

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou

Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques

Département agronomie



Mémoire de fin d'études



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

Spécialité : Production Végétal et Agriculture Durable.

Sujet :

L'effet de l'inoculum mycorhiziens sur 2
variétés de blé dur (Bousselam, Siméto)
conduit en stress salin.

Dirigé par: M^{me} Taibi Hadj Youcef H.

Présenté par : M^{elle} Ouldkaci Lydia

M^{elle} Sai Lydia:

Devant le jury :

Président : M^{me} Houchi A. Maître de conférences (A) à l'UMMTO.

Membre de jury : M^{elle} Abedelaoui K.

Membre de jury : M^r Arkoub M.

Promotion : 2015-2016

Remerciements

*Ce document est le fruit d'un travail effectué au laboratoire de
physiologie végétale*

*Nos remerciements les plus sincères accompagnés de nos profond
respect vont à notre promotrice **M^{me} Taïbí H** pour nous avoir dirigées
et encouragées tout au long de ce travail, on la remercie pour son aide
précieuse, ses conseils avisés et pour la confiance qu'elle a bien voulu
nous accorder.*

*Nous tenons à remercier aussi la responsable de la spécialité production
végétale et agriculture durable **M^{me} Houchí A** de nous avoir permis de
réaliser une partie de ce travail dans son laboratoire et qui nous a
beaucoup aidé avec ses conseils ainsi l'ingénieur de laboratoire qui
nous a suffisamment aidé dans notre pratique.*

*On adresse nos vifs remerciements également aux membres du jury
pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche en acceptant de
l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions. A **M^{me} Houchí**, pour
nous avoir fait l'honneur de présider ce jury, à **Mr Arkoub M** et **M^{lle}
Abdellaoui K** qui ont eu la courtoisie d'accepter d'examiner ce travail.*

*Nos remerciements les plus sincères et les plus chaleureux vont à nos
familles et nos amis qui nous ont encouragés, soutenu et ont cru en
nous en toute circonstance.*

*A tous les enseignants qui ont participé de près et de loin à notre
formation tout le long de notre cursus universitaire.*

*Enfin je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la
réalisation de ce travail exceptionnellement **Mr Saïdani Faouzi**.*

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à toute ma famille,
mes très chers parents, a mes frères et sœurs
exceptionnellement a Saada et sa femme
Samira qu'ils m'ont toujours encouragé a mes
adorables neveux et nièces sans exception.*

*Je tien a le dédier aussi pour ma belle famille,
a toutes mes amis et camarade.*

*A la fin je le dédier a mon amour mon cher
mari sidali et à notre petit poussin qui va
bientôt nous rejoindre.*

*****LYDIA-O*****

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents

*A mes frères : MOHAND, MOUSSA, MAHMOUD,
FAREDJ, MUSTAPHA*

DJAMEL et sa femme NADIA,

Et surtout ma nièce OUIZA

Et notre petit adorable MEHENNA

Tous mes ami(e)s sans exception.

Et a tous ceux qui m'aiment

*****LYDIA-S*****

La liste des abréviations

AC : agriculture de conservation

Bouss : bousselam

C °: Degré Celsius

CE : la conductivité électrique

cm : centimètre

CNCC : Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants

DM : Degré de Mycorhization

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (Food and Agriculture Organisation)

g /l : gramme / litre

gr : gramme

ha : hectare

HP : hauteur du plant

h : heure

ITGC : institut technique des grandes cultures

j : jour

Jrs : jours

Kg/hab /an : kilogramme / habitants / an

MADRP : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

ml : millilitre

mm : millimètre

mM : méli mole

MO : matière organique

Myc : mycorhizé

N° : numéro

NF : nombre de feuilles

Nm: non mycorhizé

PF : poids frais

pH : Potentiel Hydrogène

PPA : appareil pré pénétration .

Ps : poids sec

PT : poids de turgescence

S : stade

SCV : Surface de Couvert Végétal.

SF : surface foliaire

Sim :Siméto

Tém: témoin

TRE :teneur relative en eau

Liste des figures

Figure N° 1 : représentation schématique du développement durable.....	2
Figure N°2 : les principes fondamentaux de l’agriculture de conservation (FAO,2012).....	4
Figure N° 3 : les ectomycorhizes.....	7
Figure N° 4 : les endomycorhizes.....	8
Figure N° 5 : les étapes de pénétration.....	9
Figure N° 6: évolution de la superficie de blé dur de 2010 à 2014 (ha).....	17
Figure N° 7 : évolution de la production de blé dur de 2010 à 2014(q).....	18
Figure N° 8: évolution du rendement de blé dur de 2010 à 2014.....	19
Figure N° 9 : essai de germination.....	27
Figure N° 10 : essai de germination après une semaine.....	27
Figure N° 11: essai expérimental 15 jours après le semis.....	28
Figure N° 12 : les feuille dans ds boites de pétri pour avoir le poids de turgescence.....	29
Figure N° 13 : destruction de la matière organique et fractionnement granulométrique.....	30
Figure N° 14 : conductivité électrique des solutions du sol.....	30
Figure N° 15 : pH mètre.....	31
Figure N° 16 : effet de la salinité sur le nombre de feuille en présence de l’inoculum mycorhizien.....	32
Figure N° 17: effet de la salinité sur le nombre de feuille en absence de l’inoculum mycorhizien.....	33
Figure N° 18 : effet de la salinité sur la surface de couvert végétale en présence de l’inoculum mycorhizien.....	33
Figure N° 19 : effet de la salinité sur la surface de couvert végétale en absence de l’inoculum mycorhizien.....	34
Figure N° 20 : effet de la salinité sur la hauteur du plant en présence de l’inoculum mycorhizien.....	35
Figure N° 21 : effet de la salinité sur la hauteur du plant en absence de l’inoculum mycorhizien.....	36

Figure N° 22 : effet de la salinité sur la TRE en présence de l'inoculum mycorhizien.....	37
Figure N°23 : effet de la salinité sur la TRE en absence de l'inoculum mycorhizien.....	38
Figure N°24 : effet de la salinité sur le comportement variétale par apport aux paramètres morphologiques.....	39
Figure N°25 : effet de la salinité sur le comportement variétale par apport aux paramètres physiologiques.....	40
Figure N°26 : effet de la salinité sur le degré de mycorhization.....	41

Liste des tableaux

Tableau 1 : les caractéristiques de sol.....	24
Tableau 2 : les caractéristiques variétale.....	25

Sommaire

Introduction

1^{ère} Partie : Revue bibliographique

Chapitre I : le développement durable.

I. Le développement durable.....	2
I .1.Définition	2
I.2. Objectif du développement durable.....	2
I.3.Le développement durable en Algérie	3
I.4. L'agriculture de conservation.....	4
I.4.1.Définition.....	4
I.4 .2.Les principes de l'agriculture de conservation.....	4
I.4.3. Les principaux avantages de l'AC.....	5

Chapitre II : Etude d'un exemple de symbiose végétale.

II. La symbiose mycorhizienne.....	6
II.1. Définitions.....	6
II.1.1.Mycorhize.....	6
II.1.2.Rhizosphère.....	6
II.2. Les différents types de mycorhizes.....	7
II.2.1. Les ectomycorhizes.....	7
II.2.2. Les endomycorhizes.....	8
II .2.2.1. Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules.....	8
II.2.2.2. Les endomycorhizes à pelotons d'hyphes cloisonnés.....	10
II.2.3. Les ectendomycorhizes.....	11
II .3. Importance de l'association mycorhizienne.....	12

II-3-1-Rôle des mycorhizes dans l'absorption des éléments minéraux.....	12
II .3.2. Rôle dans la production de substances de croissance.....	12
II .3.3. Rôle dans l'absorption de l'eau et la tolérance à la sécheresse.....	13
II .3.4. Rôle dans la lutte contre les métaux lourds toxiques.....	13
II .3.5. Rôle dans l'amélioration de la structure du sol.....	13
II .3.6. Rôle dans la lutte biologique.....	14
II .3.7. Rôle dans l'augmentation des rendements.....	15

Chapitre III :Étude de la culture du blé dur dans une approche d'agriculture durable

III.1.Origine et description du blé.....	16
III.1.2.Origine géographique.....	16
III.2. Importance et situation du blé dur en Algérie.....	16
III.2.1. Evolution des superficies, productions et rendements de blé dur grain.....	16
III. 3. Les zones de production du blé en Algérie.....	20
III.4. Contraintes de la production de blé en Algérie	20
IV. Effet du stress salin sur la culture du blé.....	21
IV.1.Définition	21
IV.2.L'origine de la salinité.....	21
IV.3.Effet de la salinité sur la croissance et développement du blé.....	22
IV.4.Classification des plantes vis-à-vis de la salinité	23
IV-4-1-Les halophytes :	23
IV-4-2-Les glycophytes :	23

2^{ème} parité : partie expérimentale

Chapitre 1 : Matériels et Méthodes

I-But de l'expérimentation :.....	24
II-1-Lieu de l'expérimentation	24
II-Protocole expérimental.....	24
II-2-Matériel végétal	24
II-3-Les traitements.....	26
II-3-1-Le niveau de stress salin.....	26
II-3-2-L'inoculation mycorhizienne.....	26
II-4-Installation et conduite de l'essai.....	26
II-4-1-Echantillonnage	28
II- 5- Les Paramètres mesurés	28
II-5-1- Paramètres morphologiques	28
II-5-1-1-La hauteur de la plante (HP)	28
II-5-1-2- Le nombre de feuilles (NF)	28
II-5-1-3-Le poids frais (PF).....	28
II-5-1-4-La surface foliaire (SF)	28
II-5-2- Les paramètre physiologiques	29
II-5-2-1- La teneur relative en eau (TRE %).....	29
II-5-3-Les caractéristiques physiques et chimiques du sol	30
II-5-3-1-Les caractéristiques physiques	30

Chapitre 2 : Résultat et discussion

I-Effets de la salinité sur les paramètres morphologiques.....	33
I-1- Nombre de feuilles	33
I-2- Surface du couvert végétal :.....	34
I -3- La hauteur des plants	36
II- Effets de la salinité sur les paramètres physiologiques	37
II-1- La teneur relative en eau (TRE %)	37
III-Effet de la mycorhization sur le comportement variétal :.....	40
III-1-Caractères morphologiques	40
III-2- les caractères physiologiques	41
III-2-1- la teneur relative en eau	41
III-2-2- Evaluation du degré de mycorhization	42

Conclusion générale

Annexe

Références bibliographiques

Introduction

La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres, le monde perd en moyenne 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation et 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (Mermoud, 2006)

.

En Algérie la salinité est généralement perçue comme un problème important particulièrement dans les régions arides et semi-arides où l'augmentation de la concentration en sel conduit à la réduction du développement de la production agricole ; dont la céréaliculture qui occupe une place considérable en couvrant 3 millions d'hectares, soit 26% de la superficie agricole utile et plus particulièrement la culture de blé dur avec 1,405 216 ha (MADRP, 2014) soit 46,84 % des superficies céréalières emblavées ; cette dernière est confrontée à la contrainte saline d'origine secondaire relative à l'irrigation de complément qui se manifeste par une accumulation des sels dans les zones racinaires modifiant ainsi le potentiel osmotique et entravant la nutrition hydrique et minérale des plantes. En Algérie le pourcentage des terres irriguées affectées par la salinisation est de 10 à 15% (Hamdy et al ; 1995) cité dans Zeghouane et 2015. De même l'alcalinisation et la sodisation sont deux conséquences de l'irrigation qui affectent la structure des sols et deviennent ainsi un phénomène irréversible.

L'a sélection de variétés tolérantes aux différentes contraintes abiotiques a longtemps été perçu comme un outil nécessaire au développement des cultures dans les environnements hostiles mais dans un concept de développement durable il serait plus judicieux d'utiliser la biotechnologie pour mieux exploiter et préserver les ressources naturelles. C'est en effet l'objectif de l'inoculation par des champignons mycorhiziens issus des sols locaux qui permettent d'améliorer la fonction biologique de ces sols et en même temps de renforcer les capacités des plantes hôtes inoculées.

C'est dans ce cadre d'idées que s'insère notre travail qui vise l'évaluation de l'impacte d'un inoculum mycorhizien naturel sur le comportement de deux variétés de blé dur conduites sous stress salin.

I. Le développement durable :

I.1.Définition :

Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. (Rapport Brundtland, 1987).

Il s'agit d'affirmer une double approche dans le temps et dans l'espace pour l'utilisation des ressources de la terre d'une manière durable et équitable (Aboudrara, 2009).

I.2.Objectif du développement durable :

L'objectif du développement durable est de définir des schémas viables qui concilient les trois aspects économique, social, et environnemental des activités humaines. **Figure (1).**

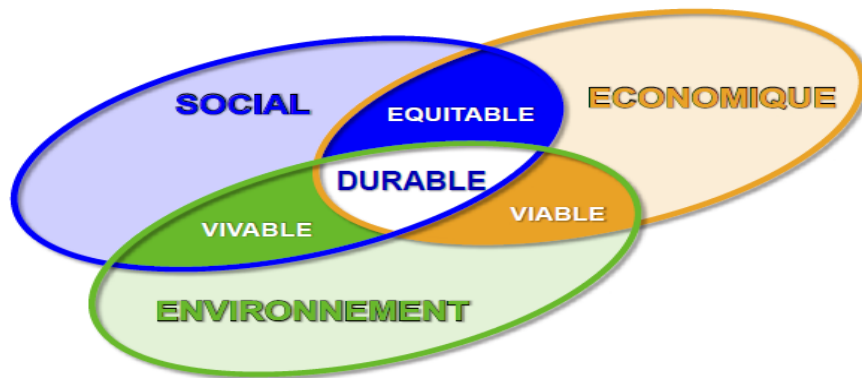


Figure 1 : Représentation schématique du développement durable avec ses trois principaux piliers. (Rapport Brundtland, 1987).

↳ **La concrétisation de ces trois objectifs s'appuie sur les mesures suivantes :**

a) Assurer l'équité sociale :

Permettre la satisfaction des besoins essentiels des communautés humaines pour le présent et le futur, au niveau local et global, et l'amélioration de la qualité de vie (accès pour tous à l'emploi, à l'éducation, aux soins médicaux et aux services sociaux, à un logement de qualité, ainsi que par le respect des droits et des libertés de la personne, et par la participation des différents groupes de la société aux processus de prise de décision). (Rapport Brundtland, 1987).

b) Conserver l'intégrité de l'environnement

Intégrer, dans l'ensemble des actions sociales, culturelles et économiques, la préoccupation du maintien de la vitalité, de la diversité et de la reproduction des espèces et des écosystèmes naturels terrestres et marins. Ceci, par des mesures de protection de l'environnement, par la restauration, l'aménagement et le maintien des habitats essentiels aux espèces ainsi que par une gestion durable de l'utilisation des écosystèmes exploités. (Rapport Brundtland, 1987).

c) Améliorer l'efficacité économique :

Favoriser une gestion optimale des ressources humaines, naturelles et financières, afin de permettre la satisfaction des besoins des communautés humaines. Ceci, par la responsabilisation des entreprises et des consommateurs au regard des biens et des services qu'ils produisent et consomment ainsi que par l'adoption de politiques gouvernementales appropriées (principe du pollueur/utilisateur-payeur, internalisation des coûts environnementaux et sociaux, éco-fiscalité, etc.). (Rapport Brundtland, 1987).

I.3.Le développement durable en Algérie :

En Algérie, les trois composantes de la diversité biologique que sont la flore, la faune et les milieux naturels sont menacées et ce malgré l'existence d'une abondante législation en matière de protection de l'environnement.

L'absence de coordination entre les différentes institutions chargées et /ou concernées par la protection de l'environnement et de la nature, n'a fait qu'aggraver la menace sur la biodiversité en Algérie.

-Exemples sur les aspects du développement durable en Algérie:

- Le barrage vert.
- Les zones de développement intégrées pastorales (ZDIP).
- Les parcs nationaux.
- Les Coopératives de Développement de l'Elevage et du pastoralisme (ADEP).
- Les unités pastorales (UP) au niveau des zones steppiques mises en place par le Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS).

I.4. L'agriculture de conservation :

I.4.1.Définition

L'agriculture de conservation est une technologie complexe, elle implique un changement radical dans le système de production agricole. Son but est de maintenir et d'améliorer les rendements des cultures et de la résilience contre la sécheresse et d'autres stress abiotiques, tout en protégeant en même temps et en stimulant le fonctionnement biologique du sol.

I.4 .2.Les principes de l'agriculture de conservation: Figure (2).

- ✓ Un travail minimal du sol (allant jusqu'à son absence totale, cas des systèmes de semi direct) ;
- ✓ La couverture permanente du sol par un «mulch» végétal vivant ou mort.
- ✓ La diversification des espèces cultivées, en association et/ou dans la rotation.

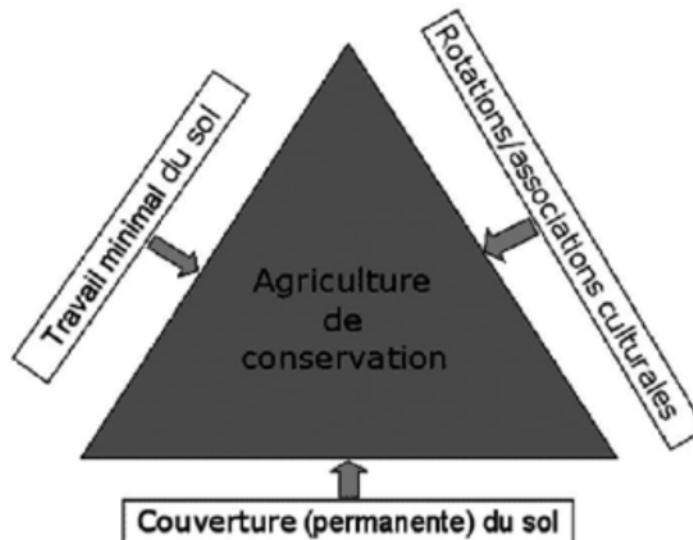


Figure 2 : Les principes fondamentaux de l'agriculture de conservation (FAO, 2012)

La manière dont les trois principes sont combinés à l'échelle de la parcelle peut varier selon les caractéristiques de l'environnement agro-écologique, et les moyens et les objectifs de l'agriculteur. Etant donné qu'il n'existe pas de solutions universelles, l'agriculture de conservation vise à valoriser la diversité des agro-écosystèmes pour proposer des solutions adaptées aux situations locales (FAO, 2012).

I.4.3. Les principaux avantages de l'AC:

- ↳ Elle ressemble à un écosystème naturel avec une couverture végétale permanente du sol.
- ↳ Améliore le carbone organique du sol.
- ↳ Réduit l'érosion des sols.
- ↳ Suppression des labours impliquant une économie de l'énergie (30-40% moins).
- ↳ Les rendements sont comparables à l'agriculture conventionnelle.
- ↳ La valorisation des services éco-systémiques tels que les symbioses racinaires qui sont optimisées dans ce système agricole.

II. La symbiose mycorhizienne

II.1. Définitions

II.1.1.Mycorhize

Par mycorhize (de *myco*= champignon et *rhiza*= racine) on définit l'état d'association symbiotique qui s'établit entre un champignon et les racines d'une plante.

II.1.2.Rhizosphère :

Selon Fuchs et ses collaborateurs (1999), la rhizosphère est la région du sol directement influencée par la racine. Elle présente le lieu d'échange essentiel entre la plante et le sol. On y observe une présence de microorganismes au moins 1000 fois plus importante que dans le sol ambiant non influencé par les racines. Cette population importante de microorganismes dans la rhizosphère interagit entre elles par de complexes réactions et maintient une relation spécifique avec la plante hôte selon les sécrétions racinaires émises par cette dernière sous forme de :

- **Exsudats** : diffusion passive hors des cellules de composés solubles de faible poids moléculaire, comme les sucres ou les acides aminés.
- **Sécrétion et excréctions** : processus actif consommant de l'énergie, concernant généralement des composés de poids moléculaires élevés, comme les enzymes ou les mucilages. les cellules peuvent également excréter activement des protons ou des acides organiques pour maintenir leurs équilibres ioniques.
- **Cellules mortes et lysats** : les cellules de la coiffe et les poils absorbants ont une durée de vie très limitée, celles du manteau et du cortex racinaire externe dégénèrent plus ou moins rapidement, ces cellules desquamées représentent un apport parfois très important de matière organique.

II.2. Les différents types de mycorhizes

En se basant sur des critères morphologiques et anatomiques, Scannerini et ses collaborateurs (1982) ont classé les mycorhizes en trois grands groupes :

- Les ectomycorhizes ;
- Les endomycorhizes ;
- Les ectendomycorhizes.

II.2.1. Les ectomycorhizes :

Les champignons ectomycorhiziens sont les plus souvent des Basidiomycètes et des Ascomycètes et rarement des Zygomycètes (Strullu, 1982). Elles sont visibles à l'œil nu et se distinguent par leurs formes courtes et ramifiées très ramifiées dans le cas des Gymnospermes ou non ramifiées dans le cas des Angiospermes (Bonneau et Souchier, 1994).

Les ectomycorhizes se présentent comme une gaine mycélienne entourant une racine modifiées, cette gaine ou manteau atteint 40 micromètre d'épaisseur et constitue jusqu'à 40 % du poids de la radicelle de cette gaine, des filaments pénétrant entre les cellules du rhizodème et les premières assises corticales ou ils forment le réseau de Hartig (Gobat. et *al.*, 1998), ce réseau représente le site d'échanges entre les champignons et les cellules corticales de la racine. A partir de ce manteau aussi, des filaments mycéliens progressent dans le sol pour former le réseau extra matriciel (Strullu, 1991), pour assurer la nutrition minérale à la plante hôte (Duhoux et Nicole, 2004). **Figure (3).**

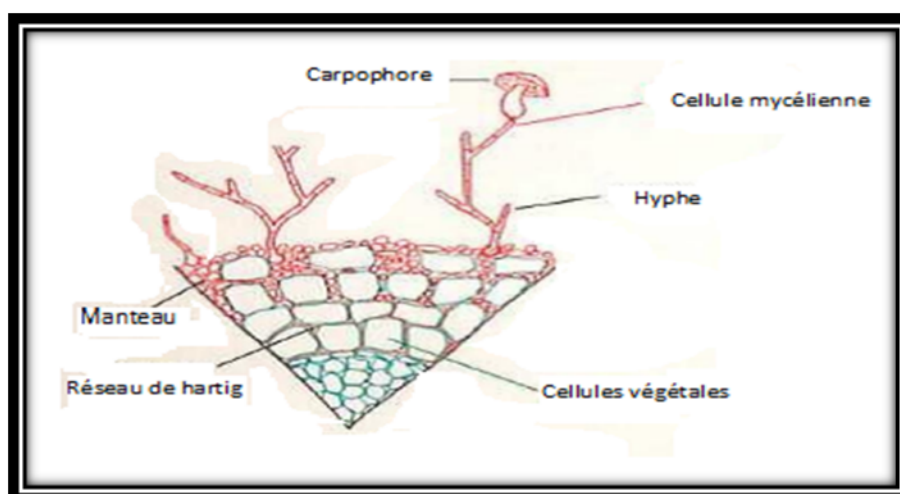


Figure3 : les ectomycorhizes. (Alan, 2016)

II.2.2. Les endomycorhizes

A l'inverse des ectomycorhizes, les racines endomycorhizées ne présentent pas de modifications externes permettant de les reconnaître facilement (Allen et *al.*, 1980).

Le champignon endomycorhizien ne forme pas de manchon mycélien externe mais se développe intensément dans le complexe racinaire puis pénètre toujours dans les cellules corticales d'où le nom d'endomycorhizes (Girard et *al.*, 2005). Dans ces derniers, le mycélium pourra émettre des « arbuscules » et des « vésicules », ce développement n'a lieu que dans les cellules périphériques du cortex dites hébergeantes mais n'atteint jamais l'endoderme, la progression est arrêtée au niveau profond des cellules du cortex dites cellules phagocytaires (Launier et *al.* 1996). **Figure (4).**

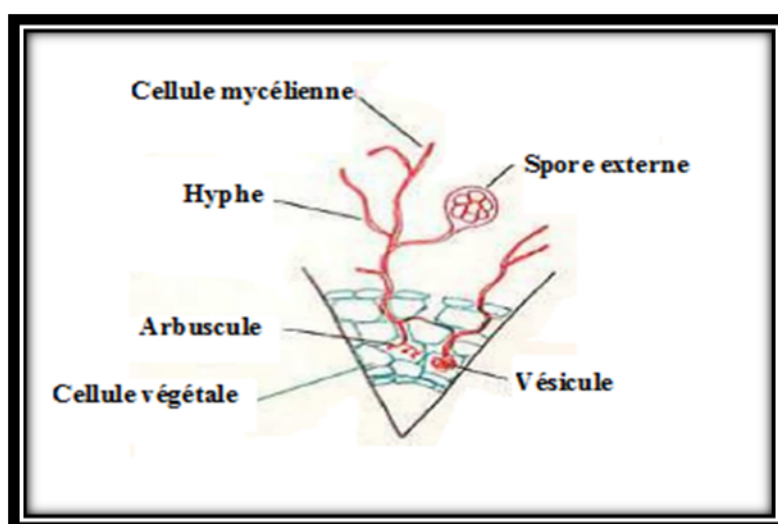


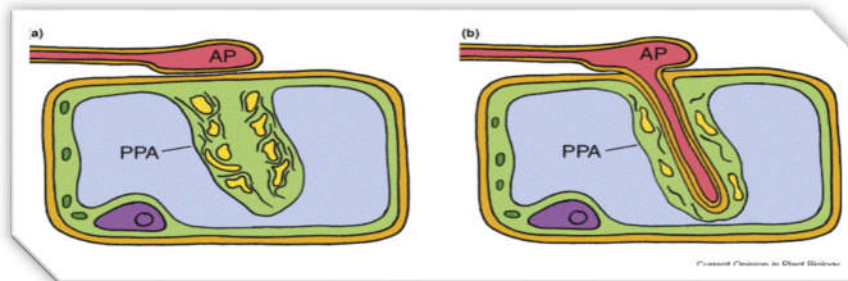
Figure 4 : les endomycorhizes. (Alan , 2016)

- ↳ Suivant les caractères des champignons, les endomycorhizes se subdivisent en plusieurs groupes :

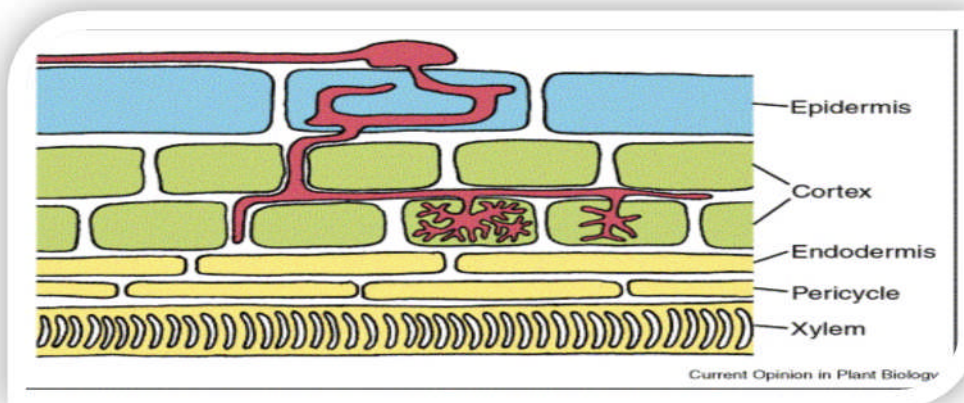
II .2.2.1. Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules

Les endomycorhizes à vésicules et à arbuscules intéressent de nombreuses plantes de grandes importances économiques, de nombreuses études ont été faite concernant le soja, le tréfle, la luzerne, le pois, les rosacées ainsi que les graminées tel que le blé, orge, maïs, ray-grass, et la fétuque (Strullu, 1992).

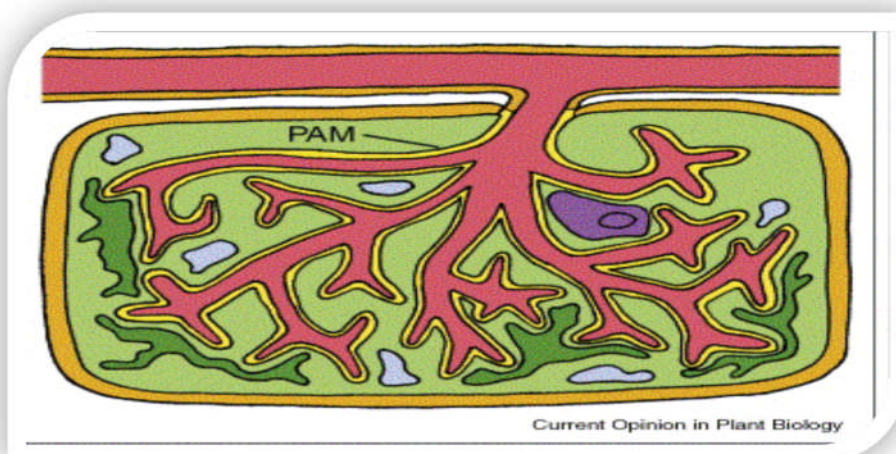
Les champignons impliqués dans ce type de mycorhization sont des Zygomycètes, de l'ordre des Glomales (Davet, 1996). Une fois qu'il a pénétré dans la racine, le champignon différencie des filaments qui produisent des vésicules intra ou intercellulaire, dans les couches périphériques (Duhoux et Nicole, 2004).



1. Approche d'un hyphes et formation d'un apresorium (AP) (Rougemont,2007)



2. Colonisation du cortex de la racine(Rougemont,2007)



3. Développement de l'arbuscule à l'intérieur de la cellule hôte. (Rougemont,2007)

Figure 5: les étapes de la pénétration

Ces champignons comprennent un mycélium intercellulaire qui engendre :

↳ **Des vésicules intra et intercellulaires :**

Les vésicules sont formées en général dans les couches superficielles de la racine (Duhoux et Nicole, 2004), sont des formations globuleuses de grande taille, multi nucléés, riche en lipides et en calcium (Strullu, 1991). Et elles ont des parois épaisses de formes variées caractéristiques de l'espèce fongique (Duhoux et Nicole, 2004), elles joueraient probablement un rôle dans le stockage des réserves et dans la propagation du champignon.

↳ **Des arbuscules intracellulaires :**

Les arbuscules sont des structures fongiques très ramifiées qui résultent de dichotomies répétées, la croissance intracellulaire de l'arbuscule est généralement importante alors que les cellules de la plante-hôte apparaissent hypertrophiées (Duhoux et Nicole, 2004).

Ils ont le rôle d'assurer les échanges nutritifs entre les cellules végétales et le champignon (Gobat et *al.*, 1998).

II.2.2.2. Les endomycorhizes à pelotons d'hyphes cloisonnés :

Ces associations sont représentées chez plusieurs familles végétales mais l'organisation générale des complexes est très variable d'une famille à l'autre (Strullu, 1991).

↳ **Mycorhizes des Orchidées :**

Ce champignon envahit à la fois les embryons et le système racinaire des plantes adultes, chez les embryons, le champignon pénètre par le suspenseur, il stimule la division des cellules et provoque donc la croissance embryonnaire. Les racines très épaisses sont infectées à partir du sol, dès leur formation, le champignon ne colonise ni l'épiderme ni le cylindre central, il se limite au parenchyme cortical (Strullu, 1991).

↳ **Mycorhizes des Ericacées :**

Contrairement aux orchidées, les éricacées possèdent des racines filiformes constituées d'un petit cylindre central avec un seul pôle ligneux, et elle est entourée d'un abondant mucigel. Le champignon forme des pelotons dans les cellules corticales, les ascomycètes sont surtout associés aux éricacées (Strullu, 1991).

II.2.3. Les ectendomycorhizes

Elles sont de point de vue anatomique, intermédiaires entre les endomycorhizes et les ectomycorhizes (Wilcax, 1968), ou elles combinent des caractères des deux premières catégories (Durieux, 1993).

En effet, elles présentent un manteau fongique généralement pas très épais autour de la racine et un réseau de hartig comme chez les ectomycorhizes et une colonisation des cellules racinaires bien organisées par le champignon, caractère des endomycorhizes (Strullu, 1991).

Ce type de mycorhize est relativement rare dans la nature et ne se rencontre que chez un petit nombre de végétaux (Durieux, 1993).

II .3. Importance de l'association mycorhizienne :

L'importance des mycorhizes varie en fonction du partenaire végétal et de l'espèce fongique (Gadd, 1993 ; Diaz *et al*, 1995).

Les interactions entre champignons et plantes est réputée bénéfique : pour la plante le réseau de mycélium qui l'entoure permet un accès plus intense aux nutriments et à l'eau contenus dans le sol, alors que pour le champignon l'apport de carbone et d'énergie est assuré par la photosynthèse de la plante (Rougemont, 2007).

II.3.1.Rôle des mycorhizes dans l'absorption des éléments minéraux :

Beaucoup mieux que les racines, les champignons symbiotiques (surtout les ectomycorhizes) disposent de toute une gamme de mécanismes qui leur permettent de solubiliser et de rendre absorbables des ressources d'accès difficile tels que ; la solubilisation du fer, l'extraction de l'azote et du phosphore contenus dans les matières organiques **par** Les hyphes qui sont des réseaux ramifiés formant l'appareil végétatif des champignons (appelé mycélium). Les hyphes explorent le sol à plusieurs centimètres de distance, ce qui accroisse considérablement le volume prospecté par la plante.

Ils sont aidés dans ces travaux par les bactéries qui vivent dans la rhizosphère (Maunoury, 2010).

II .3.2. Rôle dans la production de substances de croissance

Les champignons ectomycorhiziens sont capables de produire une large gamme de phytochromes (Beyrie, 1995). L'auxine a été la particulièrement étudiée. Slankis (1973) proposait l'hypothèse selon laquelle la formation de l'ectomycorhizes est régulée par la production d'auxine par le champignon. Cette production a depuis été démontrée (Frankenberger et poth, 1987). Afin d'étudier le rôle de l'auxine dans la régulation de la symbiose, la production de souches de champignons mutantes surproduisant de l'auxine a été entreprise chez *Hebeloma cylindrosporum* (Durand *et al* ,1992).

Gay *et al.* (1994) ont montré que cette surproduction d'AIA entraîne la formation d'un réseau de Hartig plus développé, constitué de plusieurs couches de cellules fongiques, qui pénètrent jusqu'à l'endoderme ; alors que les mycorhizes de la souche sauvage possèdent un réseau de Hartig normalement constitué d'une seule couche de cellules fongiques ne franchissant jamais l'endoderme (Gea *et al*, 1994). L'auxine pourrait réguler la mise en place du réseau de Hartig lors de l'établissement de la symbiose mycorhizienne.

II .3.3. Rôle dans l'absorption de l'eau et la tolérance à la sécheresse

L'efficacité du système racines-mycorhizes est due principalement à une extension de la surface d'absorption et du volume de sol prospecté grâce aux hyphes fongiques (Sylvia, 1986).

Dés 1935, Cramer a émis l'hypothèse selon laquelle la mycorhization augmenterait la résistance à la sécheresse du pin en protégeant les racines du dessèchement, mais aussi en favorisant l'absorption d'eau à des niveaux de potentiels hydriques très faibles. Cependant, la mycorhization n'aurait que peu d'effets sur la survie des plantes soumises à une longue période de sécheresse (Goss, 1960). Grâce à la mise en place de rhizomorphes et d'un réseau extra matriciel important, les champignons ectomycorhiziens vont pouvoir augmenter la fourniture en eau de leur plante hôte (Brownlee *et al.* 1983). Les rhizomorphes sont très bien adaptés au transport rapide de l'eau vers la plante (Lamhamedi et fortin, 1991).

II .3.4. Rôle dans la lutte contre les métaux lourds toxiques

Le terme 'métal lourd' est fortement établi dans la littérature en biologie et regroupe à la fois les vrais métaux lourds, les métaux de faible masse atomique (Cr, Co, Ni, Cu) ainsi que certains métalloïdes (Se, As) (Jacob, 2011).

Shetty et ses collaborateurs (1994) ont montré que les herbacées mycorhizes pouvaient coloniser d'anciens sites de mines pollués contrairement aux non mycorhizes, suggérant ainsi que la tolérance vis-à-vis des polluants métalliques (ou d'autres effets bénéfiques) étaient conférée par la symbiose mycorhizienne.

II .3.5. Rôle dans l'amélioration de la structure du sol

Les mycorhizes améliorent la stabilisation des agrégats du sol. Cette stabilisation se produit par deux mécanismes : le mycélium des mycorhizes par son enchevêtrement et sa sécrétion d'une substance glyco-protéique appelée la *glomaline*, permet de lier les agrégats du sol entre eux. (Douds, 2004).

II .3.6. Rôle dans la lutte biologique

Selon Daplé (2006), une plante mycorhizée, saine et vigoureuse résiste beaucoup mieux aux infections. Cette protection n'est toute fois efficace que lorsqu'une symbiose fonctionnelle est établie préalablement à l'attaque du parasite. La colonisation mycorhizienne entraîne chez certaines plantes une augmentation significative de la ramification des racines fines. C'est le cas pour plusieurs espèces ligneuses et herbacées dont l'érable, le peuplier, la chicorée, la tomate et le fraisier. Cette ramification intense s'accompagne d'une augmentation des exsudats racinaires, responsables, à leur tour, de modification des microflores et d'interactions avec les parasites. De plus, le même auteur a constaté que la colonisation mycorhizienne se traduit généralement par des activités métaboliques accrues. Selon les plantes, on observera des transformations anatomiques telles que la lignification des parois cellulaires de la plante, le dépôt de cellulose et occasionnellement, une altération des parois fongiques. On a également observé chez la plante mycorhizée l'induction ou la suppression de mécanisme de défense lié aux phytoalexines et à diverses enzymes dont les pyroxydases, chitinases et *b-glucanase*.

La bio-protection peu provenir de l'effet compétitif car une fois bien établi, les champignons mycorhiziens peuvent constituer jusqu'à 80% de la masse microbienne d'un sol cette dominance leur permet d'accaparer les sites d'infection disponibles à la surface racinaire et d'affaiblir ainsi l'activité du parasite. Il en découle un affaiblissement réciproque de la flore microbienne compétitive parallèlement à une protection indirecte de la plante (Daplé, 2006). De même les mycorhizes peuvent interagir avec une certaines composantes de la microflore à la manière d'agent de lutte biologique. C'est le cas notamment du *Glicladium virens* Mill. Et de *Bacillus subtilis* (Ehrenbrg) Cohn. En effet, lorsqu'ils sont prodigués à une plante parasitée, Ils stimulent à la fois la colonisation racinaire mycorhizienne et réduisent l'incidence de la maladie. C'est dans ce sens que plusieurs inoculants mycorhiziens commerciaux résultent de la combinaison de deux ou de plusieurs microorganismes ayant des fonctions complémentaires afin d'exploiter en synergie leurs pouvoirs respectifs de stimulateurs de croissance et d'agents de lutte biologique (Dalpé, 2006).

II .3.7. Rôle dans l'augmentation des rendements :

Les inoculants mycorhiziens constituent une nouvelle technologie qui permet d'optimiser les rendements des cultures. A titre d'exemple, des essais d'inoculation ont été réalisés avec les maïs pendant 3 années successives (entre 2007 et 2009) dans certains états américains. Sur les 37 sites d'essais, les résultats ont démontré des augmentations moyennes de rendements de 4,2 % lorsque les parcelles étaient inoculées comparativement aux parcelles non inoculées dans le cas de la lentille, des essais expérimentaux réalisés en 2007 et en 2009 dans l'ouest canadien ont montré des augmentations de rendement variant de 13,5 à 35% suite à l'inoculation mycorhizienne. Ces exemples démontrent le potentiel réel des inoculants mycorhiziens à augmenter les rendements des cultures (Gagné et MCnicoll, 2010).

III.1.Origine et description du blé

Le blé dur appartient à l'embranchement des Spermaphytes, Sous Embranchement des Angiospermes, à la classe des Monocotylédones, à la S/famille des Poacées et au genre *Triticum* ; son fruit est un caryopse (Flagella, 2006), qui se caractérise par une coloration jaune ambrée, résultant d'une concentration en pigments jaunes (Boyacioglu et al, 1994). C'est une espèce tétraploïde qui véhicule deux génomes AA et BB, constitué chacun de sept paires chromosomes homologues ($2n=28$)

III.1.2.Origine géographique

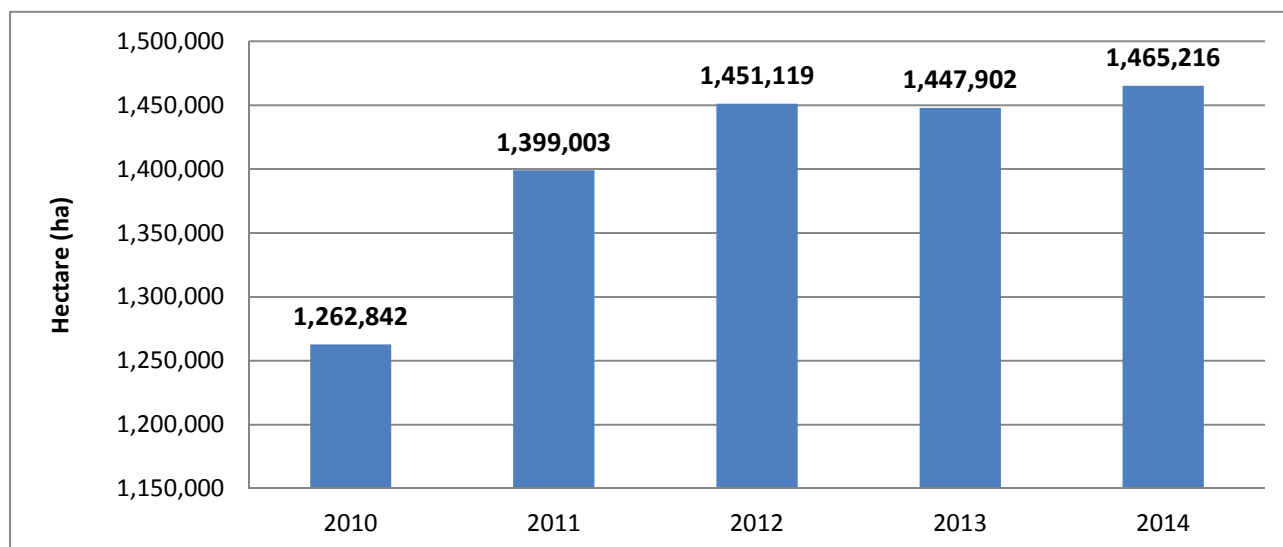
L'aire géographique du blé est *le Tigre et L'Euphrate* en Iraq, elle s'est étendue jusqu'au Nil en Egypte où des variétés de blé ont été découvertes dans les temples égyptiens. Le blé est donc l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme au proche Orient, il y a environ 10.000 à 15.000 ans avant J.C (Hervé, 1979). La culture du blé s'est diffusée vers le Nord-Ouest par les plaines côtières du bassin méditerranéen et au travers des Balkans (URSS) puis en suivant la vallée du Danube (Allemagne) pour arriver à la vallée du Rhin (France) et l'Ouest de l'Europe entre 5000 et 6000 ans avant J.C. Dans le même temps il diffuse vers l'Asie et l'Afrique, des peintures murales témoignent de son existence 1300 ans avant notre ère en Amérique et même en Australie

III.2. Importance et situation du blé dur en Algérie :

III.2.1. Evolution des superficies, productions et rendements de blé dur grain (2010/2014)

➤ Evolution de la superficie de blé dur

En Algérie Le blé dur occupe une place considérable dans la surface agricole utile avec une superficie moyenne de 1 405 2164 ha (MADRP, 2014).



MADRP 2010 -2014

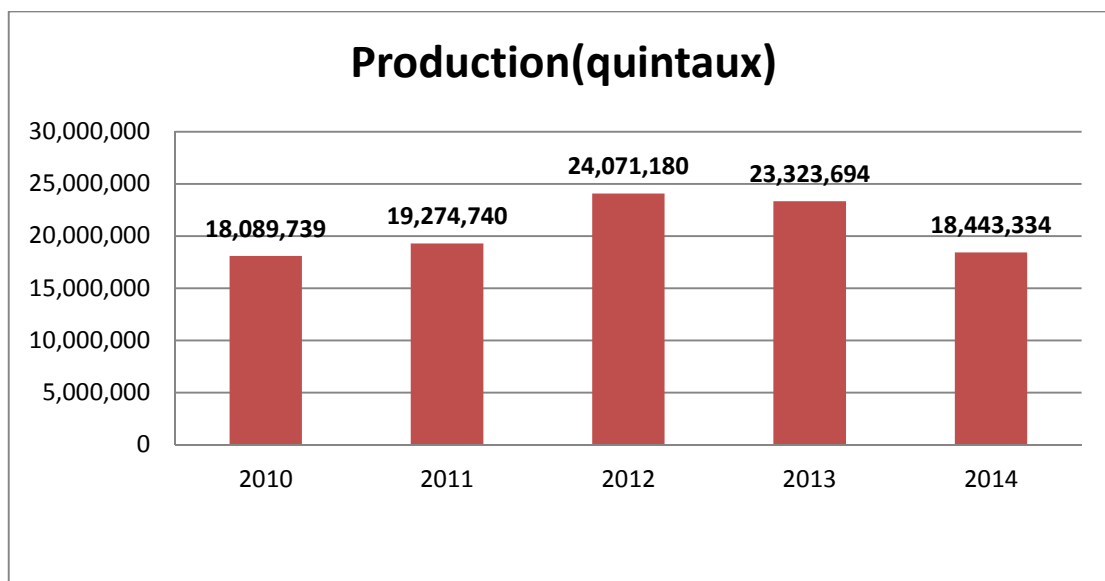
Figure 6: Evolution de la superficie de blé dur de 2010 à 2014 (ha).

La superficie agricole emblavée par le blé dur a connu une évolution considérable au cours de la période 2010-2012 pour se stabiliser jusqu'à 2014. L'augmentation (+16 %) de la superficie est due à l'importance économique de cette culture et à la mise en œuvre d'un programme d'intensification des céréales dans les zones potentielles. L'importance de cette espèce est expliquée par le fait que les prix pratiqués par les CCLS (Coopérative des Céréales et des Légumes Secs) sont plus rémunérateurs comparativement aux autres espèces d'une part et par le fait que les produits dérivés de cette espèce tiennent une place prépondérante dans le régime alimentaire algérien.

➤ . Evolution de la production nationale de blé dur

La figure 2 illustre l'évolution de la production de blé dur durant la période 2010-2014.

En effet la production moyenne du blé dur au cours de la période citée ci-dessus est de 20 640 537 quintaux. Cette production est caractérisée par des fluctuations très instables dans le temps, cela est essentiellement expliqué par les travaux de recherche et d'améliorations peu développés, les conditions climatiques très variables notamment la pluviométrie qui est un facteur prédominant qui conditionne fortement la production et les contraintes techniques caractérisés par la non maîtrise des techniques culturales.

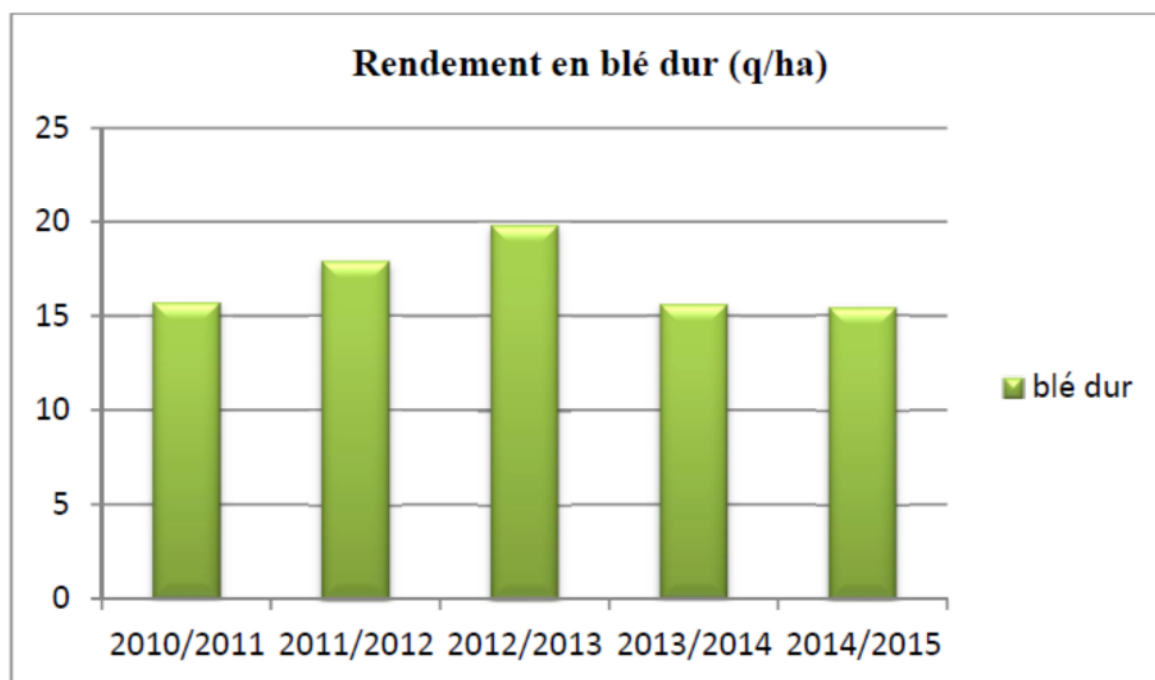


MADRP 2010 -2014

Figure 7: Evolution de la production de blé dur de 2010 à 2014 (qx).

➤ **Evolution des rendements de blé dur**

Le niveau de rendement de blé dur au cours de la période 2010/2014 a connu une augmentation considérable de 15q/ha en 2010 à 19,8q/ha en 2013 ; soit une hausse de plus 32%. Cet essor est la résultante de toutes les actions entreprises dans le cadre de la mise en œuvre de la politique du renouveau agricole et du renouveau rural. Durant la campagne 2014, il est à constater une baisse de rendement (15,6q/ha) due en grande partie à l'absence de pluviométrie coïncidant avec la phase du remplissage du grain.



MADRP 2010 -2014

Figure 8: Evolution du rendement du blé dur de 2010 à 2014 (qx).

➤ **La consommation du blé dur**

La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205Kg/hab /an (chehat, 2007).

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60%de l'apport calorifique et 75a 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire. C'est ainsi, au cours de la période 2001_2003, les disponibilités des blés représentent un apport équivalent à 1505,5Kcal /personne/jour, 33Gr de protéine/personne/j et 5,43 gr de lipide/ personne/j (observation méditerranéen CIHEAM/IAMM ,2009).

III. 3. Les zones de production du blé en Algérie

On distingue parmi les grandes zones agro-écologiques :

- Les plaines littorales et sub-littorales avec un climat sub-humide tempéré par les influences maritimes, ainsi que le nord des hauts plateaux, constituent une zone à hautes potentialités.
- Le sud des hauts plateaux marqué par l'altitude, la continentalité et la faiblesse de la pluviométrie.
- La zone steppique où la culture des céréales est pratiquée de manière irrégulière, par des systèmes de production dominés par la culture de l'orge et de l'élevage ovin.
- Les zones du sud où se pratique la céréaliculture sous irrigation, dans les oasis en culture sous-étages, ou bien en céréaliculture intensive sous pivots (**Anonyme, 2000**)

III.4. Contraintes de la production de blé en Algérie

- **Contraintes climatiques**

Les variations interannuelles de la production de blé sont dues principalement aux conditions climatiques qui varient chaque année et qui jouent un rôle dominant sur les fonctions de croissance et de développement (**GATE, 1995**).

- **Pluviométrie**

En Algérie quel que soit la zone cultivée, la pluviométrie est un facteur prédominant qui conditionne fortement les récoltes (**Feliachi, 2000**). La pluviométrie est globalement déficitaire, puisque dans les zones les plus emblavées en céréales, elle varie de 350 mm à 550 mm (**Hachemi et al. ,1979**).

- **Température**

D'après (**Gate ,1995**), le froid constitue un des facteurs limitant de la production du blé dur, il précise qu'une seule journée avec une température minimale inférieure à - 4 °C entre le stade épi à 1cm et un noeud pénalise le nombre de grains par épi. Les gelées printanières, dans les hautes plaines et même dans les plaines d'intérieurs à basse altitude causent des pertes importantes par gels des épis au stade floraison (**Hachemi et al. ,1979**).

Les hautes températures sont aussi parmi les facteurs intervenant dans la limitation du rendement. En effet, si une hausse de température survient au stade remplissage du grain, elle peut faire chuter le rendement de 50 % par l'échaudage (**Chaker et Brinis, 2004**).

- **Contraintes techniques :**

Un faible taux d'utilisation des engrais, mauvais suivi des techniques culturales, utilisation des outils inadaptés et à un étalement des semis au-delà des délais techniques requis, rendant ainsi les céréales vulnérables à tout éventuel stress hydrique, notamment en fin de cycle (**Anonyme, 2008**) I.

- **Contraintes foncières :**

Le statut de la terre d'une part, le morcellement et la dimension des exploitations, d'autre part, constituent des entraves aux tentatives d'amélioration de la production céréalière (**Anonyme, 1999**). D'après (**Rachedi, 2003**), 60 % des superficies se trouvant situées sur des terres peu productives et les efforts d'intensification et de mécanisation deviennent difficiles.

- **les contraintes économiques :**

Elles sont liées aux coûts de production élevés résultant de la cherté des facteurs de production et de matériel agricole, mais aussi à la disponibilité insuffisante des intrants en qualité et quantité dans les délais recommandés.

IV. Effet du stress salin sur la culture du blé

IV.1.Définition

La salinisation est un processus d'enrichissement du sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin (Keren, 2000 ; Levy, 2000 ; Brady et Weil, 2000 ; Essington, 2004). Elle est identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres et à l'origine de la diminution de la production sur de nombreux périmètres irrigués, particulièrement dans les zones arides et semi-arides (El-Hendawy, 2004).

IV.2.L'origine de la salinité

En Algérie, dans les zones à blé les variations interannuelles de la production de blé sont dues principalement aux conditions climatiques qui varient chaque année et qui jouent un rôle dominant sur les fonctions de croissance et de développement (**GATE, 1995**), principalement

la pluviométrie, qui est un facteur prédominant et qui conditionne fortement les récoltes (Feliachi, 2000) elle est globalement déficitaire, puisque dans les zones les plus emblavées en céréales, elle varie de 350 mm à 550 mm (**Hachemi et al. ,1979**). Ce qui nécessite le recours à l'irrigation de complément qui peut conduire à long terme à une salinisation secondaire qui se manifeste par une accumulation des sels dans les zones racinaires modifiant ainsi le potentiel osmotique et entravant la nutrition hydrique et minérale des plants de blé.

En Algérie le pourcentage des terres irriguées affectées par la salinisation est de 10 à 15% (Hamdy et al ; 1995) cité dans Zeghouane et 2015. De même l'alcalinisation et la sodisation sont deux conséquences de l'irrigation qui affectent la structure des sols et deviennent ainsi un phénomène irréversible.

IV.3.Effet de la salinité sur la croissance et développement du blé

L'effet de la salinité se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance ainsi que le développement et par conséquent, la productivité végétale (Wang et al, 2001 ; Ashraf et Harris, 2004). Ces effets apparaissent dès le stade germination en réduisant l'énergie germinative et le pourcentage de germination (Salma,2004) à cause des difficultés que trouve l'embryon à absorber la quantité d'eau nécessaire pour déclencher les processus métaboliques (Salma, 2004). Par la suite le stress salin retarde la croissance et le développement des feuilles ainsi que le tallage. Elle réduit significativement la croissance pour un seuil égal à 40 mM de NaCl pour la majorité des plantes et moins pour les variétés sensibles (phase osmotique).

Lorsque les concentrations s'élèvent à 100 mM/l la capacité photosynthétique du végétal diminue et la plante meurt (phase ionique). En ce qui concerne les variétés tolérantes. Les jeunes feuilles se forment en assurant le processus de photosynthèse. Les glucides formés permettent le maintien des différentes activités vitales (Wyn et Gorhan, 2000). Cependant, cette salinité pousse la plante vers la maturité (Munns et Rawson, 1999 ; Maas et Poss, 1999). Elle accélère donc la phase reproductive, durant la phase terminale la formation des épillets et l'anthèse se produisent deux semaines plus tôt ce qui a un impacte la fertilité de l'épi et même l'avortement des ovaires Munns et Rawson (1999).

Aussi, le stress augmente le phyllochrone mais réduit le nombre des feuilles engagées sur la tige principale (Grieve et al., 2001). Elle affecte l'activité physiologique de la feuille et

notamment la photosynthèse (Alem et al, 2002). Selon Munns et Tester (2008), la réduction de cette dernière est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire qui est à l'origine de la fermeture des stomates (Price et Hendry, 1991 ; Allen, 1995) en causant la réduction de la conductance stomatique (Qrcutt et Nilsen, 2000). Ainsi, la diffusion du CO₂ à l'intérieur des stomates devient limitée et sa fixation au niveau chloroplastique diminue.

Sous l'action de la salinité, tous les paramètres de rendement chez le blé subissent une réduction et plus la salinité est sévère plus le rendement diminue (Katergi et al, 1994 et Saadollah Houshmand et al , 2005). Cette chute est principalement attribuée à la réduction du poids de l'épi et du poids de 1000 grains qui s'expliquerait par une mauvaise remobilisation des réserves au cours de la phase de remplissage (Saadollah et al ,2005).

IV.4.Classification des plantes vis-à-vis de la salinité

Deux catégories se distinguent : les halophytes et les glycophytes.

IV.4.1.Les halophytes : sont capables de croître et de se développer sous un régime salin de 300 Mm/l de NaCl (Tester et Davenport, 2008) et d'accumuler le sodium dans leurs feuilles à des concentrations élevées (Glenn et *al.*, 1999). Leur forte adaptation à la contrainte saline serait due à une modification de leurs enzymes (Flowers et Dalmond, 1997).

IV.4.2.Les glycophytes : par contre, sont incapables de survivre dans des conditions salines ; elles ont des comportements soit inclusifs ou exclusifs (Chinnusamy et *al.*, 2005). Une variabilité existe selon l'espèce et le génotype. Chez les céréales, le blé tendre est plus résistant que le blé dur. Cette caractéristique est liée à un gène responsable de l'exclusion du Na(Kna).

II-1-Lieu de l'expérimentation :

L'expérimentation a eu lieu au laboratoire de physiologie végétale du département des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou au cours de l'année 2015-2016. Avec une variation de température (de 21 à 24 °C) et un photopériode de 12h.

L'essai expérimental est conduit en pots en plastiques d'une contenance de 400g pendant 8 semaines sur un substrat composé (2/3 de terre. -1/3 dont : 2/3 de sable et 1/3 de terreau industriel) .

Les caractéristiques physiques et chimiques du substrat figurent dans le tableau 1

Tableau 1 : caractéristiques physiques et chimiques du substrat

L'analyse Traitement	pH	Ka (g)	MO(%)	CE (µmho) T°= 19
Tém	7,48	0,03	3,06	4,2 * 10 ²
Tém+Myc	7,78	0,03	4	4*10 ²
Salé	7,85	0,04	2,73	16 ;5 * 10 ²
Salé +Myc	7,75	0,04	4	21,5 *10 ²
	argile	limons	sable	
sol	28,1%	67,38%	4,51%	

↳ D'après Le diagramme de l'U.S.D.A. on a déterminé la texture suivante : un sol limono-argileux fins .

II-2-Matériel végétal :

Les deux variétés de blé dur (*Triticum Durum Desf*) utilisées dans l'expérimentation sont Siméto et Bousselam. qui présentent les caractéristiques figurant dans le tableau N°2.

Elles sont issues de la collection de l'institut technique des grandes cultures ITGC, ce sont des variétés certifiées et inscrites au catalogue officiel (CNCC). Elles ont été choisies suite à leur comportement contrasté rapporté par les travaux de Belkacemi et Bouchakour 2015.

Tableau 2 : caractéristiques variétales.

Variétés Caractéristiques		Blé dur	
		Bousselam	Siméto
morphologie	Forme de : ➤ La graine : ➤ L'épi : -l'aspect : -la couleur :	-Demi allongée -Assez compact -Blanc	-Demi allongée -Assez compact -Blanc
Tolérance aux maladies	➤ Oïdium sur feuille ➤ Oïdium sur épi ➤ Rouille brune ➤ Septoriose	-Moyennement sensible -Résistante -Sensible -Moyennement sensible	- Moyennement sensible - Résistante - Moyennement sensible - Moyennement sensible
Technologie	➤ La teneur en protéines ➤ PMG ➤ Mitadinage ➤ Rendement	-15,5% -Elevé -Résistante -Elevé	-15,80% -Elevé -Résistante -Elevé
Inscription au catalogue officiel		2000	2001
Pedigree		Cro ICD4141BLCTR 4AP	Capeiti X Valvona

CNCC. 2009

II.3.Les traitements :

II.3.1.Le niveau de stress salin :

Le niveau de stress salin a été fixé à 8g/l suite aux travaux préalables menés sur ces deux variétés: Une solution saline a été préparée avec 87,75 g de NaCl / 10 l.

II.3.2.L'inoculation mycorhizienne :

L'inoculation des graines de blé a été effectuée par l'apport de 5 g du sol rhizosphérique, de l'ail triquètre (*Allium triquetrum*) comprenant les propagules (spores et racines mycorhizées,) de champignons mycorhiziens arbusculaires, L'inoculum a été mis dans le creux du substrat où les graines ont été semées. Pour les plants témoins n'ayant reçu aucun inoculum, les graines ont été déposées directement sur le substrat sans apport de champignons.

Les champignons endomycorhizogènes étant des symbiotes obligatoires, l'inoculum doit être considéré en fonction de la plante hôte.

La caractérisation de l'inoculum naturel utilisé dans cette expérimentation fait l'objet actuellement d'une étude dans le cadre du master Productions végétales et agriculture durable dont les premiers résultats sur la coloration des racines de l'ail triquètre montrent que plus de 80% des plants sont infectés et que le nombre de spores pour 100 g de sol dépasse 2000 spores.

II.4.Installation et conduite de l'essai :

Les graines utilisées, sont déjà traitées avec un fongicide (avant conservation), elles sont saines et toutes de taille uniforme. Elles sont ensuite mises à germer dans des boîtes de Pétri (50 graines/boîte) à une température de jour 21°C et de nuit 14-18°C (figure 10 et 11)



Figure 9 : Essai de germination.



Figure 10 : essai de germination après une semaine.

L'essai expérimental a été semé le 20-03-2016 sur un substrat à la capacité au champ et avec une densité de 3 graines par pot. Le dispositif expérimental adopté est un BAC (bloc

aléatoire complet) avec quatre traitements ; (Témoin ; Témoin mycorhizé.; Salé ; Salé mycorhizé) avec 10 répétitions par traitement (10 pots).

Un arrosage est effectué une fois par semaine.

- ✓ Les témoins : avec l'eau de robinet.
- ✓ Les traitements salés : avec une solution saline préparé à une concentration de 8g /l.

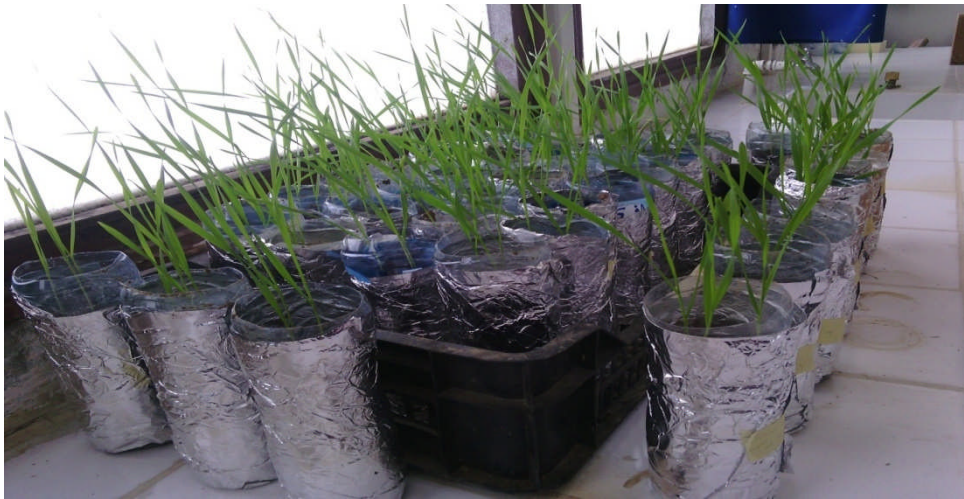


Figure 11: Essai expérimental 15 jours après le semis.

II.4.1.Echantillonnage :

Les prélèvements d'échantillons sont faits durant quatre stades qui sont :

- ✓ S1 15 jrs après semis.
- ✓ S2 30 jrs après semis.
- ✓ S3 45 jrs après semis.
- ✓ S4 60 jrs après semis.

L'échantillonnage s'est fait à raison d'un plant par pots pour les 10 répétitions, pour chaque traitement et variété étudiés.

II-.5.Les Paramètres mesurés :

II.5.1.Paramètres morphologiques :

II.5.1.1.La hauteur de la plante (HP) : déterminée du collet jusqu'au sommet de la plus jeune feuille en utilisant un mètre ruban.

II.5.1.2.Le nombre de feuilles (NF) : ce dénombrement permet d'évaluer dans le temps le développement foliaire.

II.5.1.3.Le poids frais (PF) :

Le poids frais de la partie aérienne est déterminé à l'aide d'une balance de précision

II.5.1.4.La surface foliaire (SF) :

La surface foliaire a été déterminée par la méthode qui consiste à couper un fragment de la feuille de blé, dont la surface est X (cm²) ce fragment est ensuite pesé sur une balance de précision puis on déduit la surface foliaire par rapport au poids frais total.

II.5.2.Les paramètre physiologiques :

II.5.2.1.La teneur relative en eau (TRE %) :

C'est l'un des principaux paramètres qui indique le niveau hydrique de la plante ou encore la turgescence cellulaire. La teneur relative en eau de la feuille étandard a été déterminée par la méthode décrite par (Serrieys, 1992), réalisée comme suit :

- 1- Le poids frais (PF) est obtenu par pesée de la partie aérienne
- 2- Les parties pesées sont mises dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau et placées au réfrigérateur.
- 3- après 24heures, le matériel végétal est retiré, séché dans un papier buvard et pesé à nouveau pour obtenir le poids de turgescence (PT) à saturation hydrique.
- 4- Placé à l'étuve à 75°C pendant 24h, le matériel végétal est encore une fois pesé pour déterminer le poids sec (PS).

La teneur relative en eau est calculée par la formule de (Clark et Mac-Caig, 1982 ; Matin *et al.*, 1989; Ali *et al.*, 1999)

$$\text{TRE (\%)} = [(\text{PF}-\text{PS}) / (\text{PT}- \text{PS})].100$$



Figure 12: les feuille dans des boites de pétri pour avoir le poids de turgescence.

II.5.3.Les caractéristiques du sol :

- L'analyse granulométrique est réalisé suivant la méthode normalisée AFNOR NF X 31-107

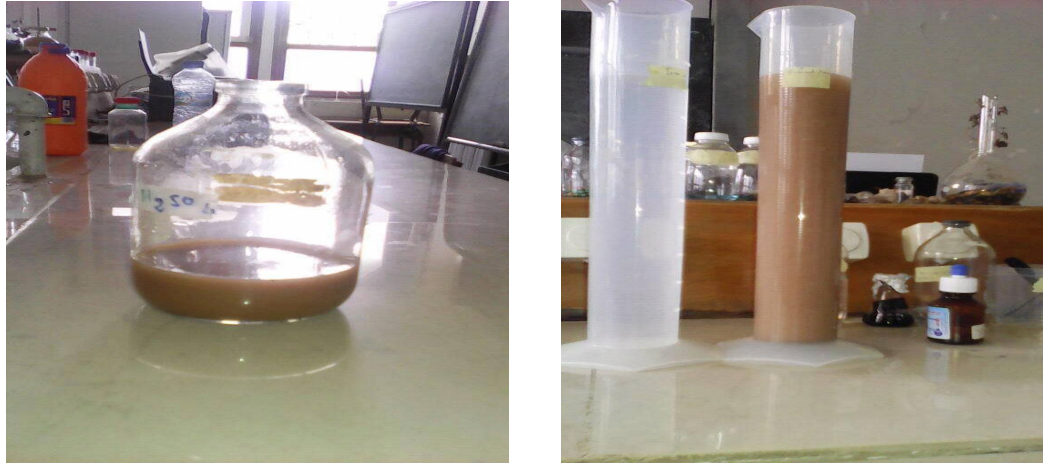


Figure 13 : destruction de la matière organique (à gauche) et fractionnement granulométrique

- La conductivité électrique CE



Figure 14: conductimètre conductivité électrique des solutions du sol

- **Le pH :** Le potentiel hydrogène (ou **pH**) est une mesure de l'activité chimique des ions hydrogènes H^+ (appelés aussi couramment protons) en solution.



Figure 15 : pH mètre.

I.Effets de la salinité sur les paramètres morphologiques :

I.1.Nombre de feuilles :

Les figures N° 16et 17 présentent l’effet de la salinité sur l’évolution du nombre de feuilles chez les variétés étudiées en conditions de mycorhization et de non mycorhization.

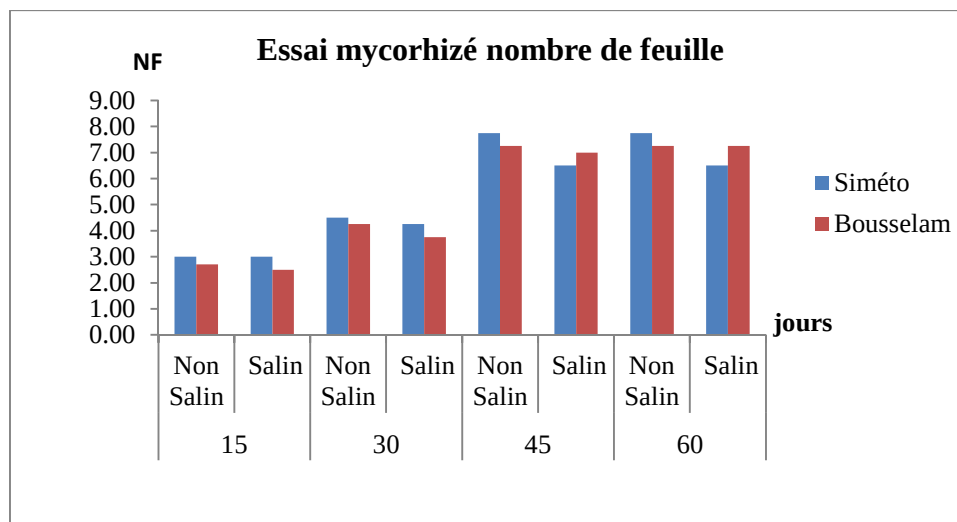


Figure 16: effet de la salinité sur le nombre de feuilles en présence de l’inoculum mycorhizien.

Dans l’essai mycorhizé le nombre moyen de feuilles augmente en fonction des stades en présentant ainsi un effet stade très hautement significatif ($p \leq 0,001$). A la fin du stade 4 (S4) c'est-à-dire après 60jours d’essai nous remarquons une réduction de 16,13% du nombre de feuilles pour la variété Siméto en conditions de salinité comparativement au témoin, alors que la variété Bousselam a présenté le même nombre de feuilles dans les deux traitements étudiés, ce qui illustre un effet variétal hautement significatif ($p \leq 0,00467$) (voir tableau en annexe).

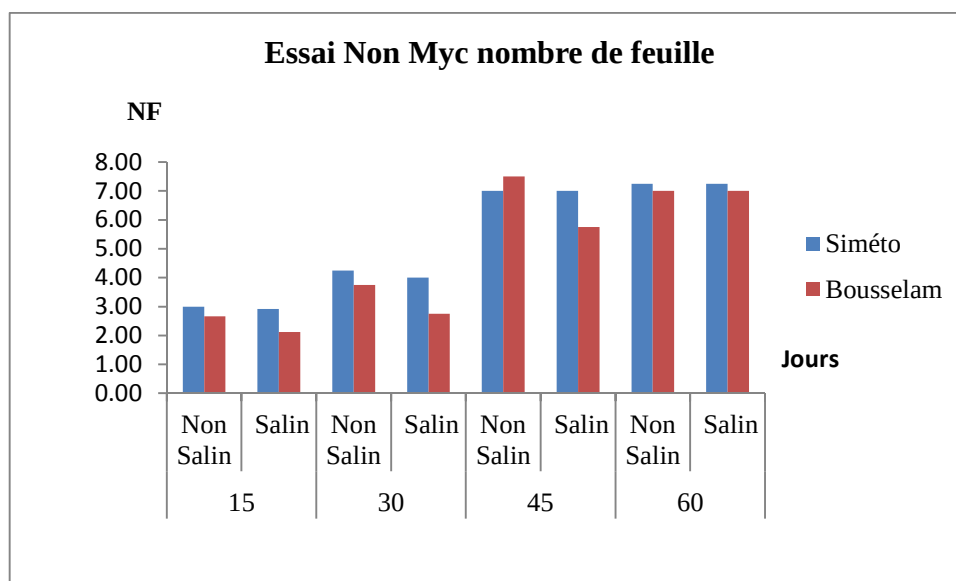


Figure 17: effet de la salinité sur le nombre de feuilles en absence de l'inoculum mycorhizien.

Dans l'essai non mycorhizé, le nombre moyen de feuilles augmente significativement au cours des stades pour les deux variétés étudiées pour atteindre à la fin de l'essai 7,25 pour Siméto et 7 pour Bousselam dans les deux conditions de salinité.

I.2.Surface du couvert végétal :

Les figures N° 18 et 19 présentent l'effet de la salinité sur l'évolution de la surface du couvert végétal chez les variétés étudiées en conditions de mycorhization et de non mycorhization.

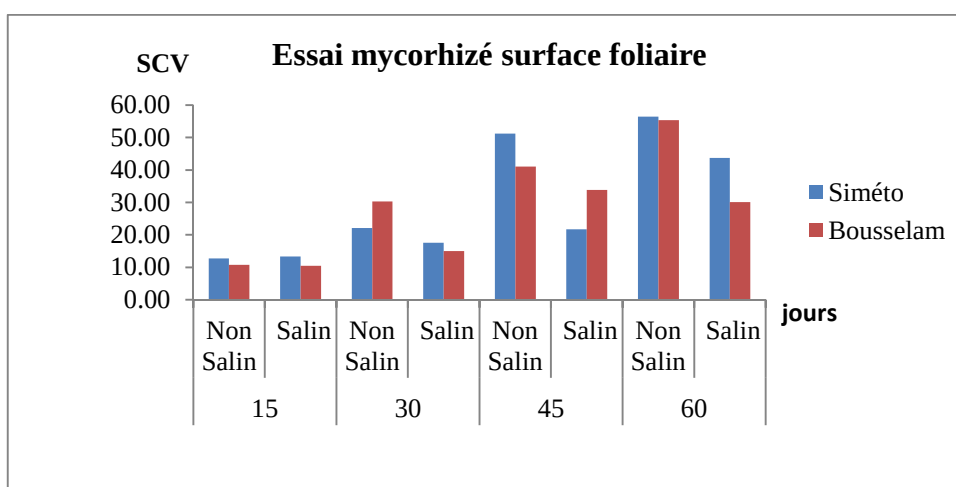


Figure 18 : effet de la salinité sur la surface du couvert végétal en présence de l'inoculum mycorhizien.

Dans l'essai mycorhizé, la figure 19 montre une augmentation très hautement significative du couvert végétal en fonction des stades étudiés ($p \leq 0,00036$) pour atteindre à la fin du dernier stade une moyenne de $55,87\text{cm}^2$ au niveau de l'essai témoin et $41,5\text{ cm}^2$ en conditions de stress salin; L'effet salinité apparaît au stade S2 où nous observons une réduction de 37,67% de la surface du couvert végétal, et se prononce encore de même au niveau des stades suivants avec une réduction respective de 39,79% et 34,03% du couvert végétal montrant ainsi un effet salinité très hautement significatif ($p \leq 0,00155$)

Au dernier stade du suivie de l'essai ; les deux variétés ont présenté la même surface du couvert végétal en conditions témoin, mais en conditions de stress salin, la variété Siméto a présenté la surface du couvert végétal la plus élevée et elle accusé la réduction la plus faible comparativement à la variété Bousselam.

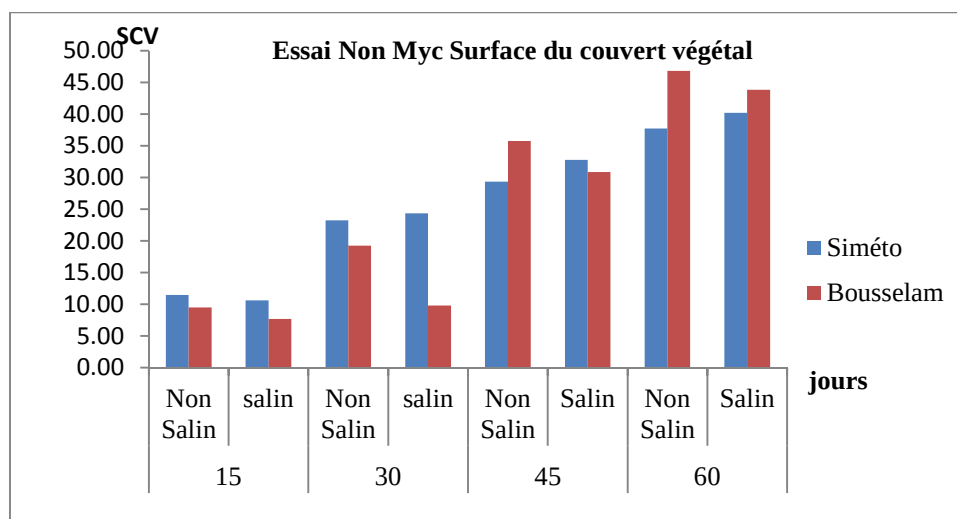


Figure 19 : effet de la salinité sur la surface du couvert végétal en absence de l'inoculum mycorhizien.

Dans l'essai non mycorhizé, la figure 20 montre de même que dans l'essai mycorhizé une augmentation très hautement significative de la surface du couvert végétal en fonction des stades, pour atteindre à la fin du dernier stade une moyenne de $46,85\text{cm}^2$ au niveau de l'essai témoin et $42,03\text{cm}^2$ en conditions de stress salin. De même l'effet salinité apparaît au stade S2 où nous observons une réduction de 19,52% de la surface du couvert végétal, mais de façon moindre au niveau des stades suivants avec une réduction respective de 7,51% et 0,63% du couvert végétal montrant ainsi un effet salinité à peine significatif ($p \leq 0,00155$).

Au dernier stade de suivie de l'essai ; les deux variétés ont présenté des surfaces du couvert végétal différentes dans les deux traitements, la variété Bousselam à présenté la surface du couvert végétal la plus élevée comparativement à la variété Siméto.

I .3.La hauteur des plants :

Les figures N° 20 te 21 présentent l'effet de la salinité sur l'évolution de la hauteur du plant chez les variétés étudiées en conditions de mycorhization et de non mycorhization.

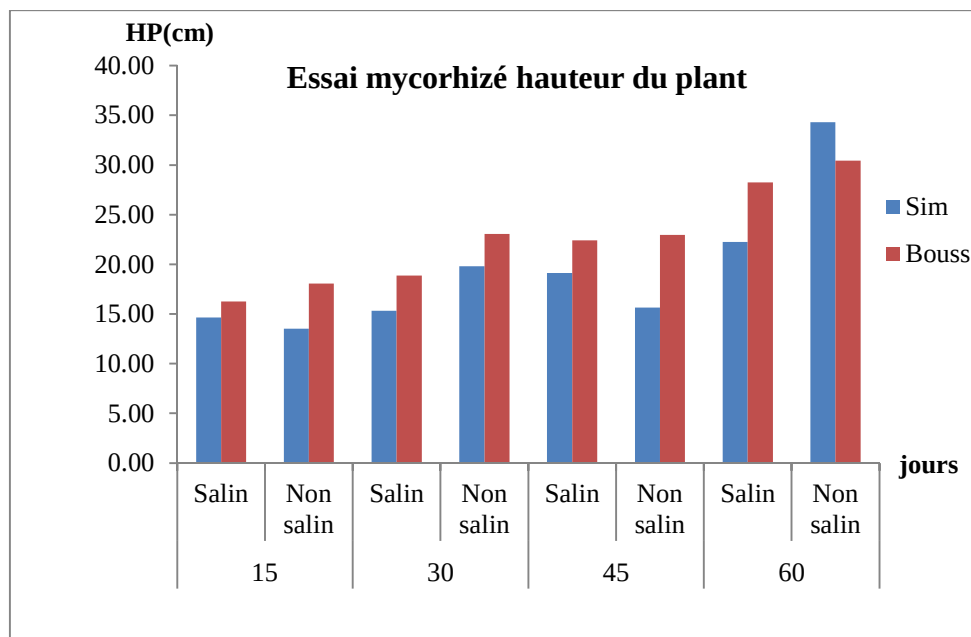


Figure 20 : effet de la salinité sur la hauteur du plant en présence de l'inoculum mycorhizien.

Dans l'essai mycorhizé, la figure 20 montre une augmentation très hautement significative de la hauteur du plant en fonction des stades étudiés ($p \leq 0,00$) pour atteindre à la fin du dernier stade une moyenne de 32,38cm au niveau de l'essai témoin et 25,25cm en conditions de stress salin. L'effet salinité apparait au stade S2 où nous observons une réduction de 20% de la hauteur du plant, et se stabilise ainsi autour d'une valeur de 21,78% durant les stades suivants montrant ainsi un effet salinité non significatif ($p \leq 0,71024$)

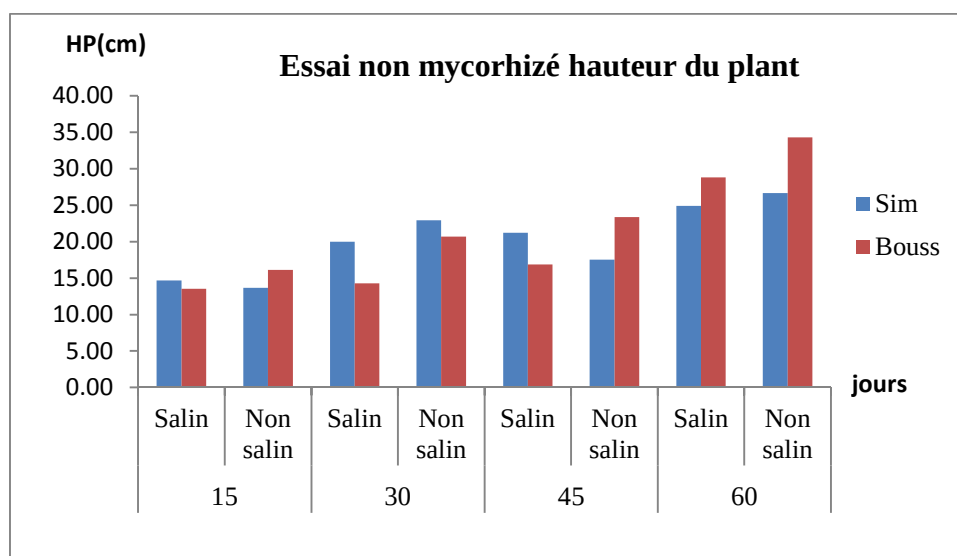


Figure 21: effet de la salinité sur la hauteur de plant en absence de l'inoculum mycorhizien.

Dans l'essai non mycorhizé, la figure 21 montre de même que dans l'essai mycorhizé une augmentation très hautement significative de la hauteur du plant en fonction des stades, pour atteindre à la fin du dernier stade une moyenne de 30,49cm au niveau de l'essai témoin et 26,88cm en conditions de stress salin. De même l'effet salinité apparait au stade S2 où nous observons une réduction de 19,85% de la hauteur du plant, mais cette réduction diminue au fur et à mesure durant les stades suivant pour atteindre une valeur de 11,84% au stade S4 du couvert végétal montrant ainsi un effet salinité non significatif ($p \leq 0,0714$).

Au dernier stade de suivie de l'essai ; les deux variétés ont présenté des hauteurs du plant différentes dans les deux traitements, la variété Bousselam a présenté la hauteur du plant la plus élevée dans les deux traitements comparativement à la variété Siméto.

II.Effets de la salinité sur les paramètres physiologiques :

II.1.La teneur relative en eau (TRE %) :

Les figures N° 22 et 23 présentent l'effet de la salinité sur l'évolution de la teneur relative en eau chez les variétés étudiées en conditions de mycorhization et de non mycorhization.

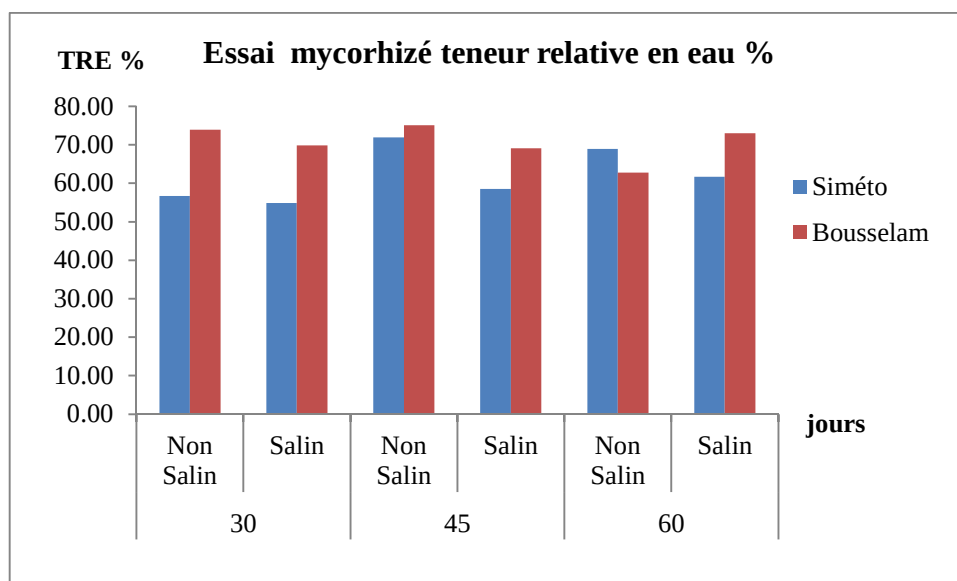


Figure 22 : effet de la salinité sur la teneur relative en eau en présence de l'inoculum mycorhizien.

Dans l'essai mycorhizé, la figure 22 montre une teneur relative en eau plus élevée dans le témoin comparativement au traitement salé, la différence entre les deux traitements est plus prononcée au stade S3 (**73,47% / 63,82%**) mais à la fin de l'essai les TRE s'équilibrent pour donner des valeurs très proches (**65,87% / 67,35%**) c'est ce qui se traduit par un effet salinité à peine significatif ($p \leq 0,024$).

Les deux variétés ont présenté un comportement similaire par rapport à la conduite dans les deux traitements durant les stades étudiés c'est pour cela que l'effet variété ainsi que l'effet interaction stade/ variété / salinité est non significatif ($p \geq 0,05$), cependant la variété Bousselam a présenté la TRE la plus élevée dans la majorité des cas.

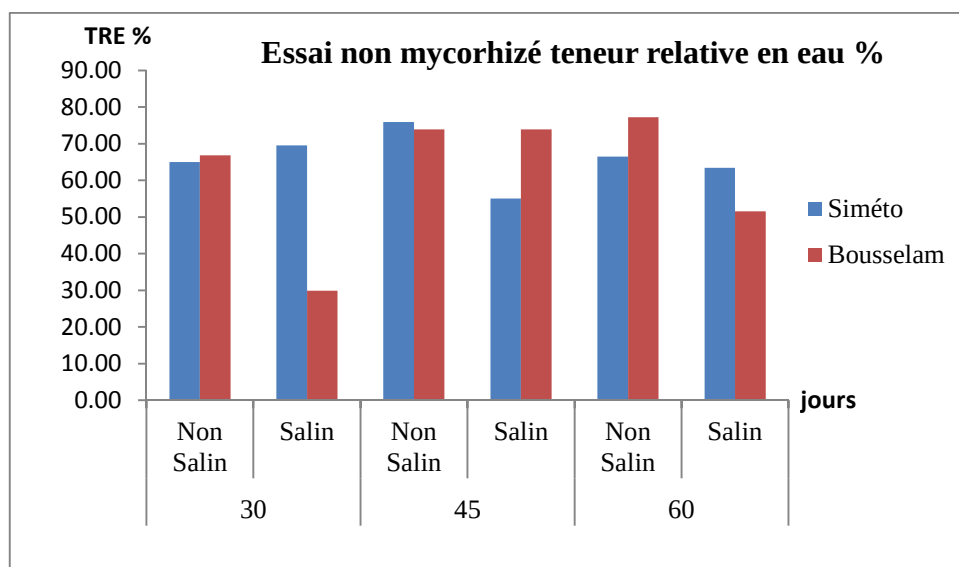


Figure 23: effet de la salinité sur la teneur relative en eau en absence de l'inoculum mycorhizien

Dans l'essai non mycorhizé, la figure 23 montre une différence entre les deux traitements plus prononcée que dans l'essai mycorhizé, la TRE est plus élevée dans le témoin que dans le traitement salé et ce pour tous les stades étudiés, illustrant ainsi un effet salinité plus significatif que dans l'essai mycorhizé.

Les deux variétés ont montré un comportement très variable surtout dans le traitement salé, alors que dans le témoin leurs TRE se rapprochaient dans la majorité de stades.

III-Effet de la mycorhization sur le comportement variétal :

III-1-Caractères morphologiques :

La figure N°24 présente le comportement variétal quand à l'effet de la mycorhization sur l'évolution de la hauteur des plans, le nombre de feuille et la surface de couvrir végétale.

La figure montre que comparativement au traitement non mycorhizé, les deux variétés étudiées ont répondu positivement à l'inoculation pour tous les paramètres morphologiques étudiés au niveau du traitement non salé. Mais dans le traitement salé, nous observons une réaction plus importante à l'inoculum au niveau de la variété locale Boussem qui augmente ses paramètres morphologiques comparativement à la variété italienne Siméto.

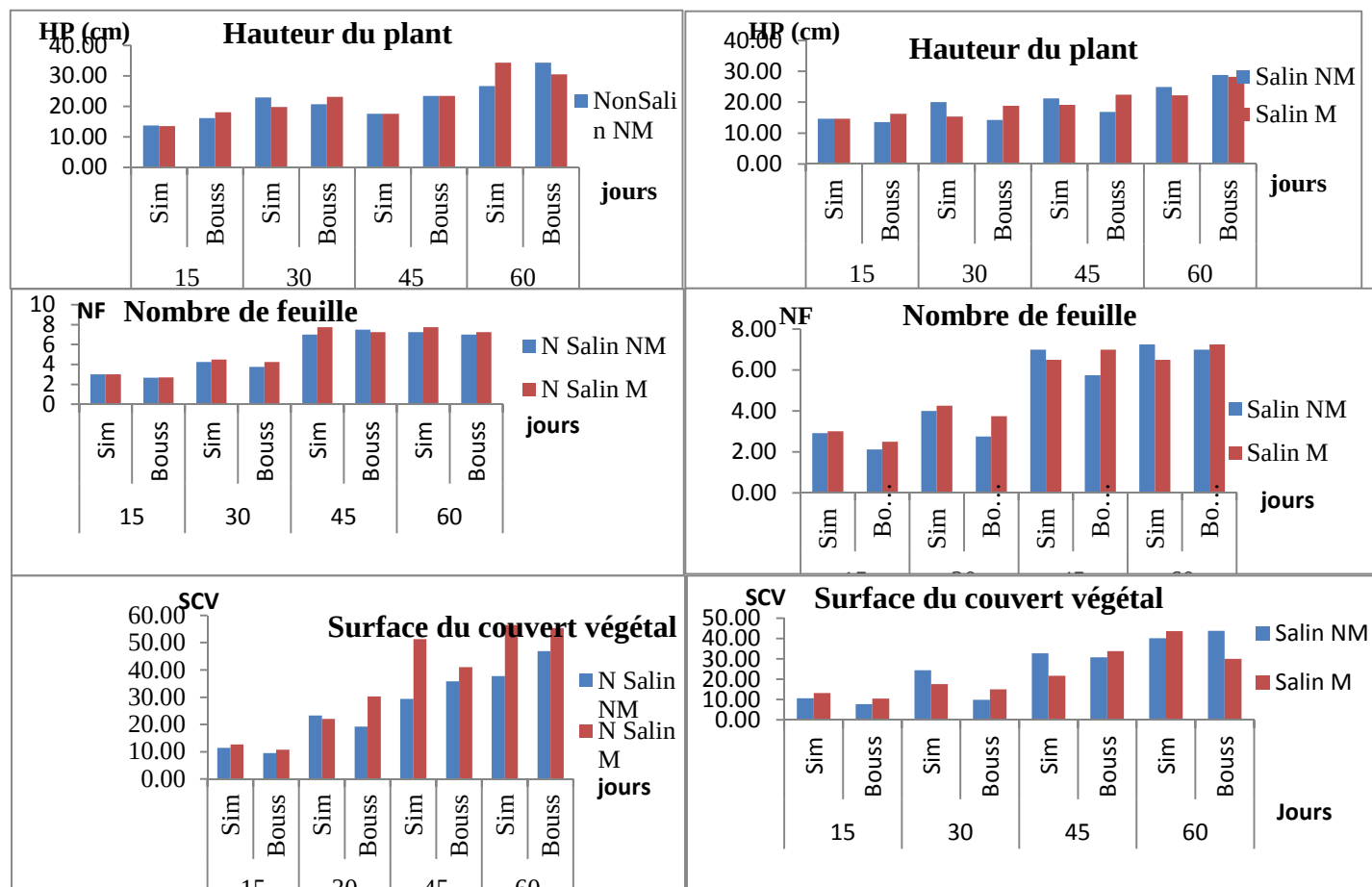


Figure 24 : effet de la mycorhization sur le comportement variétal par rapport aux paramètres morphologiques.

III.2.les caractères physiologiques :

III.2.1.la teneur relative en eau :

La figure N° 25 présente l'effet de la mycorhization sur l'évolution de la teneur relative en eau chez les variétés étudiées.

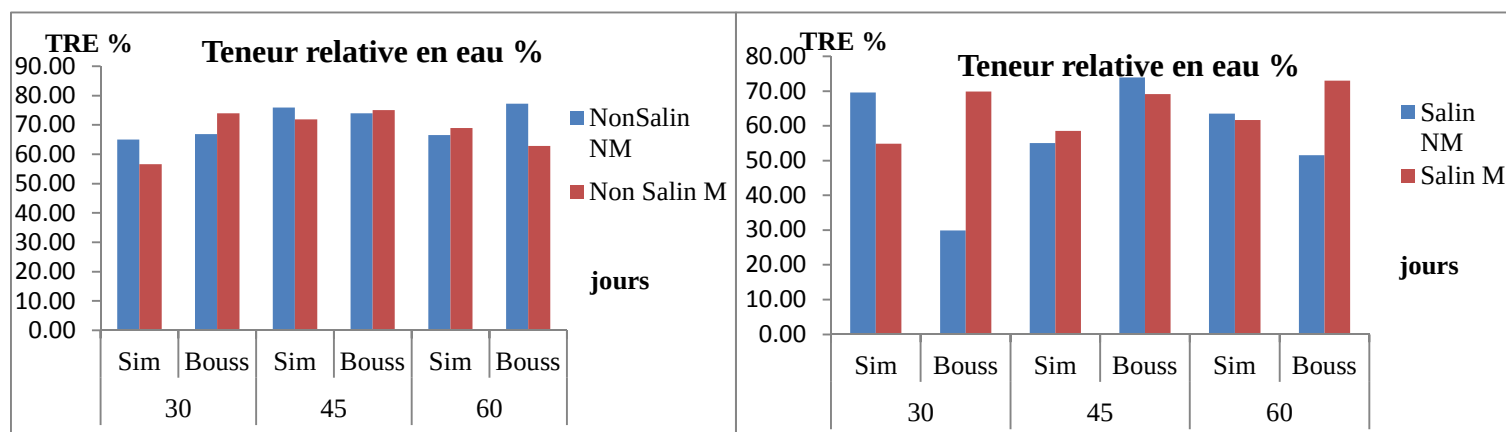


Figure 25: effet de la mycorhization sur le comportement variétal par rapport aux paramètres physiologiques

La figure 25 montre que dans les conditions salées, la variété Bousselam présente une teneur relative en eau dans le traitement inoculé plus élevée que celle de la variété Siméto.

III.2.2.Evaluation du degré de mycorhization :

Les figures N° 26 présentent l'effet de la salinité sur l'évolution du degré de mycorhization chez les variétés étudiées.

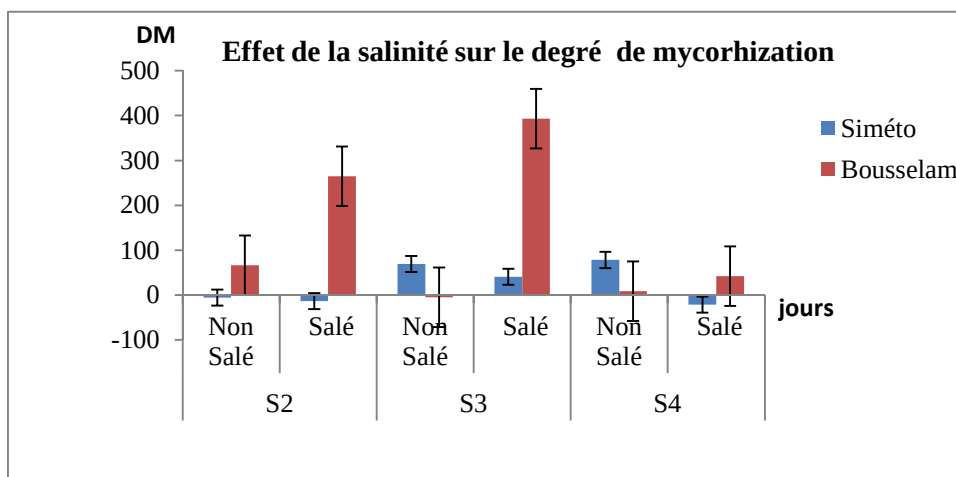


Figure 26: effet de la salinité sur le degré de mycorhization.

Le degré de mycorhization est calculé sur la base du gain de la matière sèche en présence d'inoculum, il démontre le degré de dépendance mycorhizienne chez les variétés étudiées.

La figure 26 montre qu'en conditions salées le degré de mycorhization est plus important chez la variété Bousselam comparativement à la variété Siméto. La figure illustre également une augmentation très importante du degré de mycorhization chez la variété Bousselam durant les stades S2 et S3 (30 et 45j) et une diminution durant le stade S4(60j).

Discussion :

Les stress abiotiques sont responsables de la perte de rendement dans les écosystèmes naturels et agricoles.

La présence de sels solubles en forte concentration dans le sol, affecte les paramètres morphologiques et physiologiques de la plante (Vincent, 2006 ; bajjim et al. 1998).

L'application d'une contrainte saline par arrosage avec une solution de 8g/l de NaCl sur une culture en pots de deux variétés de blé dur Bousselam et Siméto, en présence ou en absence

d'un inoculum mycorhizien naturel a permis d'évaluer l'impact du stress salin sur plusieurs paramètres morphologiques, physiologiques.

Concernant les paramètres morphologiques, il est noté que malgré une légère apparition de l'effet de la salinité au stade 2, ce dernier n'a pas interrompu l'apparition des feuilles et l'élongation des plants (hauteur) en présence ou en absence de l'inoculum mycorhizien ; pourtant les travaux de Menens et Rawson, 1999 et Maas et Poss, 1989 signalent que la salinité retarde le développement des feuilles et pousse la plante vers la maturité.

La réponse à l'effet d'un inoculum mycorhizien dépend de la sévérité du stress salin, la concentration de 8g /l a provoqué une CE de 162 dS m⁻¹ ne montre pas un effet sévère du stress salin.

Aliasgharzadeh et al. (2001) ont observé que dans les plaines fortement salées de la Tabriz avec une conductivité électrique (CE) de 162 dS m⁻¹] les espèce le plus prédominante de AMF étaient Glomus intraradices , G. versiform et G. etunicatum .

La caractérisation de l'inoculum utilisé dans notre expérimentation montre qu'il possède une grande diversité biologique (8 genres) et 31 morphotypes sans pour autant déceler la présence des espèces citées ci-dessus.

les résultats de Munns et al ., 1994 ; et ceux de Rasool et al., 2013 ainsi que Soliman et al., 2014 ; Ly et al., 2014) signalent que la salinité est l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance et la productivité des plantes .

Les résultats de notre expérimentation montrent un effet positif de l'inoculum mycorhizien sur la surface du couvert végétal dans le traitement témoin mais pas au niveau du traitement salé. Donc l'inoculation améliore la surface du couvert végétal dans les conditions normales mais elle n'a pas d'effet sous la contrainte saline, cela confirme

Les endomycorhizes à arbuscules AMF sont connus pour leur effet sur l'amélioration de la croissance des plantes et de la tolérance à la salinité par de nombreux chercheurs ; car ils favorisent la tolérance à la salinité en utilisant divers mécanismes , tels que l'amélioration de l'acquisition des éléments nutritifs (Al- Karaki et Al- Raddad , 1997) , la production d'hormones de croissance des plantes , l'amélioration de la rhizosphère et les conditions du sol (Lindermann , 1994) , ainsi que la modification des propriétés physiologiques et biochimiques de l'hôte (Smith and Read , 1995)

Concernant les paramètres physiologiques, la teneur relative en eau est le seul paramètre qui a été amélioré par l'inoculation mycorhizienne sous l'effet de la salinité, puisque nous enregistrons pratiquement la même teneur relative en eau dans les deux traitements stressé et non stressé.

AMF peut améliorer les processus physiologiques de la plante hôte tels que la capacité d'absorption hydrique en augmentant la conductivité hydraulique racine et l'ajustement favorablement de l'équilibre osmotique et la composition des hydrates de carbone

Cela peut conduire à une augmentation de la croissance et la dilution subséquente de l'effet d'ions toxiques (Heikham et al 2009).

Concernons le degré de mycorhization nous constatons que la variété Bousselam est plus mycotrophe que la variété Siméto surtout en présence de stress ; le degré de dépendance mycorhizienne des plantes (Plenchette et al., 1983; van der Heijden et al., 1998b) permet à une plante mycotrophe d'accéder aux nutriments car les CMA vont ainsi promouvoir la co-existence entre cette plante et une autre plus compétitive (Moora & Zobel, 1996).

Conclusion

La salinisation des ressources en sols est un problème majeur, de ce fait le développement des variétés tolérantes constitue une solution durable pour l'extension de la céréaliculture ; mais l'utilisation des biofertilisants à base de mycorhizes peuvent être un remède face à l'appauvrissement de nos sols et la chute de leur fertilité. L'importance de ces micro-organismes prend naissance de leurs capacités à augmenter l'absorption de l'eau et des éléments minéraux présents dans le sol par les plantes et d'améliorer leur adaptation à aux stress environnementaux.

Dans cette étude nous avons évalué l'effet de l'apport d'un inoculum mycorhization naturel sur la tolérance au stress salin de deux variétés de *Triticum durum* (Bousselam et Siméto) durant 4 stades (15, 30, 45 et 60 jours) en culture en pots.

Les observations ont montré l'effet positif de l'inoculum mycorhizien sur la teneur relative en eau des plantes en conditions de stress salin d'où le maintien d'un équilibre dans la turgescence des plants entre le traitement témoin et stressé, mais cet effet ne s'est pas répercuté sur l'évolution du couvert végétal ni sur la hauteur des plants ou sur le nombre de feuilles.

Le comportement variétal contrasté a montré l'effet positif de l'inoculum sur le poids sec uniquement chez la variété algérienne Bousselam qui a présenté une interaction très élevée avec l'inoculum mycorhizien surtout en conditions de stress traduit par un degré de dépendance mycorhizienne très élevé ce qui reflète une bonne mycotrophie pour la variété concernée mais qui doit être vérifié à travers la quantification des capacités de mycorhization racinaires .

Aujourd'hui le défi est de véhiculer une image valorisant l'application de ces inoculants mycorhiziens à travers l'étude de leurs intérêts sur la productivité pour substituer l'usage des intrants chimiques agricoles.

Tableau 1. Effet de la salinité sur la hauteur du plant et la teneur relative en eau

stade	Variétés	Salinité	Mycorhization	HP	TRE %
S2	Siméto	Non Salé	N Myc	22,93	65,03
			Myc	19,80	56,67
		Salé	N Myc	20,00	69,55
			Myc	15,33	54,85
	Bousselam	Non Salé	N Myc	20,68	66,83
			Myc	23,08	73,92
		Salé	N Myc	14,28	29,90
			Myc	18,88	69,88
S3	Siméto	Non Salé	N Myc	17,53	75,93
			Myc	15,65	71,90
		Salé	N Myc	21,23	55,06
			Myc	19,13	58,54
	Bousselam	Non Salé	N Myc	23,38	73,91
			Myc	22,95	75,05
		Salé	N Myc	16,88	73,94
			Myc	22,40	69,09
S4	Siméto	Non Salé	N Myc	26,68	66,51
			Myc	34,30	68,92
		Salé	N Myc	24,93	63,47
			Myc	22,25	61,70
	Bousselam	Non Salé	N Myc	34,30	77,23
			Myc	30,45	62,82
		Salé	N Myc	28,83	51,52
			Myc	28,25	72,98

Tableau 2 : Evaluation du degré de mycorhization

stade	Variétés	Salinité	DM %
S2	Siméto	Non Salé	-5,67
		Salé	-13,437
	Bousselam	Non Salé	66,163
		Salé	265
S3	Siméto	Non Salé	69,394
		Salé	40,562
	Bousselam	Non Salé	-4,928
		Salé	393,217
S4	Siméto	Non Salé	78,143
		Salé	-21,565
	Bousselam	Non Salé	8,54
		Salé	42,129

Tableau 3 : Effet de la salinité sur le nombre de feuilles et la surface du couvert végétal

stade	Variétés	Salinité	Mycorhization	NF	SCV (surface du couvert végétal)
		Non Salé	N Myc	3	11,47
			Myc	3,00	12,71
	Siméto	Salé	N Myc	2,92	10,61
S1			Myc	3,00	13,27
		Non Salé	N Myc	2,67	9,51
	Bousselam		Myc	2,71	10,78
		Salé	N Myc	2,13	7,70
			Myc	2,50	10,45
		Non Salé	N Myc	4,25	23,28
S2	Siméto		Myc	4,50	22,06
		Salé	N Myc	4,00	24,39
S2			Myc	4,25	17,57
		Non Salé	N Myc	3,75	19,25
	Bousselam		Myc	4,25	30,27
		Salé	N Myc	2,75	9,84
			Myc	3,75	15,01
		Non Salé	N Myc	7,00	29,34
S3	Siméto		Myc	7,75	51,24
		Salé	N Myc	7,00	32,78
			Myc	6,50	21,71
		Non Salé	N Myc	7,50	93,47
	Bousselam		Myc	7,25	41,07
		Salé	N Myc	5,75	30,86
			Myc	7,00	33,88
		Non Salé	N Myc	7,25	37,74
S4	Siméto		Myc	7,75	56,45
		Salé	N Myc	7,25	40,22
			Myc	6,50	43,66
	Bousselam	Non Salé	N Myc	7,00	46,85
			Myc	7,25	55,30
		Salé	N Myc	7,00	43,84
			Myc	7,25	30,06

Tableau 4 : Analyse de variance HP

	S.C.E	DD L	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3663,01	95	38,558				
VAR.FACTEUR 1	1341,376	2	670,688	38,246	0		
VAR.FACTEUR 2	45,651	1	45,651	2,603	0,10693		
VAR.FACTEUR 3	220,828	1	220,828	12,593	0,00081		
VAR.FACTEUR 4	4,252	1	4,252	0,242	0,62953		
VAR.INTER F1*2	73,735	2	36,868	2,102	0,12736		
VAR.INTER F1*3	127,024	2	63,512	3,622	0,03102		
VAR.INTER F1*4	3,052	2	1,526	0,087	0,9163		
VAR.INTER F2*3	16,333	1	16,333	0,931	0,33959		
VAR.INTER F2*4	5,899	1	5,899	0,336	0,57086		
VAR.INTER F3*4	2,532	1	2,532	0,144	0,70646		
VAR.INTER F1*2*3	94,242	2	47,121	2,687	0,07315		
VAR.INTER F1*2*4	128,402	2	64,201	3,661	0,02994		
VAR.INTER F1*3*4	95,15	2	47,575	2,713	0,0714		
VAR.INTER F2*3*4	187,044	1	187,044	10,666	0,00181		
VAR.INT.F1*2*3* 4	54,873	2	27,436	1,565	0,21458		
VAR.RESIDUELL E 1	1262,615	72	17,536			4,188	18,43%

Tableau 5 : analyse de variance TRE							
	S.C.E	DD L	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	30886,8 4	95	325,125				
VAR.FACTEUR 1	425,836	2	212,918	0,727	0,49113		
VAR.FACTEUR 2	91,52	1	91,52	0,312	0,58481		
VAR.FACTEUR 3	1530,74 6	1	1530,74 6	5,226	0,0239		
VAR.FACTEUR 4	212,215	1	212,215	0,725	0,40199		
VAR.INTER F1*2	1365,18 6	2	682,593	2,331	0,10241		
VAR.INTER F1*3	5,291	2	2,646	0,009	0,99		
VAR.INTER F1*4	38,012	2	19,006	0,065	0,93678		
VAR.INTER F2*3	49,654	1	49,654	0,17	0,68455		
VAR.INTER F2*4	474,705	1	474,705	1,621	0,20431		
VAR.INTER F3*4	309,457	1	309,457	1,057	0,30839		
VAR.INTER F1*2*3	823,545	2	411,773	1,406	0,25075		
VAR.INTER F1*2*4	1667,71 9	2	833,859	2,847	0,06301		
VAR.INTER F1*3*4	346,758	2	173,379	0,592	0,5612		
VAR.INTER F2*3*4	1289,61 3	1	1289,61 3	4,403	0,03727		
VAR.INT.F1*2*3* 4	1168,46 1	2	584,231	1,995	0,14125		
VAR.RESIDUELL E 1	21088,1 3	72	292,891			17,114	26,24%

Tableau 6 : Analyse De Variance Dm							
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	874735,4	35	24992,44				
VAR.FACTEUR 1	57373,25	2	28686,63	1,955	0,16174		
VAR.FACTEUR 2	96936,69	1	96936,69	6,606	0,01611		
VAR.FACTEUR 3	61074,19	1	61074,19	4,162	0,05005		
VAR.INTER F1*2	53207,63	2	26603,81	1,813	0,18322		
VAR.INTER F1*3	71879,13	2	35939,56	2,449	0,10592		
VAR.INTER F2*3	147024,8	1	147024,8	10,019	0,00418		
VAR.INTER F1*2*3	35046,53	2	17523,27	1,194	0,32086		
VAR.RESIDUELLE 1	352193,2	24	14674,72			121,139	158,43 %

Tableau 7 : Analyse De Variance Nf							
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	530,632	127	4,178				
VAR.FACTEUR 1	94,209	3	31,403	79,189	0		
VAR.FACTEUR 2	3,337	1	3,337	8,415	0,00467		
VAR.FACTEUR 3	7,834	1	7,834	19,756	0,00004		
VAR.FACTEUR 4	2	1	2	5,044	0,02559		
VAR.INTER F1*2	45,984	3	15,328	38,653	0		
VAR.INTER F1*3	15,487	3	5,162	13,018	0		
VAR.INTER F1*4	161,044	3	53,681	135,369	0		
VAR.INTER F2*3	15,587	1	15,587	39,305	0		
VAR.INTER F2*4	22,501	1	22,501	56,74	0		
VAR.INTER F3*4	0,056	1	0,056	0,14	0,71024		
VAR.INTER F1*2*3	26,436	3	8,812	22,221	0		
VAR.INTER F1*2*4	36,508	3	12,169	30,687	0		

VAR.INTER F1*3*4	19,12	3	6,373	16,071	0		
VAR.INTER F2*3*4	3,445	1	3,445	8,688	0,0041		
VAR.INT.F1*2*3* 4	39,015	3	13,00 5	32,795	0		
VAR.RESIDUELL E 1	38,069	96	0,397			0,63	12,11%

Tableau 8 : Analyse De Variance SF							
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROB A	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	66623,7 8	127	524,597				
VAR.FACTEUR 1	4975,69 1	3	1658,56 4	6,879	0,0003 6		
VAR.FACTEUR 2	1356,44 5	1	1356,44 5	5,626	0,0187 6		
VAR.FACTEUR 3	2610,52	1	2610,52	10,827	0,0015 5		
VAR.FACTEUR 4	5,906	1	5,906	0,024	0,8707 1		
VAR.INTER F1*2	4489,00 4	3	1496,33 5	6,206	0,0007 6		
VAR.INTER F1*3	1343,26 2	3	447,754	1,857	0,1404 1		
VAR.INTER F1*4	11611,6 1	3	3870,53 8	16,052	0		
VAR.INTER F2*3	3599,15 6	1	3599,15 6	14,927	0,0002 8		
VAR.INTER F2*4	0	1	0	0	0,99		
VAR.INTER F3*4	2,383	1	2,383	0,01	0,9178 5		
VAR.INTER F1*2*3	1805,61 7	3	601,872	2,496	0,0633 5		
VAR.INTER F1*2*4	1643,31 6	3	547,772	2,272	0,0837 8		
VAR.INTER F1*3*4	4032,60 5	3	1344,20 2	5,575	0,0015 6		
VAR.INTER F2*3*4	2,98	1	2,98	0,012	0,9079 8		
VAR.INT.F1*2*3* 4	5997,99 6	3	1999,33 2	8,292	0,0000 8		
VAR.RESIDUELL E 1	23147,2 9	96	241,118			15,528	53,05%

.....Références bibliographiques

- Abdelguerfi, 2002** : les zones de développement, bilan des expertises sur la conservation in situ et ex-situ en Algérie. Pp : 146-233.
- **Abdennebi M et Boumeshad M ,2011** : contribution à l'étude des capacités mycorhizogènes de *Triticum durum*, var. Bousselam conduite en zone semi-aride(Sétif) selon deux itinéraires techniques. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie.
- Aboudrare, 2009** : agronomie Durable Principes et pratique, rapport de Formation continu .p 46.
- **Alan Martínez, 2016** : comment faire des mycorhizes maison.
- Alaoui Si Bennasseur, 2011**: Aspects agronomique de l'agriculture de conservation (AC), HTE N° 149/150 - Sept/Déc..P 20-21
- Ali M., Jensen C. R., Mogensen V.O. et Bahrin A .1999**. Drought adaptation of field grown wheat in relation to soil physical conditions. *Plant and Soil* 208: 149-159.
- Allen M, F., Moore T.S., et Christensen M, (1998)**: phytohormone change in *bouteloua gracilis* infected bay vesicular arbuscular mycorrhizae. I. Cytokine increases in the host plant. *Can. J. Bot.* 58, p: 371-374.
- André-Jean Guérin et Thierry Libaert** : le développement durable, avril 2008.
- **Anonyme, (2008) I** : la filière céréales en Algérie, ministère de l'agriculture. (contraintes) .25p.
- **Anonyme, 1999** : **ITGC**, Analyse des contraintes liées à la céréaliculture. Programme de développement de la filière céréale, pp 8-10.
- Augé R.M., et Stodola A.J.W 1990**: an apparent increase in symplastic water contributes to greater turgor in mycorrhizal roots of droughted. Rosa plants. *New phytologist* Marschner 1995.
- Augé R.M, 2001** : water relations, drought and vesicular-arbuscularmycorrhizal symbiosis .PP : 3-42 .
- Azcon-Aguilar C, Plenzula J, Roldan A., Bautista S., Vallejo R., et Barea J.M., 2003**: analysis of the mycorrhizal potential in the rhizosphere of representative plant species from desertification-threatened Mediterranean shrub lands . *Appl Soil Ecol* 14: 165-175.
- Ba A.M., Dalpé Y ., Guissou T., 1996**: les Glomales d'*Acacia holosericea* et d'*Acacia mangium* Bios et Foret des tropiques 250. Pp : 5-18.
- Belkacemi T ., et Bouchakour A., (2015)** : Impact des contrainte saline et thermique sur la germination et la croissance de 2 variétés de blé dur (Bousselam, Siméto) et 2 variétés de blé tendre (Anza, Ain abid).

.....**Références bibliographiques**

- Bernard N., 1904:** le champignon des orchidées, comptes. Rendus de l'Académie des Sciences. Pp 823-830.
- Beyrie H., 1995:** the role of phytohormone in the function and biology of mycorrhizés. PP. 365-390
- **Bonneau M. et Souchier B., (1994) :** pédologie : constituants et propriétés du sol. Ed Masson, 665 p.
- Brownlee C., Duddridge J.A., Malibari A., et Read D.J., 1983:** the structure and function of mycelial systems of ectomycorrhizal roots with special reference to their role in assimilate and water transport. Plant and soil 71. pp: 433-443.
- Chafi A. et Fortas Z., (1999):** les mycorrhizes des plantes des zones arides Algériennes. Université d'Es Sania, Oran. 3p.
- **Chaker A. et Brinis L., 2004.** Effet d'un stress thermique à la chaleur sur quelques traits biochimiques de quelques génotypes de blé dur (*Triticum drums* Desf.). Céréaliculture, N° 42, pp 21-28.
- **Clarck et Mac-Caig. 1982.** Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*. 62: 571-576 p.
- Dalpe Y., Diopt T., Plenchette C., Gueye M., 2000 :** biodiversity of Glomales with soil depth Under *Faidherbia albida* in senegal. *Mycorrhiza* 10. Pp: 125-129.
- Dalpe. Y., 2006 :** Mycorrhizes et bénéfices marginaux programme santé de l'environnement et biodiversité d'agriculture et agroalimentaire. Canada. p 2.
- Davet P.,(1996) :** vie microbienne dans le sol et production végétale. Collection mieux comprendre, I.N.R.A, Paris, 559p.
- Davies F.T., Potter J.R et Liuderman R.G 1992:** Mycorrhiza and repeated drought exposure affect drought resistance and extra radical hyphae development of pepper plants independent of plant size and nutrient content. *Journal of plant physiology* 139.pp 289-294.
- Deuds D., 2004:** l'utilité des mycorrhizes. Extrait du texte des cassettes vidéo et DVD du voyage, été 2004.p 16.
- Diaz G., Azcon-agnilar C., et Honrubia M., 1995:** influence of arbuscular mycorrhizae on heavy metal (Zn and Pb) uptake and grow of *lygeum spartum* and *Anthyllis cytisoides*. *Plant and Soil* 180: pp 241-249.
- Duhoux E. et Nicole M., (2004) :** Biologie végétale : association et interactions chez les plantes Ed. D.U.N.O.D. Paris. 166p.

.....**Références bibliographiques**

- **L.A et Gay G 1992:** isolation and preliminary characterization of 5- Fluoroindole-resistant and IAA- overproducer mutants of the ectomycorrhizal fungus *Hebeloma cylindrosporum* Romagnési New phytologist pp 545-553.
- Durrieux G., (1993) :** Ecologie des champignons. Ed. Masson, Paris. 207p.
- FAO 2012.** Qu'est ce que l'agriculture de conservation ? <http://www.fao.org/ag/ca/fr/1a.html>
- **FeliachiK., 2000 :** Programme de développement de la céréaliculture en Algérie.
- Fitter A.H 1985:** Functioning of vesicular-arbuscular Mycorrhiza under field conditions. New phytologist 99. pp 257-265.
- Frankenberger W.T., et Poth M., 1987:** Biosynthesis on indole-3-acetic acid by the pin ectomycorrhizal fungus, *Pisolithus tinctorius* Applied and Environmental Microbiology, pp: 2908-2913.
- Fuchs J.G et Herisse J.M., 1999 :** Fertilité des sols, les produits biologiques : bien les connaitre, pour mieux les utiliser. P 61.
- Jacob C., 2001 :** Etude des interactions entre métaux lourds et champignons ectomycorrhiziens : mise en évidence de gènes impliqués dans la réponse au cadmium de *paxillus involutus*. Thèse doctorat de l'université de Nancy. 252 p.
- Janos D.P ., 1980 :** mycorrhizae influence tropical succession. Biotropica 12. Pp : 56-54.

- **Hachemi MM., Saidani.,Bouattoura et Ait ameur C., 1979 :** Situation des céréales en Algérie. Céréaliculture, N° 11, pp 7-12.

- Hampp R., Wiese J., Mikolajeski S., Nehls U., 1999:** Biochemical and molecular aspects of C/N interaction in ectomycorrhizal plants: an update Plant and Soil 215. Pp 103-113.
- Hart M.M., Readen R.J. ET Klironomos J.N., 2003:** plant coexistence mediated by arbuscular mycorrhizal fungi. Trends Ecol Evol 18 pp 418-423.
- Gad G .M 1993:** Interaction of fungi with toxic metals. Transley review N°47. New phytologist 124.pp 25-60.
- Gagné S., et MCnicoll H., 2010 :** les inoculants mycorrhiziens : une nouvelle technologie au service de l'agriculture. Journée d'information scientifique sur les grandes cultures0 Québec. P 22.
- Gallaud I ., 1905 :** études sur les mycorhizes endotrophes. revue Générale de Botanique. 548 p.

- **Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé. Tec Doc. Lavoisier. Paris. 429p.

- Gay G., Normand L., Marmeisse R., Sotta B et Debaud J.C 1994: overproduce mutant of *Hebeloma cylindrosporum* Romagnési have increased mycorrhizal activity. New phytologist 128,pp 645-657.
- Gea L., Normand L., Viam B., et Gay G 1994: Structural aspect of ectomycorrhiza of *Pinus pinaster* (Ait) Sol formed by an IAA overproduce mutant of the *Hebeloma cylindrosporum* Romagnési New phytologist 128. Pp 659-670.
- Gerbault S ., 2009: les mycorhizes : outils d'une horticulture et d'une agriculture durable. Revue mensuelle de la société National d'Horticulture de France et de ces sociétés adhérentes N° 597. P : 9.
- Gianinazzi Pearson V., 2005: Molecular changes in *Pisum Sativum* L. Roots during arbuscular Mycorrhiza buffering of cadmium stress. Mycorrhiza 16. Pp 51-60.
- Girard M.C., Waller C., Remy J.C., Berdelin J., Morel J. L., (2005): sols et environnement. Ed. Dunod, Paris, 816p.
- Gobat J. M., Argo M. Matthey W ., (1998): le sol vivant bases de pédologie, biologie des sols. Ed, Presses polytechniques et universitaires Romandes. Lausanne. 519p.
- Goss R.W., 1960: Mycorrhiza of ponderosa pine in Nebraska grasslands soils. University of Nebraska Agricultural Experiment station, Research Bulletin No 192.Nebraska, USA. p 47.
- Gribis D ., et Rihani S.,(2009) :Contribution à l'étude de symbioses mycorhiziennes chez quatre variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et deux variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en plein champ dans une zone semi aride. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie.
- Guerfi A ., Lounes Y., 2010 : contribution à l'étude du comportement agronomique de 27 nouvelles variétés de blé dur en vue de leur inscription au catalogue officiel national.
- Lamhamedi M.S et Fortin J.A 1991: Genetic variations of ectomycorrhizal fungi: extrametrical phase of *Pisolithus* sp Canadian Journal of botany 69. Pp 1927-1934.
- Lanier L., Joly P., Boudaux P. et Bellemere A., (1996) : Mycologie et pathologie forestière. Tom2. Paris, 498p.
- Leakej R., 1994: the biology of myco-heterotrophic "Saprophytic" plants. New phytologist. Pp: 171-216.
- Liaho O., 1965: further studies on the ectendotrophic Mycorrhiza. Acta Forestation fennica. Pp: 1-35.

.....**Références bibliographiques**

- **Matin M. A, Brown J. H. et Ferguson H (1989)** Leaf water potential, relative water content, and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. *Agronomy Journal* 81: 100-105.

- Maunoury A., 2010** : l'impact négatif des pesticides sur la nutrition des plantes l'exemple de la bouillie bordelaise. 7-p.
- Melin E ., 1923**: experimentelle Untersuchungen uben clie Konstitution und Okologie der Mycorrhizen van Pinus Sylvestrisl und Picea abiles (l.) Karst. *Mycologische Untersuchungen und Berichte*. Pp : 73-331.
- Mikola P., 1965**: Studies on ectendotrophic Mycorrhiza of pine *Acta Forestation Fermica*. Pp: 1-56.
- **Rachedi MF., 2003** : Les céréales en Algérie : problématique et option de réforme. *Céréaliculture*. N° 38, pp 6-9.
- Read D. ., 1991**: Mycorrhiza in ecosystems. *Exprimmentation* 47. Pp: 376-391.
- Rougemont M., 2007**: les mycorrhizes et l'olivier. Effet sur le développement des plantes en pépinière et en verger. P 9.
- Scannerini S ., et Boufante-Fasolo P., 1982** : données actuelles sur la cytologie des mycorrhizes. INRA, Paris. P 25-39.
- Schubler A., Schwarzo H.D., Walker L., 2001**: a new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105. Pp: 1413-1421.

- **Serries H. 1992**. Agro-physiological consequences of a divergent selection based on foliar desiccation in sunflower. In: *Physiology-breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environements*. Eds. Acevedo E.; Conese E.; Monneveux P. and Srivastava J.P., INRAF.lescoloques 55:211-225.

- Shetty K.G., Hertick B., Figg D., et Schwab A.P., 1994**: Effects of mycorrhizae and other soil microbes on revegetation of heavy metal contaminated mine spoil *Environmental Pollution* 86.pp 181-188.
- Slan Kis V., 1973**: Hormonal relationship in mycorrhizal development. Dans 'Ectomycorrhizae' édité par Marks G.C et Kozlowski T.T. *Academie Press New York. USA*.
- Smith SE., Read DJ., 1997** : *Mycorrhizal Symbiosis* 2nd edition. *Academic Press San Diego*. 605 p.

.....**Références bibliographiques**

- Strullu D.G., (1982)** : l'association mycorhizienne. Techniques et documentation, Lavoisier, Paris. P : 344-360.
- Strullu D.G., (1991)** : les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. Techniques et documentation, Lavoisier, Paris. 250p.
- Sylvia D.M 1986:** spatial and temporal distribution of vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Uniola paniculata* in Florida foredunes. Mycologia. pp. pp 728-734.
- Trepanier M., (1998)** : Effets des champignons endomycorhiziens sur le bouturage et la croissance des plantes ligneuses ornementales. Mémoire pour l'obtention du grade de maître et sciences (M.Sc) , faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, université Laval, 73 p.
- Van der Heijden M.G.A. Klironomos J.N., Ursic M., Moutoglis P.R., Streitwolf Engel R., Boller T., Wiemken A et Sanders I.R 1998:** Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity ecosystem variability and productivity nature 396- pp 69-72.
- Walker C U., 1979:** complexipis moniliformis: a new genus and species tentatively placed in Endogonaceae. Mycotaxon. Pp: 99-104.
- Wang CJK et Wilcox HE., 1985:** new species of ectomycorrhizal and pseudomycorrhizal fungi: *phialophora finlandii*, *chloridium paucisporum*, and *phialocephala fortinii*. Mycologia. Pp: 951-958.

Résumé :

Le blé dur est considéré comme une culture stratégique en Algérie. Toutefois, la croissance de cette culture et l'amélioration de son rendement sont limitées par la salinité des sols et des eaux d'irrigation.

Notre étude s'intègre dans le cadre d'une expérimentation qui vise à évaluer le comportement de la partie aérienne de deux variétés de blé dur (Bousselam et Siméto) conduite en stress salin avec l'apport d'un inoculum mycorhizien naturel.

Les observations ont porté sur l'effet de 4 traitements (salé mycorhizé, salé non mycorhizé, et témoin mycorhizé et témoin non mycorhizé) sur les paramètres morphologiques et physiologiques suivants : le nombre de feuille, la hauteur de plant, la surface du couvert végétale, la teneur relative en eau et le degré de mycorhization. Les résultats ont montré que l'inoculum mycorhizien a diminué l'impacte du stress salin sur la teneur relative en eau (TRE) des feuilles ce qui agit favorablement sur la turgescence de la plante ; il également permis d'augmenter la surface du couvert végétal au niveau de l'essai témoin.

Par ailleurs, la tolérance des deux variétés étudiées n'a pas permis d'exprimer un effet prononcé du stress salin sur leur comportement mais elle a donné une information sur leur dépendance mycorhizienne, la variété algérienne Bousselam est apparue comme étant une variété fortement dépendante de l'interaction mycorhizienne contrairement la variété italienne Siméto qui a une faible interaction mycorhizienne.

Summary :

Durum wheat is considered a strategic culture in Algeria. However, the growth of this culture and improving its performance limited by soil salinity and irrigation water.

Our study forms part of an experiment designed to assess the behavior of the aerial part of two varieties of durum wheat (Bousselam and simeto) driving salt stress with the addition of a natural mycorrhizal inoculum.

The comments focused on the effect of 4 treatments (mycorrhizal salty, salty non mycorrhizal and mycorrhizal witness and non mycorrhizal control) on the following morphological and physiological parameters: the number of leaves, plant height, the surface of the plant cover, the relative water content and the degree of mycorrhiza.

The results showed that the mycorrhizal inoculum decreased the impact of salt stress on the relative water content (TRE) leaves which acts favorably on the turgor of the plant; it also helped to increase the area of vegetation cover at the control test.

Furthermore, the tolerance of the two varieties studied did not express a pronounced effect of salt stress on their behavior but she gave information on their mycorrhizal dependency, the Algerian variety Bousselam has appeared as a variety of highly dependent mycorrhizal interaction unlike the Italian Simeto variety that has a low mycorrhizal interaction.