphiques et environnementales (Dialo *et al.*, 1998). Cette mycorhization pourrait permettre une meilleure stabilité des agrégats du sol, une fixation des sables mobiles, ainsi qu'une augmentation de la résistance des espèces présentes aux stress environnementaux notamment la sécheresse et la carence en nutriments (Al-Whaibi ; 2009).

Par ailleurs, Allen *et al.*, (1981), confirment que les plantes mycorhizées, ont un meilleur comportement que les non mycorhizées, quand elles sont soumises à des périodes de sécheresses.

En effet, les mycorhizes jouent un rôle capital dans l'économie et l'absorption de l'eau (Mosse et Heyman, 1971), des oligo-éléments notamment du Cu (Mosse, 1957), Zn (BOWEN *et al.*, 1974), quand à la concentration dans la solution du sol et le coefficient de diffusion sont faibles.

Boullard (1968), mentionne que les endomycorhizes causent peu de changement dans la morphologie des racines, mais la physiologie de la plante hôte est significativement modifiée. Non seulement la concentration de certains éléments minéraux change, mais aussi le taux de photosynthèse et la répartition des photosynthétats entre la tige et la racine. Il en résulte une modification des exsudats libérés dans le sol et par voie de conséquence un changement dans la composition des populations des microorganismes mycorhizosphériques.

Au cours de cette étude, nous signalons l'absence des structures ectomycorhiziennes. En effet. D'après la bibliographie le sol sablonneux est défavorable au développement des champignons ectomycorhiziens.

L'identification et la description morphologique indiquent la présence de 27 morphotypes pour *Vitex agnus-castus* et 23 morphotypes pour *Moringa oleifera* appartenant essentiellement au genre *Glomus*, *Gégaspora*, *Scutelospora* et *Acolospora*. Ce qui confirme le caractère prédominant de ces genres dans les régions arides et semi-arides concordant avec d'autres travaux antérieurs obtenus en Lybie, au Sénégal et au Nigeria.

Ces genres sont distribués équitablement au niveau des deux rhizosphères. Deux types de sporocarpe ont été détectés lors de notre étude. Chez *Vitex agnus-castus*, ces sporocarpes sont morphologiquement différents l'un à aspect globulaire et l'autre présentant des ornements en éventail. Une étude menée par Diallo et *al.*, (1999) au Sénégal en zones aride et semi-aride a mis en évidence l'existence des genres *Glomus*, *Scutellospora* et *Gigaspora* avec absence des spores d'*Acaulospora* ces résultats se rapprochent de ceux qu'on a obtenus. Les caractéristiques du sol tel que le pH et l'humidité, sont des paramètres essentiels dans la répartition et l'abondance des champignons mycorhiziens. C'est ainsi que Mosse (1973) a remarqué que le genre *Glomus* apparaissait généralement dans les sols à pH neutre ou alcalin ce qui est le cas de notre sol.

Par ailleurs, les spores, montrent des variations dans le diamètre des spores par rapport à la description d'origine faite par Schenk et Perez (1987). Ces variations morphométriques des caractères des spores observées à l'état naturel pourraient traduire la présence d'écotypes fongiques dans le sol du site prospecté. En effet, Jeffries et Barea (2001) ont relié la nature des communautés de CMA au type de peuplement végétal et à l'existence d'écotype.

Notre sol prospecté renferme des spores denses et diversifiées et sont aptes à générer des endomycorhizes. Ce fait s'est traduit par un taux d'endomycorhization élevé. L'abondance des CMA pourrait avoir un rôle écologique notamment dans la stabilité du sol.

Ce sont les genres *Glomus* et *Gigaspora* qui se sont montrés les plus abondants chez les deux essences végétales, avec un taux d'abondance pour le genre *Glomus* est de (75,93%) pour *Vitex agnus-castus*, et de (71,57%) pour *Moringa oleifera*. En ce qui concerne le genre *Gigaspora* il est de (10,29%) chez *Vitex agnus-castus* et de (11,90%) chez *Moringa oleifera*. En effet, il a été rapporté par Stutz et *al.*, (2000) que les spores appartenant au genre *Glomus* se vivent dans les écosystèmes arides et semi-arides. Elles seraient plus adaptées aux environnements soumis à un stress.

Une étude récente menée par Bouazza et *al.*, (2015) dans une Terga à climat semi-aride dans le Nord Ouest algerien, sur les endomycorhizes de quatre espèces végétales (*Acacia saligna*, *Lotus certicus*, *Retama monosperma* et *Pistacia lentiscus*) a montré que la rhizosphère était riche en spores à potentiel endomycorhizien avec 12 morphotypes répartis dans 4 genres différents (*Glomus*, *Scutellospora*, *Gigaspora* et *Acaulospora*) avec une prédominance de *Glomus*. Ces auteurs ont conclu que les espèces végétales étudiées sont adaptées aux conditions environnementales locales de la Terga et promouvoient la symbiose

endomycorhizienne. Elle constitue donc un moyen pour réhabiliter les milieux dégradés. Elles peuvent en plus constituer une importante source d'inoculum de CMA dans les écosystèmes semi-aride. Ces résultats concordent avec ceux que nous avons obtenus.

Le fort pourcentage de mycorhization enregistré pourrait s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'un sol non perturbé donc une endomycorhization non altérée.

Une étude menée par Abbas (2014) sur le Thuya du grand Atlas (*Tetraclinis articulata*) (Vahl) au Maroc a révélé la richesse des racines de cette essence en CMA. En effet, ils ont observé un taux de mycorhization supérieur à 80% et les spores isolées sont dominées par le genre *Glomus*. Ce résultat concorde avec celui que nous avons déterminé avec un taux de mycorhization de 90% et c'est le genre *Gigaspora* qui est le plus fréquemment rencontré suivi du genre *Glomus*.

Au cours de nos observations nous nous sommes rendu compte de la présence de sclérotés qui servent d'organes de conservation pour la survie à long terme du champignon. Ces structures sont indicatrices de la présence des endophytes.

Les endophytes sont qualifiés de mutualistes car la plante apporte au champignon des sucres et lui assure une facilité de dissémination dans la mesure où celui-ci affecte la graine.

En échange, les endophytes assurent à la plante et à ces semences une protection face aux herbivores et insectes par le biais de la production d'alcaloïdes très toxique (Wipf, 1997). Ce résultat concorde même avec les travaux menés par Mohammed Ouali (2016).

La plupart des plantes présentent dans le sol des associations avec des champignons appelés endophytes, ce groupe fongique fût caractérisé chez une large gamme des phytotaxons. Ils sont présents chez les Angiospermes, les Gymnospermes, les Bryophytes, les Fougères et les Algues (Lucero et al., 2006). Ces microorganismes colonisent les espaces inter et intracellulaires des tissus végétaux vivants. Il s'agit d'hyphes particuliers d'infection dite asymptomatique (Carol, 1986).

Conclusion et Perspectives d'étude

Au terme de cette étude sur la mycorhization de deux espèces végétales : *Vitex agnus-castus* et *Moringa oleifera*, espèces introduites dans les zones arides du grand Sahara Algérien, notamment dans la région d'Adrar, nous avons pu mettre en évidence par observation au microscope optique des fragments de racine la présence d'une même structure mycorhizienne pour les deux essences végétales : structure endomycorhizienne.

L'endomycorhize est de type intermédiaire chez *Vitex agnus-castus*, caractérisé par la présence de vésicule et arbuscule ainsi que les pelotons d'hyphe mycélien. Par ailleurs l'endomycorhize est de type paris chez *Moringa oleifera* caractérisée par la présence d'hyphe mycelien et de vésicule avec absence d'arbuscule.

L'identification et l'étude morphologique des spores isolées à partir du sol des racines des deux espèces végétales, nous a permis de mettre en évidence l'existence de 27 morphotypes chez *Vitex agnus-castus*, et 23 morphotypes chez *Moringa oleifera*.

Quatre genres de champignons mycorhiziens sont à signaler : *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora* et *Scutellospora*, notons que *Glomus* et *Gigaspora*, demeurent dominant par rapport aux autres morphotypes.

Au cours de notre étude nous nous sommes rendus compte que les cellules racinaires des deux essences végétales hébergent des sclérotés (microsclérote), ces derniers sont des organes de conservation à long terme du champignon. La présence de ces structures est indicatrice de la présence d'endophytes.

Vitex agnus-castus et *Moringa oleifera* sont deux essences à intérêt médicinales et économique. Dans le but de les produire pour un développement durable en Algérie, il est souhaitable d'effectuer plusieurs prélèvements à différentes saisons pour pouvoir compléter l'inventaire de la microflore endomycorhizienne, pouvoir inoculer les plantes pour une meilleure production végétales.

Références bibliographiques

- **ABBAS Y. (2014)** Microorganismes de la rhizosphère des Tétracélinales : un outil pour optimiser la régénération assistée du *Tetraclinis articulata* Vahl. Master. Thèse de Doctorat thèse de doctorat. Université Mohammed V Faculté des Sciences Rabat. 157p.
- **AISSAOUI H. (2010)** recherche et détermination structurale des métabolites secondaires de types flavoniques d'une espèce de la famille des verbenacées, mémoire de magister, Constantine.
- **AL-WHAIBI M.H. (2009)** Desert plants and mycorrhizae (a mini-review). *Journal of pure and applied microbiology*, 3 (2):p 1-10.
- **AMARACHE C. ET CHELLI (2008)** Contribution à la recherche de symbioses mycorhiziennes de *pistacia atlantica* Desf.ssp.atlantica de la station de Tilrhemt (wilaya de Lagouat). Mémoire ingénieur, département des sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.74 p.
- **AZCÓN-AGUILAR C, BAREA JM.(1992)** Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. In: Allen MJ (ed) *Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process*. Chapman and Hall, New York, p163–198
- **BOUAZZA M.K., IGHILHARIZ Z., DELAJUDIE P., DUPONNOIS R., BEKK F. (2015)** Assessing the native arbuscularmycorrhizal symbioses to rehabilitate a degraded coastal and dune in Algeria.*International journal of agriculture and crop sciences*,vol. 8, n°2,p 194-202.
- **BOULLARD B. (1968)** Les mycorhizes. Monographie 2, ed : Masson et Cie, Paris. p .26-98.
- **BRUNETON J. (1999)** pharmacognosie, plantes médicinales. Ed :Lavoisier, techniques de documentation, paris, p. 405.
- **CRONQUIST A. (1981)** An Integrated System Of Classification Of Flowering Plants. ColumbiaUniversity. p. 1256.
- **DECHAMPLAIN N. (2002)** *Les champignons mycorhiziens. PISTES/Université Laval .p. 125.*
- **DEXHEIMER, 1997.** Etude structurale et fonctionnelle entre le champignon et la plante hôte. /RFF. XLIX, n°sp : p. 43-56.
- **DIALO A.T, SAMB PI et DUCOUSSO M. (1998)** distribution et diversité des champignons endomycorhiziens (Glomales) Sénégal. *Articulosoriginales*. Vol. 4, p 161-166.

- **DIEM H. G., GUÈYE I., GIANINAZZI-PEARSON V., FORTIN J. A., AND DOMMERGUES Y. R. (1981)** Ecology of VA mycorrhizae in the tropics: the semi-arid zone of Senegal. *Acta oecol. , oecol. Plant*, **2**: p. 53-62.
- **DIEM H.G., Gueye I., Gianinazzi-Pearson V., Fortin J.A. et Dommergues Y.R. (1981)** Ecology Of VA Mycorrhizae In The Tropics : The semi-aride zone of Senegal. *Acta Oecologica / Oecologia Plantarum*, p 16-53-62.
- **DOMMERGUES, Y., DUHOUX, E., DIEM, H.G. (1999)** Les Arbres Fixateurs d'Azote : Caractéristiques Fondamentales et Rôle dans l'Aménagement des Ecosystèmes Méditerranéens et Tropicaux. Editions Espaces 34, Paris. 499 p.
- **DRENOU C. (2006)** Les racines face cachée des arbres. Paris, Ed. Institut pour le développement forestier. p.25-237,238
- **DUEUX.MUSTIN S., ROUSSEL-DEBET S., MUSTIN C., HENNER P., MUNIER-LANY C., COLLE C., BERTHELIN J., GARNIER L., LAYVAL., C. (2003)** Mobilité et transfert racinaire des éléments en traces, influences des microorganismes de sol. P aris :ed.tec et doc. P. 29
- **DUHOUX E., NICOLE M. (2004)** Associations et Interactions Chez Les Plantes. Ed: DUNOD. p.5
- **FOIDL N., MAKKAR H.P.S. ET BECKER K. (2001)** Potentiel de Moringa oleifera en agriculture et en industrie.p 77,78.
- **FORTIN J.A. PLENCHETTE C., PICHE Y. (2008)** Les mycorhizes La Nouvelle Révolution Verte. Multi Monde Quae (Eds) Québec. p.131.
- **GARBAYE J. (2013)**La symbiose Mycorhizienne Une Association Entre Les Plantes et Les Champignons. Ed Quae.p. 48, 49, 56, 5, 62.
- **GAVERIAUX J.P. (2012)**Bull.Soc.Mycol.Nord Fr.92 :01-17.p 1-17
- **GERDEMAN J.W. AND NICOLSON T.H. (1963)** Spore of Mycorrhizal Endogone Species Extracted From Soil By Wet Sieving And Decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* **46**, p. 235-244.
- **GIANINAZZI-PEARSON V. AND DIEM H.G. (1982)** Endomycorrhizae in the tropics. In: *Microbiology of Tropical Soils and Plant Productivity* (Dommergues Y.R. and Diem H.G. Eds), Martinus Nijhoff / Dr Junk W. Publishers. The Hague Boston London. p. 209-251

- **GUPTA R. AND KRISHNAMERTHY K.V.(1996)**Response of mycorrhizal and nonmycorrhizal *Arachis hypogaea* to NaCl and acid stress. *Mycorrhiza*, 6. p. 145-149.
- **HARLEY JL, SMITH SE. (1983)**Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, New York.p. 123-141.
- **INVAM. (2006)**Micorriza Information Exchange Web Site clearinghouse for information on research, teaching, business of mycorrhizal symbiosis.
- **KRISHNA K. R. AND DART P. J. (1984)**Effect of mycorrhizal inoculation and soluble phosphorus fertilizer on growth and phosphorus uptake of pearl millet. *Plant Soil*, **81**:247-256.
- **KRISHNA K R AND BAGYARAJ D J. (1984)** Phenols in mycorrhizal roots of *Arachis hypogea*; *Experientia*40.p. 85-86.
- **LAM (1785)** Web site.
- **LE TACON F. (1985).** Les mycorhizes : une coopération entre plantes et champignons. *La recherche*16.p. 624-632.
- **MAKKAR H.P.S and BECKER K., (1997)** Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* **128**, 311-322.
- **MAUNOURY A. (2010).**L'impact Négatif des Pesticides Sur la Nutrition des Plantes L'exemple de la Bouillie Bordelaise, p. 3-6.
- **MOHAMED OUALI. (2016)** doctorat en cours.
- **MORANDI D. (1987)** Occurrence of phytoalexins and penolic compounds in endomycorrhizal interactions and their potential role in biological control. *plant soil*,185:241-251
- **MORTON J. B., BENNY G. L. (1990)** Revised Classification of ArbuscularMycorrhizal Fungi (Zygomycetes): A New Order, Glomales, Two New Suborders Glomineae and Gigasporineae, and Two new Families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, With an Emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37. P. 471–491.
- **MORTON J.F. (1991)** The Horseradish tree, *Moringa Pterygosperma* (Moringaceae) - A Boon to Arid Lands? *Economic Botany*, p.318-333.
- **MOSSE B. & HAYMAN D.S. (1971)** Plant growth responses to vesicular-arbuscularmycorrhiza. II. In unsterilised field soils. *New Phytol*, p. 29-34.

- **MOSSE B. (1973)** Plant growth responses to vesicular-arbuscularmycorrhiza. IV. In soil given additional phosphate. *New Phytol.* p. 72-127 non mycorrhizal *Arachishypogaeato* NaCl and acid stress. *Mycorrhiza*, p. 145-149.
- **Organisation mondiale de la santé(OMS)**, aide-mémoire, n°=134, révisé MAI 2003.
- **PHILIPS J. M AND HAYMAN D. S. (1970)** Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscularmycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, **55**: p. 158-161.
- **PLENCHETTE C. ET PERRIN R. (2005)** The Concept of Soil Infectivity and a Method for Its Determination as Applied to Endomycorrhizas. *Can. J. Bot.*, **67** :p. 112-115.
- **PLENCHETTE C.(2005)** mycorhizes et nutrition phosphatée des plantes.journée technique fruits et légumes et viticulture biologique, 6-7 decembre, beaune.p. 103-109.
- **PLENCHETTE C., PERRIN R., AND DUVERT P. (1989)**The concept of soil infectivity and a method for its determination as applied to Endomycorrhizas. *Can. J. Bot.*, **67**: p. 112-115.
- **QCAROLL G.C. (1986)** the biology of endophytism in plants with particular reference to woody perennials. In fokkema N.J etvandonHenvel J (Eds). *MICROBIO*, p. 87.
- **QUEZEL P ET SANTA S. (1962)** Nouvelle Flore de l'Algérie et Régions Désertiques Méridionales. Tome1. Centre National de la Recherche, Paris, p256.
- **QUEZEL P ET SANTA S. (1963)** Nouvelle Flore de l'Algérie et Régions Désertiques Méridionales. Tome2. Centre National de la Recherche, Paris, p. 779-780.
- **RAMACHANDRAN C., PETER K.V; GOPALAKRISHNAN P.K. (1980)** Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. *Economic Botany* **34**, p. 276-283.
- **REDJDAL L. (2010)** Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes du pistachier de l'Atlas : cas de la population du centre de la daya de Tirlhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire, Ing., Département d'Agronomie, Université Mouloud Mammeri de TiziOuzou, 56p.
- **ROLAND J., EL MAARAUF-BOUTEAU H., BOUTEAU F. (2008)** Atlas biologie végétale. Paris, Ed. DUNOUD, P. 11-36-44-48

- **SANCHEZ G., JIMENEZ F., AMPUDIA A., MERINO V. (2012)** In Search of a Fast Screening Method For Detecting the Malfunctioning of Cognitive Impairment. *Eur. J. Psychol. Appl. Legal Context*, 4 (2), p. 99-196
- **SCHENK N.C AND PEREZ Y. (1987)** Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi. First Edition INVAM.
- **SEHIB C. (2011)** Approche du système racinaire et de ces symbioses chez *limoniastrumfeei* (de Gir.) Batt. : Cas de la population d'Oued Aghlal (wilaya de Béchar). Mémoire ingénieur, département des sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 107p.
- **SMAÏL-SAADOUN N., BENZAOUICHE L. ET SAGUENIN. (2010)** Symbioses mycorhiziennes d'*Acacia totilissubpraddiana* : cas de la population d'Oued. Redjem-In Salah (Wilaya de Tamanrasset- Algérie). 1^{er} congrès International sur les symbioses mycorhiziennes en milieu Méditerranéen : Mycomed, Marrakech (Maroc), p. 11-13.
- **SMITH F. A AND S. E. SMITH. (1997)** Structural diversity in (vesicular)-arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytol.* 137:p. 373-388.
- **SMITH S.E., READ D.J. (1997)** Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, Inc San Diego California. ISBN 0-12-652840-3.
- **STRULLU D.G. (1991)** Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. Ed:Lavoisier, (France), p. 250.
- **STUTZ J.C., COPEMAN R., MARTIN C.A., MORTON. J.B. (2000)** Patterns of Species Composition and Distribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Arid Regions of South-Western Namibia Africa. *Can.J.Bot.*, P78 :237-245.
- **VALLADE J. (1990).** Structure et développement de la plante. Paris, Ed. DUNOUD, p. 31
- **Van der Heijden M.G.A., Klironomos J.N., Ursic M., Moutoglis P., Streitwolf-Engel R., Boller T., Wiemken A. & Sanders I.R. (1998)** Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity, *Nature* 396, p.69-72.
- **WIPF D. (1997)** polymorphisme protéique et génomique au sein des *morchillaceae*_ mise au point d'un outil moléculaire à l'étude de la morphologie de l'écologie genre
- **www. Tela-botanica.org.**

- **YANG R.Y. (2006)** propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des feuilles de moringa_Dugermoplasme, à la plante, à l'aliment et à la santé. Impact sur la nutrition en Afrique. Accra Ghana.

Résumé :

Deux échantillons de sol et de racines de *Vitex agnus-castus* et de *Moringa oleifera* ont été prélevés dans la station expérimentale (INRA) de la commune Ouled Aïssa dans la wilaya d'Adrar, en Algérie.

Les mesures d'humidité ont montré que le sol est de nature sèche avec un taux $\geq 10\%$, légèrement alcaline avec un pH de 7.6 pour *Moringa oleifera* et de 7.8 pour *Vitex agnus-castus*, saline (où le taux de conductivité électrique est de 0.0145 pour *Moringa* et de 0.0021 pour *Vitex agnus-castus*).

L'isolement des spores de CAM a permis d'identifier 20 morphotypes pour *Moringa oleifera* et 21 pour *Vitex agnus-castus* appartenant à l'ordre des Glomeromycètes.

Cette étude a également permis de constater la prédominance du genre *Glomus*.

Deux types morphologiques d'endomycorhizes ont été observés. Il s'agit du type intermédiaire pour *Vitex agnus-castus* et du type paris pour *Moringa oleifera*, les plus fréquemment observés chez toutes les espèces ligneuses et herbacées.

Mots clés : *Vitex agnus-castus*, *Moringa oleifera*, Algérie, CMA, endomycorhizes, spores.

Abstract:

Two samples of ground and roots of *Vitex agnus-castus* and *Moringa oleifera* were taken in the experimental station (INRA) in the municipality Ouled Aïssa, wilaya of Adrar, in Algeria.

The measures of humidity showed that the ground's nature is dry with a rate $\geq 10\%$, slightly alkaline with a pH of 7.6 for *Moringa oleifera* and 7.8 for *Vitex agnus-castus*, saline (the rate of electric conductivity is 0.0145 for *Moringa* and 0.0021 for *Vitex agnus-castus*).

The isolation of the spores of CAM allowed to identify 20 morphotypes for *Moringa oleifera* and 21 for *Vitex agnus-castus*, belonging to the order of Glomeromycetes.

This study also allowed to notice the ascendancy of the kind *Glomus*.

Two body types of endomycorhiza were observed, belonging to the intermediate type for *Vitex agnus-castus* and about the paris type for *Moringa oleifera*, the most observed to all the ligneous and herbaceous species.

Keywords : *Vitex agnus-castus*, *Moringa oleifera*, Algeria, CMA, endomycorhiza, spores.