UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES

Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques
«Biotechnologie et Valorisation des PhytoRessources»

Réalisation de mesures agro-physiologiques en relation avec la fertilité du sol et la mycorhization arbusculaire

Présenté par : ADMANT Fedoua

Encadré par : Dr R. RAZOUK
Pr K. AMRANI JOUTEI
Co-encadré par : Mlle F.Z MAMOUNI

Soutenu le : 15/06/2014
Devant le jury composé de :

- Dr R. RAZOUK : INRA, MEKNES
- Pr K. AMRANI JOUTEI : FST, FES
- Mme K. MIKOU : FST, FES

Année universitaire
2014/2015

Dédicace

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie mon travail :

A ma chère famille : en témoignage de mon affection et de ma reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi .Aujourd'hui, je dépose entre vos mains le fruit de votre patience et de votre sacrifice.

Et mes formateurs : veuillez trouver dans ce travail, l'expression de mes profondes reconnaissances et ma grande estime.

A tous mes ami(e)s : pour votre soutien moral, veuillez trouver ici l'expression de mon grand amour et sincère amitié.

Merci

Remerciement

Je remercie DIEU le tout puissant qui a éclairci ma voie par le savoir, et qui m'a armée par la foi et par la patience pour que je sois compétente dans mon travail.

Avant de présenter mon rapport de stage, je tiens à remercier tous ceux qui, de prés ou de loin, ont contribué à sa réalisation .Ce travail est l'agréât des résultats de la formation à la **faculté de science technique Fès** en ce sens que c'est grâce aux connaissances acquises durant cette année de formation que j'avais pu réaliser ce travail.

A cet effet, le minimum de justice impose que l'apport de chacun des acteurs soit reconnu ne serait-ce que par les remerciements :

J'adresse mes remerciements les plus sincères à ***Pr Khalid AMRANI JOUTEI*** , professeur d'enseignement supérieur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, pour l'aide qu'il m'a toujours accordée, pour son encadrement, pour sa disponibilité et ses conseils fructueux qu'il m'a prodigué au cours de mon stage.

Je tiens de remercier tout le personnel de l'INRA notamment ***Mr Rachid RAZOUQ*** qui a bien voulu m'accepter pour passer ce stage dans le laboratoire d'Agronomie et Physiologie Végétale de l'Institut National de Recherche Agronomique de Meknès, et d'encadrer ce travail, je vous remercie pour la confiance et la compréhention que vous m'avez toujours manifestés à mon égard.

J'adresse mes vifs remerciements à ***Dr. Abdellah KAJJI*** coordinateur de l'Unité de Recherche Agronomie et Physiologie Végétale (URAPV), je le remercie d'abord pour ses qualités humaines, et pour l'attention qu'il m'a accordée à la direction.

Mes vifs remerciements les plus chaleureux s'adressent également à la doctorante ***Mlle famtima zahra*** de m'avoir initiée, accompagnée, permis de réaliser ce travail, pour la collaboration précieuse et l'aide très utile, et ***Mr Elhosain OYCHOU*** pour m'avoir aidé à me familiariser avec le matériel et les différentes techniques utilisées dans le laboratoire. Ils n'ont nullement hésité à me faire profiter de leurs expériences et de leurs savoir-faire.

Je présente mes sincères remerciements à tous nos enseignants de la FSTF.

Mon profond remerciement pour les membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce travail.

Liste des abréviations

CA	Coques d'Amande
DC	Déchets de Crevette
DO	Déchets Organiques
EC	Engrais chimique
EPT	Epluchures de pomme de terre
ETC	Evapotranspiration calculé de la culture
INRA	Institut National de Recherche Agronomique
K	Potassium
MO	Matière Organique
N	Azote
OOC	Carbone Organique Oxydé
P	Phosphore
SC	Solution de Coloration
SE	Solution d'Extraction
SPC	Solution de Préparation de Coloration
TOC	Carbone Organique Oxydé

Sommaire

Dédicace

Remerciements

Liste des abréviations

Introduction générale…….....1

Généralités sur l'INRA……..……2

1. Missions & objectifs……..2
2. Organigramme……...2
3. Moyens……...3

Chapitre I : Revue bibliographique……4

Partie I : Valorisation des déchets organiques…….....4

1. Généralités ……4
2. Déchets organiques au Maroc……4
3. Utilisations des déchets organiques……...5
4. Choix des déchets alimentaires ……5

Partie II : Mycorhization……5

1. Historique & définitions……5
2. Importance des mycorhizes……6
3. Procédés d'implantation des mycorhizes dans la culture……8

3.1/ Plante à mycorhizes……...8

3.2/ Conditions d'implantation……8

Chapitre II : Matériel et Méthodes……9

Effet de déchets organiques sur la fertilité du sol……9

1. Préparation des échantillons de déchets……9
2. Analyses physico-chimiques des déchets……9
3. Mise en culture du blé tendre……10
4. Analyses effectués du sol……..……..……...11

a) Teneur en potassium……11
b) Teneur en phosphore……12
c) Teneur du sol en matière organique……..12
d) Analyse de pH……...13

Effet de la mycorhization sur certains paramètres physiologiques de Pêcher sous contrainte hydrique……...….13

1. Prélèvement des feuilles……14
2. Dosage des acides aminés…….15

Chapitre III : Résultats et Discussions……..16

I. Influence des déchets organiques sur quelques paramètres physico-chimiques du blé……16
1. Teneur en potassium…….16
2. Teneur en matière organique…….17
3. pH……..17
4. Phosphore……..18
II. Influence de la mycorhization et du stress hydrique sur la teneur en acides aminés du pêcher…….20
1. Acides aminés totaux……20

Conclusion……22

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction générale

Introduction générale

Une grande partie du secteur des déchets au Maroc fonctionne de manière informelle, en particulier en ce qui concerne le tri, le recyclage et l'élimination des déchets dans des installations incontrôlées.

Des plans sont mis en œuvre au niveau régional et local, la gestion des déchets solides et disposition adoptée en 2006 fixant le statut et le cadre général du secteur au Maroc, tout en tenant compte des différents types de déchets, notamment les déchets en matière plastique et les déchets organiques et dangereux.

Le recyclage agricole fait l'objet d'une réglementation stricte ayant pour objet de préserver la fonctionnalité des sols et de garantir une production agricole saine de qualité.

L'agriculture biologique vit de et avec la fertilité du sol et fournit des récoltes moins abondantes, et s'est developpée en tant que méthodes agricole moderne depuis le début du 20ème sciècle.

En outre, l'agriculture marocaine est de plus en plus soumise à des conditions de sécheresse printanière et estivale provoquant un stress hydrique important et imposant l'adoption d'une irrigation raisonnée. Parmi les techniques de gestion de l'efficience de l'eau en parcelle, l'utilisation de l'irrigation déficitaire associée à la symbiose mycorhizienne à arbuscules constitue une voie prometteuse pour atténuer l'effet du stress hydrique.

Mon projet de fin d'étude consiste d'une part à valoriser les déchets organiques : déchets d'éplechures de pomme de terre, coques d'amandes et de crevettes, tout en les appliquant sur la culture du blé tendre variété Arrehane, et d'autre part utiliser des mycorhizes qui permettent aux plantes de mieux absorber l'eau et les minéraux du sol et de resister au champignons pathogènes cas du pêcher .

Comme objectifs gobaux de ce travail:

- Connaitre les différentes analyses des paramètres physico-chimiques avec leurs protocoles détaillés ;
- Maitriser l'utilisation des appareils existants au laboratoire.

Et comme objectifs spécifiques :

- Etudier l'effet des déchets organiques sur la fertiliter du sol et la croissance du blé ;
- Contribuer au développement des techniques économes d'eau d'irrigation chez le pêcher une grande efficience d'utilisation de l'eau.

Présentation de Centre Régional de la Recherche Agronomique

المعهد الوطني للبحث الزراعي

Institut National de la Recherche Agronomique

Généralités sur l'INRA

Il s'agit d'une institution de recherche agricole. C'est un établissement public, sous la tutelle du ministère Marocain de l'agriculture et de la pêche maritime. Il comprend des laboratoires de recherche et des fermes expérimentales réparties à travers tout le royaume.

1) MISSIONS & OBJECTIFS

- Procéder aux recherches scientifiques et techniques ayant pour objet le développement de l'agriculture et de l'élevage ;
- Effectuer les études prospectives, en particulier celles qui portent sur le milieu naturel ou qui ont trait à l'amélioration des productions végétales ou animales ;
- Entreprendre, soit de sa propre initiative, soit à la demande des particuliers, des essais sur la culture à améliorer ainsi que sur la production animale et, d'une façon générale, de mener toutes les actions expérimentales à caractères agricoles ou celles concernant la mise au point de procédés de transformation et d'utilisation des produits végétaux et animaux ;
- Assurer, dans le cadre de ses compétences, le contrôle des recherches, études ou travaux effectués par le compte des personnes publiques ;
- Assurer la diffusion de la documentation relative tant a ses propres recherches qu'à celles effectuées à l'étranger ;
- Etudier et déterminer scientifiquement les modalités pratiques de l'application des résultats de ses recherches et, dans ce cadre, de conseiller les organismes de vulgarisation agricole et les agriculteurs ;
- Commercialiser les résultats de ses recherches, études et travaux.

2) ORGANIGRAMME

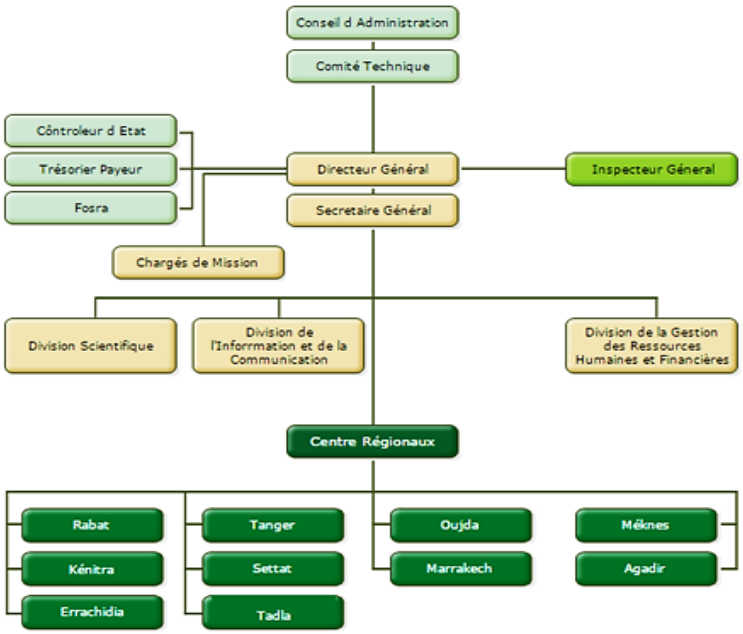

Figure 1 : Organigramme de l'INRA

3) MOYENS

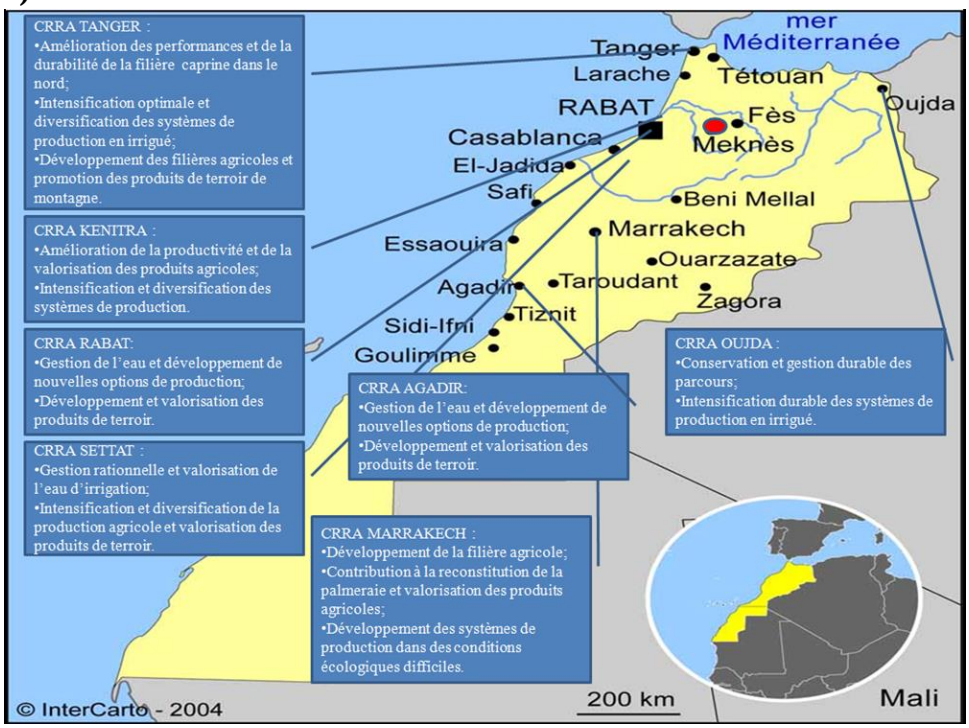

Figure 2 : Quelques centres régionaux de l'INRA.

- **INRA Meknès :**

- **Missions :**

Le Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès couvre la zone d'action des Directions Provinciales d'Agriculture (DPA) de Boulemane, El Hajeb, Fès, Ifrane, Khénifra, Meknès, Taounate, Taza et Sefrou.

Les projets de recherche conduits au niveau du centre s'articulent autour de la :

- Gestion intégrée de l'arboriculture ;
- Intensification durable des grandes cultures ;
- Amélioration et diversification des systèmes de production en zones de montagne du - Moyen Atlas ;
- Conservation des ressources naturelles, protection de l'environnement et biodiversité.

- **Unités de recherche**

a. Agronomie et Physiologie Végétale
b. Protection des Plantes
c. Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phylogénétiques
d. Gestion durable des Ressources Naturelles

Chapitre I : Revue bibliographique

Chapitre I : Revue bibliographique

Partie I : Valorisation des déchets organiques

1) GENERALITES

Les déchets sont de la matière abandonnée, considérée comme inutilisable et sans valeur, voire à valeur négative, par une société, dans un contexte donné et à une période bien déterminée de sa marche évolutive. Or, la matière étant elle-même source de matière, celle constitutive des déchets, composée de molécules complexes et organisées, représente-t-elle a priori une ressource potentiellement valorisable (Chauvin 2004).

Les déchets organiques, d'après Chauvin (2004), représentent l'ensemble des résidus ou sous-produits générés par l'agriculture, les industries agroalimentaires ou les collectivités. Ils sont composés de matière organique non synthétique caractérisée par la présence d'atomes de carbone issus d'organismes vivants, végétaux ou animaux.

2) DECHETS ORGANIQUES AU MAROC

La croissance démographique pose de nombreux défis, entre autres, l'augmentation de la demande en nourriture, ce qui engendre l'accroissement de la quantité des déchets rejetés surtout en milieu urbain.

Le Maroc génère un volume de 18.772 tonnes/jour de déchets ménagers, répartis entre déchets organiques (65 %), plastiques (10%), papiers et cartons (10%), métaux (4%) et verres (3%) (Perkins N. *et al.*, 2014) (Figure 2).

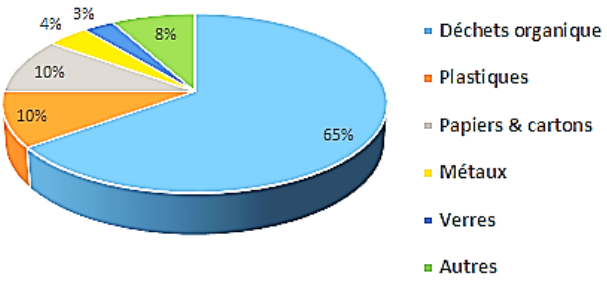

Figure 2 : Déchets organiques au Maroc (Perkins N *et al.*, 2014)

Le pourcentage élevé des déchets organiques impose une gestion efficiente, leur valorisation et leur réutilisation dans différents domaines notamment le domaine agricole.

3) UTILISATIONS DES DECHETS ORGANIQUES

Ces déchets sont générés par des activités ménagères, agricoles ou agro-industrielles, ils sont souvent majoritairement mis en valeur dans le cadre des activités des exploitations agricoles, à travers des processus de préparation et fertilisation des sols, d'alimentation animale et d'accès à des combustibles traditionnels pour des besoins d'énergie (Joaneson Lacour, 2012).

4) CHOIX DES DECHETS ALIMENTAIRES

La gestion biologique des déchets nécessite de prendre en charge leur fraction organique en privilégiant leur retour au sol sous réserve des principes d'innocuité et d'efficacité agronomique, certains déchets urbains et industriels peuvent être valorisés en agriculture comme les épluchures de fruits et légumes, coquilles d'œufs, marc de café avec filtre, thé, pain, coques d'amandes, carapaces de crevettes

Le choix les déchets et résidus organiques se base particulièrement sur leurs potentiels de valorisation de matière et/ou énergie.

De part leur nature, les déchets présentent tous un intérêt agronomique pour nos cultures : éléments fertilisants, apport hydrique, matières organiques, amendement calcique. Aussi, ces déchets peuvent rentrer dans notre fertilisation en substitution partielle des engrais minéraux (Joaneson Lacour, 2012).

Partie II : Mycorhization

1) HISTORIQUE ET DEFINITIONS

L'existence et la nature de la symbiose mycorhizienne ont été mises en lumière vers la fin du 19e siècle, en Allemagne, par Albert Bernhard Frank et plus tard en France par Noel Bernard démontrant expérimentalement les relations étroites qui existent entre des nombreuses essences forestières et une large gamme de champignons supérieurs de la forêt, surtout des Basidiomycètes, ainsi que quelques Ascomycètes.

A cette même époque, A.B. Hatch, aux Etats-Unis, a mis en évidence le rôle incontestable des champignons ectomycorhiziens dans la nutrition minérale des arbres forestiers.

Il faut cependant attendre le milieu de 20e siècle pour qu'en Angleterre, John-Laker Harley et son groupe démontrent les mécanismes physiologiques. A la même époque et dans ce même pays, ce fut au tour de Barbara Mosse de mettre le rôle des mycorhizes arbusculaires

chez une majorité d'espèces végétales du monde, y inclus la presque totalité des plantes agricoles (Fortin *et al.,* 2008).

Au début des années 1970, on pouvait dire que les mycorhizes constituent un phénomène fondamental et universel dans le monde vivant. Elles relèvent de l'association d'un organisme photosynthétique, soient une plante verte, et d'un champignon filamenteux ; l'ensemble constitue une autre forme de symbiose végétale (Frank, 1885 ; Trappe, 2005).

D'origine gréco-latine, le mot mycorhize signifie champignon-racine (mukes= champignon, rhiza=racine). Ce rapport bénéfique permet à la plante d'effectuer la photosynthèse et le champignon provisionne le couple en eau et en éléments minéraux à partir de ce substrat (cooper et Tinker, 1978).

Cette colonisation des racines par les champignons protège les plantes contre les agents pathogènes, le stress salin dans les zones semi-arides, les inondations périsdiques et à améliorer l'agrégation du sol (Rillig et Mummey, 2006).

La presque totalité des plantes vertes terrestres (90%) vivent en symbiose mycorhizienne. Seuls des membres de quelques familles en sont dépourvues, par exemples, les crucifères et les chénopodiaceaes, il s'agit donc là d'un phénomène fondamental et universel chez les plantes vasculaires et les bryophytes, lequel existe depuis le tout début de la vie terrestre, il y'a plus de 450 millions d'années (Taylor *et al.,* 1995).

2) IMPORTANCE DES MYCORHIZES

Selon Folin et al (2008), on distingue par des critères morphologiques, structuraux et physiologiques sept types de mycorhizes : arbusculaires, ectomycorhizes, endomycorhizes, arbutoides, ericoides, orchidoide, sebacinoides.

La symbiose fongique s'associe avec les racines de la plante-hôte et forme des structures mycorhiziennes différentes selon le type de mycorhizes, le champignon reste confiné dans le cercle racinaire et ne franchit jamais la barrière endodermique.

Les mycorhizes à arbuscules, les ectomycorhizes et les endomycorhizes sont les plus abondantes et répandues dans la nature (Novero *et al.,* 2008).

Ectomycorhizes : Champignons impliqués sont Basidiomycota et Ascomycota (Elaphomycétales, Tubéracées, Terfiziacées), manchon mycélien autour des racines et réseau de Hartig entre les cellules corticales des racines jeunes, mycélium exrtramatriciel se prolongeant dans le sol, jouant le rôle de poils absorbants.

Endomycorhizes : Champignons impliqués sont Glomérmycota, vésicules et arbuscules dans les cellules de l'endoderme des racines, les mycéliums et les chlamydospores extramtriciel dans le sol jouant le rôle de poils absorbants.

La présence des mycorhizes modifie plusieurs aspects de la physiologie de la plante hôte. Leurs avantages ont permis l'installation, la conservation et leur diversification au cours de l'évolution.

Elles améliorent l'absorption des éléments minéraux et de l'eau, ainsi que les activités résistantes aux stress environnementaux (Fotin *et al.,* 2008).

- **Absorption de l'eau**

Les plantes pourvues de mycorhizes ont une meilleure absorption de l'eau, les mycorhizes arbusculaire résistent beaucoup plus longtemps à la sécheresse que celles qui en sont dépourvues (Fortin *et al.,* 2008).

- **Absorption des éléments minéraux**

L'augmentation de la surface de contact entre le mycélium fongique et le sol facilite aux plantes l'absorption des éléments peu mobiles du sol comme le phosphore, le zinc, l'azote, le potassium ainsi que le fer, le calcium, le manganèse et le magnésium (Nouaim et chaussod, 1996).

Les champignons mycorhiziens sont capables de capter l'azote directement à partir des sources organiques chez les endomycorhizes, et chez les ectomycorhizes (Emmerton *et al.,* 2001).

- **Activités hormonales `**

Les hormones végétales participent à la régulation de la croissance et du développement des plantes, en réponse notamment aux facteurs environnementaux et ce sont des moyens de communication qui existent entre les champignons et leur plante-hôte tels que la cytokinine, l'éthylène, l'acide jasmonique et l'auxine.

L'auxine est produite par la quasi-totalité des champignons ectomycorhiziens et les plantes ligneuses ; elle joue un rôle important à faibles doses transformant ainsi la morphologie des racines (Egli et Brunner, 2002).

- **Glomaline et agrégation des sols**

Le réseau mycélien développé dans le sol par la mycorhize arbusculaire ne constitue pas seulement un organe efficace d'absorption des éléments minéraux et de l'eau, mais c'est aussi

une structure dynamique qui se développe dans le sol (mycorhizosphère) à raison de quelques millimètres par jour (Fortin *et al.*, 2008).

- **Protection contre les organismes pathogènes**

Dans la nature, les plantes sont continuellement attaquées par des bactéries, des champignons, des nématodes, et des insectes (Borowicz, 2001).

- **Tolérance aux métaux lourds et phytoremédiation**

La tolérance des plantes mycorhizées résulte d'une forte rétention de ces éléments dans les tissus du champignon de sorte qu'ils ne parviennent à la plante qu'en quantités infimes. De nombreux travaux ont montré que les plantes mycorhizées ont une croissance supérieure par rapport au non mycorhizées sur des sols contaminées par des métaux.

3) Procédés d'implantation des mycorhizes dans la culture

3.1 Plante à mycorhizes

Certains champignons peuvent former des mycorhizes (de type endomycorhizes arbusculaires, les plus répandues sous nos climats) avec la plupart des plantes cultivées au jardin ou à l'intérieur : ce sont ces souches de champignons polyvalentes qui sont utilisées pour la préparation des produits de mycorhization.

Les produits du commerce contenant des mycorhizes conviennent donc à la majorité des plantes cultivées. Fleurs annuelles, plantes vivaces, légumes, arbres fruitiers, arbres et arbustes d'ornement, rosiers, plantes vertes d'intérieur, plantes de jardinières telles que les géraniums et les bulbes.

3.2 Conditions d'implantation

La mycorhization, contrairement à l'apport d'engrais, se pratique une seule fois dans la vie de la plante. Lorsque le champignon s'est installé, la symbiose perdure jusqu'à la mort du végétal. Inutile, donc, de répéter les apports de produits à base de mycorhizes : en principe, une seule fois suffit.

Le moment idéal pour mycorhizer est celui de la plantation, en particulier si le sujet est à racines nues (rosiers, arbres fruitiers, arbres d'ornement, arbustes) : on peut appliquer le produit contenant le champignon directement au contact des racines, comme un pralinage.

Dans tous les cas, après un apport de poudre contenant des mycorhizes, on arrose et bien évidemment, on évite l'utilisation de fongicides, en particulier dans les semaines qui suivent l'inoculation.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

Chapitre II : Matériel et Méthodes

Effet de déchets organiques sur la fertilité du sol

Ce travail consiste à valoriser les déchets organiques (déchets d'épluchures de pomme de terre, coques d'amandes, et déchets de crevettes) en bio-engrais tout en les appliquant sur le blé tendre variété Arrehane. Une comparaison avec deux témoins a été faite, le premier consiste à l'engrais chimique commercial (Ammonitrate 21%) et le deuxième s'agit d'aucun apport fertilisant. Le but de ceci est d'améliorer la biofertilité du sol, qui est une valeur fondamentale pour les pionniers du bio.

Les analyses des déchets utilisés et des échantillons du sol de l'essai ont été effectuées à l'INRA afin de déterminer le pouvoir fertilisant pour chaque déchet et suivre l'évolution de la fertilité du sol.

1. Préparation des échantillons de déchets

Les épluchures de pomme de terre (EPT), coques d'amande (CA) et déchets de crevette (DC) ont été collectées, les dernières ont été lavées, et puis séchées toutes au soleil et en étuve pendant 2 jours à une température de 60°C pour les EPT et DC et de 105°C pour les CA. Ces échantillons sont broyés et tamisées à 2mm (figure 1).

Figure 1 : photos des échantillons des déchets (a) : EPT, (b) : CA, (c) : DC

2. Analyses physico-chimiques des déchets

Les analyses ont été faites à l'INRA de Meknès, elles ont porté sur le pH, l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) et la matière organique.

- la mesure du pH est faite par le pH mètre : pH 3000 STEP Systèmes GmbH
- le dosage de l'azote est fait selon la méthode de Kjeldahl par minéralisation des déchets (digestion) et distillation.

- les dosages du phosphore et du potassium sont réalisés selon les protocoles adoptés par l'INRA en utilisant successivement les solutions d'extraction suivantes : l'acide sulfurique et tout en effectuant les mesures par le spectrophotomètre (JENWAY SPECTROPHOTOMETER 7305) pour l'élément du phosphore et le photomètre à flamme (100 AFP1 FLAMEPHOTOMETER) pour celui du potassium avec la solution d'extraction est l'acide perchlorique.
- la détermination de la matière organique est faite à travers la calcination des échantillons de chacun des trois déchets.

3. Mise en culture du blé tendre

La détermination des apports organiques pour chaque déchet en kg/t en termes d'N, P et K a été faite en se basant sur les résultats des analyses physico-chimiques, ils sont respectivement pour les trois déchets : DC, CA et EPT de 49,8 ; 2,4 et 4.42 kg/t.

Figure 2 : Quelques étapes de préparation du substrat et du semis

L'essai est fait dans des pots avec 1/3 de sable et 2/3 de sol (figure 2). Les doses d'apports organiques (en g/pot) (Tableau 1) ont été calculées selon la teneur des déchets en éléments N, P et K ainsi qu'à leurs besoins en ces derniers qui sont de (90-90-50 kg/ha). Pour chaque déchet quatre traitements ont été testés (100, 150, 200, 300%). Un traitement d'engrais chimique (EC) est appliqué aussi sur le blé avec les mêmes traitements effectués.

Tableau 1 : Doses d'apports organiques pour la culture de blé tendre

Traitement déchet (%)	EPT (g/pot)	CA (g/pot)	CC (g/pot)	EC (g/pot)
100%	80,5	262,5	14	3
150%	120,75	393,75	21	4.5
200%	161	525	28	6
300%	241,5	787,5	42	9

4. Analyses effectuées du sol

Après avoir effectué les prélèvements qui consistent à 76 échantillons du sol. Ces derniers ont été mis au laboratoire pour l'analyse des éléments P, K, matière organique et pH.

a. Teneur en potassium

L'extraction du potassium présent dans le sol a été effectuée par l'ajout de 50ml d'extrait du sol (Acétate d'ammoniac) dans 5g d'échantillon pour extraire toutes les éléments du sol à l'aide du Wheaton-Omnispense^{R}plus et faire agiter les flacons dans un agitateur va et vient (AGITELEC) pendant 30 min.

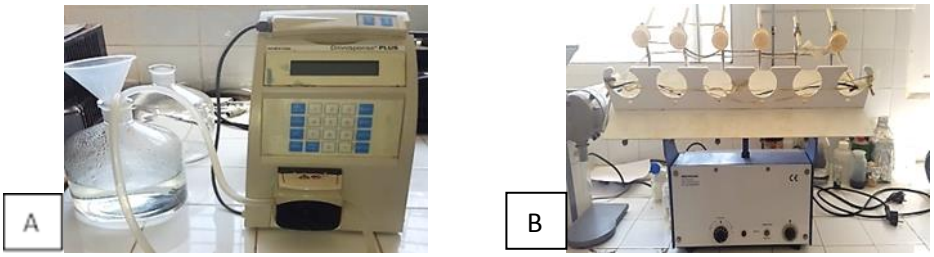

Figure 3 : photos de Wheaton-OmnispenseRplus (A), et d'agitateur AGITELEC (B)

Après ces étapes, les échantillons sont filtrés, par l'utilisation des entonnoirs et des papiers filtres Whatman 42mm, dans des erlenmeyers, la lecture de la teneur des filtrats en potassium est faite sur le photomètre à flamme.

A B

Figure 4 : filtration des échantillons (A), photomètre à flamme (B)

La teneur en potassium se calcule selon la formule ci-dessous :

K2O (ppm) = ppm*10*1,2

b. Teneur en phosphore

Le phosphore joue un rôle primordial dans la croissance des céréales, les plantes s'alimentent essentiellement à partir du phosphore qui se trouve dans le sol.

L'analyse du phosphore a été faite à l'aide de la solution d'extraction (SE) de volume de 50 ml (Bicarbonate de sodium (NaHCO3) 0.5M à pH=8.5) qui a été versé dans 2.5g de sol puis agités dans des flacons par l'agitateur va et vient pendant 30min. Le même processus de filtration est réalisé ainsi, on a prélevé 10ml de l'extrait, mis dans des erlenmeyers puis on a ajouté 1ml d'acide sulfurique (5N), pour acidifier la solution et 1ml de la solution de coloration (La solution de coloration (SC) n'est pas stable et doit être renouvelée).

Et on a complété avec l'eau distillée à 29ml, les solutions de la gamme d'étalonnage ont été préparées aussi afin de tracer la courbe d'étalonnage pour en déduire les concentrations du phosphore. L'intensité de la couleur bleu des solutions est lue à 820 nm après 15 à 30 min.

La formule de calcul est la suivante :

P (ppm;sol) = lecture (ppm) x 20

c. *Teneur du sol en matière organique*

La matière organique amplifie grandement la capacité d'échange cationique du sol et retient les nutriments assimilables par les plantes. Ainsi, la matière organique constitue un réservoir de nutriments lentement assimilables.

Pour connaitre la quantité de la matière organique présente dans le sol, on a ajouté 5ml de bichromate de potassium 1N à 0.5g de sol tout en agitant à la main doucement jusqu'à la dispersion du sol, puis on a ajouté 20ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré avec une agitation douce pendant une minute, laisser reposer 30min sur un isolant thermique, on a

ajouté 75ml d'eau distillée avec une petite agitation et 10ml d'acide phosphorique concentré (H_3PO_4), laisser au repos pendant 30min.

Dans la dernière étape quelques gouttes de l'indicateur (Diphényl amine) ont été ajoutées, homogénéiser la solution, puis titrer l'excès de $K_2Cr_2O_7$ avec le $FeSO_4$ 1N jusqu'à vert brillant et noter le volume de $FeSO_4$, faire dans les mêmes conditions une solution de blanc sans échantillon de sol.

Le calcul se fait par la suivante formule :

$$OOC\% = \frac{((V(blanc) - V(éch.\,titré)) \times 2 \times 0.3 \times 0.5}{poids\ du\ sol}$$

TOC% = 1,334 x OOC%

%M.O = 1,724 x TOC = 2,3 x OOC

d. Analyse de pH

Une quantité de sol est mise en suspension dans un double volume d'eau distillée (5 g de sol/10 ml d'eau). Le mélange est agité avec une tige de verre. On laisse le mélange reposer pendant 30 minutes en prenant soin d'agiter 5 ou 6 fois au cours de cette période, puis on effectue la mesure du pH.

Effet de la mycorhization sur certains paramètres physiologiques de Pêcher sous contrainte hydrique

Il est bien connu que les champignons mycorhiziens à arbuscules ont des effets favorables sur l'absorption des éléments nutritifs et de l'eau par les plantes. Partant de ce constat, une expérimentation a été menée en plein champ par l'Institut National de la Recherche Agronomique de Meknès afin d'évaluer l'effet de la mycorhization arbusculaire, réalisée par un mélange de deux souches de champignons mycorhiziens, *Rhizophagus intraradices* et *Funneliformis mosseae*, sur la tolérance des jeunes plants de pêcher au stress hydrique. L'expérimentation a été réalisée sur deux variétés de pêcher (equenene et elégante) âgées de trois ans, parmi les plus cultivées au Maroc, soumis à deux régimes hydriques, 100% de l'évapotranspiration calculée de la culture (ETc) et 50% de l'ETc, en présence et en absence des mycorhizes arbusculaires. Les observations réalisées ont concerné la teneur foliaire en acides aminés totaux, sucres totaux, …

100% ETc						**50% ETc**					
M+	**M-**	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-
V1	**V1**	**V1**	**V1**	**V2**	**V2**	**V2**	**V2**	**V1**	**V1**	**V1**	**V1**
V2	**V2**	**V2**	**V2**	**V1**	**V1**	**V1**	**V1**	**V2**	**V2**	**V2**	**V2**

M+ : ligne mycorhizée ; M-: ligne non mycorhizée ; V : variété

Figure 5 : Dispositif expérimental de l'essai « mycorhization x stress hydrique » sur jeunes plants de prunier et de pêcher au domaine expérimental de l'INRA à Ain Taoujdate (Schéma par espèce).

La mycorhization des plantes non mycorhizées par des champignons mycorhiziennes a été vérifié en 2013 est aucune plante n'a été mycorhizée.

L'étude de l'effet de la mycorhization sur certains paramètres physiologiques de pêcher sous contrainte hydrique a été réalisée sur les feuilles.

1) Prélèvement des feuilles

Les feuilles du pêcher ont été collectées à partir de deux variétés (V) différentes (V_1equenene, V_2élegante), ces feuilles ont été séchées dans un étuve à 105°C., et sont broyées à l'aide d'un mortier jusqu'à l'obtention d'une poudre (figure 6)

Figure 6 : Broyage des feuilles du pêcher à l'aide d'un mortier

2) Dosage des acides aminés

Les acides aminés totaux ont été extraits en accord avec la méthode de Babu et al. (2002). En effet, 5g de feuille, prélevés d'une plante du pêcher, ont été broyés dans un mortier en présence de 1ml d'éthanol 80%. L'extrait ainsi obtenu et centrifugé pendant 40min sous 4°C à 2000tr/min. le surnageant de la centrifugation recueilli est ensuite conservé à froid en attente du dosage.

Chapitre III : Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et Discussions

I. Influence de déchets organiques sur quelques paramètres physico-chimiques du blé

1. Teneur en potassium

Les résultats de l'analyse de potassium réalisée sur le sol fertilisé par des déchets organiques (déchets d'épluchures de pomme de terre, coques d'amande, et carapaces de crevettes) et engrais chimique (Ammonitrate 21%) sont mentionnés dans le graphe ci-dessous :

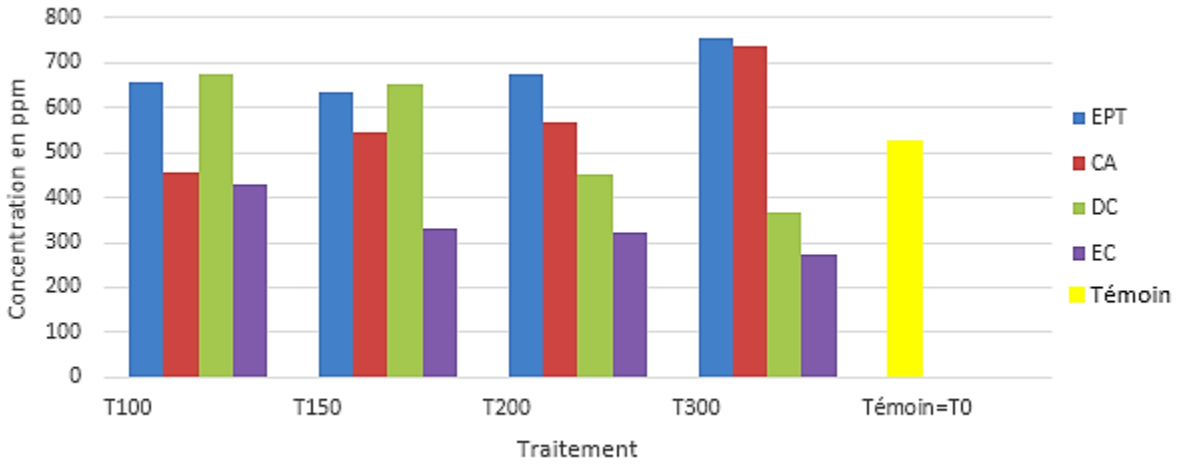

Figure 7 : Teneur du sol en potassium (K_2O) pour chacun des déchets organiques, d'engrais chimique (apportés en quatre traitements) **et du témoin**

En comparant avec le témoin on peut déduire à partir de ces résultats que :

→ La teneur en potassium dans le sol varie en passant d'un échantillon à un autre,

→ pour les échantillons EPT et CA, la teneur en potassium dans le sol augmente en passant d'un traitement à un autre, elle est importante dans le sol fertilisé par les EPT que par les CA ainsi que dans le sol témoin non amendé,

→ pour ceux des DC et EC: la teneur en potassium diminue tout en augmentant les doses des échantillons apportés, elle est importante aussi dans le sol amendé par les DC que par l'EC.

Ces variations de la teneur en potassium dans le sol sont liées aux propriétés chimiques des différents amendements mis en pots ainsi qu'avec l'évolution de la minéralisation de la matière organique dans le sol.

On peut déduire donc que l'importante teneur en potassium du sol fertilisé par les EPT approuve la richesse de celles-ci en cet élément.

2. Teneur en matière organique

Le taux de la MO est un élément de base du suivi de la fertilité du sol et un outil d'aide à la décision pour le raisonnement des apports.

Le taux de MO d'un sol est calculé à partir de la mesure du carbone organique total (figure 9).

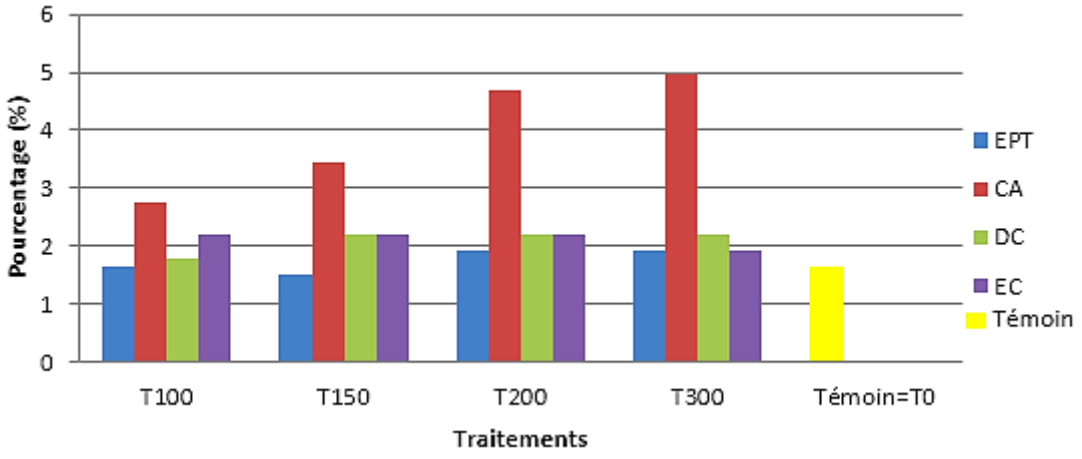

Figure 9 : Teneur du sol en matière organique pour chacun des déchets organiques, d'engrais chimique (apportés en quatre traitements) **et du témoin**

Le taux en matière organique dans le sol est faible dans le sol fertilisé par les EPT, DC et EC ainsi que dans le témoin.

Cependant, la teneur en matière organique est importante dans celui fertilisé par les CA.

Cela signifie que la matière organique dans le sol fertilisé par les CA est restée dans celui-ci sans être dégradée totalement, peut être que ces déchets contiennent des matières toxiques.

On peut déduire que les déchets de coques d'amande empêchent le transfert de la matière organique vers la plante.

3. pH

Au même titre que la matière organique, la prise en compte du statut acido-basique du sol est importante ainsi qu'elle représente aussi un préalable à toute fertilisation du sol. Sa variation est représentée dans le graphe suivant.

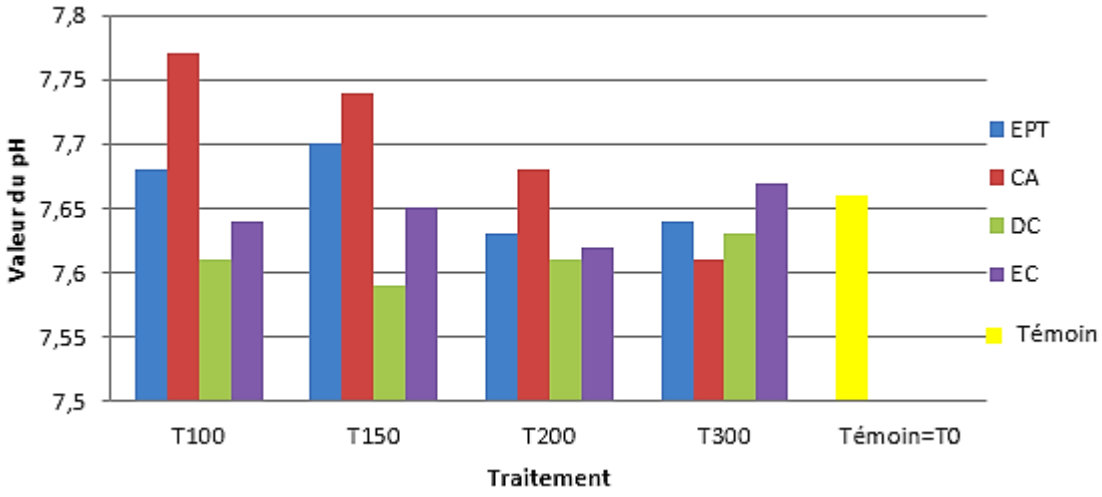

Figure 10 : Variation du pH en fonction des déchets organiques, d'engrais chimique (apportés en quatre traitements) **et du témoin**

On peut déduire à partir de ces résultats que :

→ le pH se situe généralement entre 7.59 et 7.77 pour tous les échantillons du sol, donc on peut dire que le pH est dans la norme (la plupart des cultures poussent bien lorsque le pH se situe entre 6 et 8), ceci favorise l'absorption du phosphore.

Donc le pH n'est pas un facteur limitant à la croissance de la plante (blé).

4. Phosphore

Les résultats d'analyse du phosphore qui ont été réalisés sur le sol sont mentionnés dans le graphe ci-dessous :

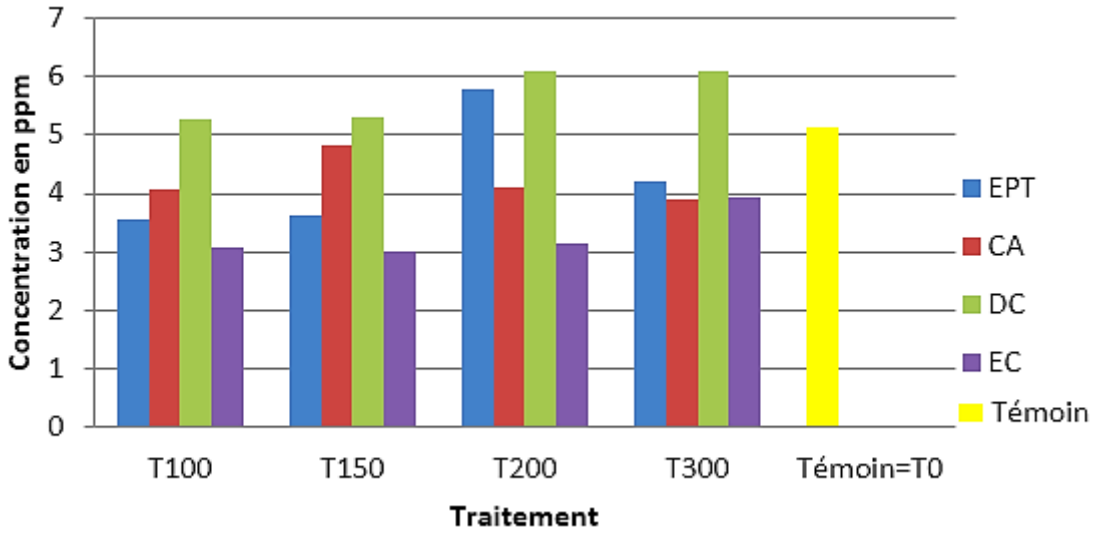

Figure 11 : Variation de la teneur en phosphore pour chacun des déchets organiques, d'engrais chimique (apportés en quatre traitements) **et du témoin**

D'après l'observation du graphe, on constate que :

→ La teneur en phosphore est importante dans le sol fertilisé par les DC qui s'élève avec l'augmentation des traitements en ceux-ci,
→ elle s'en suit de la teneur du sol fertilisé par les CA et EPT ainsi que par le témoin,
→ au dernier vient celle du sol fertilisé par l'EC qui s'observe faible.

On peut dire que ces teneurs élevées en phosphore pour le sol amendé par les DC et CA sont dues à la richesse de ces déchets en cet élément qui joue bien un rôle essentiel dans de nombreux processus biologiques comme la croissance, la photosynthèse et la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique.

Une figure ci-dessous représente les photos des pots du blé tendre, variété Arrehane, fertilisé par lesdits amendements (organiques et chimique).

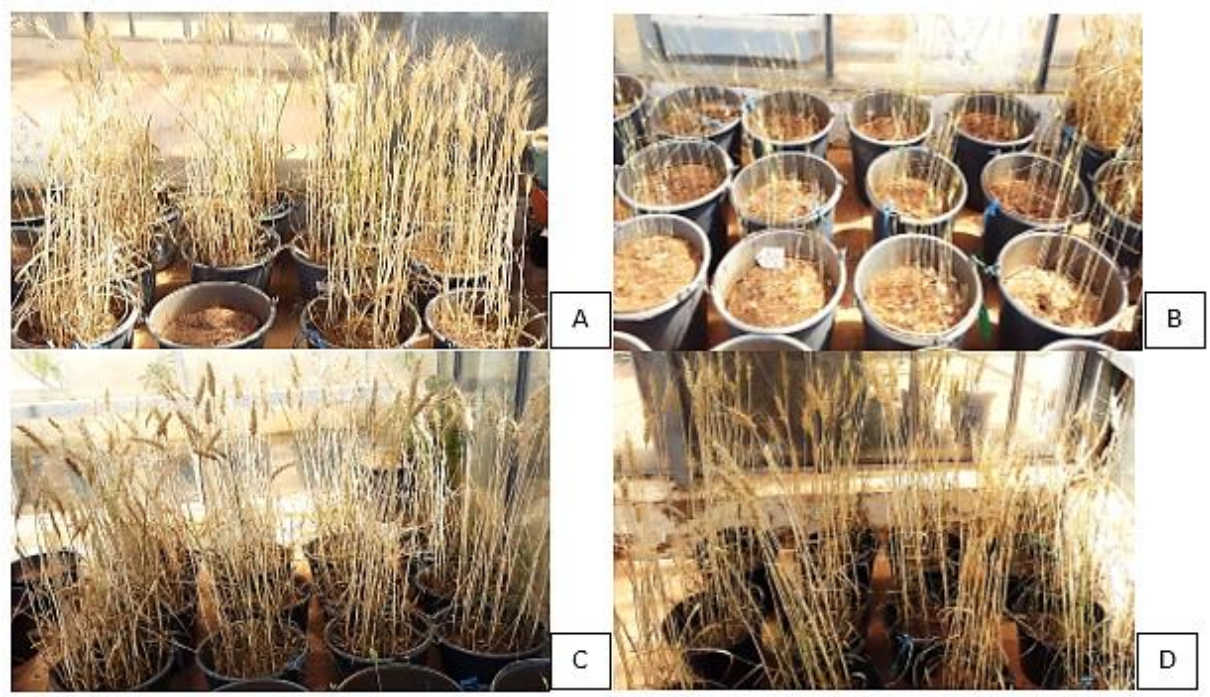

Figure 8 : Photos de blé fertilisé par : (A) EPT, (B) CA, (C) DC, (D) EC

Cette photo montre bien la croissance du blé qui varie d'un amendement à un autre. En effet, la croissance est minime pour le blé fertilisé par les CA (Photo B) ce qui approuve les résultats montrés en graphes ci-dessus, le phosphore et le potassium sont faiblement échangeables entre sol et plante le potassium présenté dans l'échantillon 2 est un potassium moins échangeable ainsi que la cinétique de minéralisation de la matière organique semble lente à raison de son fort pourcentage dans le sol pour chacun des traitements. Ceci donc contribue à la mal croissance du blé et donc au faible rendement des épis.

Cependant, pour les autres pots du blé tendre amendé par les DC, EC et EPT montrent en photos, successivement, une bonne croissance illustrée en l'intensification des épis qui sont

bien développés grâce à la minéralisation de la matière organique qui semble importante suite à l'échange des éléments du phosphore et du potassium nécessaires à la nutrition de la plante.

II. Influence de la mycorhization et du stress hydrique sur la teneur en acides aminés du pêcher

1. Acides aminés totaux

Les résultats de l'analyse des acides aminés totaux pour les deux variétés Equinene et Elegante sont mentionnés dans les graphes ci-dessous:

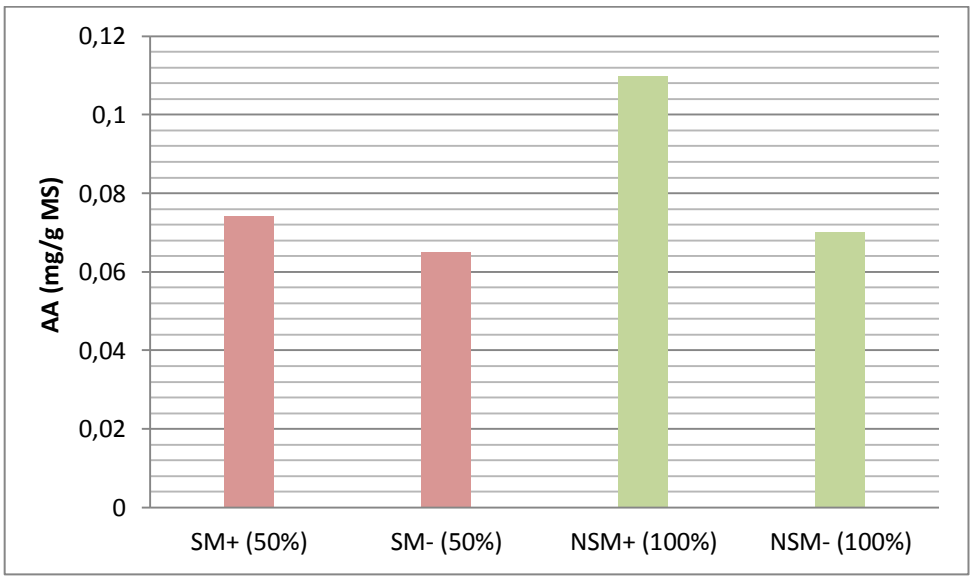

Figure 11 : Variation de la teneur foliaire en acides aminés totaux suivant les traitements hydriques et la mycorhization pour la variété Equinene

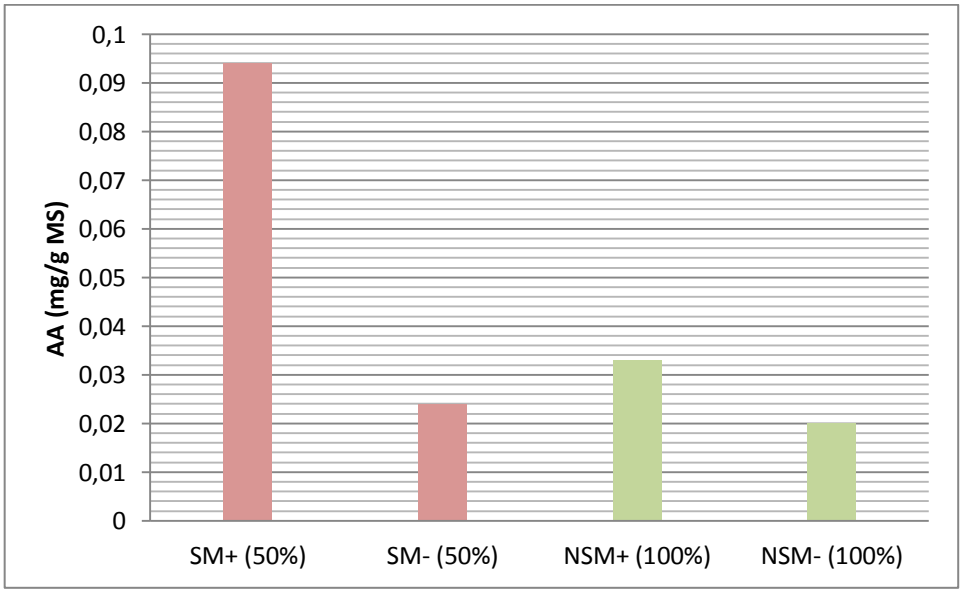

Figure 12 : Variation de la teneur foliaire en acides aminés totaux suivant les traitements hydriques et la mycorhization pour la variété Elégante

La teneur foliaire en acides aminés a été influencée par le stress hydrique, cet effet a été observé également en présence de la mycorhization arbusculaire.

Pour les résultats de la première variété ne dépend pas aux constats de JONES & *al*., (1980) qui indiquent que la teneur foliaire en acides aminés totaux augmente de façon très significative chez les plantes en cas de stress hydrique, contrairement au résultats de l'autre variété qui corrobore avec les constats de JONES et *al.,1980.* Cet effet a été observé également en présence de la mycorhization arbusculaire, avec des valeurs relativement supérieures.

Ces résultats sont non significatifs, peut-être à cause de l'infection des plantes non mycorhizes par celui mycorhizes ou par les mycorhizes natifs.

Conclusion

Conclusion

La gestion des déchets organiques et leur valorisation représente un souci et une orientation stratégique pour tous les pays du monde. Cette gestion vise, entre autre, un développement industriel qui encourage les processus de production agroalimentaire propre par une transformation utile de ces déchets.

En outre, la gestion de l'efficience de l'eau en parcelle est importante en utilisant la techniques de l'irrigation déficitaire associée à la symbiose mycorhizienne à arbuscules constitue une voie prometteuse pour atténuer l'effet du stress hydrique

Cette étude a été menée dans le but, d'une part, de déterminer l'effet des déchets organiques sur la fertilité du sol et d'autre part, l'influence de la mycorhization sur certains paramètres physiologiques du pêcher sous contrainte hydrique

Pour atteindre le premier objectif quatre analyses (analyse du potassium, du phosphore, de la matière organique et analyse du pH) ont été réalisées sur des échantillons du sol fertilisé par les EPT, CA, DC et EC de blé tendre variété Arrehane. En ce qui concerne la mycorhization animés a été réalisé sur les feuilles du pêcher.

La croissance du blé varie d'un amendement à un autre, pour le blé amendé par les DC, EC et EPT montrent une bonne croissance illustrée en l'intensification des épis qui sont bien développées, la croissance est minime pour le blé fertilisé par les CA car le phosphore et le potassium sont faiblement échangeables.

La valorisation des déchets organiques est de double intérêts tant au niveau environnemental qu'agronomique, d'une part, elle permet la diminution de la pollution et d'autre part l'optimisation de la bio-fertilisation

Et la mycorhization permet l'économisation de l'irrigation par l'eau et l'amélioration de l'absorption des éléments minéraux

Références bibliographique

Références bibliographiques

1. Babu *et al*., 2002. Localisation de la caséine kinase de levure Yck2p une isoforme nécessite l'extension C-terminale et la fonction de la voie sécrétoire. J Cell Sci 115 (Pt 24): 4957-68
2. Borowicz. 2001. Les champignons mycorhiziens à arbuscules modifient la relation plante-pathogène. Ecologie, 82 (11): 3057-3068
3. Egli et Brunner, 2002. Mycorhization contrôlée d'une Cistacée pérenne par les terfez en conditions gronotoxéniques et essai de transplantation sur le terrain. P 38
4. Emmerton et al., 2001. Nutrition azotée des mycorhizes et non mycorhiziens plantes: une enquête sur les causes potentielles de différences dans l'usine groupe fonctionnel feuille 15N abondance dans les écosystèmes des latitudes élevées. Thèse de doctorat. L'Université de Sheffield, Royaume-Uni.
5. Fortin et *al*.,2008. Mycorhization contrôlée d'une Cistacée pérenne par les terfez en conditions gronotoxéniques et essai de transplantation sur le terrain. P 29
6. Frank. 1885. Mycorhization contrôlée d'une Cistacée pérenne par les terfez en conditions gronotoxéniques et essai de transplantation sur le terrain. P29
7. Fertilisation des cultures fruitières et de la vigne. Ed. ITAFV.2000
8. http://theses.insa-lyon.fr/publication/2012ISAL0026/these.pdf
9. Informations présentées dans le cadre du Plan Bleu 2005, présentation effectuée par M. Oliver Keserue le 29 Mars 2012 à Marseille.
10. INRA : Institut National de la Recherche Agronomique - Cellule Environnement,

    http://www.inra.fr
11. JORF, 1975. Article L. 541-1 du code français de l'environnement
12. J. Lacour. 2012. Valorisation de résidus agricoles et autres déchets organiques par digestion anaérobie en Haïti. P 72.
13. MAMOUNI F.Z, 2014.Valorisation des déchets organiques en bio-engrais, thèse de doctorat en cours.
14. Manuel d'utilisation des engrais grandes cultures Arboriculture cultures maraichères et industrielles

15. Nouaïm R. et Chaussod R. 1996. Effet de la mycorhization contrôlée sur la croissance de l'arganier (Argania spinosa) après sa transplantation en sol non désinfecté. Al Awamia, 96, pp 65-76.

16. PERKINS N., AJIR A., El OUAZZANI L., 2014. Rapport sur la gestion des déchets solides au MAROC

17. Taylor et *al*., 1995. Mycorhization contrôlée d'une Cistacée pérenne par les terfez en conditions gronotoxéniques et essai de transplantation sur le terrain. P30

Annexes

Annexes

Annexe 1 : La quantité à mise en pots (Engrais biologiques, Engrais chimiques)

Engrais biologiques

Les calculs de la quantité a mise en pots ont été effectuées en se basant sur ces deux points :

→ les besoins du blé en Azote : 90kg/ha, en phosphore : 90kg/ha, et en potassium : 50kg/ha

→ les résultats des analyses physico-chimiques des engrais biologiques :

Tableau N°1 : Résultat des analyses physico-chimiques des déchets d'EPT, de CA et de CC (F.Z.MAMOUNI, 2015)

Déchet/ paramètre	(N) %	(P) %	(K) %	M.O%	pH
EPT	1,62	0,26	0,44	95,20	5,53
CA	0,16	0,24	0,07	96,20	5,06
CC	4,98	1,42	0,05	49,00	8,55

- **<u>Déchets de CC (Azote):</u>**

% N (CC) = 4.98% = $\frac{4.98kg}{100kg} = \frac{4.98kg}{0.1t}$

QN (CC) = 49.80 kg/t

CC(N) : 49.80 kg → 1t

Besoin du blé en N : 90 kg → X t (CC)/ha

$$X\ t = \frac{90kg \times 1t}{49.8kg} = 1.81t = 2t$$

2t (CC) × 10^6g → 1ha = 10 000m^2

X_{100} g → 0.07m^2

La superficie de chaque utilisé est de 0.07m^2, donc :

$$X_{100} = \frac{2.10^6\ g \times 0.07m^2}{10\ 000m^2} = 14g/pot$$

(100% du besoin du blé en azote)

Donc :

$X_{150} = 21g/pot$

$X_{200} = 28g/pot$

$X_{300} = 42g/pot$

- **<u>Déchets de CA (Phosphore):</u>**

% P (CA) = 0.24% = $\frac{0.24kg}{100kg} = \frac{0.24kg}{0.1t}$

Q P (CA) = 2.4 kg/t

CA(P) : 2.4 kg $\longrightarrow$ 1t

Besoin du blé en P : 90 kg $\longrightarrow$ X t (CA)/ha

$$X\ t = \frac{90kg \times 1t}{2.4kg} = 37.5t = 40t$$

40t (CA) $\times 10^6$g $\longrightarrow$ 1ha = 10 000m^2

X_{100} g $\longrightarrow$ 0.07m^2

$$X_{100} = \frac{40.10^6\ g \times 0.07m^2}{10\ 000m^2} = 280g/pot$$

(100% du besoin du blé en phosphore)

Donc :

$X_{150} = 420g/pot$

$X_{200} = 560g/pot$

$X_{300} = 840g/pot$

- **<u>Epluchures de PT (Potassium):</u>**

% K (EPT) = 0.44% = $\frac{0.44kg}{100kg} = \frac{0.44g}{0.1t}$

T(K) = 24.4 kg/t

EPT(K) : **4.4 kg** $\longrightarrow$ **1t**

Besoin du blé en K : **50 kg** $\longrightarrow$ **X t (EPT)/ha**

$$X\ t = \frac{50kg \times 1t}{4.4kg} = 11.31t = 11.50\ t$$

11.50t (PT) $\times$ 10^6g $\longrightarrow$ **1ha = 10 000m^2**

X_{100} g $\longrightarrow$ **0.07m^2**

$$X_{100} = \frac{11.50.10^6\ g \times 0.07m^2}{10\ 000m^2} = 80.5g/pot$$

(100% du besoin du blé en potassium)

Donc :

$$X_{150} = 120,75g/pot$$

$$X_{200} = 161g/pot$$

$$X_{300} = 241.5g/pot$$

Annexe 2 : Analyse du phosphore

Préparation de SE

Bicarbonate de sodium (NaHCO3) 0.5M à PH=58.5

- → Dissoudre 168g de NaHCO3 dans 3600ml de H2O
- → Ajuster le PH à 8.5 avec NaOH (5N)
- → Compléter à 4000ml de H2O (eau distillée)
- → « Solution d'extraction=SE » (SE)

Préparation de SPC

A- Acide sulfurique (H_2SO_4) 5N : à 500ml de H_2O, ajouter 148ml d'acide sulfurique concentré. Compléter à 1l de H_2O

B- Dissoudre 12g du molybdate d'ammonium (NH_4) $6M_o7O_{24}$, $4H_2O$ dans environ 100ml d'eau distillée

C- Dissoudre 0.2908g du potassium antimoine tartrate dans envion 100ml d'eau distillée

D- Dans une fiole de 21 co,tenant 11 de (H_2SO_4) (5N)
Ajouter les solutions (B) et (C) ; (A)+(B)+(C)

E- Ajouter 650ml de H_2O et bien mélanger

Préparation de SC

La solution de coloration (SC) n'est pas stable et doit étre renouvelée

→ Dissoudre 3.168g d'acide ascorbique dans 600ml de SPC
→ Solution d'étalonnage : (SC)=3.168g d'AA + 600ml de SPC

Préparation de la solution mère de 500ppm

→ Dissoudre 2.197g de phosphate mono potassique KH2PO4 (séché à 105 °C) pendant une heure et refroidis dans un dessiccateur dans une fiole de 1l jaugée à 100ml (calcification)
→ Si la solution est à stocker ajouter 1 à 2 gouttes de toluène.

Solution fille de 100ppm

→ Diluer 25ml de la solution mère dans 125ml d'eau distillée

Courbe d'étalonnage

1- Prélever 10ml de chaque standard dans des erlenmeyers de 50ml
2- Ajouter 10ml de la SE
3- Acidifier avec 1ml de H_2SO_4 5N
4- Ajouter 8ml de la (SC) et complèter à 50ml avec H_2O
5- Lire l'intensité de la couleur bleu à 820nm après 10 à 12min
6- Tracer un graphe sur du papier semi-logarithmique ou l'axe des X= les concentrations

Gamme d'étalonnage

Tableau N°2 : Résultat de la gamme d'étalonnage

Concentration (ppm)	Absorbance
0	0
1	0,063
2	0,153
3	0,19
4	0,337
5	0,473

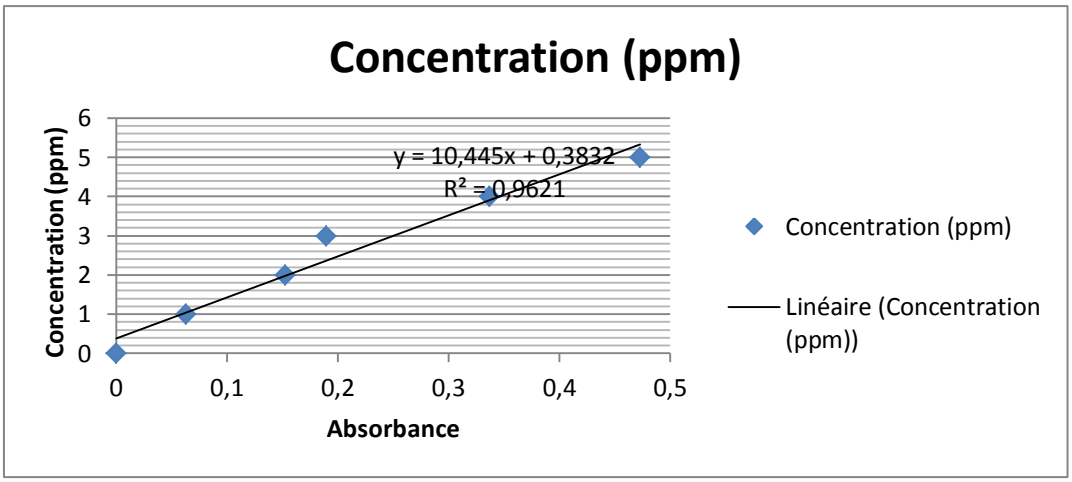

Figure 13 : Courbe d'étalonnage pour le dosage du phosphore

Annexe 3 : Analyse de la matière organique

Préparation de Bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) 1N

→ Sécher le bichromate de potassium à 105°C et refroidis dans un dessiccateur
→ Peser 49,04g de $K_2Cr_2O_7$ et dissoudre dans environ 800ml d'eau distillée ; jauger à 1litre.

Préparation de sulfate de fer ($FeSO_4$, $7H_2O$)

→ Dissoudre 278g de $FeSO_4$, $7H_2O$ (139g)
→ Ajouter 5ml d'acide sulfurique concentré (2.5 ml)
→ Laisser refroidir et puis jauger à 1000ml (500ml)

Résumé

Résumé

La qualité biologique des sols fait référence à l'abondance, la diversité et l'activité des organismes vivants qui participent au fonctionnement du sol, l'appréciation global de la qualité biologique des sols supose que l'on soit capable, pour chacune de ces composantes, d'identifier les indicateurs les plus pertiments, de pouvoir effectuer des mesures fiables (analyse de potassium, du phosphore, de la matière organique et du pH et des acides aminés) , et de savoir interpréter les résultats de ces mesures. A cet égard, la valorisation des déchets organiques est de double intérêts tant au niveau environnemental qu'agronomique, d'une part, elle permet la diminution de la pollution et d'autre part l'optimisation de la bio-fertilisation. En outre la mycorhization permet l'économisation de l'irrigation par l'eau et l'amélioration de l'absorption des éléments minéraux.

Mots clés

Biologie du sol - fertilité – indicateurs biologiques – mycorhization