

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master 2 en sciences agronomiques

Spécialité. **Réhabilitation et restauration des sols**

Thème

Approche des symbioses racinaires de l'oléastre sous un sol dégradé dans la région de Tizi Rached (Wilaya de Tizi Ouzou)

Présenté par :

M^{elle} DAGUELOU Imane

Devant le jury :

Président:	M ^{me} Smail Saadoun N.	Professeur	U.M.M.T.O
Promotrice:	M ^{me} Boudiaf Nait Kaci M	M.C.A	U.M.M.T.O
Examineurs:	M ^r Merrouki K.	M.C.B	U.M.M.T.O
	M ^{me} Mohamed Ouali D	M.A.A	U.M.M.T.O

Soutenu le 10/10/2016

Remerciements

Ce travail a été dirigé par M^{me} Boudiaf Nait Kaci. M. maître de conférences à la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques. Je tiens à la remercier et lui exprimer ma profonde et sincère gratitude pour son encadrement, ses conseils et son aide pour la réalisation de ce travail.

Mes vifs remerciements à Mme Smail N. pour avoir accepté de présider le jury, son aide durant ma partie expérimentale et de m'avoir accepté dans le laboratoire ressources naturelles.

Je remercie vivement M^{me} Mohamed Ouali D. et M^r Merrouki K. d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie les ingénieurs du laboratoire ressources naturelles M^{me} Belkbir, M^{me} Rezki, pour leur aide précieuse et leur gentillesse durant ma partie expérimentale.

Je remercie M^{elle} Mechiah Fahima, et M^{elle} Lazri Chabha pour leur conseils et aide précieuse.

Je remercie les ingénieurs du laboratoire science du sol M^{me} Tibiche, M^{elle} Issaoun Djamila pour leur aide précieuse.

Je remercie M^{me} Siad Djbbbar Kahina de l'ITMAS de Boukhalfa pour son aide précieuse et sa gentillesse.

Je remercie les propriétaires de la parcelle étudiée de nous avoir permis l'accès lors de l'échantillonnage et toute personne ayant contribué de loin ou de près dans la réalisation de cette expérimentation.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents ;

Mes grands parents ;

Ma sœur Dyhia ;

Mes deux frères Mouhamed Akli et Amine ;

Tous les membres de ma famille ;

Tous mes amis et tous ceux qui me sont chers.

Liste des tableaux

Tableau 01. Classification des champignons.....	7
Tableau 02. Répartition des températures mensuelles maximales, minimales moyennes de la région de Tizi-Ouzou.....	25
Tableau03. Moyenne des précipitations mensuelles de Tizi-Ouzou pour la période de 2005/2015 (Source Office Nationale de Météorologie (O.N.M)).....	25

Liste des figures

Figure 1. Organisation de l'apex racinaire d'une dicotylédone.....	4
Figure 2. Comparaison entre les endomycorhizes et ectomycorhizes	9
Figure 3. Vésicules et arbuscules.....	10
Figure 4. Principaux types mycorhiziens représentés sur une coupe transversale de racine ...	11
Figure 5. Mécanismes rhizosphériques et physico-chimiques de transfert de phosphore à l'interface sol / solution / racines dans les sols	13
Figure 6. Sites d'absorption des nutriments à l'extrémité d'une racine	15
Figure 7. Effet apparent de la mycorhization sur la croissance	16
Figure 8. Processus d'échanges lors d'une symbiose mycorhizienne	17
Figure 9. Les fruits d'oléastre	19
Figure 10. Les fruits murs d'oléastre	20
Figure 11. Situation géographique de la région d'étude.....	22
Figure 12 : variation des moyennes mensuelles des précipitations (juin 2015 - mai 2016)....	24
Figure 13. Températures moyennes mensuelles (juin 2015 - mai 2016)	24
Figure 14. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson pour la région de Tizi-Ouzou période (2005-2015).....	26
Figure 15. Méthode de prélèvement des sols et racines	27
Figure 16. Oléastre de la station de Tizi- Rached.....	26
Figure 17. Représentation schématique de la méthode utilisée pour calculer la fréquence de colonisation fongique	31
Figure 18. Variations du pH en fonction des profondeurs	32

Figure 19. Variations du phosphore assimilable Olsen en fonction des profondeurs.....	33
Figure 20. Variations de la matière organique en fonction des profondeurs	33
Figure 21. Variations de la biomasse racinaire échantillonnée	34
Figure 22. Arbuscules (GX400)	35
Figure 23. Les différentes formes de vésicules et une spore (GX400)	36
Figure 24. Spore de mycorhizes (GX400)	37
Figure 25. Amas de spores (GX400)	37
Figure 26. Les formes de filaments mycéliens (GX400)	38
Figure 27. Enroulement (GX400)	39
Figure 28. Filament foncé septé (DSE) (GX400)	39
Figure 29. Différentes formes et couleurs de micro-sclérotés (GX400).....	40
Figure 30. Variations du taux d'infections par les champignons mycorhyziens et endophytes en fonction des profondeurs	41

Liste des abréviations

DSE.	Dark septate endophyte
Champignons MA.	Champignons Mycorhiziens Arbusculaires
N.	Azote
P.	Phosphore
O.N.M.T.O.	Office National de Météorologie de Tizi-Ouzou
pH.	Potentiel hydrogène
CO2.	Dioxyde de carbone
Tab	tableau

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I. Synthèse bibliographique

I. La racine	3
I.1. Anatomie de la racine	3
I.1.1. Structure primaire de la racine	3
I.1.2. Structure secondaire de la racine	3
I.2. Principaux types de systèmes racinaires	3
I.2.1. Système racinaire pivotant	3
I.2.2. Système racinaire fasciculé	3
I.3. Rôle de la racine	5
I.3.1. Ancrage et stabilisation	5
I.3.2. Nutrition minérale	5
I.3.3. Stockage des réserves	5
II. Champignons	6
II.1. Appareil végétatif	6
II.1.1. Hyphes cloisonnés	6
II.1.2. Hyphes cénocytiques	6
II. 2. Mode de vie	6
III. Systématique des champignons	7
III. Symbioses mycorhiziennes	8
III.1. Symbiose	8
III.2. Les principaux types de symbioses mycorhiziennes	8
III.2.1. Les ectomycorhizes	8
III.2.2. Les endomycorhizes	8
III.2.2.1. Les mycorhizes à vésicules et arbuscules	9
III. 2. 3. Les ectendomycorhizes	10
III. 3. Mycorhizosphère et rhizosphère	11
III. 4. Importance de la symbiose mycorhizienne	14
III. 4.1. Augmentation de volume du sol exploré	14
III.4. 2. Échange d'éléments nutritifs vitaux	14
III .4. 2.1. Amélioration de la nutrition phosphatée	14
III. 4. 2. 2. Amélioration de la nutrition azotée	14
III. 4. 2. 3. Amélioration de la nutrition hydrique	15

III. 4. 3. Une meilleure croissance et une floraison plus précoce des plantes	16
III. 4. 4 .Protection contre les pathogènes	16
III. 4. 5. Amélioration de la structure du sol	17
IV. Les endophytes	18
IV.1. Classification des champignons endophytiques	18
IV.2. Le rôle des endophytes.....	18
V. L'oléastre	19
V.1. Classification botanique	19
V. 2. Les mycorhizes de l'oléastre	21
V. 3. Effets de l'oléastre sur le sol.....	21

Chapitre II. Etude du milieu

I. Situation géographique et géologique de la zone d'étude	22
II. Etude climatique	23
II.1. Précipitations.....	23
II.2. Températures.....	24
II.3. Diagramme ombrothermique.....	25

Chapitre. III. Matériels et méthode

I. Echantillonnage.....	27
II. Les observations « in situ » et les descriptions	28
III. Analyses au laboratoire	28
III.1. Analyses granulométriques	28
III.2. Analyses chimiques	29
IV. Etudes des racines	29
IV.1. Estimation de la biomasse racinaire	29
IV.2. Tri et conservation.....	29

IV.3. Technique de coloration de Philips et Hayman	29
IV.4. Ecrasement et observations des fragments colorés	30
IV.5. Estimation du pourcentage de colonisation fongique (mycorhizes et endophytes)	30

Chapitre IV. Résultats et discussion

I. Résultats et discussion des analyses du sol.....	32
I.1. Granulométrie	32
I.2. pH.....	32
I.3. Phosphore assimilable	33
I.4. Matière organique	33
II. Etude des Racines	34
II.1. Biomasse racinaire	34
II.2. Observations des fragments de racines	34
III. Estimation du taux d'infection par les champignons mycorhizogènes et endophytes.....	41
IV. Discussion générale	42
IV. 1. Les mycorhizes	42
IV. 2. Endophytes racinaires (DSE)	43
IV. 3. Incidence de ses symbiotes sur la biodisponibilité du phosphore de l'oléastre	43
IV. 4. Impact de l'activité biologique sur l'évolution de la matière organique chez l'oléastre	44
Conclusion	45

L'olivier est connu chez les phéniciens depuis la haute antiquité (Boudribila, 2004). Ses variétés sont issues d'oléastres originaires de la méditerranée. Les populations d'oliviers sauvages sont distribuées dans différents environnements, sur différentes altitudes avec une importante résistance aux stress abiotiques. Les populations sont toujours membres du maquis naturel (Bouabdallah, 2014).

L'oléastre appartient à la famille des Oléacées. C'est un buisson épineux et à fruits ordinairement petits, il existe sous deux formes non distinguables morphologiquement, indigène et férale (Gherib, 2015)

Dans les zones à contraintes édapho-climatiques, la croissance des plantes dépend fortement de la symbiose mycorhizienne. Cette symbiose améliore la nutrition minérale, l'extension des hyphes mycorhiziens permet une meilleure prospection du sol et donc un prélèvement plus efficace des éléments nutritifs. Elle intervient également dans l'alimentation hydrique de la plante et sa résistance à la sécheresse (Nouaïm et Chaussod, 1996).

Des études ont montré que la mycorhization de l'olivier lui offre de meilleures conditions de croissance et de santé végétale par l'amélioration de la nutrition minérale et une tolérance aux conditions de stress abiotiques et biotiques (Rougemont, 2007). Cependant, peu d'études ont porté sur la domestication de l'olivier et sur ses relations avec l'oléastre (Breton *et al.*, 2006). Néanmoins, les symbioses racinaires de cet arbuste n'ont pas été étudiées à notre connaissance. Il est connu que les fonctions des champignons mycorhiziens et endophytiques sont particulièrement l'amélioration d'absorption des éléments nutritifs nécessaires aux plantes. Toute fois ils jouent aussi un rôle important dans la tolérance aux stress et une résistance aux agents pathogènes (Ka *et al.*, 2012)

L'olivieraie de Tizi-Rached a connu de longues perturbations conduisant à son instabilité et sa dégradation. Cette régression est le résultat d'une multitude de facteurs anthropiques et environnementaux. Cette oliveraie est ravagée par un incendie pour laisser place à l'oléastre. Ainsi l'objectif de ce travail est de mettre en évidence les champignons mycorhizogènes et endophytes chez l'oléastre dans un sol dégradé. Ce choix est fait dans le but de comprendre l'impact de cette espèce considérée sauvage sur les sols de cet agro écosystème de plus en plus fragilisé.

Notre travail rentre dans les activités de recherche du laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Il consiste à mettre en évidence la présence de ces champignons chez l'oléastre avec une caractérisation des sols. Pour ce faire nous présentons une synthèse bibliographique dans le premier chapitre. Un deuxième chapitre est consacré à la présentation et à la situation de la zone d'étude, suivi du chapitre matériel et méthodes utilisés dans notre expérimentation. Le quatrième chapitre montre les résultats et discussion et une conclusion clôt notre travail avec des perspectives.

I. La racine

I.1. Anatomie de la racine

I.1.1. Structure primaire de la racine

L'allongement de la racine se fait par son extrémité au niveau du méristème racinaire. Une coupe longitudinale d'une racine (**figure 1**), permet de distinguer, à son extrémité, une **coiffe**, qui protège le méristème. Entre celle-ci et les poils absorbants, on observe une zone **quiescente** (sans division cellulaire). Les **poils absorbants** sont les prolongements des cellules du **rhizoderme**, dont les parois permettent l'absorption de l'eau et des sels minéraux (Laberche, 2010). La racine primaire montre quatre zones en plus de la coiffe : la zone d'élongation, la zone pilifère, la zone de ramification, la zone d'épaississement secondaire (Luttge et *al.*, 1992).

I.1.2. Structure secondaire de la racine

Les méristèmes secondaires sont responsables de la croissance en diamètre. La structure secondaire est réalisée par le fonctionnement des zones génératrices libéro-ligneuses et subéro-phellodermiques. (Strullu, 1991).

I.2. Principaux types de systèmes racinaires

Nabors, (2008), a montré l'existence de deux types de systèmes racinaires bien distinct l'un est pivotant et le second est fasciculé.

I.2.1. Système racinaire pivotant

C'est principalement le cas chez les Dicotylédones et les Gymnospermes. Il existe une racine principale à « gravitropisme positif » et des racines secondaires latérales (Simon, 2014).

I.2.2. Système racinaire fasciculé

C'est principalement le cas chez de nombreuses Monocotylédones. Les racines ne dérivent pas d'une racine principale mais ont une origine commune. Elles croissent parallèlement en faisceau (Simon, 2014).

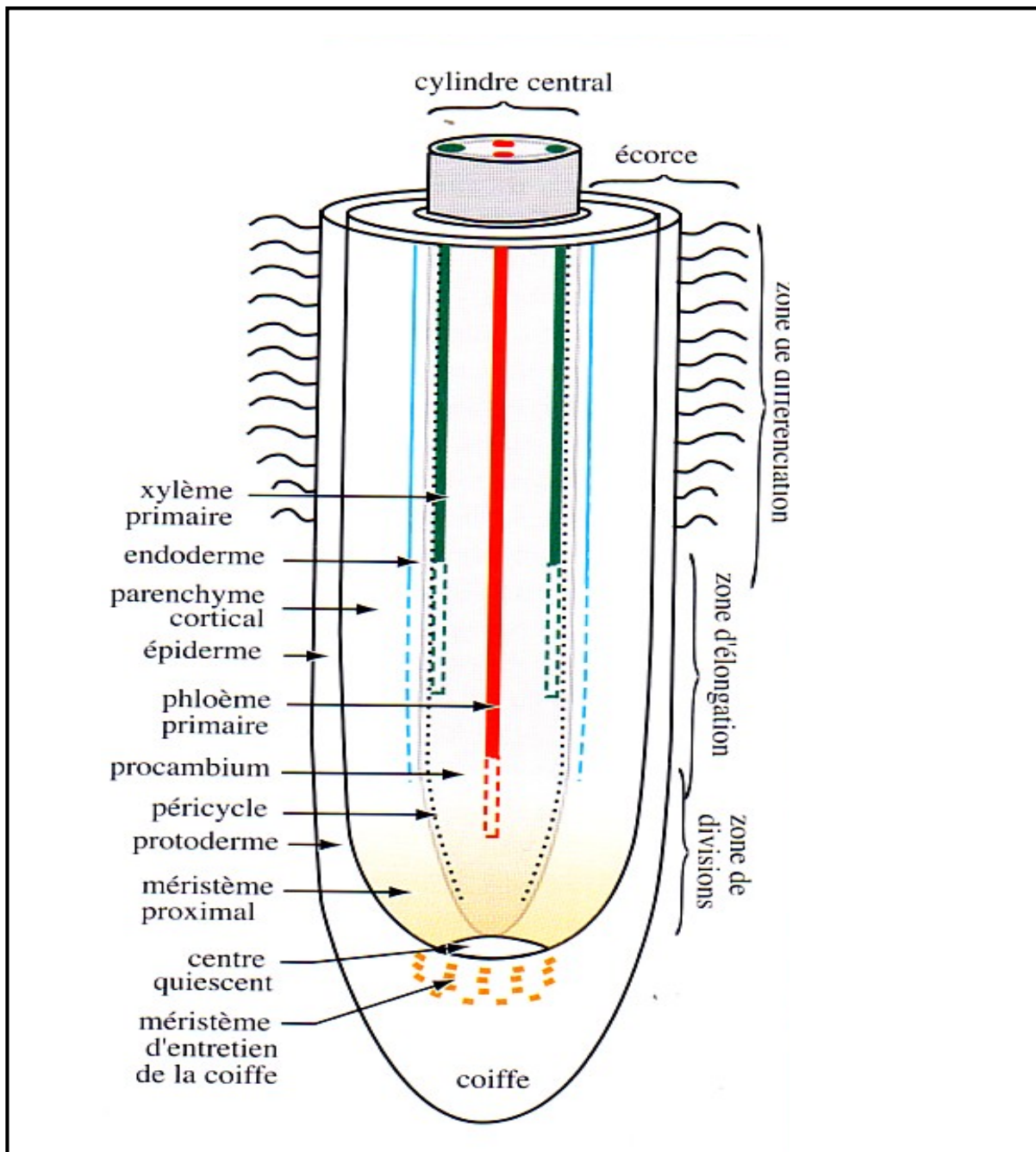


Figure 1. Organisation de l'apex racinaire d'une Dicotylédone (Meyer et al., 2004).

I.3. Rôle de la racine

La racine est un organe propre aux végétaux vasculaires opposée à la tige dès le stade embryonnaire. Lors de son développement ultérieur, elle diffère de la tige par trois caractères fondamentaux : le géotropisme, l'absence de cuticule et le mode de ramification (Drénou, 2006). Le plus souvent un organe souterrain ayant pour principaux rôles :

I.3.1. Ancrage et stabilisation

La racine a une fonction dans la fixation et l'ancrage dans les sols. Cependant des études ont montré que son activité a un impact sur l'évolution des sols (Boudiaf Nait Kaci, 2014).

I.3.2. Nutrition minérale

Les racines sont le siège de l'absorption d'eau et d'éléments minéraux. L'absorption la plus active a lieu au niveau des fines racines et des racines mycorhizées (Meyer et *al.*, 2004). Il apparaît que les espèces qui possèdent un système racinaire plus développé ont de plus fortes aptitudes à couvrir leurs besoins en phosphore (Barber, 1995).

Les parties aériennes et racinaires des végétaux sont très interdépendantes l'une de l'autre puisque chacune va approvisionner l'autre en éléments. Le système racinaire va ainsi recevoir, des organes aériens chlorophylliens où s'effectue la photosynthèse, les glucides nécessaires à sa croissance et va, quant à lui, alimenter en eau et éléments minéraux ces organes aériens (Laroche, 2005).

I.3.3. Stockage des réserves

L'absorption des nutriments par les racines est le moteur des flux de matière dans la rhizosphère (Hinsinger, 2010). Ce phénomène se fait à l'extrémité des poils absorbants. La solution du sol est retenue dans les pores et les interstices du sol et la plante doit dépenser de l'énergie pour absorber cette eau et les particules nutritives qu'elle contient (Raven et *al.*, 2007). Toutefois, les réserves en composés carbonés et protéines sont nécessaires à la reprise de la végétation au printemps (Drénou, 2006).

II. Champignons

Les Champignons ou Mycophytes (*myco*= champignon) sont des Thallophytes qui se distinguent fondamentalement des Algues par l'absence de chlorophylles (Roland et *al.*, 2008). Ce sont des organismes hétérotrophes, représentent une forme de vie tellement différente de toutes les autres qu'ils ont été placés dans un règne qui leur est propre, celui des *Fungi* (Raven et *al.*, 2007).

II.1. Appareil végétatif

La plupart des champignons présentent un thalle dont l'ensemble forme un mycélium (Strullu, 1991).

II.1.1. Hyphes cloisonnés

Les champignons septés ont un mycélium formé de filaments cloisonnés et sont appelés *septomycètes* (*septum* = cloison) (Roland et *al.*, 2008). Quand chaque cellule est bien délimitée par une cloison. Les filaments sont des hyphes (Laberche, 2010).

II.1.2. Hyphes cénocytiques

Quand les filaments ne sont pas cloisonnés. Tous les noyaux sont répartis dans les filaments. Les filaments sont des siphons (Laberche, 2010).

II. 2. Mode de vie

Les champignons constituent un règne autonome, le règne fongique, car ils n'appartiennent ni au règne végétal ni au règne animal. Leur comportement alimentaire les rend d'avantages semblables aux animaux qu'aux plantes. Tout comme les animaux, ou comme nous, les êtres humains, ils sont **hétérotrophes vis-à-vis du carbone**, c'est-à-dire qu'ils ont besoin d'une source de carbone organique externe pour arriver à s'alimenter, contrairement aux plantes vertes qui produisent elles-mêmes ces éléments grâce à la photosynthèse (Egli et Brunner, 2002). Face à la contrainte majeure que constitue leur hétérotrophie vis-à-vis du carbone (un des éléments essentiels de la définition du règne fongique), les champignons apportent trois types de réponse : le saprophytisme, le parasitisme et la symbiose. Les espèces mycorhiziennes appartiennent, bien sûr, à cette dernière catégorie (comme les lichens, association d'un champignon et d'une algue) mais les autres types

participent également dans la biodiversité fongique et du fonctionnement des milieux naturels, et de la forêt en particulier (Guinberteau et Courtecuisse, 1997).

III. Systématique des champignons

Tableau 01. Classification des champignons (Courtecuisse, 2006 in Lecompte, 2008)

Règne	Division	Classes	Ordres	Caractéristiques
<i>Fungi</i>	Deuteromycota	Mycelia Sterilia Coelomycètes Hyphomycètes Blastomycètes		Pas de reproduction sexuée Sorte de poubelle d'attente où on range sous le nom de Fungi imparfecti des espèces dont on ne connaissait que le stade anamorphe, mais dont le stade téléomorphe les dirige vers les Basidio- ou les Ascomycota
	Glomeromycota	Gloméromycètes	Archaeosporales Diversisporales Glomerales Paraglomerales	Pas de reproduction sexuée Mycélium siphonné, sans cloisons
	Chytridiomycota	Chytridiomycètes	Blastocladiales Chytridiales Harpochytriales Monoblepharidales Neocallimastigales Spizellomycetales	Zoospores à un flagelle Pas de mycélium
	Zygomycota	Zygomycètes	Mucorales Dimargaritales Entomophtorales Zoopagales Kickxellales	Reproduction par mitospores (asexuée)
		Trichomycètes	Harpellales Amoebiales Aselariales Ecrinales	Reproduction par zygospores (sexuée)
	Ascomycota	Ascomycètes		Spores contenues dans des asques Hyphes septées
	Basidiomycota	Basidiomycètes		Spores portées par des basides Hyphes septées

III. Symbioses mycorhiziennes

III.1. Symbiose

C'est l'association entre individus d'espèces différentes dont les deux espèces retirent des bénéfices, en améliorant leur qualité de vie (Canado et *al.*, 2003).

Depuis des temps immémoriaux, la plupart des plantes vivent en symbiose avec des champignons. Des champignons très particuliers qui forment des réseaux de filament dans le sol, recouvrent parfois les racines des plantes et pénètrent même à l'intérieur de celles-ci. Mycorhize est le nom de cette association plante-champignon (Renaut, 2007).

La mycorhize (du grec «mukês» pour champignon et «rhiza» pour racine) est l'association symbiotique d'un champignon avec les racines d'une plante. En d'autres termes, c'est une racine colonisée par un champignon mycorhizien qui modifie sa morphologie (Egli et Brunner, 2002).

III.2. Les principaux types de symbioses mycorhiziennes

III.2.1. Les ectomycorhizes

Du (grec *ektos* : à l'extérieur) où les champignons se développent essentiellement autour de la racine, en formant un manchon mycélien (**le manteau**) à partir duquel se développent des hyphes qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine (**réseau de Hartig**). Ce type d'association est principalement représenté chez les essences forestières des régions tempérées, méditerranéennes et boréales, mais il a été également décrit chez quelques espèces tropicales. Les partenaires fongiques appartiennent aux Basidiomycètes mais aussi aux Ascomycètes (Duponnois et *al.*, 2013).

III.2.2. Les endomycorhizes

Caractérisés par la pénétration du champignon symbiotique à l'intérieur des cellules du cortex racinaire, ou il forme des structures développant une grande surface d'échange (Garbaye, 2013). Les champignons endomycorhiziens à arbuscules ne colonisent pas la pointe racinaire, ils se développent de façon extracellulaire mais aussi de façon intracellulaire par exemple lors de la formation des arbuscules dans les cellules corticales (Balzergue, 2012).

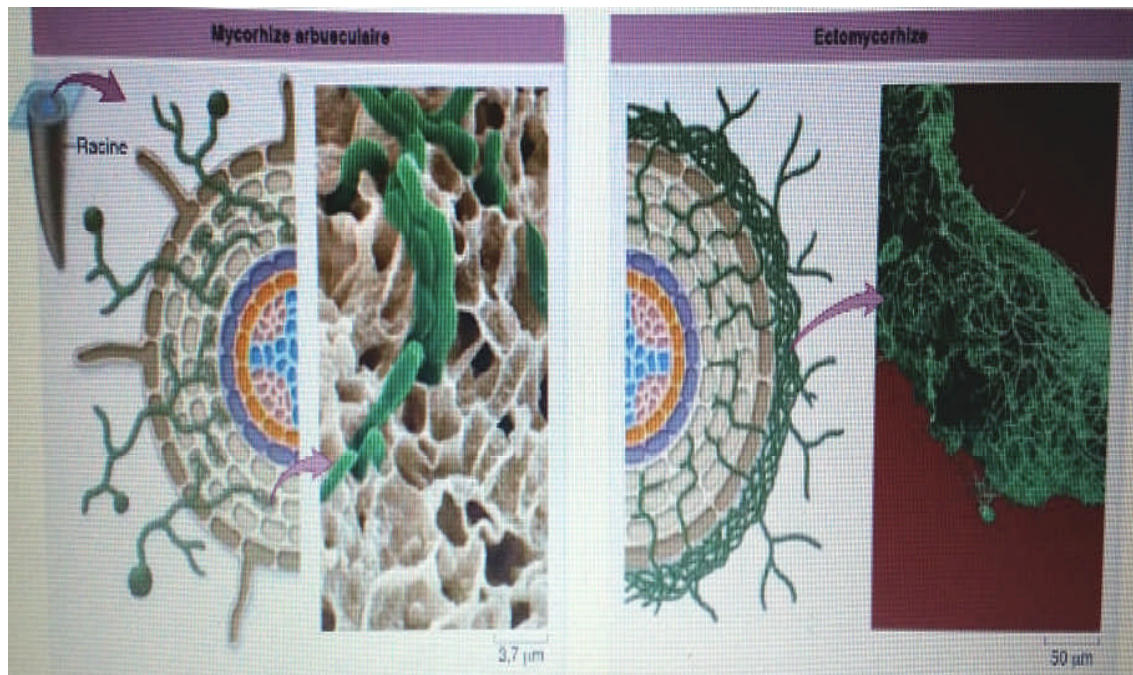


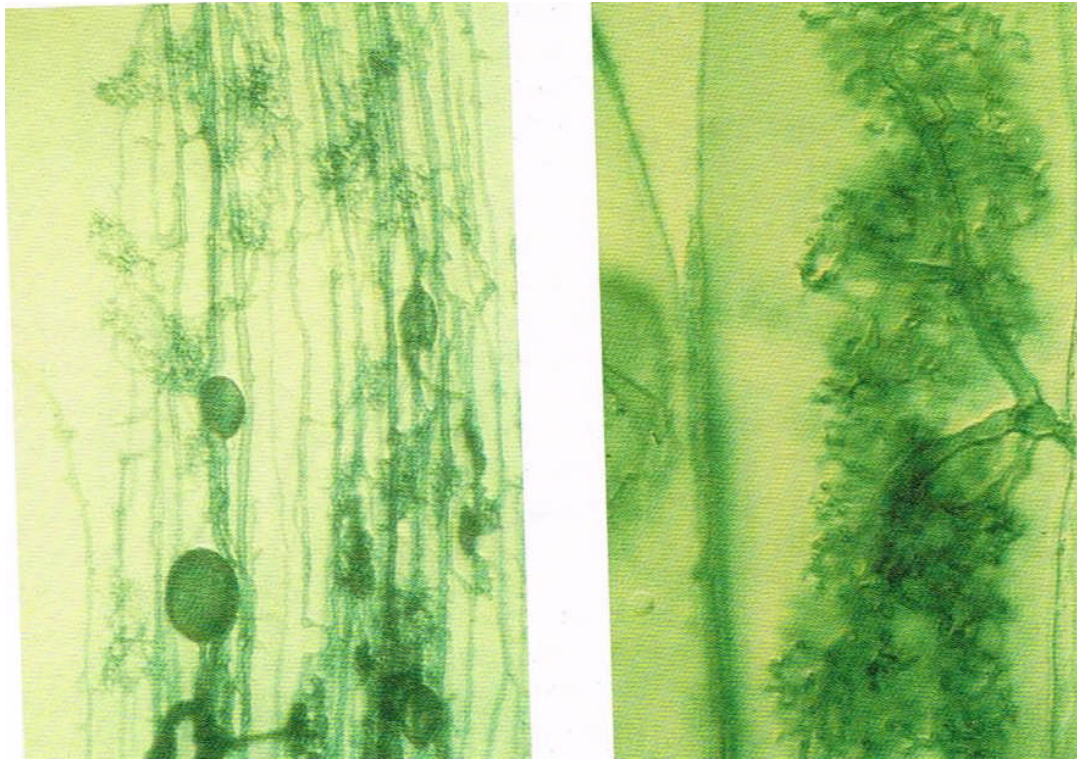
Figure 2. Comparaison entre les endomycorhizes et ectomycorhizes (Raven et *al.*, 2011)

III.2.2.1. Les mycorhizes à vésicules et arbuscules

Dans ce type de symbiose, la spécificité semble très faible. Ces mycorhizes comprennent un mycélium intercellulaire qui engendre deux types de structure bien caractéristiques (**figure 3**) :

- des arbuscules** intracellulaire: structure très ramifiées qui assurent les échanges nutritifs entre les cellules végétales et le champignon, surtout la nutrition carbonée de ce dernier (Gobat et *al.*, 2010).

- des vésicules** sont formées en général dans les couches superficielles de la racine, elles ont des parois épaisses, de formes variées et sont 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).



(a)

(b)

(a) : Vésicules. (b) : Arbuscules

Figure 3. Vésicules et arbuscules (Raven et *al.*, 2007).

III. 2. 3. Les ectendomycorhizes

Ce sont des mycorhizes à manteau réduit ou absent qui possèdent un réseau de Hartig bien développé et des hyphes qui pénètrent dans les cellules racinaires (Béreau et *al.*, 2003).

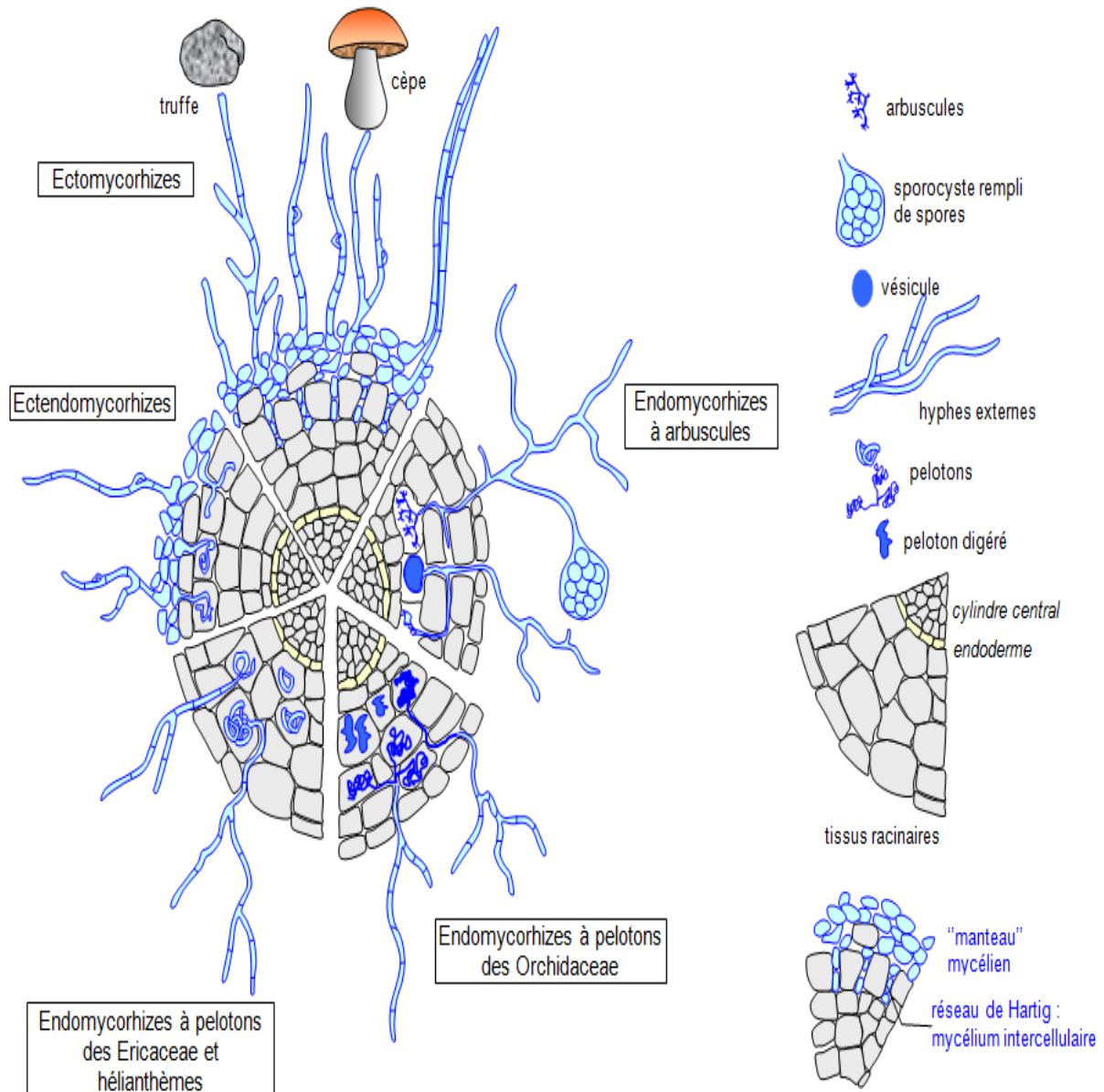


Figure 4. Principaux types mycorhiziens représentés sur une coupe transversale de racine (Le Tacon, 1985).

III. 3. Mycorrhizosphère et rhizosphère

La mycorrhizosphère est une extension de la rhizosphère et désigne la zone d'influence de la phase extra radicale des champignons arbusculaires sur le sol qui l'entoure. Si la zone d'influence de la rhizosphère s'étend sur quelques millimètres autour de la racine, celle de la mycorrhizosphère s'exerce sur plusieurs dizaines de centimètres et présente une surface de

contact avec le sol dix fois plus grande que celle de la rhizosphère (Fortin et *al.*, 2016). Dans les associations mycorhiziennes, la rhizosphère est étendue à la « mycorhizosphère » puisque le compartiment du sol environnant n'est pas seulement sous l'influence des racines qui le colonisent, mais aussi des filaments mycéliens provenant du symbionte fongique. La rhizosphère peut être définie comme la zone du sol immédiatement en contact avec le système racinaire et sous son influence, elle correspond aux premiers millimètres de sol entourant la racine (Lesuffleur, 2007). Appelé aussi la rhizosphère, c'est la région du sol immédiatement adjacente (environ 1 à 5mm) aux racines des plantes et qui est directement ou indirectement influencée par celle-ci, où se déroulent l'ensemble des processus biologiques, chimiques et physiques associés au fonctionnement du sol (Bais et *al.*, 2006).

La rhizosphère présente des propriétés structurales, tel que la porosité et l'agrégation et des caractéristiques physiques et chimiques singulières comme le pH, les minéraux et le potentiel hydrique. Majoritairement, une activité microbienne à proximité de la racine particulièrement intense, en comparaison au sol non rhizosphérique (Lynch et Whips, 1990). L'atmosphère est enrichie en CO₂ issu de la respiration des racines ; les minéraux argileux s'accumulent le long de la racine ; les mouvements d'eau, d'exsudats et d'ions y créent des conditions spécifiques. Le sol est relativement sec et pauvre en nutriments, comparé au sol extérieur à cette zone (Laroche, 2005). Les interactions entre plantes et rhizosphère influencent notamment la biodisponibilité des éléments nutritifs, tels que le phosphore (**Fig.5**). Une autre forme d'entrée du phosphore via la racine est le réseau très dense et très étendu constitué par les filaments mycéliens des mycorhizes qui permet une augmentation considérable à la fois du volume prospecté et de la surface d'adsorption (Hocking et *al.*, 2000 ; Feng et *al.*, 2005).

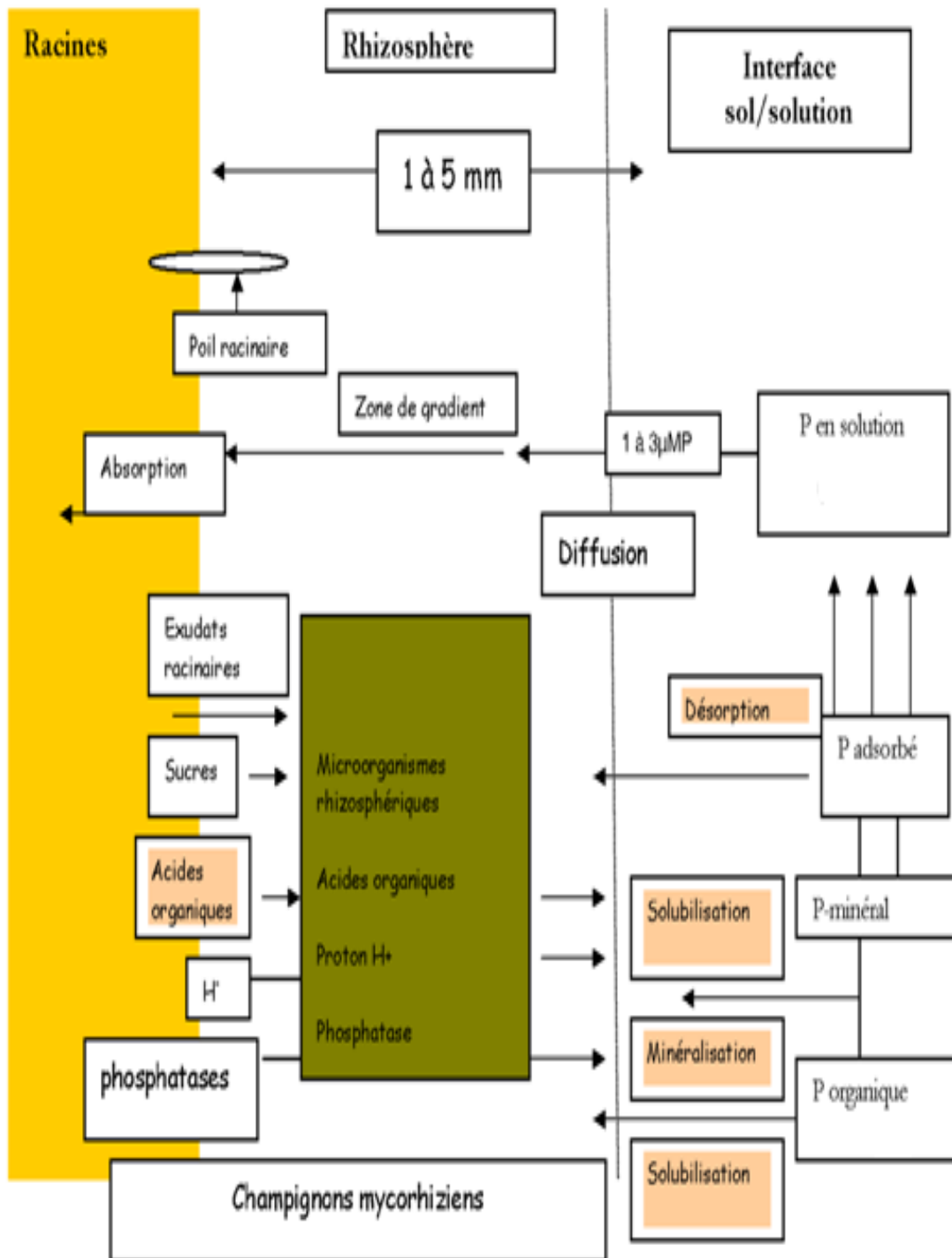


Figure 5. Mécanismes rhizosphériques et physico-chimiques de transfert de phosphore à l'interface sol / solution / racines dans les sols (Hocking *et al.*, 2000).

III. 4. Importance de la symbiose mycorhizienne**III. 4.1. Augmentation de volume du sol exploré**

Le rôle principal des mycorhizes (ecto et endomycorhizes) est d'assurer une meilleure nutrition minérale de la plante par l'augmentation de volume du sol exploré. Cette amélioration est réalisée par l'intermédiaire des filaments végétatifs extramatriciels qui augmentent considérablement le volume de sol exploité (1000 mètres de mycélium par mètre de racine) (Martin et Plassard, 1997 in Duhoux et Nicole, 2004).

III.4. 2. Échange d'éléments nutritifs vitaux

La mycorhize est un organisme dans lequel l'arbre et le champignon mycorhizien s'échangent des matières. Tandis que l'arbre fournit au champignon les sucres élaborés lors de la photosynthèse, ce dernier lui offre en échange des éléments nutritifs, comme l'azote (N) et le phosphore (P), qu'il a prélevés dans de minuscules espaces poreux du sol, à l'aide de ses hyphes fins. Étant donné que les hyphes se répandent largement dans le sol, la surface d'absorption est beaucoup plus grande que celle occupée par les poils absorbants des plantes non mycorhizées. Ainsi, les tissus des plantes mycorhizées contiennent souvent des concentrations accrues d'azote et de phosphore (Egli et Brunner, 2002).

III .4. 2.1. Amélioration de la nutrition phosphatée

Le feutrage mycélien des mycorhizes contribue à la stabilité du pH autour des racines, ce qui favorise l'assimilation des ions minéraux par la plante. De même il peut solubiliser les phosphates tricalciques insolubles et assurer ainsi une meilleure alimentation phosphatée (Laberche, 2010)

III. 4. 2. 2. Amélioration de la nutrition azotée

Les champignons ectomycorhiziens contribuent également à l'amélioration de la nutrition azotée chez la plante-hôte de deux façons :

-mise à disposition de la plante, par la machinerie enzymatique du champignon, de certaines formes d'azote (acides aminés, peptides et protéines) mal utilisées par la plante seul

-augmentation des quantités d'azote minéral absorbé par le système mycorhizien (Duhoux et Nicole, 2004).

III. 4. 2. 3. Amélioration de la nutrition hydrique

Des études physiologiques et cellulaires ont montré que les structures mycéliennes sont bien adaptées aux mouvements de l'eau entre les champignons et les plantes. Chez les ectomycorhizes, les rhizomorphes sont capables de puiser l'eau à plusieurs centimètres des racines mycorhizées et de la mettre à la disposition de la plante (Strullu, 1991).

Les mycorhizes améliorent la tolérance de la plante au stress hydrique (Duhoux et Nicole, 2004).

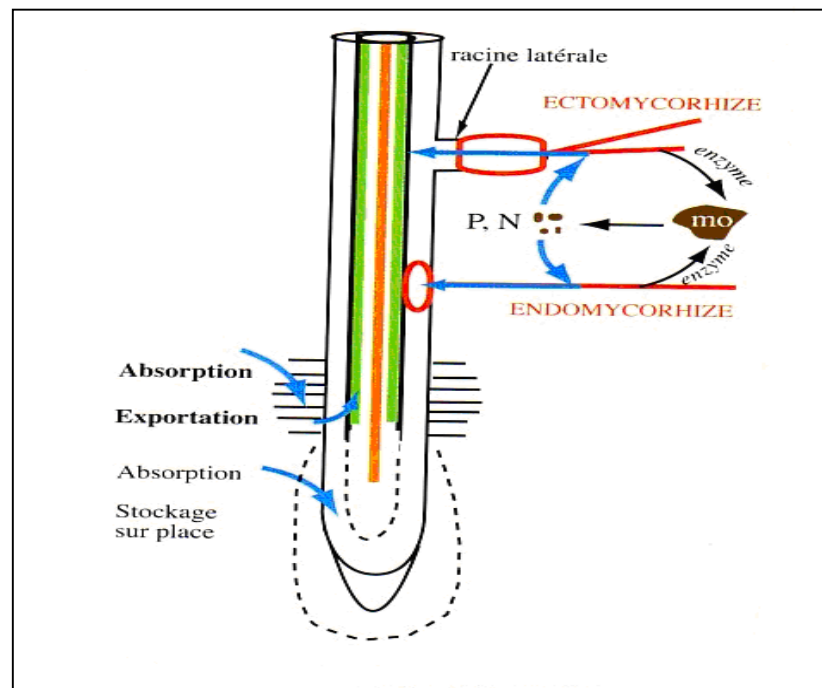


Figure 6. Sites d'absorption des nutriments à l'extrémité d'une racine (Meyer et *al.*, 2004)

-mo : matière organique

-N : acides aminés

-P : phosphates ($H_2PO_4^-$)

III. 4. 3. Une meilleure croissance et une floraison plus précoce des plantes

Les effets positifs des champignons mycorhiziens arbusculaires (champignons MA) pour la croissance des végétaux ont été découverts dès le XIXe siècle. (Oehl et *al.*, 2011).



Figure 7. Effet apparent de la mycorhization sur la croissance (Oehl et *al.*, 2011).

A gauche: trèfle violet sans champignons MA dans les racines et leurs environs.

A droite: sol inoculé avec des champignons MA en même temps que le semis.

III. 4. 4 .Protection contre les pathogènes

Les plantes mycorhizées tolèrent mieux les facteurs stressants d'ordre abiotiques et biotiques. Le champignon synthétise des antibiotiques, ce qui augmente le pouvoir défensif des plantes contre les pathogènes contenus dans le sol. Il élabore des sucres, qui rendent les racines plus résistantes au gel (Egli et Brunner, 2002).

III. 4. 5. Amélioration de la structure du sol

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 agrégeantes 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 (Duponnois et *al.*, 2013).

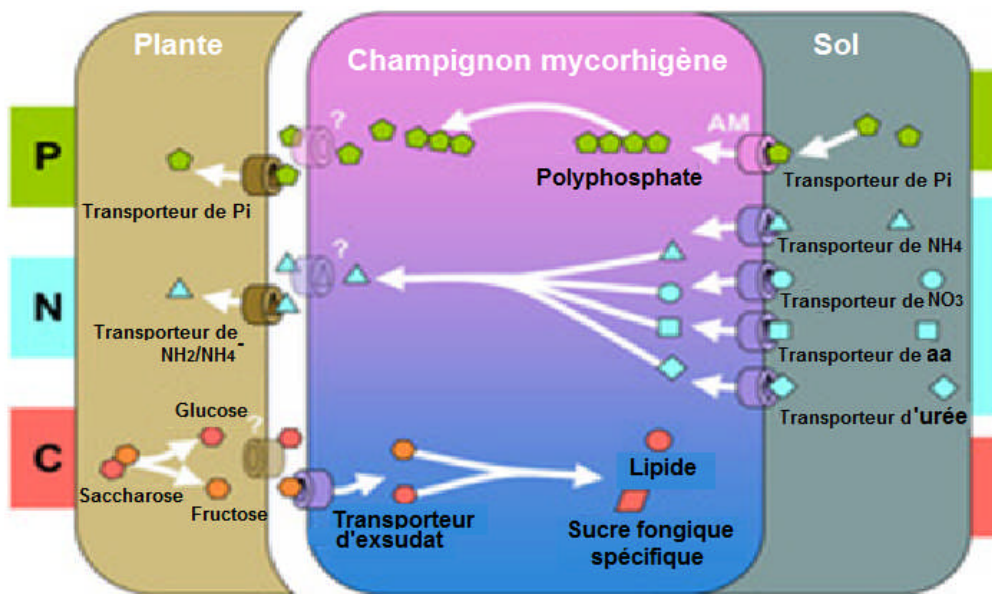


Figure 8. Processus d'échanges lors d'une symbiose mycorhizienne (Duhoux et Nicole, 2004).

IV. Les endophytes

Pris à la lettre, le mot endophyte signifie "dans la plante " (Endon Gr = sein, phyton = plante) (Schulz et Boyle, 2006).

Les champignons endophytes sont définis comme les champignons qui passent tout ou une partie de leur cycle de vie colonisant inter- et / ou intracellulairement dans les tissus sains des plantes hôtes, ce qui provoque habituellement aucun symptôme apparent de la maladie (Zaho et *al.*, 2010).

Les champignons endophytes foncés septés (DSE), réunissent divers Ascomycètes, constituent des colonisateurs racinaires dominants dans plusieurs écosystèmes. Ils sont plus fréquents dans les écosystèmes forestiers naturels de l'hémisphère nord (Grunig et *al.*, 2008).

IV.1. Classification des champignons endophytiques

En général, deux groupes majeurs de champignons endophytes ont été reconnus : les Endophytes Clavicipitacées (C-endophytes), qui infectent quelques Graminées, et les endophytes non-Clavicipitées (NC-endophytes) (Rodriguez et *al.*, 2009).

IV.2. Le rôle des endophytes

Les endophytes sont connus pour leur production de groupes diversifiés de métabolites secondaires dont des enzymes extracellulaires, des antibiotiques, des antifongiques ainsi que des agents anticancéreux qui peuvent être utilisés en tant que médicaments thérapeutiques, des produits agrochimiques ou dans l'industrie. Les plantes associées aux champignons endophytes jouent un rôle important dans la survie des plantes dans les conditions du stress (Chadha et *al.*, 2014).

V. L'oléastre

L'olivier occupe la 24^{ème} place des 35 espèces les plus cultivées dans le monde. La diversité phénologique des cultivars est remarquable et l'intérêt économique de l'espèce est majeur. Pourtant peu d'études ont porté sur la domestication de l'olivier et sur les relations entre l'olivier et sa forme sauvage, l'oléastre. L'oléastre est fortement diversifié dans la partie occidentale du Bassin méditerranéen, alors que dans la partie orientale la diversité y est plus réduite (Breton et *al.*, 2006).

L'oléastre dont le fruit est oléagineux, est un arbre indigène en Afrique du Nord qui pousse à l'état naturel comme la vigne et l'amandier (Boudribila, 2004).



Figure 9. Les fruits d'oléastre (Anonyme, 2013)

V.1. Classification botanique

L'Oléastre est un arbre appartenant à la famille des oléacées dont la matière de base est l'Oléine. L'Oléastre est une plante qui peuple le bassin méditerranéen. Ses fruits sont appelés DRUPES et constitués d'un noyau et d'une pulpe appelés olive. C'est une plante oléagineuse d'où on peut extraire une fameuse huile qui présente des vertus thérapeutiques diverses (Anonyme, 2013).

La classification botanique de l'arbre de l'olivier selon Ghedira (2008) est la suivante :

Embranchement : Magnoliophyta

Sous embranchement : Magnoliophytina

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Asteridae

Ordre : Scrophulariales

Famille : Oleaceae

Genre : *Olea* L.

Espèce : *Olea europaea* L.

Sous espèces : *Olea europaea* L.ssp. *Oleaster* Hoffm. Et Link (= *O. europaea* L. ssp. *Sylvestris* Miller).

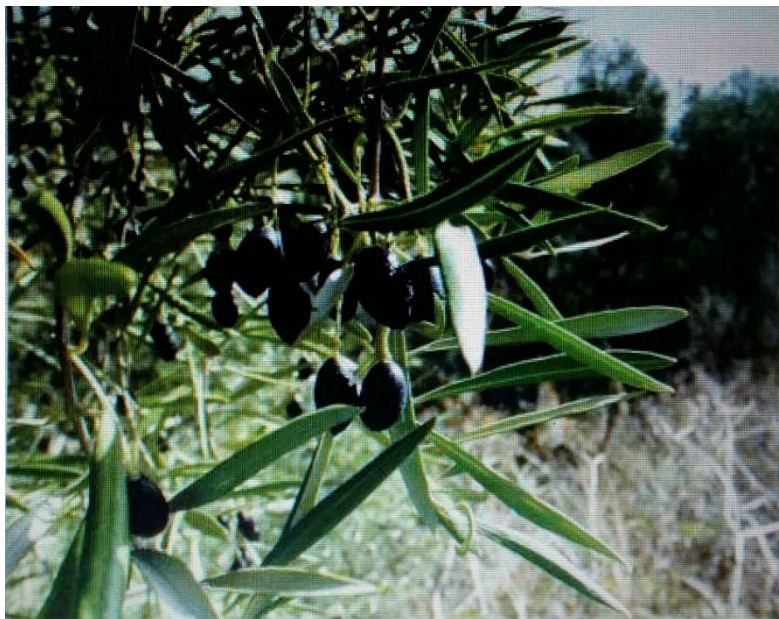


Figure 10. Les fruits mûrs d'oléastre (Anonym, 2013)

V. 2. Les mycorhizes de l'oléastre

Une étude a été réalisée dans une zone dégradée semi-aride pour évaluer l'effectivité de l'inoculation mycorhizienne avec un mélange de mycorhize arbusculaire (MA) sur la mise en place d'*Olea europaea* ssp. *Sylvestris* L. Cette plante est une espèce d'arbustes représentative de garrigue semi-aride dans le sud de l'Espagne. Elle est également bien adaptée aux conditions de stress hydrique, et par conséquent fréquemment utilisé dans la revégétation des terrains perturbés semi-aride (Alguacil et *al.*, 2004).

V. 3. Effets de l'oléastre sur le sol

L'oléastre peut être utilisé comme pare-feu si les terrains sont entretenus périodiquement. Il peut non seulement être utile à des fins économiques mais aussi à des fins ornementales. Par ailleurs, il permettra de maintenir les sols, donc de limiter l'érosion et de restructurer un sol (Breton et *al.*, 2006).

I. La racine

I.1. Anatomie de la racine

I.1.1. Structure primaire de la racine

L'allongement de la racine se fait par son extrémité au niveau du méristème racinaire. Une coupe longitudinale d'une racine (**figure 1**), permet de distinguer, à son extrémité, une **coiffe**, qui protège le méristème. Entre celle-ci et les poils absorbants, on observe une zone **quiescente** (sans division cellulaire). Les **poils absorbants** sont les prolongements des cellules du **rhizoderme**, dont les parois permettent l'absorption de l'eau et des sels minéraux (Laberche, 2010). La racine primaire montre quatre zones en plus de la coiffe : la zone d'élongation, la zone pilifère, la zone de ramification, la zone d'épaississement secondaire (Luttge et *al.*, 1992).

I.1.2. Structure secondaire de la racine

Les méristèmes secondaires sont responsables de la croissance en diamètre. La structure secondaire est réalisée par le fonctionnement des zones génératrices libéro-ligneuses et subéro-phellodermiques. (Strullu, 1991).

I.2. Principaux types de systèmes racinaires

Nabors, (2008), a montré l'existence de deux types de systèmes racinaires bien distinct l'un est pivotant et le second est fasciculé.

I.2.1. Système racinaire pivotant

C'est principalement le cas chez les Dicotylédones et les Gymnospermes. Il existe une racine principale à « gravitropisme positif » et des racines secondaires latérales (Simon, 2014).

I.2.2. Système racinaire fasciculé

C'est principalement le cas chez de nombreuses Monocotylédones. Les racines ne dérivent pas d'une racine principale mais ont une origine commune. Elles croissent parallèlement en faisceau (Simon, 2014).

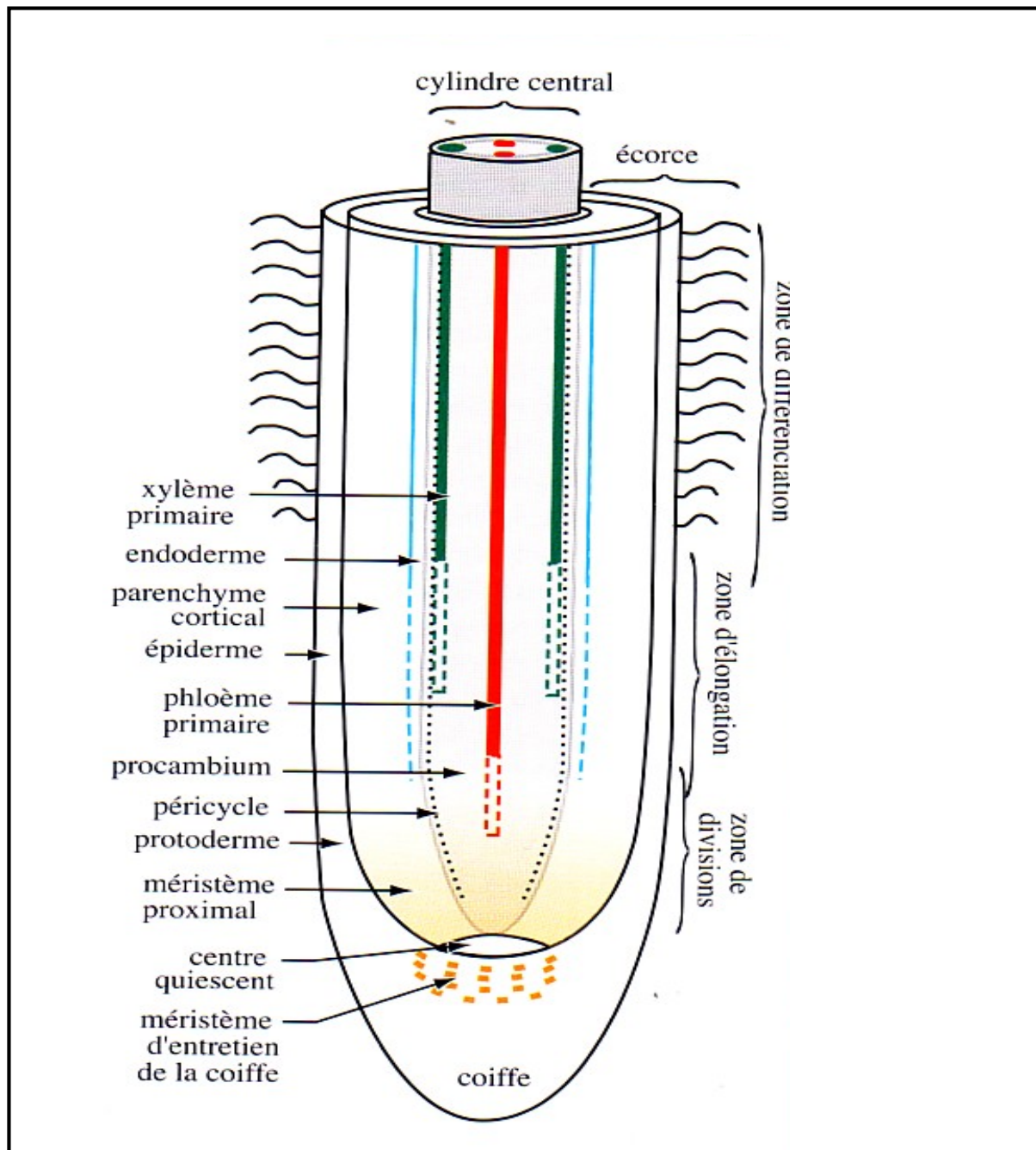


Figure 1. Organisation de l'apex racinaire d'une Dicotylédone (Meyer et al., 2004).

I.3. Rôle de la racine

La racine est un organe propre aux végétaux vasculaires opposée à la tige dès le stade embryonnaire. Lors de son développement ultérieur, elle diffère de la tige par trois caractères fondamentaux : le géotropisme, l'absence de cuticule et le mode de ramification (Drénou, 2006). Le plus souvent un organe souterrain ayant pour principaux rôles :

I.3.1. Ancrage et stabilisation

La racine a une fonction dans la fixation et l'ancrage dans les sols. Cependant des études ont montré que son activité a un impact sur l'évolution des sols (Boudiaf Nait Kaci, 2014).

I.3.2. Nutrition minérale

Les racines sont le siège de l'absorption d'eau et d'éléments minéraux. L'absorption la plus active a lieu au niveau des fines racines et des racines mycorhizées (Meyer et *al.*, 2004). Il apparaît que les espèces qui possèdent un système racinaire plus développé ont de plus fortes aptitudes à couvrir leurs besoins en phosphore (Barber, 1995).

Les parties aériennes et racinaires des végétaux sont très interdépendantes l'une de l'autre puisque chacune va approvisionner l'autre en éléments. Le système racinaire va ainsi recevoir, des organes aériens chlorophylliens où s'effectue la photosynthèse, les glucides nécessaires à sa croissance et va, quant à lui, alimenter en eau et éléments minéraux ces organes aériens (Laroche, 2005).

I.3.3. Stockage des réserves

L'absorption des nutriments par les racines est le moteur des flux de matière dans la rhizosphère (Hinsinger, 2010). Ce phénomène se fait à l'extrémité des poils absorbants. La solution du sol est retenue dans les pores et les interstices du sol et la plante doit dépenser de l'énergie pour absorber cette eau et les particules nutritives qu'elle contient (Raven et *al.*, 2007). Toutefois, les réserves en composés carbonés et protéines sont nécessaires à la reprise de la végétation au printemps (Drénou, 2006).

II. Champignons

Les Champignons ou Mycophytes (*myco*= champignon) sont des Thallophytes qui se distinguent fondamentalement des Algues par l'absence de chlorophylles (Roland et *al.*, 2008). Ce sont des organismes hétérotrophes, représentent une forme de vie tellement différente de toutes les autres qu'ils ont été placés dans un règne qui leur est propre, celui des *Fungi* (Raven et *al.*, 2007).

II.1. Appareil végétatif

La plupart des champignons présentent un thalle dont l'ensemble forme un mycélium (Strullu, 1991).

II.1.1. Hyphes cloisonnés

Les champignons septés ont un mycélium formé de filaments cloisonnés et sont appelés *septomycètes* (*septum* = cloison) (Roland et *al.*, 2008). Quand chaque cellule est bien délimitée par une cloison. Les filaments sont des hyphes (Laberche, 2010).

II.1.2. Hyphes cénocytiques

Quand les filaments ne sont pas cloisonnés. Tous les noyaux sont répartis dans les filaments. Les filaments sont des siphons (Laberche, 2010).

II. 2. Mode de vie

Les champignons constituent un règne autonome, le règne fongique, car ils n'appartiennent ni au règne végétal ni au règne animal. Leur comportement alimentaire les rend d'avantages semblables aux animaux qu'aux plantes. Tout comme les animaux, ou comme nous, les êtres humains, ils sont **hétérotrophes vis-à-vis du carbone**, c'est-à-dire qu'ils ont besoin d'une source de carbone organique externe pour arriver à s'alimenter, contrairement aux plantes vertes qui produisent elles-mêmes ces éléments grâce à la photosynthèse (Egli et Brunner, 2002). Face à la contrainte majeure que constitue leur hétérotrophie vis-à-vis du carbone (un des éléments essentiels de la définition du règne fongique), les champignons apportent trois types de réponse : le saprophytisme, le parasitisme et la symbiose. Les espèces mycorhiziennes appartiennent, bien sûr, à cette dernière catégorie (comme les lichens, association d'un champignon et d'une algue) mais les autres types

participent également dans la biodiversité fongique et du fonctionnement des milieux naturels, et de la forêt en particulier (Guinberteau et Courtecuisse, 1997).

III. Systématique des champignons

Tableau 01. Classification des champignons (Courtecuisse, 2006 in Lecompte, 2008)

Règne	Division	Classes	Ordres	Caractéristiques
Fungi	Deuteromycota	Mycelia Sterilia Coelomycètes Hyphomycètes Blastomycètes		Pas de reproduction sexuée Sorte de poubelle d'attente où on range sous le nom de Fungi imparfecti des espèces dont on ne connaissait que le stade anamorphe, mais dont le stade téléomorphe les dirige vers les Basidio- ou les Ascomycota
	Glomeromycota	Gloméromycètes	Archaeosporales Diversisporales Glomerales Paraglomerales	Pas de reproduction sexuée Mycélium siphonné, sans cloisons
	Chytridiomycota	Chytridiomycètes	Blastocladiales Chytridiales Harpochytriales Monoblepharidales Neocallimastigales Spizellomycetales	Zoospores à un flagelle Pas de mycélium
	Zygomycota	Zygomycètes	Mucorales Dimargaritales Entomophtorales Zoopagales Kickxellales	Reproduction par mitospores (asexuée)
		Trichomycètes	Harpellales Amoebiales Aselariales Ecrinales	Reproduction par zygospores (sexuée)
	Ascomycota	Ascomycètes		Spores contenues dans des asques Hyphes septées
	Basidiomycota	Basidiomycètes		Spores portées par des basides Hyphes septées

III. Symbioses mycorhiziennes

III.1. Symbiose

C'est l'association entre individus d'espèces différentes dont les deux espèces retirent des bénéfices, en améliorant leur qualité de vie (Canado et *al.*, 2003).

Depuis des temps immémoriaux, la plupart des plantes vivent en symbiose avec des champignons. Des champignons très particuliers qui forment des réseaux de filament dans le sol, recouvrent parfois les racines des plantes et pénètrent même à l'intérieur de celles-ci. Mycorhize est le nom de cette association plante-champignon (Renaut, 2007).

La mycorhize (du grec «mukês» pour champignon et «rhiza» pour racine) est l'association symbiotique d'un champignon avec les racines d'une plante. En d'autres termes, c'est une racine colonisée par un champignon mycorhizien qui modifie sa morphologie (Egli et Brunner, 2002).

III.2. Les principaux types de symbioses mycorhiziennes

III.2.1. Les ectomycorhizes

Du (grec *ektos* : à l'extérieur) où les champignons se développent essentiellement autour de la racine, en formant un manchon mycélien (**le manteau**) à partir duquel se développent des hyphes qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine (**réseau de Hartig**). Ce type d'association est principalement représenté chez les essences forestières des régions tempérées, méditerranéennes et boréales, mais il a été également décrit chez quelques espèces tropicales. Les partenaires fongiques appartiennent aux Basidiomycètes mais aussi aux Ascomycètes (Duponnois et *al.*, 2013).

III.2.2. Les endomycorhizes

Caractérisés par la pénétration du champignon symbiotique à l'intérieur des cellules du cortex racinaire, ou il forme des structures développant une grande surface d'échange (Garbaye, 2013). Les champignons endomycorhiziens à arbuscules ne colonisent pas la pointe racinaire, ils se développent de façon extracellulaire mais aussi de façon intracellulaire par exemple lors de la formation des arbuscules dans les cellules corticales (Balzergue, 2012).

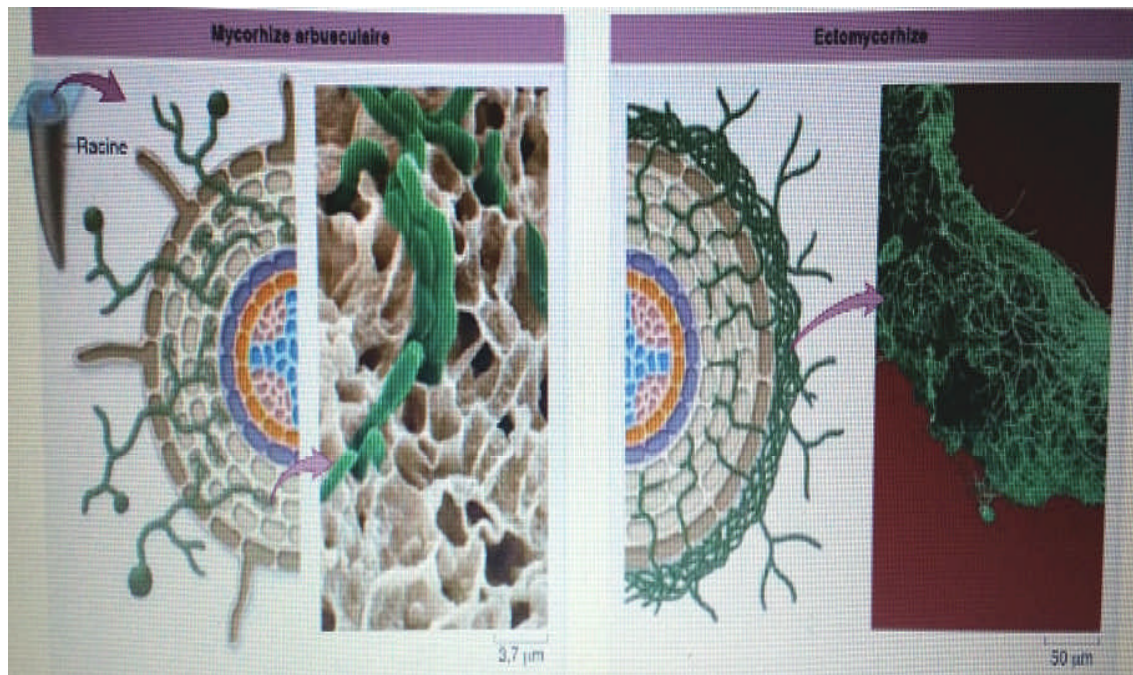


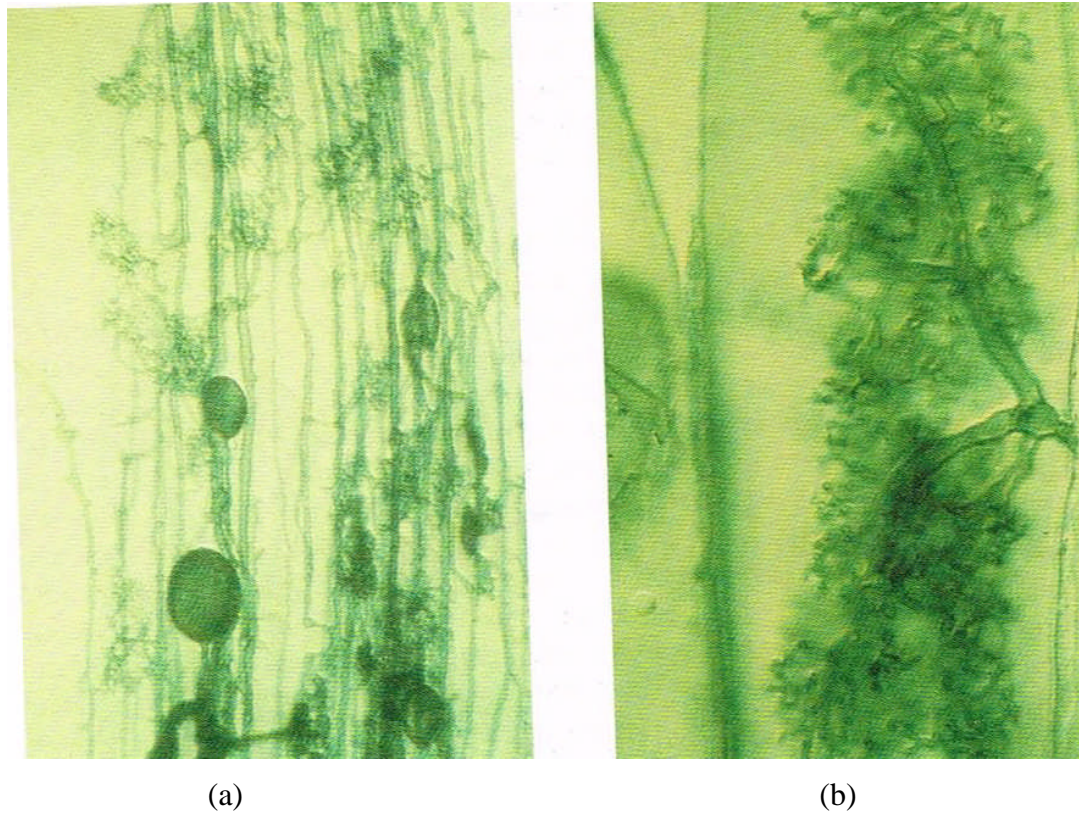
Figure 2. Comparaison entre les endomycorhizes et ectomycorhizes (Raven et *al.*, 2011)

III.2.2.1. Les mycorhizes à vésicules et arbuscules

Dans ce type de symbiose, la spécificité semble très faible. Ces mycorhizes comprennent un mycélium intercellulaire qui engendre deux types de structure bien caractéristiques (**figure 3**) :

- des arbuscules** intracellulaire: structure très ramifiées qui assurent les échanges nutritifs entre les cellules végétales et le champignon, surtout la nutrition carbonée de ce dernier (Gobat et *al.*, 2010).

- des vésicules** sont formées en général dans les couches superficielles de la racine, elles ont des parois épaisses, de formes variées et sont 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).



(a) : Vésicules. (b) : Arbuscules

Figure 3. Vésicules et arbuscules (Raven et *al.*, 2007).

III. 2. 3. Les ectendomycorhizes

Ce sont des mycorhizes à manteau réduit ou absent qui possèdent un réseau de Hartig bien développé et des hyphes qui pénètrent dans les cellules racinaires (Béreau et *al.*, 2003).

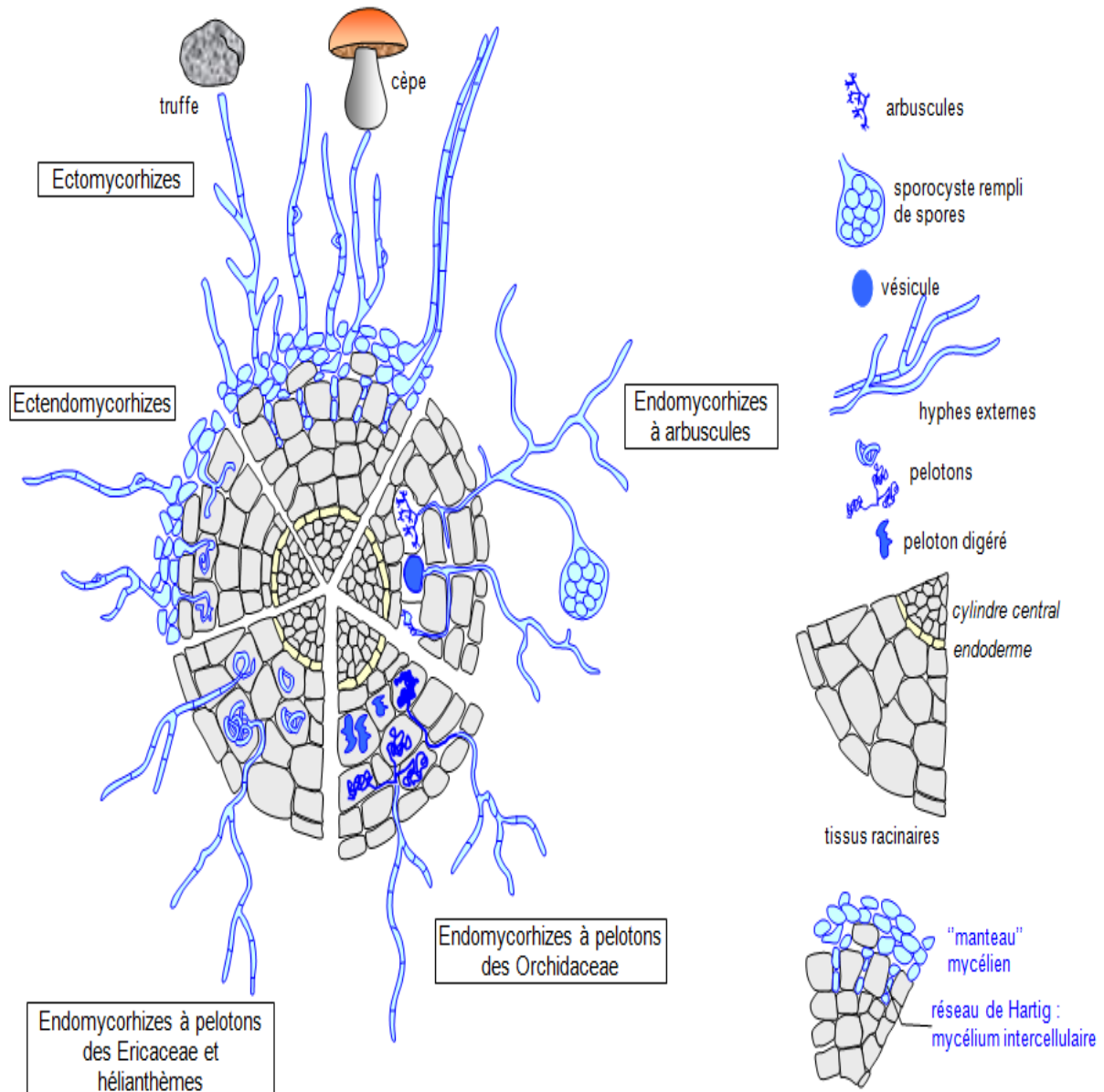


Figure 4. Principaux types mycorhiziens représentés sur une coupe transversale de racine (Le Tacon, 1985).

III. 3. Mycorrhizosphère et rhizosphère

La mycorrhizosphère est une extension de la rhizosphère et désigne la zone d'influence de la phase extra radicale des champignons arbusculaires sur le sol qui l'entoure. Si la zone d'influence de la rhizosphère s'étend sur quelques millimètres autour de la racine, celle de la mycorrhizosphère s'exerce sur plusieurs dizaines de centimètres et présente une surface de

contact avec le sol dix fois plus grande que celle de la rhizosphère (Fortin et *al.*, 2016). Dans les associations mycorhiziennes, la rhizosphère est étendue à la « mycorhizosphère » puisque le compartiment du sol environnant n'est pas seulement sous l'influence des racines qui le colonisent, mais aussi des filaments mycéliens provenant du symbionte fongique. La rhizosphère peut être définie comme la zone du sol immédiatement en contact avec le système racinaire et sous son influence, elle correspond aux premiers millimètres de sol entourant la racine (Lesuffleur, 2007). Appelé aussi la rhizosphère, c'est la région du sol immédiatement adjacente (environ 1 à 5mm) aux racines des plantes et qui est directement ou indirectement influencée par celle-ci, où se déroulent l'ensemble des processus biologiques, chimiques et physiques associés au fonctionnement du sol (Bais et *al.*, 2006).

La rhizosphère présente des propriétés structurales, tel que la porosité et l'agrégation et des caractéristiques physiques et chimiques singulières comme le pH, les minéraux et le potentiel hydrique. Majoritairement, une activité microbienne à proximité de la racine particulièrement intense, en comparaison au sol non rhizosphérique (Lynch et Whips, 1990). L'atmosphère est enrichie en CO₂ issu de la respiration des racines ; les minéraux argileux s'accumulent le long de la racine ; les mouvements d'eau, d'exsudats et d'ions y créent des conditions spécifiques. Le sol est relativement sec et pauvre en nutriments, comparé au sol extérieur à cette zone (Laroche, 2005). Les interactions entre plantes et rhizosphère influencent notamment la biodisponibilité des éléments nutritifs, tels que le phosphore (**Fig.5**). Une autre forme d'entrée du phosphore via la racine est le réseau très dense et très étendu constitué par les filaments mycéliens des mycorhizes qui permet une augmentation considérable à la fois du volume prospecté et de la surface d'adsorption (Hocking et *al.*, 2000 ; Feng et *al.*, 2005).

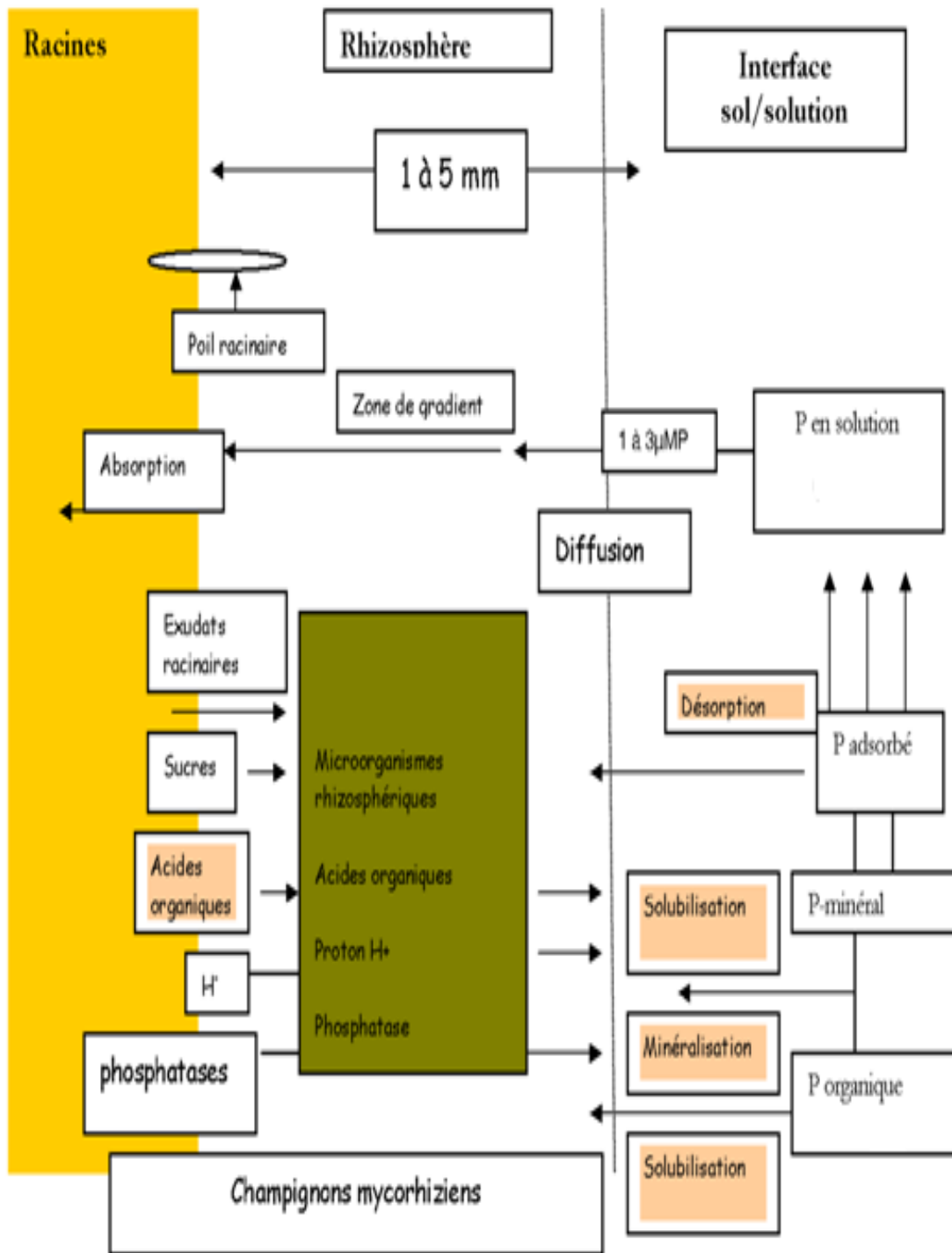


Figure 5. Mécanismes rhizosphériques et physico-chimiques de transfert de phosphore à l'interface sol / solution / racines dans les sols (Hocking *et al.*, 2000).

III. 4. Importance de la symbiose mycorhizienne

III. 4.1. Augmentation de volume du sol exploré

Le rôle principal des mycorhizes (ecto et endomycorhizes) est d'assurer une meilleure nutrition minérale de la plante par l'augmentation de volume du sol exploré. Cette amélioration est réalisée par l'intermédiaire des filaments végétatifs extramatriciels qui augmentent considérablement le volume de sol exploité (1000 mètres de mycélium par mètre de racine) (Martin et Plassard, 1997 in Duhoux et Nicole, 2004).

III.4. 2. Échange d'éléments nutritifs vitaux

La mycorhize est un organisme dans lequel l'arbre et le champignon mycorhizien s'échangent des matières. Tandis que l'arbre fournit au champignon les sucres élaborés lors de la photosynthèse, ce dernier lui offre en échange des éléments nutritifs, comme l'azote (N) et le phosphore (P), qu'il a prélevés dans de minuscules espaces poreux du sol, à l'aide de ses hyphes fins. Étant donné que les hyphes se répandent largement dans le sol, la surface d'absorption est beaucoup plus grande que celle occupée par les poils absorbants des plantes non mycorhizées. Ainsi, les tissus des plantes mycorhizées contiennent souvent des concentrations accrues d'azote et de phosphore (Egli et Brunner, 2002).

III .4. 2.1. Amélioration de la nutrition phosphatée

Le feutrage mycélien des mycorhizes contribue à la stabilité du pH autour des racines, ce qui favorise l'assimilation des ions minéraux par la plante. De même il peut solubiliser les phosphates tricalciques insolubles et assurer ainsi une meilleure alimentation phosphatée (Laberche, 2010)

III. 4. 2. 2. Amélioration de la nutrition azotée

Les champignons ectomycorhiziens contribuent également à l'amélioration de la nutrition azotée chez la plante-hôte de deux façons :

-mise à disposition de la plante, par la machinerie enzymatique du champignon, de certaines formes d'azote (acides aminés, peptides et protéines) mal utilisées par la plante seul

-augmentation des quantités d'azote minéral absorbé par le système mycorhizien (Duhoux et Nicole, 2004).

III. 4. 2. 3. Amélioration de la nutrition hydrique

Des études physiologiques et cellulaires ont montré que les structures mycéliennes sont bien adaptées aux mouvements de l'eau entre les champignons et les plantes. Chez les ectomycorhizes, les rhizomorphes sont capables de puiser l'eau à plusieurs centimètres des racines mycorhizées et de la mettre à la disposition de la plante (Strullu, 1991).

Les mycorhizes améliorent la tolérance de la plante au stress hydrique (Duhoux et Nicole, 2004).

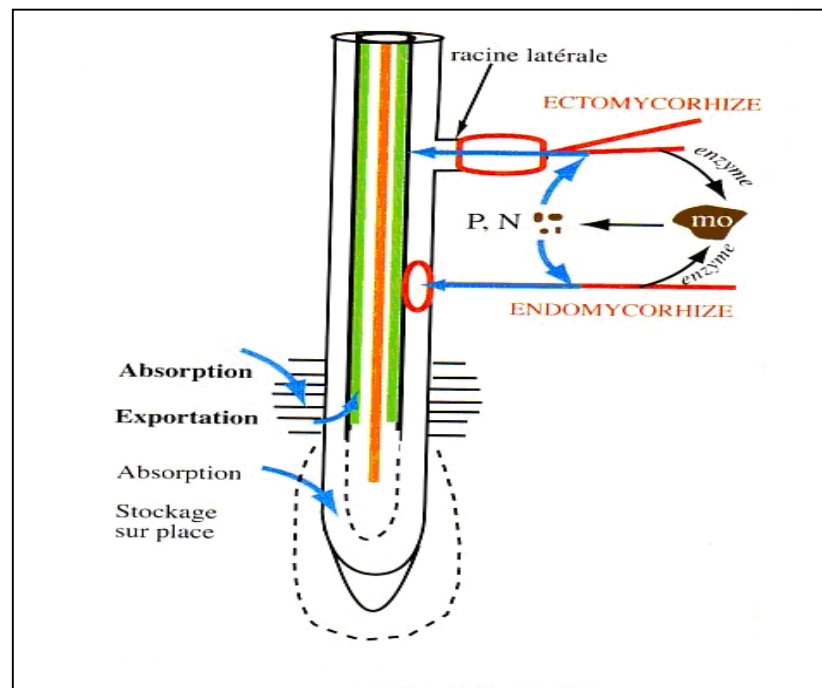


Figure 6. Sites d'absorption des nutriments à l'extrémité d'une racine (Meyer et *al.*, 2004)

-mo : matière organique

-N : acides aminés

-P : phosphates ($H_2PO_4^-$)

III. 4. 3. Une meilleure croissance et une floraison plus précoce des plantes

Les effets positifs des champignons mycorhiziens arbusculaires (champignons MA) pour la croissance des végétaux ont été découverts dès le XIXe siècle. (Oehl et *al.*, 2011).



Figure 7. Effet apparent de la mycorhization sur la croissance (Oehl et *al.*, 2011).

A gauche: trèfle violet sans champignons MA dans les racines et leurs environs.

A droite: sol inoculé avec des champignons MA en même temps que le semis.

III. 4. 4 .Protection contre les pathogènes

Les plantes mycorhizées tolèrent mieux les facteurs stressants d'ordre abiotiques et biotiques. Le champignon synthétise des antibiotiques, ce qui augmente le pouvoir défensif des plantes contre les pathogènes contenus dans le sol. Il élabore des sucres, qui rendent les racines plus résistantes au gel (Egli et Brunner, 2002).

III. 4. 5. Amélioration de la structure du sol

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 agrégeantes 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 (Duponnois et *al.*, 2013).

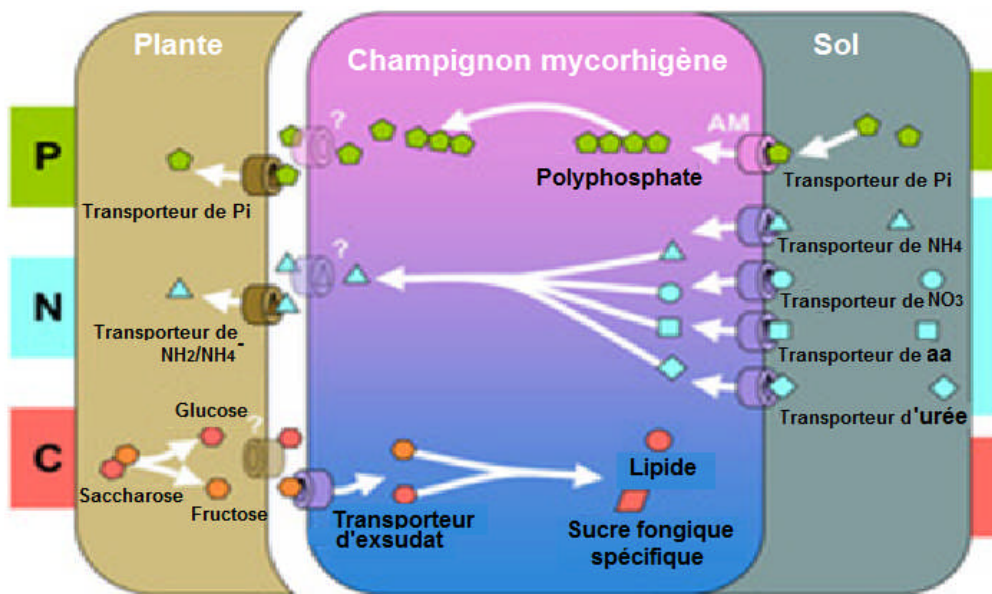


Figure 8. Processus d'échanges lors d'une symbiose mycorhizienne (Duhoux et Nicole, 2004).

IV. Les endophytes

Pris à la lettre, le mot endophyte signifie "dans la plante " (Endon Gr = sein, phyton = plante) (Schulz et Boyle, 2006).

Les champignons endophytes sont définis comme les champignons qui passent tout ou une partie de leur cycle de vie colonisant inter- et / ou intracellulairement dans les tissus sains des plantes hôtes, ce qui provoque habituellement aucun symptôme apparent de la maladie (Zaho et *al.*, 2010).

Les champignons endophytes foncés septés (DSE), réunissent divers Ascomycètes, constituent des colonisateurs racinaires dominants dans plusieurs écosystèmes. Ils sont plus fréquents dans les écosystèmes forestiers naturels de l'hémisphère nord (Grunig et *al.*, 2008).

IV.1. Classification des champignons endophytiques

En général, deux groupes majeurs de champignons endophytes ont été reconnus : les Endophytes Clavicipitacées (C-endophytes), qui infectent quelques Graminées, et les endophytes non-Clavicipitées (NC-endophytes) (Rodriguez et *al.*, 2009).

IV.2. Le rôle des endophytes

Les endophytes sont connus pour leur production de groupes diversifiés de métabolites secondaires dont des enzymes extracellulaires, des antibiotiques, des antifongiques ainsi que des agents anticancéreux qui peuvent être utilisés en tant que médicaments thérapeutiques, des produits agrochimiques ou dans l'industrie. Les plantes associées aux champignons endophytes jouent un rôle important dans la survie des plantes dans les conditions du stress (Chadha et *al.*, 2014).

V. L'oléastre

L'olivier occupe la 24^{ème} place des 35 espèces les plus cultivées dans le monde. La diversité phénologique des cultivars est remarquable et l'intérêt économique de l'espèce est majeur. Pourtant peu d'études ont porté sur la domestication de l'olivier et sur les relations entre l'olivier et sa forme sauvage, l'oléastre. L'oléastre est fortement diversifié dans la partie occidentale du Bassin méditerranéen, alors que dans la partie orientale la diversité y est plus réduite (Breton et *al.*, 2006).

L'oléastre dont le fruit est oléagineux, est un arbre indigène en Afrique du Nord qui pousse à l'état naturel comme la vigne et l'amandier (Boudribila, 2004).



Figure 9. Les fruits d'oléastre (Anonyme, 2013)

V.1. Classification botanique

L'Oléastre est un arbre appartenant à la famille des oléacées dont la matière de base est l'Oléine. L'Oléastre est une plante qui peuple le bassin méditerranéen. Ses fruits sont appelés DRUPES et constitués d'un noyau et d'une pulpe appelés olive. C'est une plante oléagineuse d'où on peut extraire une fameuse huile qui présente des vertus thérapeutiques diverses (Anonyme, 2013).

La classification botanique de l'arbre de l'olivier selon Ghedira (2008) est la suivante :

Embranchement : Magnoliophyta

Sous embranchement : Magnoliophytina

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Asteridae

Ordre : Scrophulariales

Famille : Oleaceae

Genre : *Olea* L.

Espèce : *Olea europaea* L.

Sous espèces : *Olea europaea* L.ssp. *Oleaster* Hoffm. Et Link (= *O. europaea* L. ssp. *Sylvestris* Miller).

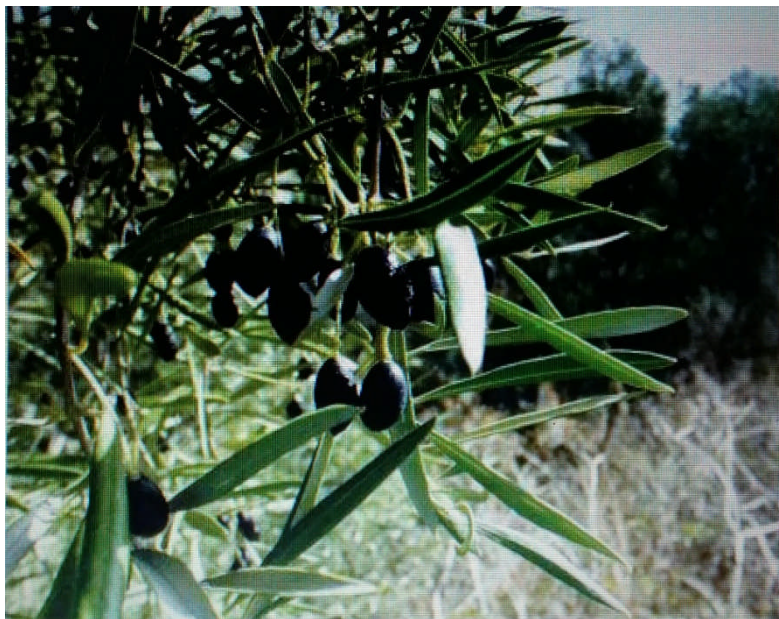


Figure 10. Les fruits mûrs d'oléastre (Anonym, 2013)

V. 2. Les mycorhizes de l'oléastre

Une étude a été réalisée dans une zone dégradée semi-aride pour évaluer l'effectivité de l'inoculation mycorhizienne avec un mélange de mycorhize arbusculaire (MA) sur la mise en place d'*Olea europaea* ssp. *Sylvestris* L. Cette plante est une espèce d'arbustes représentative de garrigue semi-aride dans le sud de l'Espagne. Elle est également bien adaptée aux conditions de stress hydrique, et par conséquent fréquemment utilisé dans la revégétation des terrains perturbés semi-aride (Alguacil et *al.*, 2004).

V. 3. Effets de l'oléastre sur le sol

L'oléastre peut être utilisé comme pare-feu si les terrains sont entretenus périodiquement. Il peut non seulement être utile à des fins économiques mais aussi à des fins ornementales. Par ailleurs, il permettra de maintenir les sols, donc de limiter l'érosion et de restructurer un sol (Breton et *al.*, 2006).

I. Situation géographique et géologique de la zone d'étude

L'échantillonnage a été réalisé le 14/01/2016 dans la région de Tizi-Rached située dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Notre site d'étude est une oliveraie de 70 ans environ, où l'oléastre s'est installé spontanément suite à un incendie au niveau des vergers oléicoles il y a une dizaine d'années.

Altitude : 216 m

Coordonnées Lambert : 36°41'15.71''N, 12°39.27''E.



Figure 11. Situation géographique de la région d'étude (Anonyme, 2016)

La zone d'étude est à 17 Km du chef lieu de la wilaya située dans le haut Sebaou (Mesrouk, 1984). Elle est limitée administrativement au nord par la commune Ouaguenoun, au sud par la daïra de Larbaa Nath Irathen, à l'est par la daïra de Mekla et à l'ouest par la daïra de Tizi-Ouzou.

La station est située au nord-est du socle de la grande Kabylie, en contact dans ses bordures septentrionales avec les terrains néogènes (post-nappes) du bassin du Sebaou par l'intermédiaire d'un système de failles d'effondrement d'orientation moyenne est-ouest. A l'est, les terrains métamorphiques plongent sous l'oligomiocène (conglomérat) lequel supporte l'édifices des olistostromes et flyschs du haut Sebaou. Le socle est constitué de gneiss, micaschistes calcaires cristallins et schistes datés du précambrien. On trouve également des roches intrusives dans la série métamorphique (Raynold, 1976, Gérard 1979 in Issaoun et Yahiaoui, 2008).

Notre site d'échantillonnage repose sur une roche mère gréseuse et fait partie du socle métamorphique de la grande Kabylie

II. Etude climatique

La Kabylie du Djurdjura située au nord de l'Afrique et en méditerranée occidentale, se trouve sous l'influence du climat méditerranéen. Celui-ci est caractérisé par la sécheresse de la saison estivale, une période sèche bien marquée allant du juillet à septembre). Néanmoins, et des hivers relativement humides avec des précipitations torrentielles à grande irrégularité interannuelle (Abdesselam, 1995).

II.1. Précipitations

Les moyennes mensuelles de la pluviométrie enregistrées pour la région de Tizi-Ouzou, durant la période d'étude sont représentées dans la (**figure 12**).

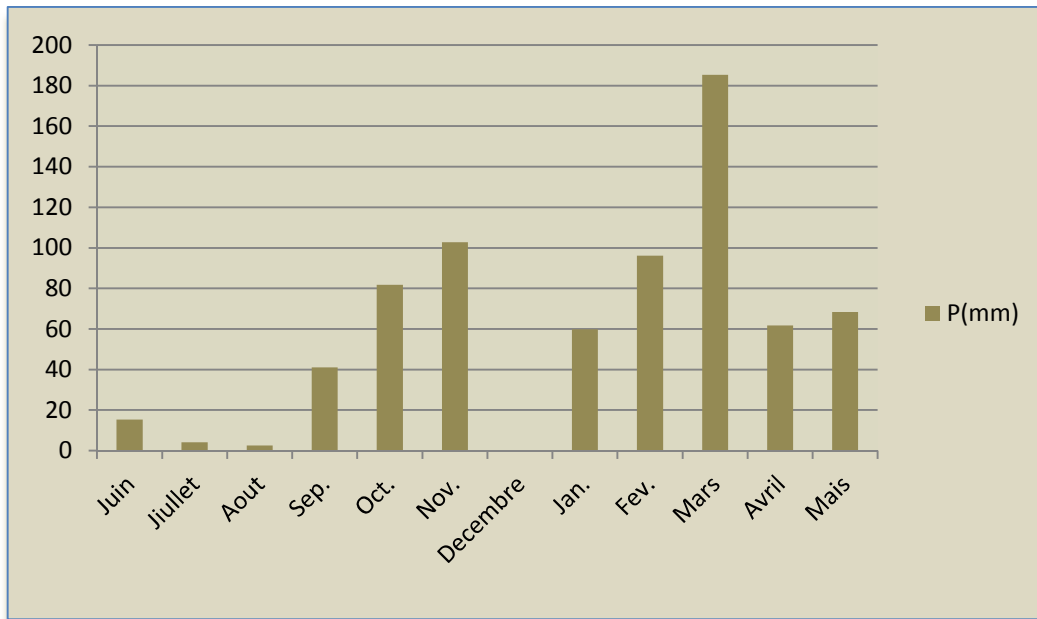


Figure 12: variation des moyennes mensuelles des précipitations (juin 2015 - mai 2016) (O.N.M.T.O., 2016).

II.2. Températures

Les températures moyennes mensuelles enregistrées pour la région de Tizi-Ouzou, durant la période d'étude sont représentées dans la (**figure 13**).

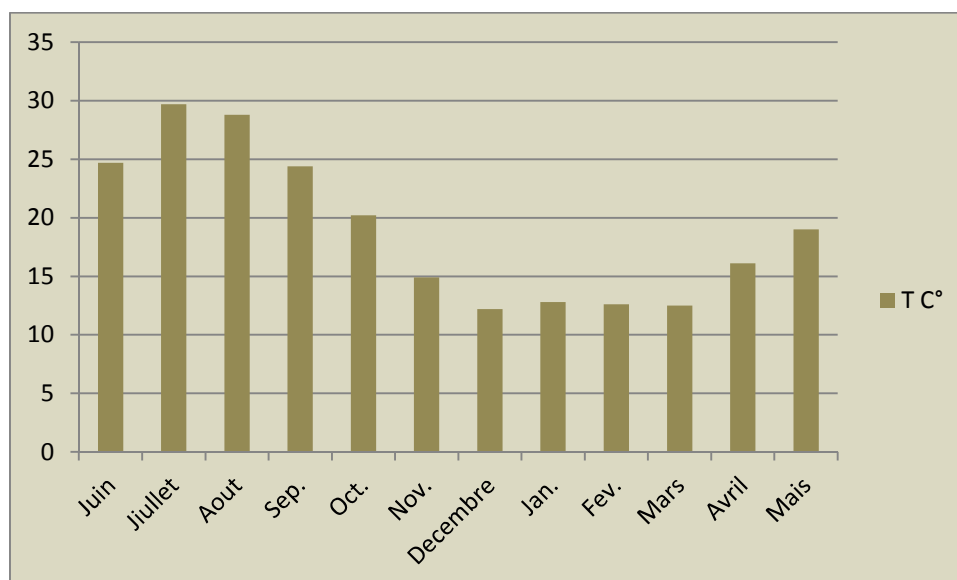


Figure 13. Températures moyennes mensuelles (juin 2015 - mai 2016) (O.N.M.T.O., 2016).

II.3. Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен permet de mettre en évidence la saison sèche. Les températures et les précipitations moyennes mensuelles sont indiquées ; l'échelle des précipitations étant doublée par rapport à celle des températures $P=2T$. Le mois ou les précipitations sont inférieures à deux fois la température est considéré comme un mois sec. Les deux points d'intersection entre la courbe pluviométrique et thermique délimitent la durée de la saison sèche lorsque $P < 2T$.

Tableau 2. Répartition des températures mensuelles maximales, minimales moyennes de la région de Tizi-Ouzou 2006 /2015 (O.N.M de Tizi-Ouzou).

	Mois	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
T°Moy/mois°C	Mini	6,54	6,45	8,70	11,37	14,29	17,78	21,38	21,63	18,88	15,70	11,86	7,67
T°Moy/mois°C	MAX	15,74	15,7	19,17	22,53	26,48	31,35	36,06	35,08	31,37	27,45	19,92	16,72
(Max+Min)/ 2°C		11,14	11,08	13,94	16,95	20,39	24,57	28,72	28,36	25,13	21,58	15,89	12,20

Les données pluviométriques observées dans la zone d'étude durant la période 2005-2015 sont représentées dans le tableau 2.

Tableau3. Moyenne des précipitations mensuelles de Tizi-Ouzou pour la période de 2005/2015 (Source Office Nationale de Météorologie (O.N.M)).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Total
P (mm)	114.6	124.2	112.1	80.3	69.2	16.8	3.2	6.2	43.2	72.7	127	112.8	882.3

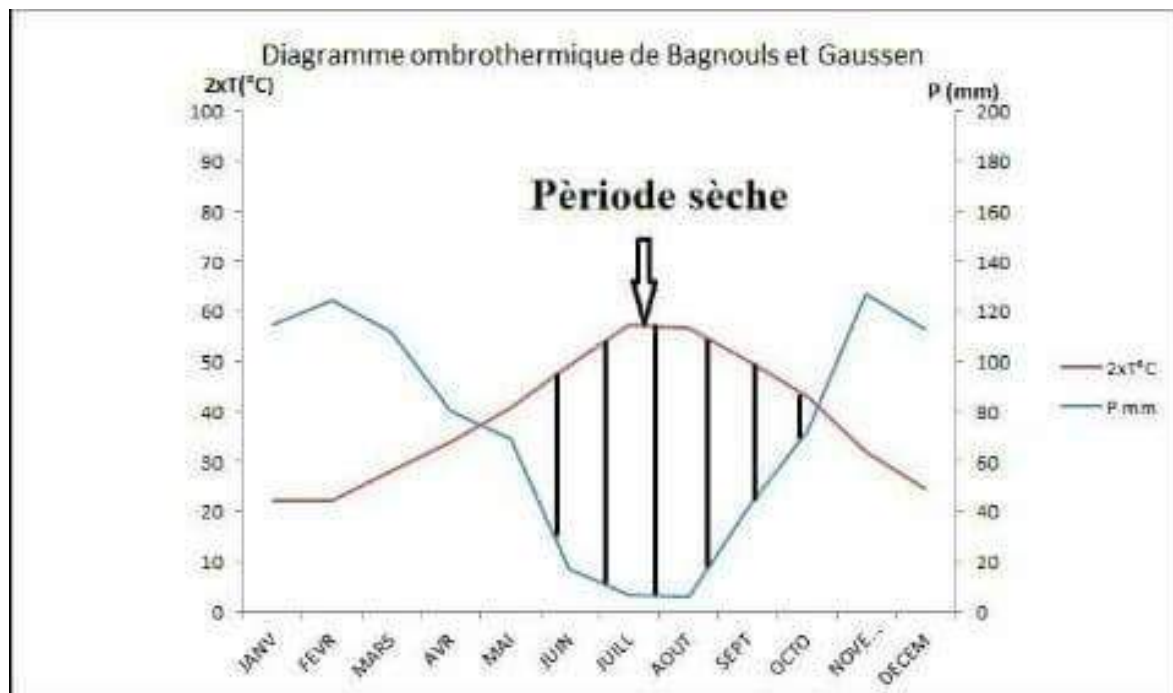


Figure 14. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson pour la région de Tizi-Ouzou période (2005-2015).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la wilaya de Tizi-Ouzou, pour la période 2005-2015, montre le contraste important entre la saison des pluies et la saison sèche. Il révèle l'existence de deux périodes à forte pluviosité (Saison humide), l'une en automne avec un maximum au mois de novembre, et l'autre en hiver avec un maximum au mois de février. La période sèche reçoit moins de pluie, elle débute en mois de juin et s'achève en septembre

I. Echantillonnage

L'échantillonnage a eu lieu le 14 janvier 2016. Les points de prélèvement ont été choisis en fonction du couvert végétal et de l'homogénéité de la lithotoposéquence. Sept oléastres ont été marqués et choisis pour notre expérimentation.

Cette station est géologiquement homogène. A l'aide d'un quadrat de $(25 \times 25 \times 10)$ cm³ (**figure 15**), nous avons prélevé les échantillons sur quatre profondeurs sous chaque arbre sélectionné. Les niveaux considérés sont : 0-10cm, 10-20cm, 20-30cm et 30-40cm.



Figure 15. Méthode de prélèvement des sols et racines

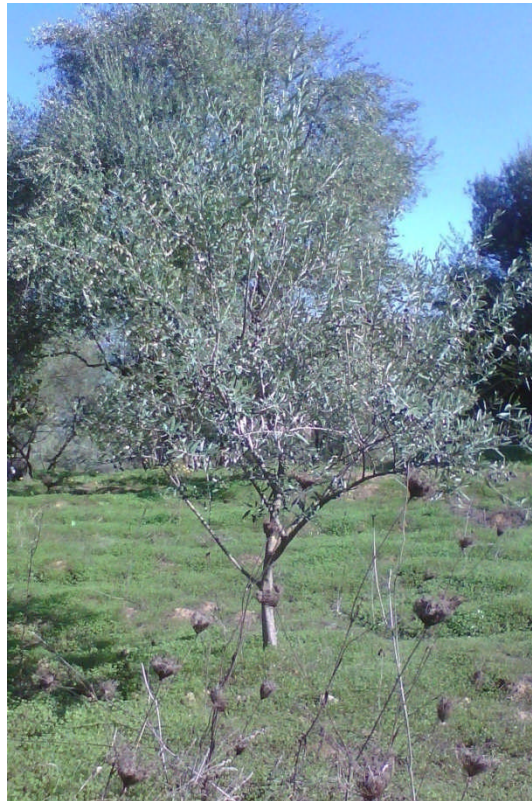


Figure 16. Oléastre de la station de Tizi- Rached

II. Les observations « in situ » et les descriptions.

Pour apprécier la fertilité d'un sol, nous avons eu recours à des méthodes de contrôle et d'appréciation des sols, l'ouverture et la description d'un profil pédologique, le profil cultural ou bien le profil racinaire.

III. Analyse au laboratoire

Après avoir trié les échantillons de sols, le refus et les racines sont mis de côté pour être déterminés. Le sol est séché à l'air libre, puis tamisé à travers le crible de 2mm de diamètre pour obtenir de la terre fine. Nous avons procédé aux différentes analyses suivant les méthodes standards de pédologie.

III. 1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique est déterminée selon la méthode internationale par l'emploi de la pipette de Robinson. La classe texturale est définie selon le triangle des textures par Cherief et Iaoualitene (en cours).

III.2. Analyses chimiques

La détermination du pH, le carbone organique et le phosphore assimilable Olsen a été effectués par Cherief et Iaoualitene (en cours).

IV. Etudes des racines**IV.1. Estimation de la biomasse racinaire****IV.2. Tri et conservation**

Au laboratoire, toutes les racines prélevées de chaque niveau et contenues dans un volume de 6250 cm³ sont conservées dans des flacons en verre contenant de l'éthanol à 70 %. Un tri de racines en fonction de leur diamètre a été fait dans le but d'isoler les plus fines dont le diamètre est inférieur à 0.5 mm à l'aide du pied à coulisse. La biomasse est déterminée avant de les conditionner car une biométrie de toutes les racines prélevées est en cours (BenKacimi).

IV.3. Technique de coloration de Philips et Hayman

Les racines de diamètre inférieur à 0,5 mm sont colorées selon la technique de Philips et Hayman dont les étapes sont les suivantes :

- découper les racines en fragments de 1cm.
- rincer à l'eau du robinet afin d'éliminer l'éthanol.
- mettre les racines dans une solution de KOH à 10% à l'étuve pour une durée d'une heure à une température de 90° C pour vider les cellules de leur contenu.
- éliminer via l'eau du robinet toute trace de KOH.
- s'assurer de la dépigmentation des racines (qui deviennent blanchâtres) en les mettant dans une solution d'eau oxygénée à 10% pour 20 mn au sein d'une étuve à 90° C.
- laver soigneusement à l'eau du robinet.
- neutraliser les racines dans l'acide lactique à 10% pendant 4 mn.
- mettre dans une solution de bleu de trypan (à 0.8% dans du lactophénol) à l'étuve à une température de 90° C pour une durée d'une heure.
- laver les racines colorées (en bleu) à l'eau du robinet.
- mettre les racines dans du glycérol en attendant de l'écrasement.

IV.4. Ecrasement et observations des fragments colorés

Les fragments racinaires colorés de chaque niveau exploré sous les sept arbres choisis sont mis entre lame et lamelle avec une goutte de glycérol puis écrasés soigneusement pour ne pas abimer les différentes parties de la racine traitée. Cette opération réduit leur épaisseur et permet leur observation au microscope photonique.

IV. 5. Estimation du pourcentage de colonisation fongique (mycorhizes et endophytes)

Sous microscope, nous avons estimé le pourcentage de colonisation fongique des racines selon la méthode de Nicolson (1955) *in* Chafi (1992).

Nous passons trois fois équidistantes par segment de racine : de gauche à droite, de droite à gauche puis de gauche à droite. A chaque passage, lorsque le champ optique du microscope renferme une structure caractéristique des mycorhizes et endophytes, nous mettons 1 pour marquer la présence des champignons et 0 pour indiquer leur absence.

Le rapport des points colonisés compté sur le nombre total des points observés représente la fréquence de colonisation des racines par arbre, la formule suivante convertie cette fréquence de colonisation en un pourcentage calculé selon la formule suivante :

$$\text{Le poucentage de colonisation} = \frac{\text{Nombre de points colonisés}}{\text{Nombre total d'observations}} \times 100$$

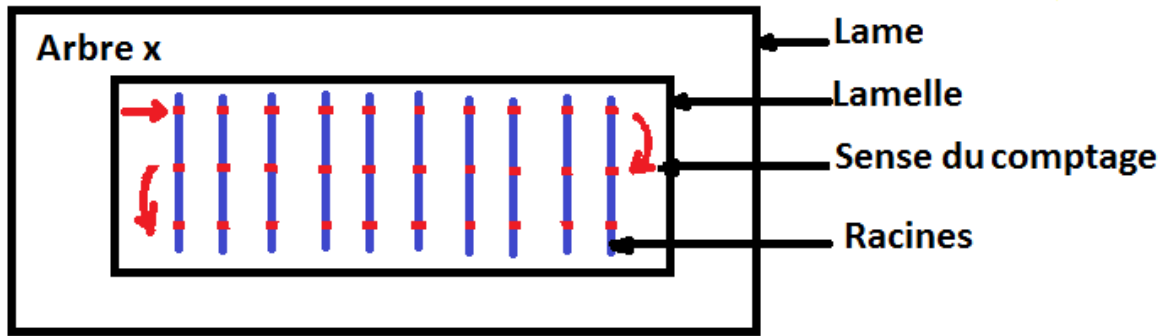


Figure 17. Représentation schématique de la méthode utilisée pour calculer la fréquence de colonisation fongique.

I. Résultats et discussion des analyses du sol

I.1. Granulométrie

Les résultats obtenus après la détermination de la granulométrie révèlent que les sols de la station de Tizi-Rached ont une texture limono-sableuse sur roche mère gréseuse excepté le premier niveau de l'arbre 1, qui présente une texture limoneuse.

L'analyse granulométrique a révélé que l'ensemble des sols échantillonnés sont très riches en sables. Toutefois, les limons sont moyennement représentés avec des faibles taux d'argiles.

I.2. pH

Le pH des sols étudiés est peu acide à neutre, oscille entre 6.26 et 7.5. Il varie d'un arbre à un autre et d'un niveau à un autre (**Fig.18**).

Ces variations sont liées au pouvoir tampon des sols et aux nombreuses réactions qui régulent l'acidité réelle dans la rhizosphère (Hinsinger et *al.*, 2003).

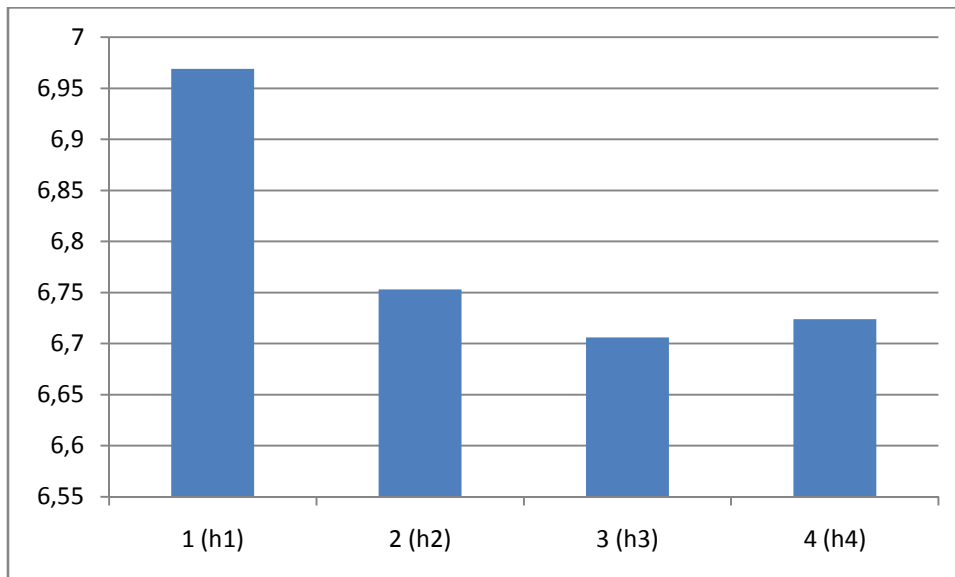


Figure 18. Variations du pH en fonction des profondeurs.

I.3. Phosphore assimilable

Le taux du phosphore assimilable Olsen des sols étudiés est faible, il varie entre 0.152 et 3.493ppm (**Fig. 19**), ces concentrations en orthophosphates sont basses.

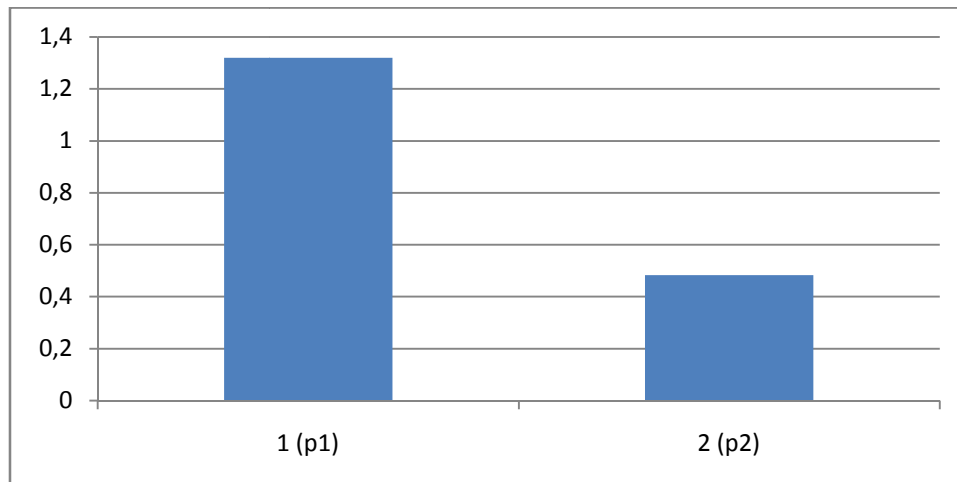


Figure 19. Variations du phosphore assimilable Olsen en fonction des profondeurs.

I. 4. Matière organique

Les résultats de l'analyse de la matière organique sont représentés dans la (**figure20**). Elle varie d'un arbre à un autre et en fonction des niveaux. La variation de ces résultats est non significative.

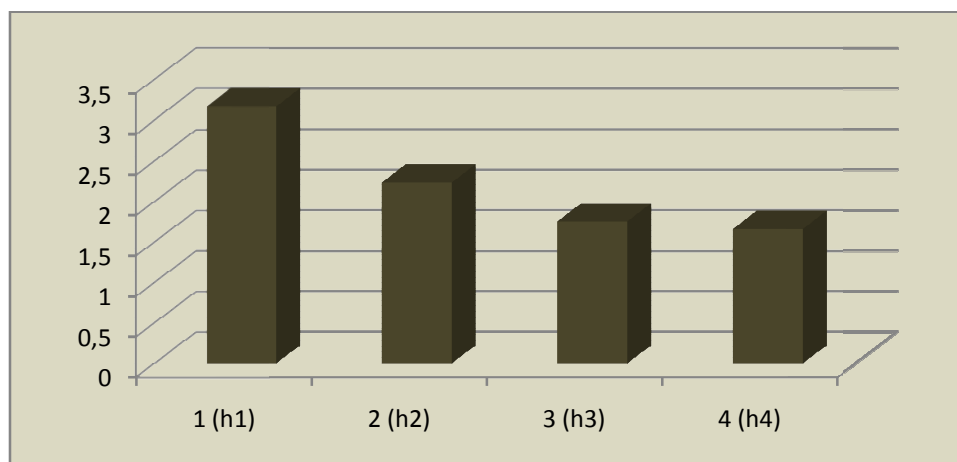


Figure20. Variations de la matière organique en fonction des profondeurs.

II. Etude des Racines

II.1. Biomasse racinaire

Les résultats de la biomasse racinaire varient d'un sol à un autre et d'une profondeur à une autre. **La figure (21)**, montre que cette biomasse est élevée dans les premières profondeurs (0-10cm), diminue dans les deux autres profondeurs (10-20cm et 20-30cm) et devient plus importante dans le quatrième niveau (30-40cm) sous l'ensemble des arbres échantillonnés.

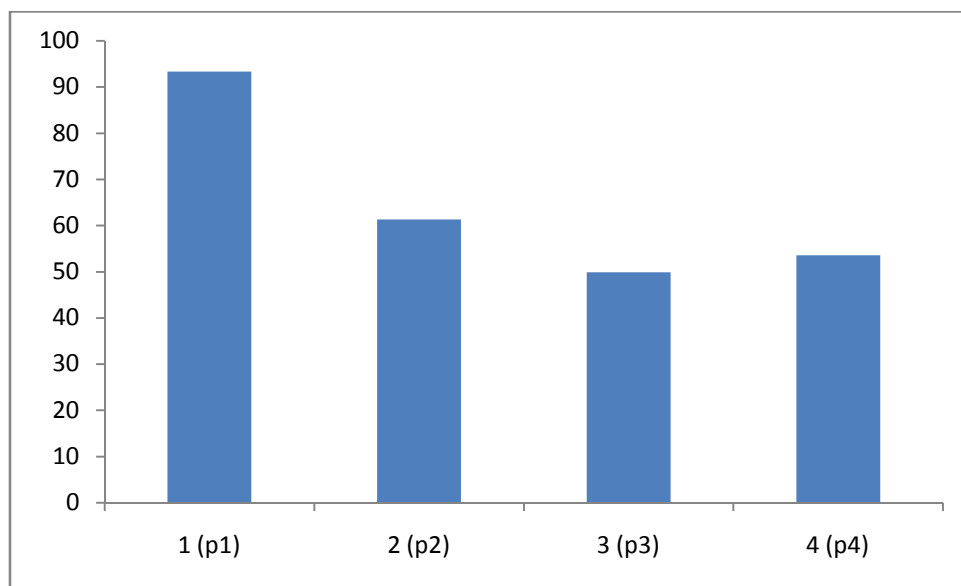


Figure 21. Variations de la biomasse racinaire échantillonnée

II.2. Observations des fragments de racines

Nous avons pu constater dans la majorité des fragments racinaires observés, la présence de la plupart des structures caractéristiques des mycorhizes à arbuscules telles que les arbuscules, vésicules, spores, hyphes mycéliens. Cependant, d'autres structures caractéristiques des champignons endophytes tels que les filaments septés ainsi que des micro-sclérotés sont présents sur toutes les lames sélectionnées.

Les arbuscules sont de couleur bleu foncé et clair, ils sont représentés dans la (**Fig.22**). Les vésicules que nous avons observé en nombre important étaient inter et intracellulaires portées par les hyphes mycéliens, et sous différentes formes : arrondies, ovales, ou allongées

selon l'espace qui leur est offert. A cela s'ajoute la mise en évidence des spores de mycorhizes, des fois organisées en amas, ces structures sont représentés dans les **figures (23, 24 et 25).**

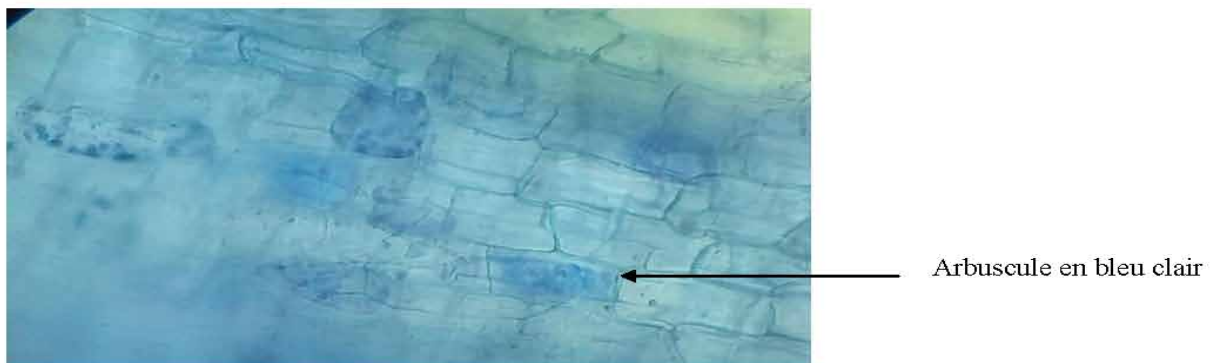
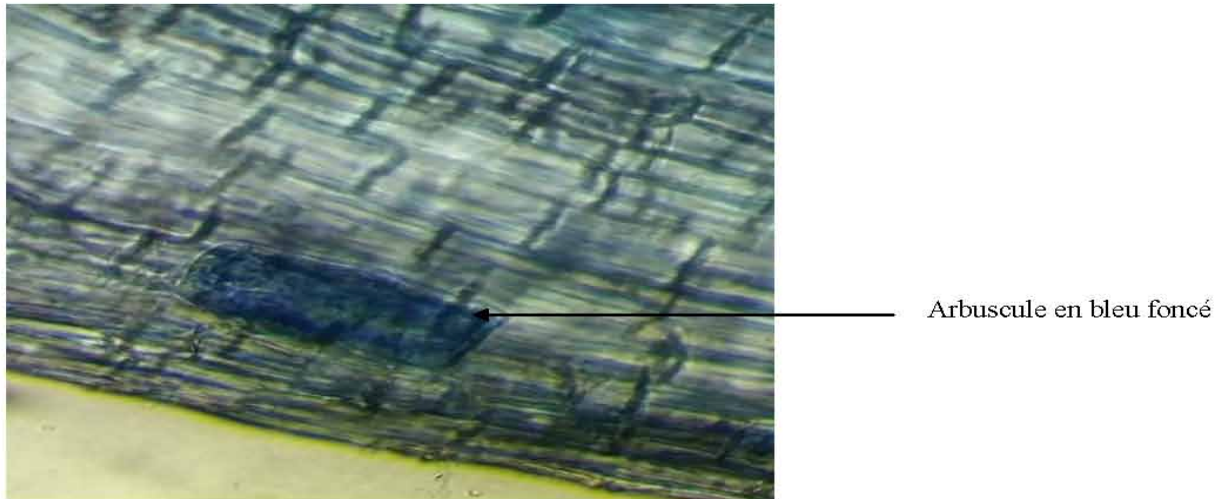


Figure22. Arbuscules (GX400)

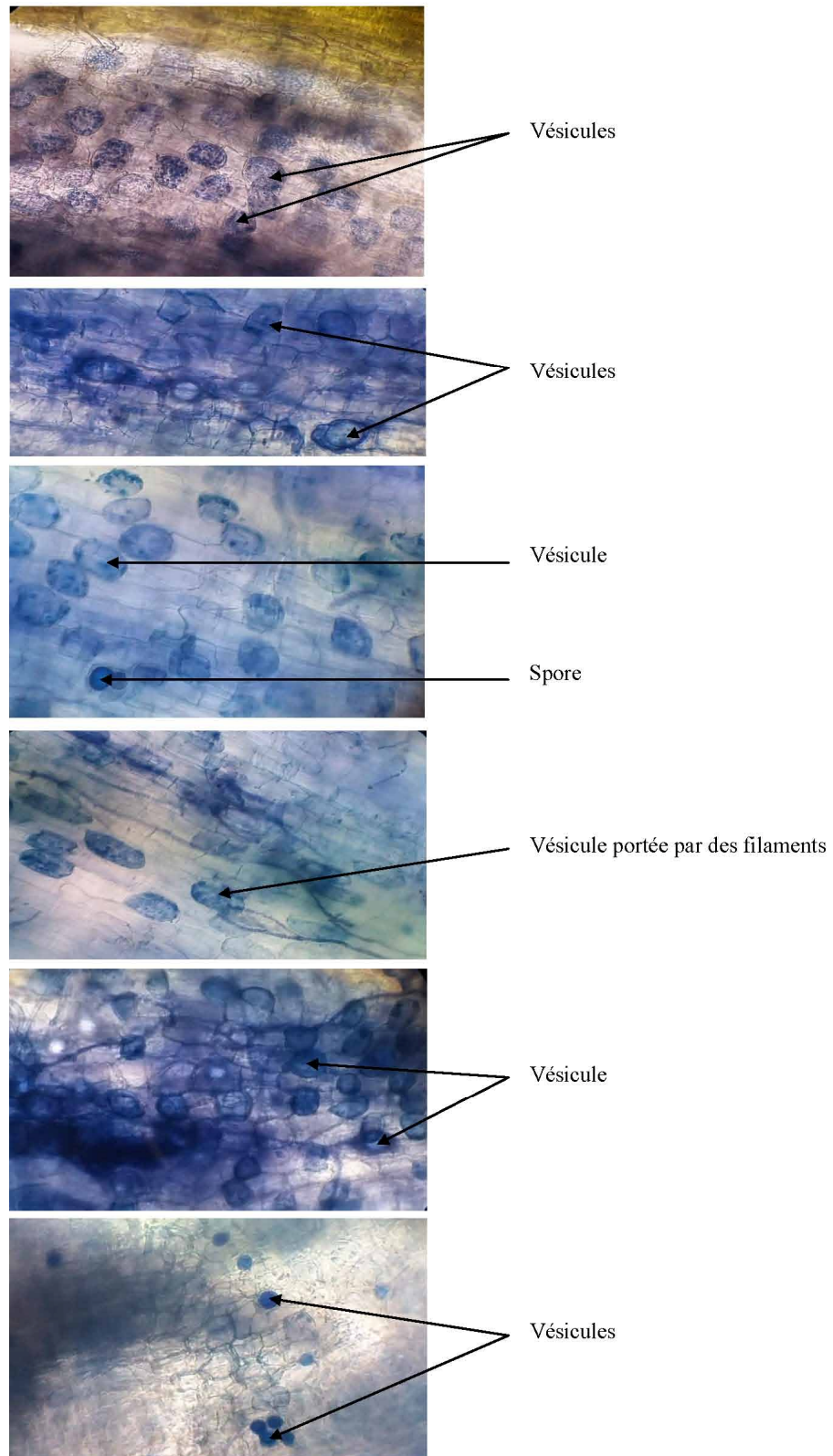


Figure23. Les différentes formes de vésicules et une spore(GX400)

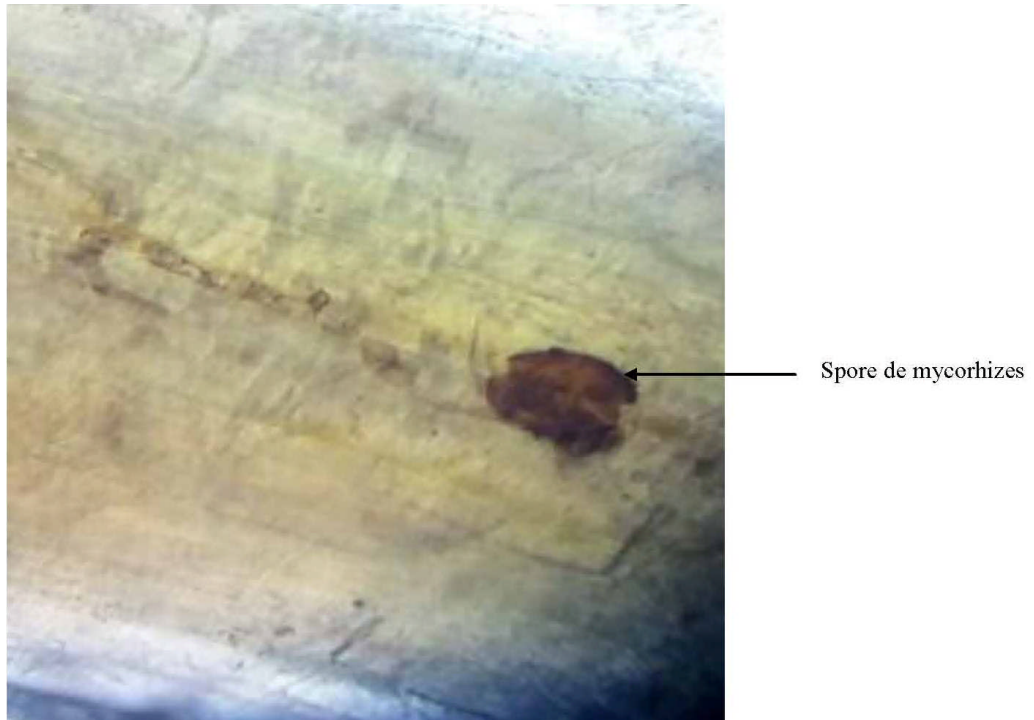


Figure 24. Spore de mycorhizes (GX400)

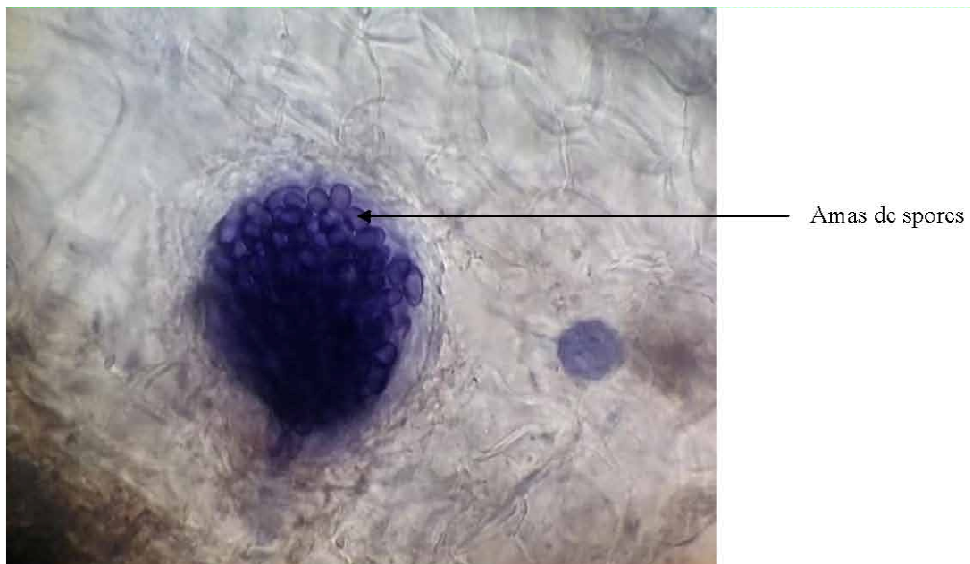


Figure 25. Amas de spores (GX400)

Les hyphes mycorhiziens des foies portent les vésicules ou en forme d'un Y caractéristique des Glomeromycètes (**Fig. 26**).

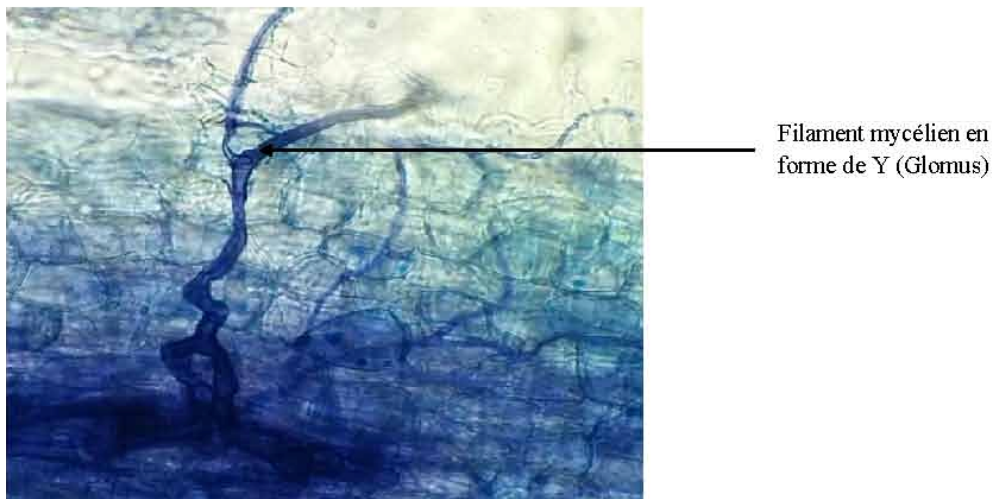
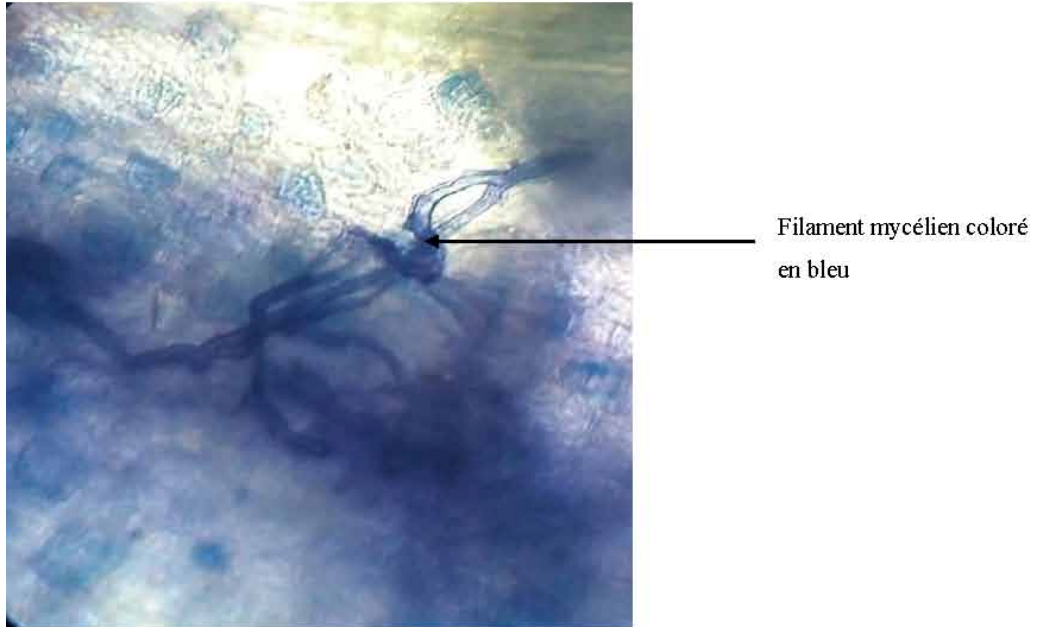


Figure 26. Les formes de filaments mycéliens (GX400)

On remarque aussi la présence des enroulements des hyphes représentés dans la **figure (27)**.

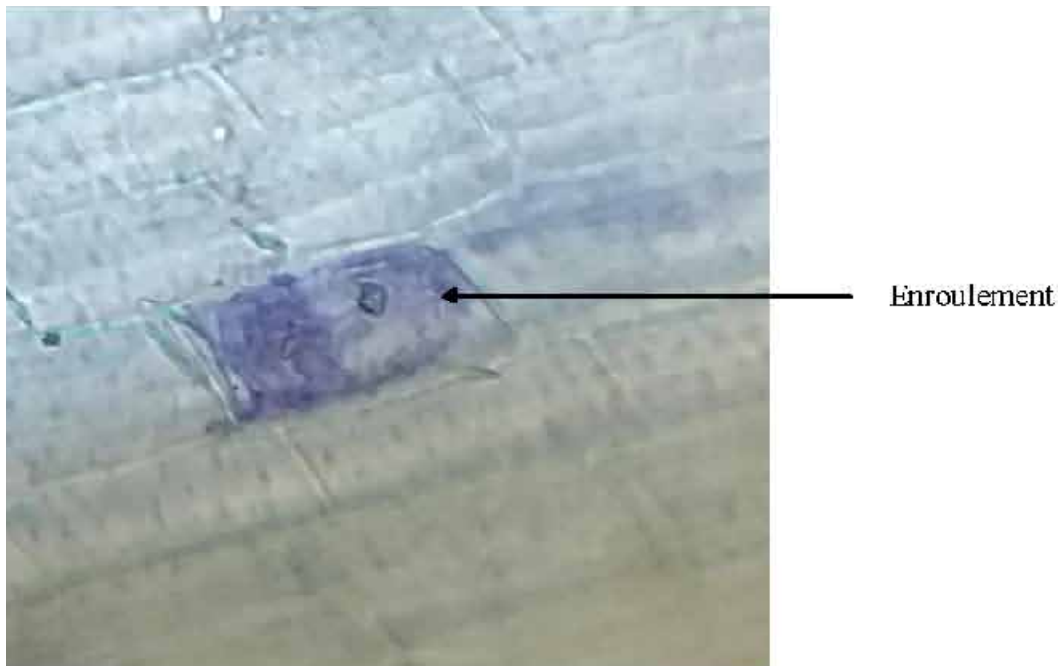


Figure 27. Enroulement des hyphes (GX400)

Aussi on remarque la présence des champignons endophytes sous forme de microsclérotés et filaments foncés septés (DSE). Ils sont représentés dans les **figures (28 et 29)**

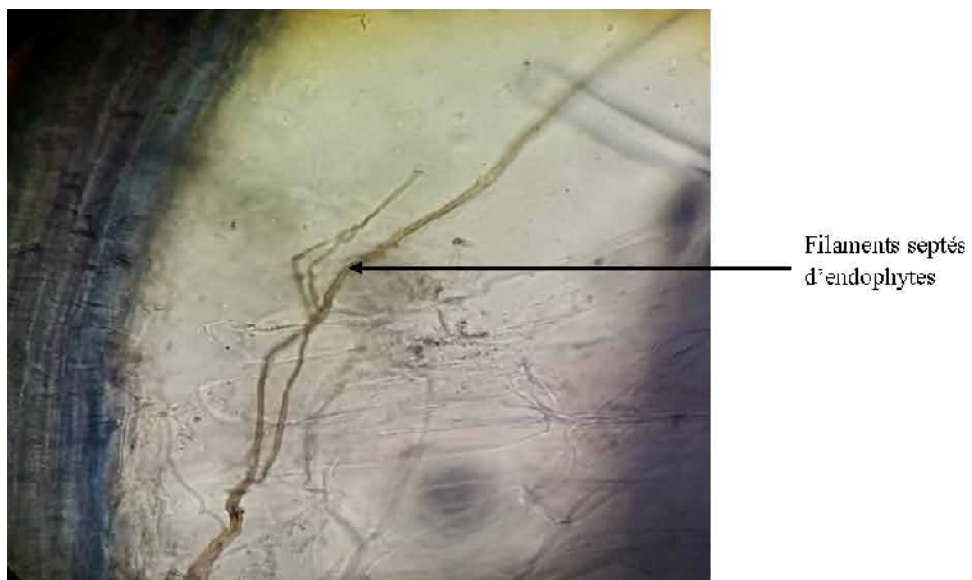


Figure 28. Filament foncé septé (DSE) (GX400)

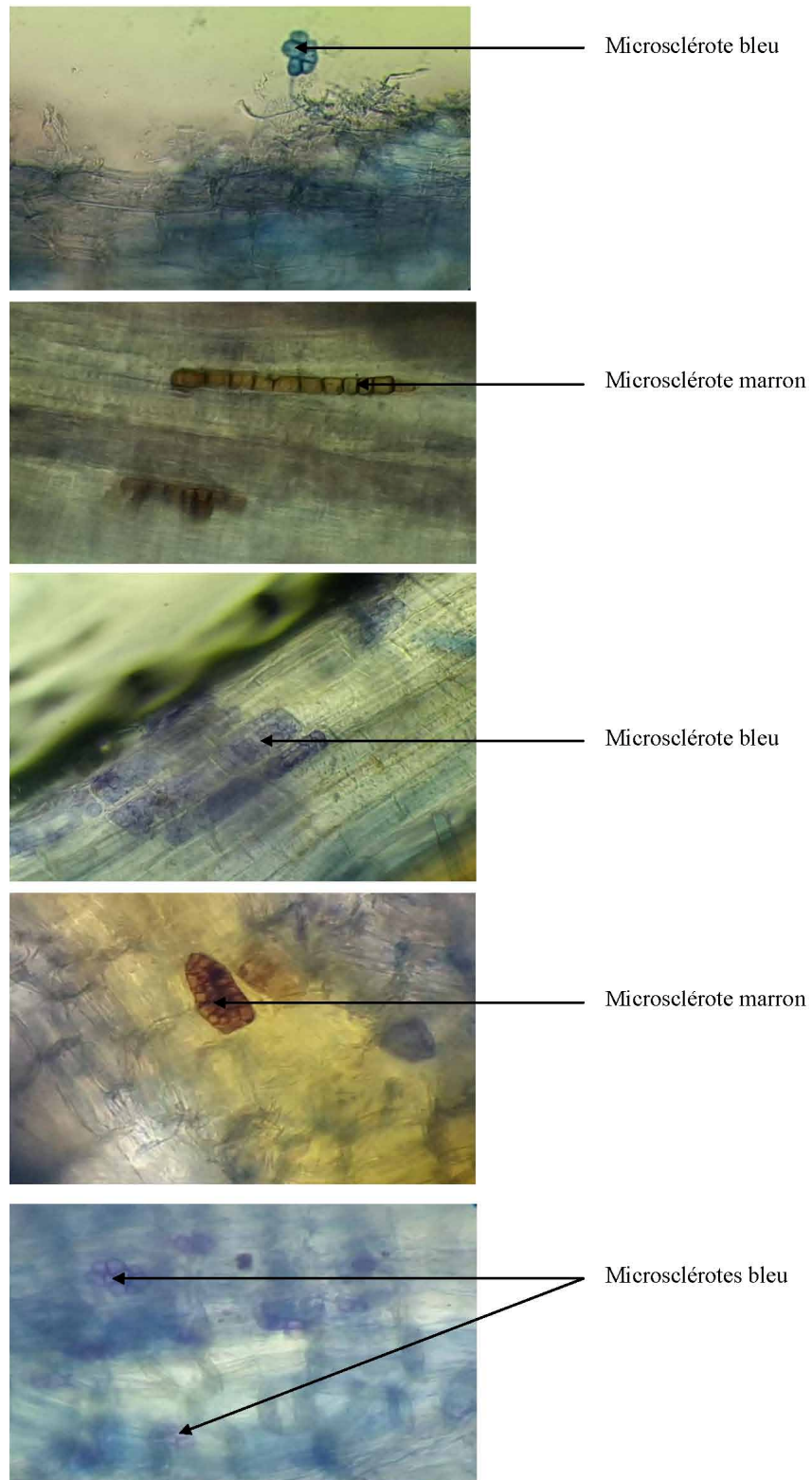


Figure 29. Différentes formes et couleurs de micro-sclérotos (GX400)

III. Estimation du taux d'infection par les champignons mycorrhizogènes et endophytes

Le taux d'infection par les champignons mycorrhizogènes et endophytes est élevé. Il varie d'un arbre à un autre et d'une profondeur à une autre. Nous avons constaté des taux élevés surtout dans les premières profondeurs, l'arbre A6 atteint 100% dans sa première profondeur alors que chez le sujet A3 dans la quatrième profondeur ce taux est presque nul.

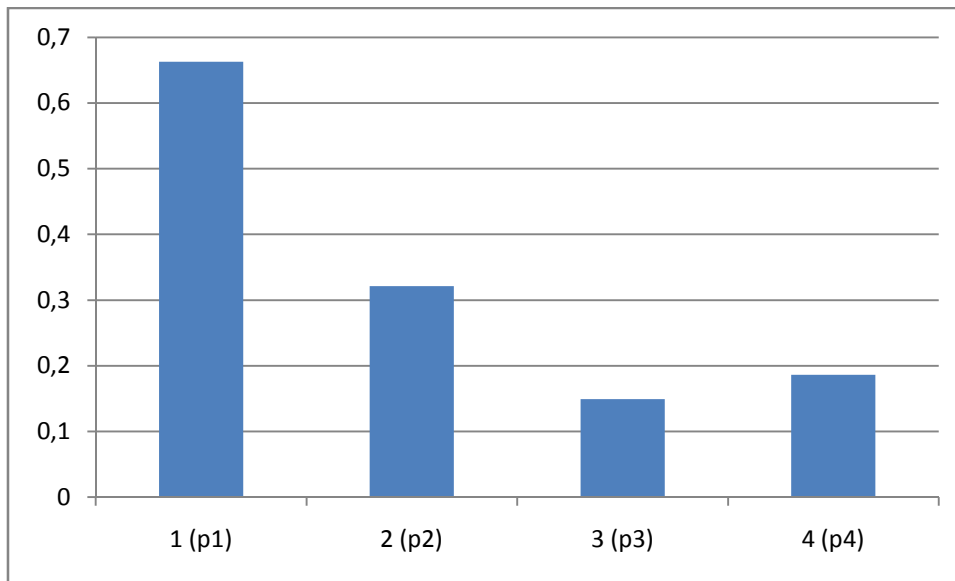


Figure 30. Variations du taux d'infections par les champignons mycorhyziens et endophytes en fonction des profondeurs.

IV. Discussion générale

IV. 1. Les mycorhizes

Nous avons observé dans les échantillons de racines d'oléastre étudiés une forte colonisation par le champignon endomycorhizien à arbuscules et à vésicules. Selon Khadaril *et al.*, (2008), les variétés d'olivier sont issues d'oléastres originaires de l'est et de l'ouest de la méditerranée. Donc on peut dire que nos résultats sont similaires à ceux de (Saad *et al.*, 2008, Meddad-Hamza *et al.*, 2011) qui ont démontré que l'olivier est un arbre qui forme des mycorhizes et qui est très dépendant de cette symbiose, et que comme la plupart des arbres fruitiers, c'est un partenaire symbiote potentiel des champignons endomycorhiziens à arbuscules

La symbiose endomycorhizienne concerne l'immense majorité des plantes. En particulier, tous les arbres connus pour résister à la sécheresse portent des endomycorhizes comme l'Oléastre (Anonyme, 2016)

Selon l'analyse statistique, le taux d'infection par les champignons mycorhiziens et endophytes est élevé dans les premières profondeurs (0-10cm), il diminue dans les deux autres (10-20cm et 20-30cm), et il remonte dans les dernières profondeurs des arbres (30-40cm). Ces résultats sont similaires à ceux observés par Boudiaf Nait Kaci, (2014) chez l'olivier dans la même station où nous avons travaillé.

Le taux élevé dans les premières profondeurs est peut être dû à la biomasse racinaire élevée à ce niveau. Et peut-être dû à la présence de matière organique dans les premières profondeurs. En effet selon Dechamplain et Gosselin, (2002) Les mycorhizes peuvent directement exploiter les débris végétaux tombés par terre. En plus de l'effet direct des variations climatiques et à la dégradation de ces sols après un incendie.

L'augmentation de ces taux dans les niveaux profonds peut s'expliquer par l'augmentation du volume du sol exploré à l'aide des filaments végétatifs extra matriciels des endomycorhizes pour assurer une meilleure nutrition minérale de la plante (Duhoux et Nicole, 2004). Les hyphes peuvent parcourir des distances beaucoup plus longues que les racines des plantes, ils accélèrent l'altération des roches, permettant ainsi d'augmenter la disponibilité en minéraux (Dechamplain et Gosselin, 2002).

Malgré la mauvaise structure du sol, et sa faible rétention en eau vu la texture limono-sableuse, nos arbres arrivent à subsister et cela peut être dû à la mycorhization. En effet, selon Nouaïm et Chaussod, (1996), les endomycorhizes contribuent à éviter le stress hydrique et à augmenter la quantité d'eau prélevée. Selon Rilling (2004), les mycorhizes à arbuscules jouent un rôle important dans la qualité du sol en agissant sur la physiologie de la plante hôte, sur les interactions écologiques du sol et de la préservation de la structure du sol par stabilisation des agrégats et par sécrétion de la glomaline qui est une protéine qui permet de lier les particules du sol entre elles.

La valeur du pH des sols étudiés est neutre. Selon (SRFB, 2007), Le développement des mycorhizes est optimum dans un milieu dont le pH s'approche de 5 ; mais elles tendent toujours à modifier la valeur du pH dans le sens de la réaction neutre

IV. 2. Endophytes racinaires (DSE)

Les endophytes cloisonnés foncés, Dark Septate Endophyte (DSE) sont divers groupes de champignons Ascomycètes qui colonisent les tissus racinaires intracellulaires et intercellulaires (Jumpponen, 2001). Les DSE jouent un rôle important dans la régulation du bio- fonctionnement d'un sol, d'où leur importance dans la restauration de sols dégradés ou épuisés. Cependant, Wu et Guo (2007) et Peterson et *al.*, (2008), signalent que, les endophytes foncés et septés s'associent aux plantes dans les milieux contraignants en améliorant leur nutrition hydrique et minérale, en les protégeant contre les herbivores en sécrétant des mycotoxines et des substances régulatrices de croissance en échange de carbone issu de la photosynthèse. Néanmoins, cette association pourrait varier du mutualiste, en neutre ou en parasite selon la résistance de la plante et la concentration des tissus en éléments minéraux (Jumpponen, 2001 ; Boudiaf Nait Kaci, 2014).

IV.3. Incidence de ses symbiotes sur la biodisponibilité du phosphore de l'oléastre

Les teneurs en phosphore assimilable (Olsen) des sols étudiés sont très basses, elles n'assurent pas les besoins nutritionnels. On explique l'origine du phosphore apporté aux arbres d'oléastre par le rôle des mycorhizes dans la nutrition minérale des plantes.

La plante mycorhizée absorbe plus de phosphates grâce à son aptitude à utiliser des formes immobiles en orthophosphates du sol, non assimilables par la plante. Elle peut accumuler le phosphore dans le champignon sous une forme de polyphosphates, mobilisable pour le transférer ensuite à tous les autres organes (Mousain et *al.*, 1997 ; Duhoux et Nicole, 2004).

De plus, Dechamplain et Gosselin (2002), signalent que les hyphes accélèrent l'altération des roches, permettant ainsi d'augmenter la disponibilité en minéraux et peuvent s'attaquer aux minéraux insolubles du sol comme le phosphore. Cependant, la conjonction entre bactéries solubilisatrices des phosphates et des mycorhizes vésiculaires-arbusculaires améliore le flux du phosphore dans le sol (Gobat et *al.*, 1998).

IV. 4. Impact de l'activité biologique sur l'évolution de la matière organique chez l'oléastre

Le taux de matière organique des sols étudiés est faible. Il varie significativement selon la profondeur du sol. Les travaux de Dechamplain et Gosselin, (2002) et Garbaye, (2013) ont montré l'importance et le rôle des mycorhizes dans la richesse du sol en matière organique et son évolution.

Toute fois, les champignons mycorhiziens peuvent améliorer la fertilité du sol, ils sont capables d'aller chercher les nutriments à des endroits inaccessibles par les plantes. Les symbioses peuvent directement exploiter les débris végétaux tombés par terre pour le compte des plantes hôtes.

Dans les biomes dominés par les endomycorhizes arbusculaires où la matière organique est non abondante, le mycélium externe des champignons symbiotiques (Gloméromycètes) contribue fortement à la séquestration du carbone (Garbaye, 2013).

La présence de matière organique dans les horizons riches en racines s'explique par leurs exsudations enrichies en composés organiques (Hinsinger, 2000). Ces exsudats représentent une source d'énergie et d'éléments nutritifs pour les microorganismes qui sont impliqués dans la dynamique de l'augmentation de la matière organique (Nguyen et *al.*, 1999).

Ce travail nous a permis de mettre en évidence plusieurs aspects biologiques et écologiques de la symbiose mycorhizienne à arbuscules chez *Olea europaea* L.ssp. Oleaster au niveau de la station de Tizi-Rached.

Les racines de diamètre inférieur à 0.5 mm prélevées au niveau des sept oléastres ont montrées la présence des champignons mycorhizogènes à arbuscules ainsi que des champignons endophytes (DSE). L'estimation du taux d'infection par les champignons mycorhizogènes et endophytes a révélé un taux élevé de colonisation, il varie d'un arbre à un autre et d'une profondeur à une autre.

Il se pourrait que la présence des champignons mycorhizogènes à arbuscules et les champignons endophytes foncés et septés soit un moyen développé par l'oléastre pour assurer certaines fonctions de nutrition et de résistance autrement dit c'est une forme de résilience face à la dégradation du sol par l'incendie et le surpâturage. Les propriétés physiques et chimiques des sols étudiés sont déterminées ce qui a révélé leur pauvreté en phosphore.

Les résultats sont loin d'être suffisants, néanmoins la connaissance de la structure de cette population et des sols implique une meilleure compréhension du comportement des arbustes vis-à-vis de leur biotope. Ces effets peuvent fournir des indications nécessaires aux oléiculteurs dans le cadre d'une utilisation en vue de l'extension des oliveraies dans la région. Les potentialités des sols ne sont pas bonnes, la dégradation et la disparition de la couverture végétale entraîne leur appauvrissement.

L'agriculteur peut sur la base de ces résultats avoir des conseils afin de réussir à conserver la qualité des sols et de leur biodiversité. L'utilisation de cette espèce comme porte greffe et pour limiter l'érosion est un enjeu d'une gestion durable de ces sols.

Il est important d'encourager le développement de nouvelles stratégies pour une gestion durable, tenant compte des effets bénéfiques de la symbiose mycorhizienne, afin de mieux gérer l'interaction plante-sol- champignons mycorhiziens et endophytes, puis leurs rôles en tant que bio-protecteurs et bio-fertilisants.

Abdeslam M., 1995. Structure et fonctionnement d'un Krast de montagne sous climat méditerranéen. Exemple de Djurdjura occidental (grande Kabylie, Amgérie). Thèse de doctorat. 232p.

Alguacil M. M., Caravaca F., Roldan A., 2004. Changes in rhizosphere microbial activity mediated by native or allochthonous AM fungi in the reafforestation of a Mediterranean degraded environment. Springer- Verlag, 59- 68 p.

Anonyme, 2013. Les vertus d'oléastre (Olivier sauvage)...un traitement à plusieurs maladies. [http://zorro42.wordpress.com/2013/05/11/les-vertus-d'oléastre-olivier-sauvageun-traitement-a-plusieurs-maladies/](http://zorro42.wordpress.com/2013/05/11/les-vertus-d-oleastre-olivier-sauvageun-traitement-a-plusieurs-maladies/)

Anonyme, 2016. Rôle des mycorhizes dans l'alimentation des végétaux ligneux de zone arides. Mediterraneadeagroquimicos.cat/wordpress_2/?p=632.

Bais H. P., Weir T. L., Perry L. G., Gilroy S., et Vivanco J. M., 2006. The rôle of root exudates in rhizosphère interactions with plants and other organisms. Ann. Rev. Plant Biol 57. 233-266p

Balergue C., 2012. Régulation de la symbiose endomycorhizienne par le phosphate. Thèse de doctorat en Sciences Végétales. Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier).

Barber S. 1995. Soil nutrient bioavailability. Second ed. 414p.

Béreau M., Louisanna E., Agnès de Grandcourt., Garbaye J., 2003. Description et dynamique des milieux forestiers : symbiose mycorhizienne et nutrition minérale. Rev. For. Fr. Lv - numéro spécial, 74-83p.

Bouabdallah A., 2014. Evaluation de l'activité antioxydante des feuilles d'olivier sauvage (*Olea europea sylvestris*). Mémoire de Master Biologie. Option Biochimie Appliquée. 78p.

Boudiaf Nait Kaci M., 2014. Biodisponibilité du phosphore dans la rhizosphère de l'olivier (*Olea europeae L.*). Thèse doctorat. Spécialité agronomie.

Boudribila M.M., 2004. Les anciens amazighs avant les phéniciens mode de vie et organistaion social, Awal n° 29, 17-31p.

Breton C., Médail F., Pinatel Ch., Bervillé A., 2006. De l'olivier à l'oléastre : origine et domestication de l'*Olea europaea* L. dans le Bassin méditerranéen. Cahiers Agricultures vol. 15, n° 4. 329-336p.

Canado I. C., Doussinague C., Fernandez E .V., 2003. Technicien en Agriculture, Tome01, Edition CULTURAL, S.A. 281P.

Chadha N., Mishra M., Prasard R., 2004. Root endophytic fungi: Research Update. Journal of Biology and Life Science ISSN 2157-6076, Vol. 5, No. 2. classification, population biology, and ecology, Institute of integrative biology (IBZ), 1355-1369p.

Dechamplain N. et Gosselin L., 2002. Les champignons mycorhiziens. Université de Laval. 12 p.

Derelle D., 2012. Effets des associations de plantes sur la symbiose mycorhizienne et réponse spécifique des plantes à la mycorhization. Lauréat du prix de thèse SNHF, 4p.

Drénou C., 2006. Les racines face cachée des arbres. Institut pour le développement forestier, 335p.

Duhoux E., Nicole M., 2004. Biologie végétale. Associations et interactions chez les plantes. Ed DUNOD, 166P.

Duponnois R., Hafidi M., Ndoye I., Ramanankierana H., Ba A. M., 2013. Des champignons symbiotiques contre la désertification. IRD Editions, 55p.

Egli S. et Brunner I., 2002 : Les mycorhizes : Une fascinante biocénose en forêt. Institut fédéral de recherches WSL-CH-8903 Birmensdorf. Allemagne. 8 p.

Fortin J. A., Plenchette Ch., Piché Y., 2016. Les mycorhizes : l'essor de la nouvelle révolution verte. Ed Quae. 184p

Garbaye J., 2013. La symbiose mycorhizienne une association entre les plantes et les champignons. Ed Quae, 280p.

Gherib A., 2015. Caractérisation physicochimique et biochimique d'un extrait d'*Olea europea var. oleaster* et détermination de ses effets sur certains paramètres biologiques. Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat 3ème cycle (LMD) en Biochimie. Option : Biochimie Appliquée

Gobat J., Arango M., Matthey W., 2010. Le sol vivant: base de pédologie, biologie des sols. Ed PPUR Presses polytechniques. 817p

Grunig C.R., Queloz V., Sieber T. N and Holdenrieder O., 2008. Dark septate endophytes (DSE) of the phialocephala fortinii S.I- Acephala applanata species complex in tree roots. Institute of integrative Biology (IBZ). 1355- 1369p.

Guinberteau J., Courtecuisse R., 1997. Diversité des champignons (surtout mycorhiziens) dans les écosystèmes forestiers actuels. Rev. For. Fr. XLIX- n°sp, 25-39p.

Hinsinger P., Plassard C., Tang C., Jaillard B., 2003. Origins of root- mediated pH changes in the rhizosphere and their response to environmental constraints: A review. Plant and soil 248, Montpellier (France), 43-59.

Jumpponen A., 2001. Dark septate endophytes – are they mycorrhizal?. Springer-Verlag. 208-211p.

Ka S., El-Beih AA, AbdEl-Rahman TM and El-Diwany AI., 2012. Biology of Endophytic Fungi. Current Research in Environmental & Applied Mycology 2(1), 31–82, Doi 10.5943/cream/2/1/3. 31- 82p. La recherche n°166.

Khadaril B., Ahtaki H., Hmimsa Y., Ater M., Kjellberg F., Aumeeruddy-Thomas Y., 2008. Biotechnologies végétales et gestion durable des résistances face à des stress biotiques et abiotiques. XIes Journées Scientifiques du réseau "Biotechnologies végétales/Amélioration des plantes et sécurité alimentaire" de l'Agence universitaire de la Francophonie. Agrocampus Rennes. Rennes, France.215p.

Laberche J.C., 2010. Biologie végétale. 3^{ème} édition DUNOD, paris, 316p.

Laroche L., 2005. Spéciation en solution hydroponique, prise en charge par la plante, microlocalisation et effets biologiques induits. Thèse de doctorat Sces. De l'environnement. Université d'Aix-Marseille1. 241p.

Le Tacon F., 1985. Les Mycorhizes : une coopération entre plantes et champignons.

Lesuffleur F., 2007. Rhizodéposition à court terme de l'azote et exsudation racinaire des acides aminés par le trèfle blanc (*Trifolium repens* L.). Thèse de doctorat de L'UNIVERSITÉ de CAEN. Ed. S.N. 380 p.

Luttge T., Kluge M., Bauge G., 1992. Botanique : traité fondamental. Ed Lavoisier Tec. Doc. 574p.

Lynch J.M., Whipps J.M., 1990. Substrate flow in rhizosphere. Plant and soil 129(1), 1-10.

Marschner H. 1998. Role of rooth growth, arbuscular mycorrhizas, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. Fields Crops Research 56, 203-207

Meddad-Hamza., Beddiar A., Gollotte A et Gianinazzi S., 2001. MANAGEMENT DES MYCORHIZES CHEZ L'OLIVIER.

Mesrouk A., 1984. Caractérisation et genèse des sols de la région de Tizi-Ouzou. Grande Kabylie, Algérie. Thèse de doctorat, 173p

Meyer S., Reeb C., Bosdeveix R., 2004. Botanique : Biologie et physiologie végétale. Edition Maloine, 461p.

Mousain D., Pintro P. M., Quiquampoix. H., 1997. Le rôle des mycorhizes dans la nutrition phosphatée des arbres forestiers. Rev. For. Fr. XLIX- n° sp. 67-81p.

Nabors M., 2008. Biologie végétale : Structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies. Pearson Education France, 614p.

Nouaïm R. et Chaussod N., 1996. Rôle des mycorhizes dans l'alimentation hydrique et minérale des plantes, notamment des ligneux de zones arides. Revue CIHEAM, Option Méditerranéennes. 18 p.

Oehl F., Jansa J., Ineichen K., Mäder P., Heijden M., 2011. Champignons mycorhiziens arbusculaires, bioindicateurs dans les sols agricoles suisse. Recherche agronomique suisse 2 (7-8) : 304-311. Pour le praticien. 304-311p

Peterson R.L., Wagg C and Pautler M., 2008. Association between microfungus endophytes and roots: do structural features indicate function. Department of Molecular and Cellular Biology. University of Guelph. Ontario Canada. 12p.

Raghothama K. G. 1999. Phosphate Acquisition. Annual review of plant physiology and plant molecular biology 50: 665–693.

Raven P. H., Johnson G. B., Mason K. A., Losos J. B., 2011. Biologie. Ed De Boeck Supérieur. 1406p

Raven., Evert., Echhorn., 2007. Biologie végétale. Ed De Boeck université, 968p.

Renaut S., 2007. Symbiose mycorhizienne : entre champignons et racines, c'est donnant donnant!. Quare temps.

Rilling C.M., 2004. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. Microbial Ecology Program, Division of Biological Sciences. University of Montana, Missoula, MT 59812. USA. 10p.

Rodriguez R.J., White J.R., et Arroll A.E. et Redman R.S., 2009. Fungal endophytes : diversity and functional roles. New phytologist. 314- 330.

Roland J.C., Bouteau H. E., Bouteau F., 2008. ATLAS Biologie végétale : organisation des plantes sans fleurs, algues et champignons. Ed Dunod, 142p.

Rougemont M., 2007 : Les mycorhizes et l'olivier : Effets sur le développement des plants en pépinière et en verger. Journées Méditerranéennes de l'Olivier, Meknès. 9 p.

Saad D., Bellahcene M., Fortas Z., 2008. Biotechnologies végétales et gestion durable des résistances face à des stress biotiques et abiotiques. XIes Journées Scientifiques du réseau Biotechnologies végétales / Amélioration des plantes et sécurité alimentaire de l'Agence universitaire de la Francophonie. Agrocampus Rennes. Rennes, France.215p.

Schnitzler A., Jean Claude G., 2013. La France des friches : De la ruralité à la féralité. Ed Quae.208p.

Schulz B., Boyle Ch., 2006. Soil Biology, Volume 9 Microbial Root Endophytes, What are Endophytes? Springer-Verlag Berlin Heidelberg.13p.

Simon B., 2014. Les racines des plantes Anatomie et fonctionnement. Mémoire N3. 57p.

Smith S.E and Read D.J., 2008. Mycorrhizal symbiosis. 3 rd. Ed. Academic Press. London. 354p

Société royale forestière de Belgique., 2007. Bulletin, volume32. Université de Michigan.

Strullu D.G., 1991. Les mycorhizes des arbres et des plantes cultivées. (eds.) Tec. Et Doc. Lavoisier, Paris, France, 250 p.

Wagg C., Pautler M., Hugues B., Massicotte H. B and Peterson R. L., 2007. The concurrence of ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal and Dark septate Fungi in seedlings of four members of the pinaceae. Department of Molecular and Cellular Biology. University of Guelph. Ontario. Canada. 8p.

Wu L., Guo S., 2007. Interaction between an isolate of dark-sptate Fungi and its host plant *Saussurea involucrate*. Institute of Medicinal Plant, Chinese Academy of Medical Sciences and Pecking Union Medical College. China. 7p.

Zhao J., Zhou L., Wang J., Shan T., Zhong L, Liu X., and Gao X., 2010. Endophytic fungi for producing bioactive compounds originally from their host plants. FORMATEX. 567- 576p.

Résumé

Olea europaea ssp. *Sylvestris* L. plante vivace à grande importance économique dans les pays méditerranéens, est capable de s'associer à divers microorganismes fongiques du sol. Parmi ces derniers, on cite les champignons mycorrhizogènes à arbuscules et les endophytes foncés septés. L'objectif de notre travail est de mettre en évidence ces champignons par une étude qualitative et quantitative dans des racines prélevées dans une population d'oléastre sur un sol anthropisé et dégradé. Sept sujets d'oléastre situés à Tizi Rached dans la région de Tizi Ouzou ont été marqués et échantillonnés. L'observation des fragments racinaires colorés par la technique de Philips et Hayman a montré la présence de structures caractéristiques des mycorhizes à arbuscules, ainsi que des champignons foncés septés sur toutes les lames fixées. Le calcul de la fréquence de colonisation par la méthode Nicolson a révélé des taux de colonisations élevés. Les sols étudiés présentent un appauvrissement en carbone organique et en phosphore.

Mots clés : symbiose racinaire, endomycorhize, oléaste, qualité.

Abstrat

Olea europaea ssp. *Sylvestris* L. is one of the principal crops in the mediterranean area with high economic importance. However, is able to partner with various fungal soil microorganisms. Among these, mention mycorrhizal fungi mycorrhizae and dark septate endophytes. The aim of our work is to highlight these fungi by a qualitative and quantitative study of the roots collected from a population of oléastre in degraded soil. Seven oléastre subjects at Tizi Rached (Tizi Ouzou) were tagged and sampled. The observation root colored fragments by Philips and Hayman technique showed the presence of structures characteristic of arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate fungi on all fixed slides. Calculating the frequency of colonization by Nicolson method showed high colonization rate. The studied soils have an organic carbon depletion and phosphorus.

Keywords: roots symbioses, endomycorrhiza, oleastre, quality.

ملخص:

الأوليستر ذات أهمية إقتصادية عالية في بلدان البحر الأبيض المتوسط، قادر على التعاون مع مختلف الكائنات المجهرية الفطرية الموجودة في التربة، ومن بين هؤلاء نذكر فطريات الميكوريزات و الأوندوفيت. الهدف من عملنا تسليط الضوء على هذه الفطريات عن طريق دراسة نوعية وكمية لعينات الجذور التي تم جمعها تحت سبعة أشجار الأوليستر في منطقة تيزي راشد الموجودة في ولاية تيزي وز و ذات تربة متدهورة أثر عليها عمل الإنسان. مشاهدة الجذور الملونة بتقنية فيليبس وهابمان، أظهرت وجود هياكل مميزة للفطريات à arbuscules وفطريات DES عند كافة الشرائح الثابتة. حساب وتيرة الإستعمار بطريقة نيكلسن أظهرت ارتفاع معدلا لإستعمار. التربة المدروسة أظهرت فقر في الكربون العضوي والفسفور.

الكلمات المفتاحية:

التعاون مع مختلف الكائنات المجهرية الفطرية - الميكوريزات - الجودة.