REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du master

Spécialité: réhabilitation et restauration des sols

Thème:

Contribution à l'étude du statut phosphaté des sols sous grenadier sous climat aride : cas du verger de Melaga Messaad (Wilaya de Djelfa).

Réalisé par :

M^elle^ Ouslimani Ouerdia

M^elle^ Mallek Thiziri

Devant le jury :

Mr Metahri M. S.	**M.C.A**	**UMMTO**	**Président**
M^me^ Boudiaf Nait Kaci M.	**M.C.A**	**UMMTO**	**Promotrice**
Mr Merrouki K.	**M.C.B**	**UMMTO**	**Examinateur**

2016 - 2017

Remerciements

Nous tenons à remercier M^{me} **Boudiaf-Nait- Kaci M**., Maitre Assistante au département des Sciences Agronomique à l'U. M. M.T.O. pour le soutien et l'aide qu'elle n'a jamais manqué de nous apporte, aussi pour ces conseils et ces orientations durant la réalisation de ce travail.

Notre profonde reconnaissance va à M^{r} **Metahri M.S**. Maitre de conférences à l'UMMTO qui nos à fait l'honneur de présider le jury.

Nous remercions M^{r} **Merrouki K**; Maitre de conférences à l'UMMTO pour avoir accepté de fait partie du jury.

Nous adressons un grande remerciement à M^{me} **Tibiche G**.Et M^{lle} **Issaoune Dj** ingénieurs au laboratoire de chimie du sol au département science agronomiques à U. M. M. T. O**.** pour leur aides et leur conseils et leur disponibilités

Que toute personne qui nous a aidé de prêt ou de loin trouve notre gratitude.

Dédicaces

A mes parents a ma grande-mére.A mes chere fréres Ali et Apilo ,à mes soeures Nadia,Samira,Wiza,Horia,

Mon fioncée Boualem pour son encoragement pour ces conseils et son précieuse aide moral et financiére ,et sa famille

Ma sœur Aldjia,son mari Nono.Ma soere Karima,et se enfants Fifi et Rahim.Ma soere Faroudja et son Fioncé Sofione.

A ma Chére binome ouerdia et sa famille

A mes cheres amies : Souhila,Ourida,Sabrina,Nawal.Hayat

Thyiiri

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de mon oncle HACHIMI ;

Aux êtres les plus chères au monde, mon père, ma mère, source intarissable d'amour, de tendresse et de sacrifice, pour leurs conseils et leur précieuse aide morale et financière,

Que Dieu les protège et les entoure de sa bénédiction ;

A mon très chère frère : Hacene et sa famme sousouh et leur fille Iline ;

A mon très chère frère : Idris ;

A mes très chères sœurs : Rachida et son marie Abdou et leurs enfants Tassadit et Mouhamed Arzki, ma soeur Roza et son marie Faride, Wassila et son marie Rabeh, Naima et son marie Nacer, Et ma tante Lyla ; pour leur précieuse aide morale et financière,

A mon Chère binôme Thiziri, un grand Merci pour sa compréhension et sa patience ainsi que mon profond respect pour sa famille ;

A mes chères et meilleurs ami (es) : Djidji, Assia, Mouhamed Amine, Massi, Achour, Farhat, Hayat, soumaya

OUERDIA

Liste des abréviations

A : argile

Ar : arbre

A.N.A.T., 2003 : Agence Nationale d'Aménagement des Territoir.

ANIREF., 2013 : Agence National d'Intermédiation et de Régulation Foncière.

ANDI., 2013 : Agence Nationale de Développement de l'Investissement. Présentation Djelfa, 25p.

Cm : Centimètre

E : este

Fig : figure

H_{hyg} : humidité hygroscopique

H^+ : hydrogène

Hs : horizon de surface

Hp : horizon de profondeur

I : Indice d'aridité

G.C.B : gravier. Cailloux. Bloc

g : gramme

L : limon

moy : moyenne

max : maximum

min : minimum

M : Moyenne des maxima mensuels.

m : Moyenne des minima mensuels.

m : mètre

mm : millimètre

N : nord

O.N.M : Office National de la Météorologie

pH : potentiel d'hydrogène

P : poids

P : La somme des moyennes mensuelles des précipitations de la période

P Olsen : Phosphore assimilable dosé par la méthode Olsen

S : sable

T : température

Tab : Tableau

< : Supérieure

< : Inferieure

0.5N : 0.5 foi normal

°: degré

°C : degré Celsius

Liste des figures

Figure 1. Cycle du phosphore …….7

Figure 2. Situation géographique de la zone d'étude (Messaad et Djelfa)…….12

Figure 3. Situation de la zone Melaga……13

Figure 4. Parcelle d'échantillonnage (Melaga) ……17

Figure 5. Niveaux des sols échantillons……18

Figure 6. Agitation va et vient des suspensions……20

Figure 7: pH-mètre……20

Figure 8. La gamme étalon……20

Figure 9. Profil pédologique de la parcelle d'étude sous grenadier…….22

Figure 10. Variation de l'Humidité des sols sous grenadier en fonction de profondeur…25

Figure 11. Variation du pH des sols sous grenadier en fonction de profondeur……27

Figure 12. Variation des teneurs en phosphore assimilable(Olsen) des sols sous grenadier en fonction de profondeur …….29

Liste des tableaux

Tableau 1 : Moyenne des précipitations mensuelles et le double des températures moyennes mensuelles maximales de la région de Melaga, période (2009 à 2016)….....14

Tableau 2 : Extrapolation des températures de la région de Melaga (2009-2016)……15

Tableau 3 : Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales de la région de Melaga après correction, période : 2009 à 2016……15

Tableau 4 : Fiche descriptive des horizons……23

Tableau 5 : Résultats de l'analyse granulométrique des sols étudiés……24

Tableau 6 : Les valeurs de l'humidité des sols étudié……25

Tableau 7 **:** Résultats des analyses physico-chimiques de la station……26

Tableau 8 : Résultats de l'analyse de la variance pour le pH des deux horizons……28

Tableau 9 : Résultats du Newman et Keuls pour le pH entre les deux horizons ……..28

Tableau 10: Résultats de l'analyse de la variance pour le phosphore assimilable des deux horizons……29

Tableau 11 : Résultats du test Newman et Keuls pour le phosphore assimilable entre les deux horizons…….29

Introduction générale

En Algérie, la zone aride représente près de 95% du territoire national dont 80% dans le domaine hyperaride. Ces chiffres traduisent à eux seuls l'intérêt de ces régions sur le plan socioéconomique (Halitim, 1988). La mise en valeur de ces surfaces et leur aménagement est d'une importance capitale pour l'avenir économique du pays (Koull, 2007).

L'aridité est définit comme une persistance de températures élevées favorise l'apparition de la sécheresse qui bloque les cycles et le développement de la végétation, ce qui se traduit par une dégradation intense du milieu (Aidoud, 1989). Les sols des régions arides sont réputés pour être dans l'ensemble pauvres en matière organique. En effet, leurs caractéristiques aussi bien physiques que chimiques sont très particulières et posent des problèmes agronomiques et environnementaux à savoir l'érosion et le ruissellement (Koull, 2007).

La région de Djelfa est connue par ses superficies à perte de vue, mais l'agriculture dans celle-ci est marginalisée à cause du climat aride et surtout par la formation géologique qui présente une contrainte édaphique importante. Or que, l'arboriculture peut se faire avec des techniques adaptées à cette région **(**Boudiaf Nait Kaci et *al*., 2014). Le grenadier est une espèce capricieuse, mais bien adaptée au climat méditerranéen et aux zones arides, la variété locale de *Messaad* convient à la mise en valeur des sols de la région. Cette culture pérenne n'est pas très importante en Algérie et considérée comme espèce secondaire malgré ses faibles exigences (Chouaki, 2006).

Le phosphore P est un élément nutritif essentiel pour la production agricole (Vance, 2001). Il reste cependant une ressource non renouvelable dans la lithosphère (0.1%), et sa teneur varie selon le type de sol et le système de la production agricole (Thomson, 1973). Il est ainsi estimé que 30 à 40 % des sols cultivés présenteraient des valeurs de disponibilité en phosphore ne permettant pas d'assurer une production optimale (Vance, 2001). La principale pratique agricole employée pour maintenir la production est l'apport phosphore (Betencourt, 2012), cet apport par les fertilisants est souvent pratiqué afin de restaurer la fertilité des sols déficients en cet élément (Latati, 2015).

L'objectif de ce travail est d'évaluer la biodisponibilité du phosphore sous *Punica granatum* L. sous un climat aride. Pour cela nous avons subdivisé notre travail en quatre chapitres. Dans le premier chapitre, une synthèse bibliographique qui regroupe la description de l'espèce et la biodisponibilité du phosphore dans le sol. Un second chapitre concerne la

présentation de la région d'étude à savoir Melaga (Wilaya de Djelfa), suivi du matériel et méthodes utilisés dans cette expérimentation. Dans le quatrième chapitre nous discutons les résultats et nous terminons le travail avec une conclusion et des perspectives.

Chapitre I
Synthése bibliographie

1. Importance du grenadier

1. 1. Présentation du grenadier

Le grenadier est un petit arbre à port arbustif des régions méditerranéennes qui peut atteindre 6 m de haut. Ses fleurs rouge vif mesurent 3 cm de diamètre. Ses fruits, les grenades, contiennent en moyenne 600 graines pulpeuses. La grenade est une grosse baie ronde, de la taille d'une grosse orange, à écorce dure et coriace, de couleur rouge ou jaune beige, qui renferme de nombreux pépins de couleur rose à rouge. Seuls ses pépins sont comestibles, soit environ la moitié du fruit. Dans chaque pépin, la graine est enrobée d'une pulpe gélatineuse de chair rouge transparente, sucrée chez les variétés améliorées, sinon d'un goût plutôt âcre (Benoît, 2013).

1. 2. Systématique du grenadier

Il existe peu de document concernant cette espèce, nous avons choisi la classification donnée par (Fourasté, 2002) :

- Règne : *Plantae*
- Division : *Magnoliophyta*
- Classe : *Magnoliopsida*
- Ordre : *Myrtales*
- Famille : *Punicaceae*
- Genre : *Punica*
- Espère : *Punica granatum.*

1.3. Importance socioéconomique du grenadier

Bien que le grenadier soit peu exigeant, les plantations ne sont pas très importantes en Algérie. Il existe de nombreuses variétés de grenadier de qualité très différente, dont plusieurs sont signalées dans les petits jardins en Kabylie. Cependant, on n'en connait que leur appellation locale telle que Lahlou et Elmouz. Actuellement 14 variétés sont autorisées à la production et à la commercialisation par l'état (Chouaki, 2006).

2. Exigences édaphoclimatiques du grenadier

Malgré les précieuses qualités du grenadier et ses tolérances à toutes sortes de conditions, les grenades présentent l'inconvénient de l'éclatement précoce dû à plusieurs origines (Walali et *al*., 2003).

2.1. Climat

Le grenadier s'adapte à de nombreux climats, des tropiques aux régions tempérées chaudes. Néanmoins, c'est un climat austral subtropical voire tropical qui lui convient le mieux. Les meilleurs fruits sont obtenus dans les régions subtropicales, où la période des températures élevées correspond au moment de la maturité des grenades. Il supporte très bien la sécheresse, mais cela compromet la qualité de ces fruits. Un climat chaud et sec sera bon pour le grenadier à condition que ses racines ne manquent pas d'eau (Wald, 2009).

2.2. Sol

Le grenadier n'est pas exigent en ce qui concerne la nature de son sol. Il s'adapte à une large gamme des sols et tolère les terrains acides et alcalins. Il est également assez résistant à la salinité (Wald, 2009).

2.3. Eau

Les arboriculteurs turcs et perses prétendent que le grenadier doit avoir « les pieds dans l'eau et la tête au soleil ». En effet, il est nécessaire que ses racines soient au frais et largement irriguées, afin d'obtenir des fruits de bonne qualité et en grande quantité (Wald, 2009).

3. Caractéristiques biologiques et morphologiques du grenadier

3.1. Feuilles

Les feuilles du grenadier sont opposées ou sous-opposées, luisantes, étroites, et de forme oblongues, entières, de 3 à 7 cm de long et de 2 cm de large (Ben-Arie et *al*., 1984).

3.2. Fleurs

La période normale de la floraison de différents cultivars de grenadier se produit généralement entre mars- avril et juin- aout. Elle dure jusqu'a 10 –12 semaines et voire plus selon les variétés et les conditions géographiques (Ben-Arie et *al*., 1984). Pour la biologie florale, le grenadier est une espèce monoïque qui développe, sur le même arbre, des fleurs hermaphrodites fertiles en formes de "Vase" et des fleurs males stériles avec un style très court et des ovaires atrophiés en forme de cloche (Melgarejo et Salazar, 2003).

3.3. Fruit

Le grenadier, bien conduit entre en production à partir de la quatrième année. Il est déconseille de cueillir par temps humide, car les fruits risquent également de se fendre. Selon les variétés, la période de maturité des grenades a lieu entre la fin du mois d'aout jusqu'à décembre (Melgarejo, 1993).

4. Multiplication de l'espèce

La multiplication du grenadier peut se faire par plusieurs modes avec une variations des techniques utilisées en pépinières et au champs.

4.1. Semis

Le semis a lieu au printemps, en pépinière, avec la graine récoltée la même année. Il faut choisir, pour cette opération, la graine des variétés à fruits acides et de maturité tardive. En effet, ces variétés sont, en général, plus rustiques que celles à fruits doux et donc mieux adaptés à ce mode de multiplication. Cependant, le semis est peu utilisé, car ce procédé est long et donne des résultats non homogènes (Hmid, 2013).

4.2. Bouturage

La bouture est un mode de multiplication végétative. Le bouturage est simple sur le grenadier et donne, en général, de bons résultats (Mars, 1995). Des boutures de 20 à 30 cm sont prélevées en décembre et conservées en stratification avant leur plantation en pépinière, en février - mars ou prélevées directement et plantées en mars. Un traitement à l'acide indole-acétique (AIA) améliore l'émission des racines (Hmid, 2013).

4.3. Marcottage

Le marcottage est un mode de multiplication végétative. La technique du marcottage consiste à multiplier une plante en provoquant l'enracinement d'un rameau, alors que celui-ci est toujours solidaire de la plante mère. La partie de la plante placée en terre émet alors des racines adventives. Lorsque ces racines sont suffisamment développées, la branche est coupée pour séparer le jeune plant de la plante mère. Le marcottage est une technique de multiplication simple, mais un peu long sachant que l'enracinement n'intervient parfois qu'au bout d'une année (Wald, 2009).

4.4. Drageon

Le drageon est également un mode de multiplication végétative, c'est un rejet issu de la racine d'une plante. Quand celui-ci a acquis suffisamment de vigueur, il est séparé de la plante mère et mis en terre. Cela donne un nouveau pied. La multiplication par drageons chez le grenadier est assez simple, car cet arbre en produit parfois abondamment. Ce procède est assez souvent employé dans la région méditerranéenne (Hmid, 2013).

4.5. Greffage

La greffe permet de reproduire authentiquement le matériel végétal, associant les caractéristiques du porte-greffe et du greffon. C'est une technique rarement employée chez le grenadier (Hmid, 2013).

5. Fertilisation et irrigation

La fertilisation est propre à chaque condition pédoclimatique. Selon les pays et les régions productrices on trouve des différences quant à la composition de la fertilisation annuelle d'un plant de grenadier. Un grenadier commence à produire à partir de 5 ans et rentre en pleine production à 7 ans. Durant les 4 premières années, l'apport d'azote est quasiment égal au potassium ou au phosphore. A partir de la cinquième année on obtient un ratio de 1N - 0,5 P-1K. Il faut faire attention à l'apport trop tardif d'azote qui pourrait privilégier le développement végétatif au détriment de la production de fruit. En revanche l'apport tardif de potassium, après la floraison, permet de réduire les risques d'éclatement du fruit (Cauchard, 2013).

Le grenadier est connu pour être résistant à de longues périodes de sécheresse (Meena et *al*, 2009). Toutefois cette résistance peut entrainer des problèmes physiologiques ou de qualité visuelle sur la production. De même de trop fortes quantités d'eau peuvent nuire au développement du fruit et réduire le potentiel de production de l'arbre. Mais dans la majorité des cas, les précipitations combinées avec une irrigation d'appoint au goutte-à-goutte suffit pour la croissance de la plante (Meshram et *al*., 2009).

Il n'existe pour le moment aucune consigne d'irrigation de référence. Le dosage de l'irrigation se fait selon la région et l'expérience du cultivateur sur la plante (Cauchard, 2013).

6. Ravageurs et maladies du grenadier

Le grenadier est peu soumis aux attaques de pathogènes. Les principaux problèmes de cultures sont liés à la fertilisation. Néanmoins, certains ravageurs peuvent créer des problèmes dans les vergers (Day et *al*., 2009). Cauchard, (2013), résume les plus connus à savoir :

a- ***Aphis punicae*** : dommages peu sévères au printemps mais peut entraîner des pourritures lorsque le fruit est mûr ainsi qu'une chute précoce des fruits (Cauchard, 2013).

b- ***Brevipalpus lewisi*** : dégâts sont visuels et vont entrainer le non commercialisation du fruit (roussissement de la peau).

c- ***Leptoglossus clypealis*** : les larves de cette punaise vont se nourrir des arilles à l'intérieur du fruit.

d- ***Platynota stultana*** : les larves de ce papillon pénètrent le fruit par le calice laissant une blessure pour l'entrée de pathogènes.

7. Importance du phosphore

Le phosphore, comparativement aux autres éléments nutritifs majeurs, il est le moins mobile dans le sol (Morel, 1996). Un des matériaux de base de la matière vivante, le phosphore est présent chez tous les organismes vivants et dans les transporteurs d'énergie. Il participe également à la composition du noyau cellulaire et il se concentre dans les organes reproducteurs du végétal.

8. Etat du phosphore dans le sol

8.1. Phosphore total

Il correspond à la quantité total de phosphore que peut contenir un sol, celle-ci varie entre 200 mg de phosphore / kg de sol à 3000 mg de phosphore /Kg de sol (Fardeau et Morel, 2002). Il est une conséquence directe de la richesse de la roche mère. (Darrah, 1993) amontré que moins de 0.1% de phosphore total de sol est libre dans la solution du sol, le reste étant associé à la fraction minérale ou organique de ce dernier.

8.2. Phosphore assimilable

Le phosphore assimilable peut être défini comme le phosphore qui peut être extrait du sol par les plantes. Cette fraction du phosphore est capable de participer à la fois à l'alimentation du végétal et au maintien de la concentration de la solution du sol en phosphore (Fardeau et Frossard, 1991).

9. Formes de phosphore dans le sol

Le phosphore peut exister, dans le sol, sous différentes formes qui varient selon le type de sol, le pH de la solution du sol, la teneur en matière organique (Gervy, 1970). **Le phosphore échangeable qui peut être soluble, f**raction très petite, 200 à 500 g/ha, mais qui intervient de façon décisive dans l'alimentation des plantes (Bertrand et Gigou, 2000). Cependant, la fraction **adsorbée sur les argiles** l'intermédiaire des ponts calciques ou ferriques permet des échanges rapides entre cette forme et le phosphore en solution. C'est cette fraction qui intervient efficacement pour renouveler le phosphore soluble dans la solution du sol au fur et à mesure que les plantes l'absorbent.

La présence du calcium dans les sols basiques ou d'aluminium et du fer dans les sols acides, peut affecter d'une façon remarquable la disponibilité du phosphore pour la plante. Dans les sols modérément acides, le phosphore peut être fixé énergiquement à la surface des argiles présentant un déficit de charge, ce qui rendra le phosphore insoluble (Gervy, 1970).

Le phosphore se trouve sous forme de composés organiques, cette fonction comprend parfois, plus de la moitié du phosphore total du sol. Il provient essentiellement de la dégradation plus ou moins poussée des composés organique, entre autre les phytines, les acides nucléiques et les glucoses phosphatés (Buckman et Brady, 1965).

10. Rôle du phosphore

Le phosphore joue des rôles primordiaux dans le fonctionnement biologique des plantes. Il participe à de nombreux processus physiques, chimiques, biologiques et enzymatiques. Il est l'un des principaux constituants des acides nucléiques en joignant les nucléotides (Schachtman et *al*, 1998 ; Balemi, 2009).

C'est un constituant des phospholipides des membranes végétales (Lerot., 2006). Il participe au système de transport d'énergie dans les cellules étant donné qu'il entre dans la composition des adénosines di- et triphosphates lesquelles sont les principales sources d'énergie du métabolisme (Johnston et Steén, 2000 ; Stroia., 2007). Il catalyse la synthèse des glucides à partir de CO_2 et H_2O (Johnston et Steén, 2000).

Cet élément active la croissance des bourgeons et des racines et joue aussi le rôle d'activateur dans la mise en réserve des glucides. En l'occurence, il est mis en réserve dans les grains/graines sous forme de phytates (Lerot, 2006).

11. Cycle du phosphore

Dans le sol, les ions phosphates subissent des transformations par des réactions chimiques, physiques et biologiques comme l'adsorption, la minéralisation, la précipitation, l'altération et la réorganisation microbienne (Fig.1). Ainsi, le cycle comprend le processus de prélèvement du phosphore par la plante, les transformations des formes organiques et les réactions chimiques de fixation et d'immobilisation dans le sol (Morel, 2002 ; Demers, 2008).

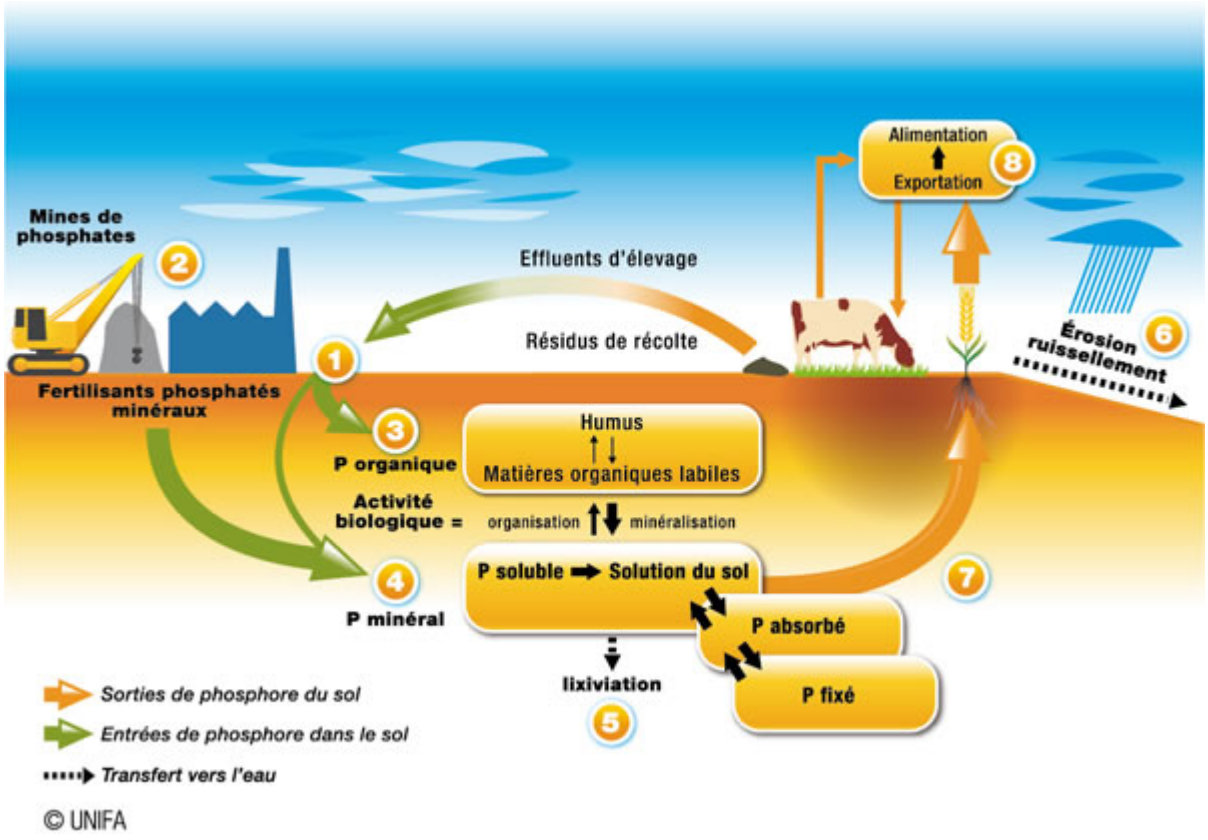


Figure 1. Cycle du phosphore (U.N.I.F.A)

1. Le recyclage d'éléments nutritifs contenus dans les matières organiques de toute nature : effluents d'élevage, résidus de culture et autres sous-produits organiques issus des activités humaines, constitue une ressource importante pour la fertilisation.
2. Le phosphate est extrait de mines à ciel ouvert, il est généralement transformé par l'action d'acides minéraux pour produire des formes plus solubles, assimilables par les plantes.
3. La minéralisation minéralisation Définition: Transformation de la matière organique qui conduit à la formation de sels minéraux où les éléments fertilisants deviennent solubles et accessibles aux plantes de la matière organique du sol (et des effluents) produit du phosphore minéral (phosphate) soluble.
4. Le phosphore évolue en permanence entre les formes fixées, adsorbées et solubles.
5. La lixiviation lixiviation Définition: Processus au cours duquel l'eau de ruissellement passe au travers des pores du sol (percolation) en entraînant par dissolution certains sels, ions ou substances solubles du phosphore soluble (entraînement en profondeur par l'eau du sol) est un phénomène extrêmement limité (moins de 1kg/ha en situation de fertilisation raisonnée Définition: L'objectif de la fertilisation raisonnée est de satisfaire les besoins nutritionnels des

plantes en complétant l'offre du sol en éléments minéraux dans des conditions économiquement rentables et dans le respect de l'environnement (Comifer D, 1995)....

6. L'entraînement du phosphore hors de la parcelle est faible, il se fait par ruissellement (terrains en pente) et érosion (phosphore lié aux particules solides).
7. L'absorption racinaire des végétaux se fait exclusivement à partir du phosphore de la solution du sol.
8. La récolte est transformée en nourriture (humaine ou animale), ce qui est l'objectif fondamental de l'agriculture.

Le cycle du phosphore dépend de l'équilibre entre une phase très insoluble majoritaire et une phase soluble très peu abondante. Cet élément existe dans les roches et dans les sols, souvent sous la forme de composés apatitiques sous l'action des racines, des champignons mycoriziens et de la matère organique du sol, ces minéraux peu solubles, peuvent se libérer en faible quantité des ions HPO_4^{2-} et $H_2PO_4^{2-}$ C'est à partir de ce pool que se fait son prélèvement par les racines (Schvartz et *al*., 2005).

12. Fertilisation phosphatée

La fertilisation phosphatée est très répandue dans les pratiques agricoles. Bien que généralement très efficace pour augmenter la production végétale, son utilisation peut engendrer certaines contaminations environnementales en plus de la cherté des engrais. Afin de diminuer ce problème, plusieurs pratiques de gestion doivent être envisagées particulièrement dans une région aride. Parmi celles-ci, on retrouve l'intéressante possibilité de manipuler la flore microbienne car cette dernière est reconnue pour son implication dans bons nombres de processus fondamentaux liés à la fertilité du sol (Beauregard, 2010).

La mobilité du phosphore vers la racine sera tributaire du pouvoir fixateur du sol. Il est important de maintenir un taux de matière organique suffisant, fractionner les apports d'engrais et choisir la formulation la plus compatible avec le pH du sol (Nait Kaci et *al,* 2014).

Pour évaluer la disponibilité du phosphore pour les plantes, il faut donc connaître la quantité de phosphore présent dans la solution du sol mais aussi la capacité du sol à renouveler cette solution en éléments nutritifs particulièrement le phosphore. Cette capacité correspond au pouvoir tampon, aptitude du sol à s'opposer aux variations de concentration de P dans la solution du sol, dont l'importance dépend de certaines de ses caractéristiques (Nait Kaci, 1997).

13. Carence en phosphore

Le manque de phosphore retarde la division des cellules, les feuille sont petites et ont souvent des reflets bleuâtre une coloration pourpre et surtout les racines ont une croissance ralentie, ce qui limite les capacités d'explorer le sol pour trouver les éléments minéraux .La floraison et maturation sont retardées .Comme pour l'azote les symptômes apparaissent d'abord sur les feuilles âgées (Bertand et Gigou, 2000).

14. Absorption du phosphore par les racines

L'absorption du phosphore par les racines des plantes se fait essentiellement sous la forme d'orthophosphates HPO_4^{2-} HPO^{-}_4 et PO_4^{3-} dont la concentration dans la solution du sol et très faible les échanges entre les formes solubles et insolubles de phosphore dans le sol sont lents. L'absorption de phosphore par les racines étant plus rapide que la diffusion du phosphore dans le sol, il se forme très rapidement une zone d'épuisement autour de la racine l'augmentation d'othophosphote absorbé par les racines mycorhizées résulte principalement de l'accroissement du volume de sol exploré et de la translocation du phosphore du sol vers la racine via le réseau mycélien, ainsi que de la présence de transporteurs d'orthophosphates plus efficaces dans les racines mycorhizées que dans les racines non infectées (Moussain et *al*, 1997).

15. Importance du phosphore dans les sols sous grenadier

Le sol constitue une source majeure de nutriments minéraux nécessaires aux végétaux, qui assurent leur nutrition minérale en prélevant par leurs racines des ions minéraux dissous dans la solution du sol (Girard et *al*., 2005 et Hinsinger, 1998). Cette nutrition résulte pour une large part, du fonctionnement de la rhizosphère, cette dernière est définie comme étant le siège de processus physiques et chimiques spécifiques liés à l'alimentation hydrique et minérale des plantes (Girard et *al*., 2005). Sous l'influence des paramètres physiques, chimiques et biologiques du sol, les éléments nutritifs en particulier le phosphore, subissent des transformations variées liées à leurs propriétés. Les faibles teneurs en phosphore dans les sols limitent la production fruitière. Il s'agit de savoir comment atteindre un état de fertilité durable dans des conditions économiquement acceptables. Une gestion raisonnée de la fertilisation requiert l'évaluation de la biodisponibilité du phosphore présent ou apporté dans les sols.

La rhizosphère est un environnement complexe où les racines interagissent avec les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Elle peut être définie comme le sol autour des racines dont les propriétés sont influencées par la présence et l'activité racinaire

(Hinsinger 1998 et Richardson et *al.*, 2009). Les modifications des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol de la rhizosphère ont une influence significative sur la croissance et l'état des plantes. En termes d'acquisition de nutriments, à la fois les caractéristiques structurelles et fonctionnelles des racines ont longtemps été reconnu comme étant important dans la détermination de la capacité des plantes d'accès et de arbitrer le disponibilité des éléments nutritifs essentiels dans le sol et d'alléger l'encontre de ceux qui sont toxiques (Darrah 1993; Marschner 1995).

Les faibles teneurs en phosphore dans les sols d'Algérie limitent la production végétale. Pour la région de Djelfa, il s'agit de savoir comment atteindre un état de fertilité durable dans des conditions économiquement acceptables avec une période sèche de plus en plus longue. Une gestion raisonnée de la fertilisation avec une irrigation rationnelle requièrent l'évaluation de la biodisponibilité du phosphore présent ou apporté dans les sols (Boudiaf Nait Kaci, 2014).

Chapitre III
Materiél et méthode

1. Situation géographique de la zone d'étude

La wilaya de Djelfa est située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord au delà des piémonts sud de l'Atlas Tellien en venant du nord dont le chef lieu de Wilaya est à 300 km au sud de la capitale. Elle est comprise entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et 35° de latitude Nord. Elle est limitée au nord par Médea et Tissemsilt, à l'est M'sila et Biskra, à l'ouest Laghouat et Tiaret et au sud Ouargla, El Oued et Ghardaia (ANDI, 2013). La station d'étude est située dans la commune Melaga Messaad à 70 km au sud du chef de la wilaya.

2. Géomorphologie de la wilaya d'étude

La wilaya de Djelfa a 3 principaux reliefs qui sont les plaines avec des altitudes qui varient entre 650 et 900m, l'Atlas Saharien des Ouled Nail, entre 1000 et 1500m. Par contre la plate forme Saharienne a une altitude qui varie entre 400 m au sud et 700 m au nord en moyenne. Cependant, la région d'étude se situe sur la plate forme saharienne ayant une altitude de 815m.

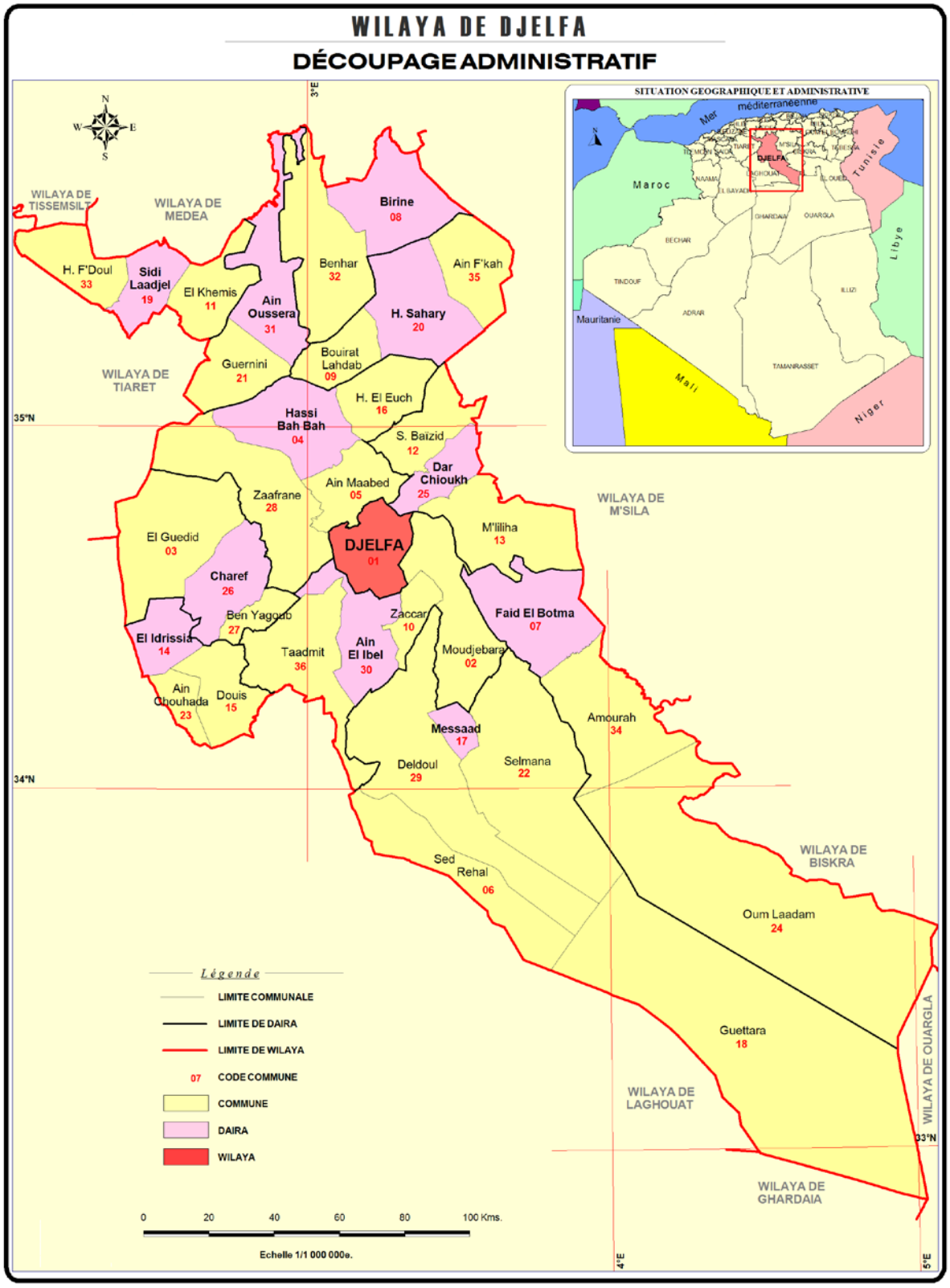


Figure 2 .Situation géographique de la zone d'étude (Messaad et Djelfa) Source : ANIREF,2013

Figure 3. Situation de la zone Melaga (Anonyme, 2017).

3. Géologie de la wilaya de Djelfa

La Wilaya de Djelfa est caractérisée par une séries sédimentaire s'étalant du trias au quaternaire, issue des mouvements tectoniques alpins (Chibane et *al*, 2010). Selon Pouget, (1980), la totalité des roches sont carbonatées souvent gypseuses et salées. Pour la lithologie, la majorité des territoires de Djelfa sont fossilisés par des croutes calcaires et des calcaires d'origine lacustre. Les chenaux des Chebkhats et des Chaabets aboutissant dans des dépressions fermées : Dayas, Chotts, Sebkhas sont les paysages les plus rencontrés dans ces zones de type aride et semi aride. Ils modifient considérablement la structure plane de la plateforme saharienne. L'aspect continental d'origine néogène plus ou moins détritique et salifère, se présente par des affleurements importants aux fonds des Oueds (Diaf et Saadoune, 2011).

4. Étude climatique

Le climat de la région est nettement semi-aride à aride avec une nuance continentale. En effet, le climat est aride dans toute la zone située dans la partie sud de la Wilaya où nous avons échantillonné les sols, avec moins de 200 mm d'eau de pluie en moyenne par an (ANDI, 2013).

4.1. Précipitation

La différence d'altitude entre Melaga et la wilaya de Djelfa est de (1140-815) 325 m
Les précipitations augmentent de 40 mm tous les 100 m d'altitude. (Seltzer,1946).

Tableau 1. Moyenne des précipitations mensuelles et le double des températures moyennes mensuelles maximales de la région de Melaga (2009 - 2016).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm)	21,54	16,94	**25,44**	19,06	12,85	12,61	5,4	7	17,05	16,47	11,11	18,1
2T(°C)	16,54	16,32	23,6	33,14	42,28	52,84	62,02	60,22	49	39,22	25,28	17,92

(Source : O.N.M, 2016)

Le tableau ci-dessus montre que le mois le plus pluvieux de Melaga est le mois de Mars avec des précipitations d'une valeur de 25,44 mm.

4.2 Température

Les températures minimales m', maximales M' et moyennes T' sont calculées et représentées dans le tab (2).

Tableau 2. Extrapolation des températures de la région de Melaga (2009-2016).

T min (m')	T max (M')	T moy (T')
X= 1,3°C	X'= 2,28°C	x''=1,79°C
m'=m+1,3°C	M'=M+2,28°C	T'moy=Tmoy+1,79°C

Tableau 3. Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales de la région de Melaga après correction (2009 à 2016).

Paramètres	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
m (°C)	2,92	**2,48**	5,2	8,57	12,08	16,72	20,78	20,5	16,7	11,86	6,83	3,18
M (°C)	12,73	12,64	16,44	21,79	26,56	32,08	**36,81**	35,99	29,78	24,9	17,04	13,55
M+m/2(°C)	7,82	7,56	10,82	15,18	19,32	24,4	28,48	28,24	23,24	18,38	11,93	8,36

(Source : O.N.M, 2016)

M : Moyenne des maxima mensuels.

m : Moyenne des minima mensuels.

(M+m)/2 : Moyenne mensuelle.

4.3. Indice d'aridité de De Martonne

$$I = P/T+10$$

I : Indice d'aridité

P : La somme des moyennes mensuelles des précipitations de la période 2009 à 2016 (mm).

T : La moyenne des maxima et des minima /2 (moy(M+m/2)) en °C.

10 : est une constant

- Pour la région de Djelfa cet indice est : I = 310,488/17,85+10 **I = 11,14**

- Pour% Melaga : I = 183,616/19,64+10 **I = 6,19**

Selon les normes d'interprétations de l'indice d'aridité de De martonne il y a :

- **I < 5** **Hyper aride**
- **5 < I < 10** **Aride**
- **10 < I < 20** **Semi-aride**
- **I > 20** **Humide**

L'indice d'aridité de la wilaya de Djelfa est compris entre 10 et 20 ce qui correspond à l'étage bioclimatique semi-aride et la région d'étude Melaga présente un indice d'aridité inférieur à 10 et supérieur à 5, elle se situe dans l'étage bioclimatique aride.

4.4. Les Vents

Les vents dans la Wilaya de Djelfa sont caractérisés par leur intensité et leur fréquence. Les vents les plus fréquents sont ceux d'orientation Nord-est et Nord-Ouest d'origine océanique et nordique. Cependant, la principale caractéristique des vents dominants dans la région est matérialisée par la fréquence du sirocco, d'origine désertique, chaude et sèche, dont la durée peut varier de 20 à 30 jours par an (ANDI, 2013).

4.5. Les gelées

Ce phénomène lié à la baisse extrême des températures, constitue le facteur climatique le plus contraignant de la région, notamment vis-à-vis de l'activité agricole. Durant les saisons d'hiver et de printemps des gelées blanches sont observées dont la fréquence varie entre 40 et 60 jours suivant la région les plus exposées à ce phénomène. C'est dans la parties Nord et centre de la wilaya (ou se trouve les meilleure terre agricoles) que se manifeste fortement ce phénomène avec respectivement une moyenne de 66.2 et 31.2 jours /an, alors qu'au Sud celle ci n'est seulement que de 3.2 jour/an.

Chapitre II
Présentation de la zone d'étude

1- Echantillonnage

L'échantillonnage a eu lieu le 20 mars 2017 dans un jeune verger de grenadier dans la région de Melaga Messaad au sud de la wilaya de Djelfa. Les points de prélèvement ont été choisis en fonction du couvert végétal et de l'homogénéité de la station (Fig. 4). Douze grenadiers du même âge et même variété ont été marqués et choisis pour notre expérimentation. A l'aide d'un quadrat de (25×25×10) cm^3, nous avons prélevé les échantillons de sol sous chaque arbre sélectionné sur les profondeurs à étudier.

Figure 4. Parcelle d'échantillonnage(Melaga)

2. Echantillonnage des sols et des racines sous grenadier

L'échantillonnage a été fait dans un jeune verger de grenadier âgé de 7 ans, sa superficie est de 3 hectares conduit en irrigué, avec une densité de 250 arbres/ha. Nous avons opté pour un échantillonnage en diagonale. Cependant les 12 grenadiers ont été marqués d'une façon symétrique sur la totalité de la superficie du verger en évitant les lisières. Nous avons prélevé deux profondeurs sous chaque arbre.

Figure 5. Niveaux des sols échantillons

3. Conditionnement des échantillons

Les sols prélevés sont séchés à l'air libre au laboratoire, après avoir extrait les racines contenues (ces dernières font l'objet d'un autre travail) ainsi que la fraction grossière. Par la suite tous les sols ont été broyés et tamisés au crible de 2 mm.

Chaque échantillon en fonction de la profondeur est étalé séparément pour éviter la contamination entre les sols.

Tous les sols sont bien nettoyés à l'aide d'une pince afin d'éliminer tous les débris végétaux. La terre fine obtenue (sur un total de 24 échantillons) est conservées dans un endroit sec à une température ambiante pour les analyses physiques et biochimiques suivant les méthodes standards en pédologie.

4. Analyse du sol

Une analyse complète du sol et du sous-sol est indispensable avant l'installation d'une nouvelle plantation. Néanmoins aucune étude pédologique n'a été faite sur les sols de ce verger. L'évaluation des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de ces sols permet d'établir un diagnostic de fertilité de la parcelle avec un contrôle périodique.

4.1. Analyse physique

4.1.1. Humidité

L'humidité hygroscopique c'est la quantité d'eau (en %) retenue par la terre séchée à l'air libre.

Mode opératoire suivi d'après (Aubert G, 1978) est comme suit :

-peser une capsule en silice, soit **P1** le poids de la capsule vide ;

- peser précisément dans cette capsule 10 g de terre fine séchée à l'air libre, soit **P2** le poids de la capsule vide + les 10g de terre fine ;

-mettre la capsule et son contenu dans l'étuve à 105° C durant 48 heures ;

-retire la capsule de l'étuve et la laisser refroidir dans un dessiccateur ;

-peser la capsule après refroidissement, soit **P3** le poids obtenu (capsule vide+terre séchée à l'étuve) ;

-P2-P3 correspond à la perte d'eau qu'ont subit les 10 g de terre séchée à l'air libre ;

-L'humidité hygroscopique est déterminée par la formule suivant :

$$H_{hyg}\ (\%) = (P2-P3)/(P3-P1) * 100$$

4.1.2. Granulométrie

La granulométrie a été déterminée par la méthode internationale à la pipette de Robinson.

4.2. Analyse chimique

4.2.1. pH

Le pH est mesuré par la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre sur une suspension de terre fine dont le rapport terre fine/eau est de 1/5.

Figure 6.Agitation va et vient des suspensions.

Figure 7: pH-mètre.

4.2.2. Dosage du phosphore assimilable par la méthode Olsen

L'extraction a été faite selon la méthode Olsen qui consiste en l'extraction de phosphore avec une solution de bicarbonate de sodium 0.5 N ajusté au pH 8,5. Le dosage est basé sur la formation et la réduction d'un complexe formé par l'acide phosphorique et l'acide molybdique. Le complexe phospho-molybdique, sous l'effet de la chaleur et en présence d'acide ascorbique développe une coloration bleue proportionnelle à la concentration de la solution en orthophosphate, puis passage au colorimètre à 660 nm.

Figure 8. La gamme étalon

4.3. Analyse statistique

Afin d'évaluer la biodisponibilité de phosphore dans le sol de grenadier sur les propriétés physique et chimique du sol nous avons effectué l'analyse statistique suivante :

- Une analyse de variance des moyennes du sol étudié et le test de **NEWMAN-KEULS** pour la comparaison pour des moyennes, avec le logiciel **STATBOX** ;

1. Résultats de la caractérisation des sols sous grenadier

1.1. Description morphologique du profil pédologique

La description morphologique du profil de la station de Melaga sous grenadier est détaillée dans le tab (4) suivi d'une illustration dans la fig (9). La zone d'étude est homogène, elle s'étale sur une superficie de 3 ha pour cela nous avons caractérisé un profil pédologique au milieu du verger.

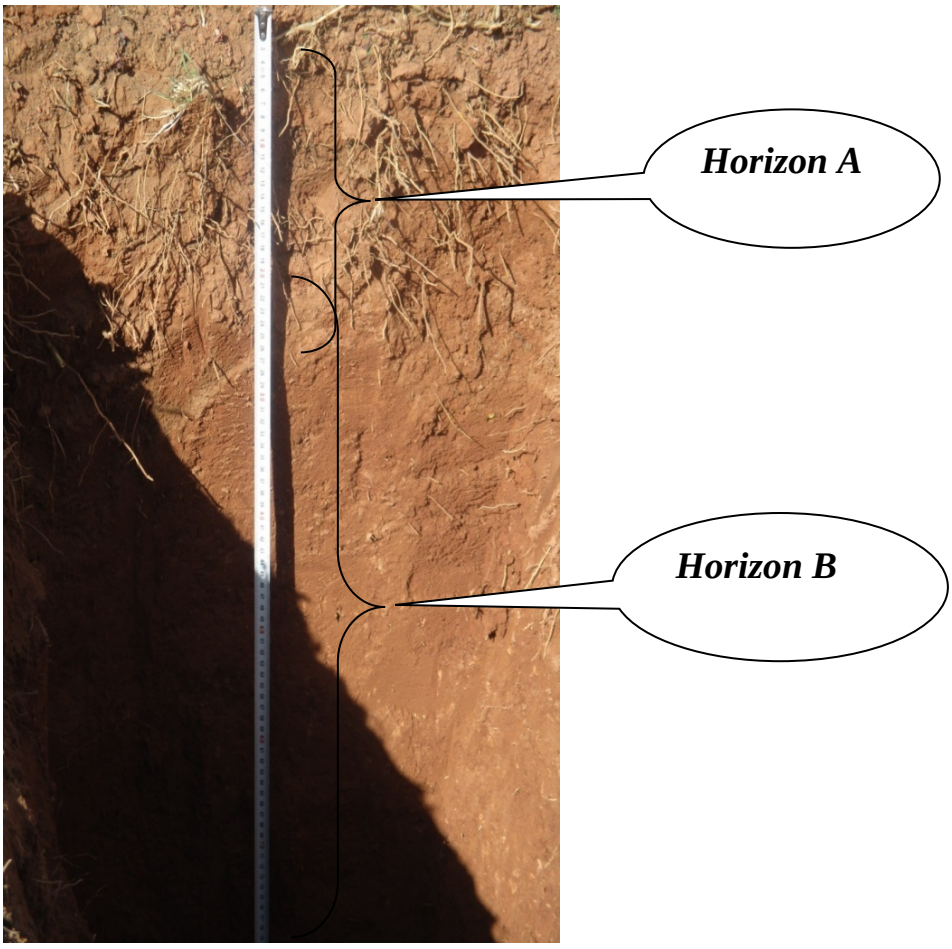


Figure 9. Profil pédologique du verger de grenadier Melaga.

Tableau 4. Fiche descriptive du profil pédologique sous grenadier.

Critères de classification	***Horizon A***	***Horizon B***
Profondeur	0 - 15 cm	15 - 55 cm
Humidité	Humide	Légèrement humide
Couleur	5YR/4/4	5YR/3/4
G.C.B.	Cailloux anguleux	Absence
Dimensions	Inférieure à 2 cm	Absence
Nature	Calcaire	Calcaire
Réaction à l'HCl	Forte effervescence	Forte effervescence
Réaction à l'H_2O_2	Faible	Faible
Texture	Limono-sableuse	Limono-sableuse
Présentation de racine	Abondantes	Très abondantes
Activité biologique	Présence (macrofaune)	Absente

La description morphologique du profil suivi de l'étude analytique nous permettent de dire que le sol est un Aridosol (W.R.B., 2003).

1. 2. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique d'un sol consiste à déterminer la proportion des diverses classes des diamètres des particules. Les résultats de cette analyse granulométrique nous montrent que les sables sont dominants avec un taux supérieur à 60% (Tab. 5). Le sol est essentiellement limono-sableux

Tableau 5. Résultats de l'analyse granulométrique.

		Granulométrie			Classe texturale
arbre	Horizon	A%	L%	S%	Texture
A1	HS	27.25	16.85	62.97	Sablo-argileuse
	HP	10.5	28.92	60.07	Limono-sableuse
A2	HS	2.25	27.25	70.74	Sablo-limoneuse
	HP	3.8	18.56	74.95	Limono-sableuse
A3	HS	5	26.53	66.61	Limono-sableuse
	HP	8	18.88	67.11	Sablo-sableuse

L'analyse granulométrique confirme la description de la texture sur le terrain avec le test du boudin non obtenu qui révèle une texture limono-sableuse du sol sous grenadier.

1. 3. Humidité des sols

L'humidité hygroscopique varie entre 9.28 et 17.71 pour l'horizon de surface, par contre elle est de 9.70 à 17.51 pour l'horizon de profondeur (Tab. 6).

Tableau 6. Humidité des sols étudiés.

H% / Arbre	HS	HP
A1	16,205	14,48
A2	9,285	13,055
A3	13,565	12,99
A4	17,71	12,355
A5	10,555	10,74
A6	10,55	9,705
A7	17,23	12,29
A8	14,41	17,51
A9	15,87	12,29
A10	15,735	15,005
A11	16,95	12,355
A12	11,475	16,685

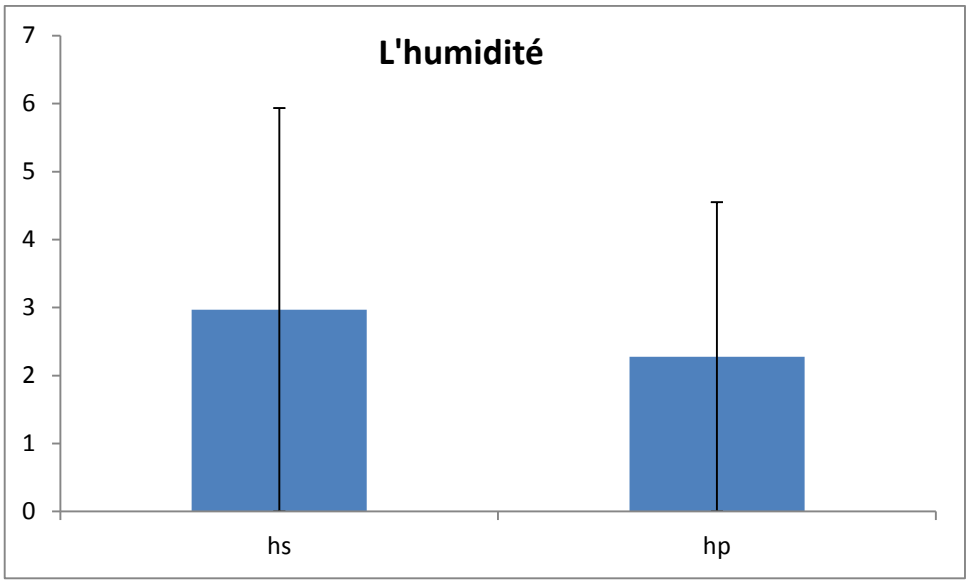


Figure 10 .Variation de l'Humidité des sols sous grenadier en fonction de profondeur

Nous remarquons que les variations des taux d'humidité sont plus importants comparativement aux horizons profonds, ce qui explique l'importance de la fraction fine dans cette partie supérieure des sols en plus de l'apport de la matière organique sous forme de fumier. Cependant, l'analyse statistique révèle une différence non significative.

La diminution de l'humidité dans l'horizon profond pourrait être liée à l'abondance des racines et la nature de la texture.

1.4. Caractéristiques chimiques du sol

L'analyse chimique du sol a pour but d'évaluer son niveau de fertilité minérale pour une culture végétale donnée. Les résultats analytiques permettent l'élaboration d'un conseil de fumure adapté à la culture envisagée. Les résultats des analyses chimiques sont représentés dans le tab (7).

Tableau 7. Résultats des analyses physiques et chimiques de la station.

	pH		**$CaCO_3$**		**C_{org}**		**P (ppm)**		**H%**	
Arbre	HS	HP	HS	HP	HS	HP	HS	HP	HS	HP
Ar 1	8,63	8,86	0,5	0,1	0,47	0,5	0,064	0,04	16,2	14,48
Ar 2	8,13	8,73	1,1	1,1	1,51	1,16	0,125	0,062	9,28	13,05
Ar 3	8,54	8,91	1,2	0,6	0,83	0,34	0,08	0,028	13,56	12,99
Ar 4	8,29	8,76	0,4	0,2	1,17	0,5	0,069	0,028	17,71	12,35
Ar 5	8,73	8,85	0,2	1,9	1,17	0,16	0,1	0,04	10,55	10,74
Ar 6	8,51	8,79	1,7	0,3	0,92	1,51	0,0439	0,728	10,55	9,7
Ar 7	8,54	8,64	1,3	0,5	3,51	0,845	0,059	0,023	17,23	12,29
Ar 8	8,66	8,59	1,1	0,7	1.1	0,66	0,036	0,035	14,41	17,51
Ar 9	8,74	8,92	2,4	1,7	0,84	0,34	0,029	0,041	15,87	12,29
Ar 10	8,15	8,69	1	1,4	3,66	1,83	0,113	0,033	15,73	15,05
Ar 11	8,54	8,72	0,3	0,4	1,17	1,17	0,129	0,013	16,95	12,35
Ar 12	8,71	8,9	1,3	0,4	2,17	1,17	0,071	0,016	11,47	16,68

1.4.1. Acidité des sols

Les résultats de la détermination du pH des sols (Tab. 7 et Fig. 11) nous indiquent que les sols sous grenadier sont moyennement à fortement alcalins. Cette variation peut s'expliquer par un fort pouvoir tampon exercé par les carbonates de calcium dans ces sols (Hinsinger., 2003).

Une augmentation significative des pH des horizons profonds comparativement aux horizons de la surface est à signaler. Cette dernière peut être due au desséchement local des horizons profonds ce qui a pour effet une importante concentration des solutés de cation qui font augmenter leurs alcalinité (Anoua et *al*., 1997).

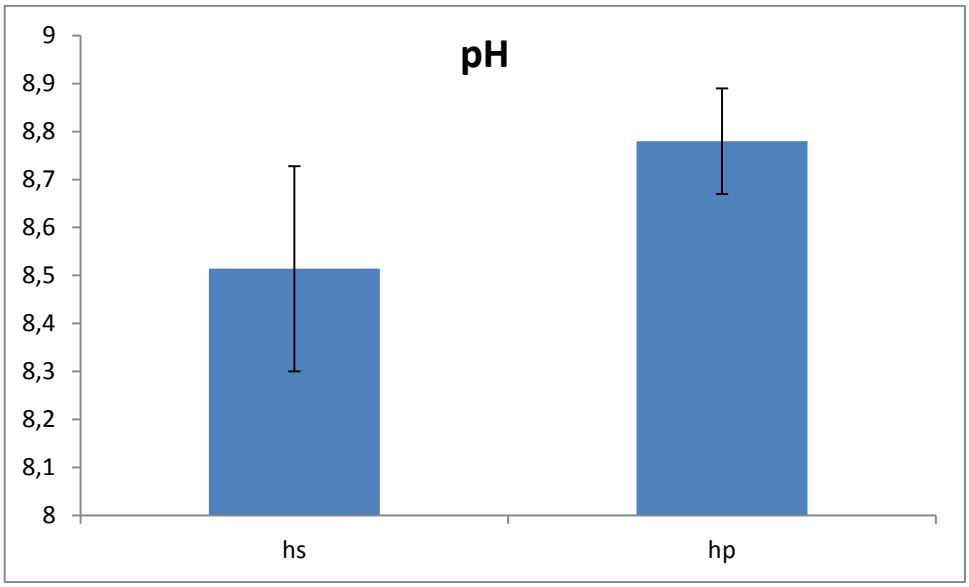


Figure 11.Variation du pH des sols sous grenadier en fonction de profondeur

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les ions prélevés par les racines induisent une différence de charges cationiques et anioniques et par conséquent une libération de protons H^+ ce qui fait diminuer le pH à proximité des racines (Maillard, 2000).

Tableau 8. Résultats de l'analyse de la variance pour le pH des deux horizons.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1,06	23	0,046				
VAR.FACTEUR 1	0,424	1	0,424	14,676	0,00098		
VAR.RESIDUELLE 1	0,636	22	0,029			0,17	1,97%

L'analyse de variance (au seuil α=0.05) des deux horizons que le test de Newman et Keuls pour le facteur horizon (tableau 8 et 9) montre que les valeurs obtenues sont significatives, avec des différences pour les deux horizons.

Tableau 9. Résultats du Newman et Keuls pour le pH entre les deux horizons.

Facture 1 : horizon

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	hp	8,78	A	
1.0	hs	8,514		B

1.4.2. Phosphore assimilable dosé par la méthode Olsen

Selon les normes d'interprétation les teneurs en phosphore assimilable des sols Melaga sont très faibles et varient entre 0.028 et 0.125 ppm (Fig. 12). Une augmentation très hautement significative des teneurs en phosphore est observée dans les horizons de surface comparativement aux horizons de profonds.

Ces concentrations très faibles peuvent être dues d'une part, à la période d échantillonnage des sols, ainsi que l'irrigation qui est mal gérée d'après nos observations sur le site. A cela s'ajoute les pH qui sont élevés.

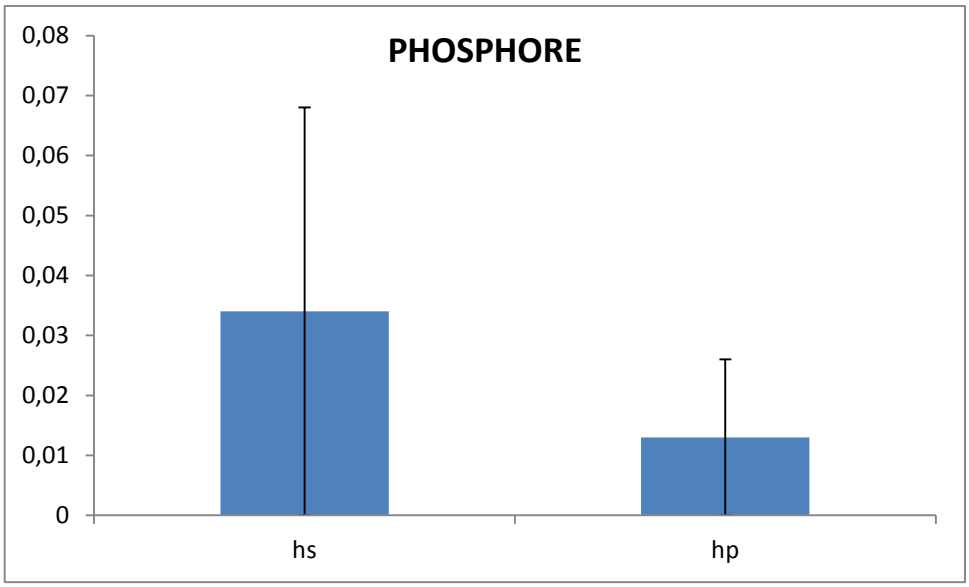


Figure 12. Variation des teneurs en phosphore assimilable(Olsen) des sols sous grenadier en fonction de profondeur

Tableau 10. Résultats de l'analyse de la variance pour le phosphore assimilable des deux horizons.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,026	23	0,001				
VAR.FACTEUR 1	0,012	1	0,012	18,03	0,00038		
VAR.RESIDUELLE 1	0,014	22	0,001			0,026	46,99%

Tableau 11 .Résultats du test Newman et Keuls pour le phosphore assimilable entre les deux horizons.

Facture 1 .horizon

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	hs	0,077	A	
2.0	hp	0,032		B

Conclusion générale

L'objectif de ce travail est de caractériser les sols sous grenadier dans une région à climat aride dans une steppe dégradée. Les sols de cette région sont très dégradés d'où l'intérêt de les étudier et veiller sur leur conservation et leur valorisation. Le grenadier particulièrement la variété *Messaad* reste une espèce potentiellement très intéressante pour la mise en valeur et le développement des zones arides.

Ce étude s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche intitulé : Impact des techniques de production sur la biologie et l'écologie des sols des agroécosystèmes au niveau du laboratoire Ressources Naturelles de l'université Mouloud Mammeri de Tizi–Ouzou.

La verger étudié est un agrosystème bien portant conduit en irrigué sur un sol très dégradé par l'abandon de la culture de l'Alfa et le surpâturage. Les travaux de préparation effectués avant l'installation des différentes cultures ont favorisé la croissance de cette espèce qui est originaire de la région étudiée.

Dans cette étude nous avons ouvert un profil pédologique en tenant compte de la présence de l'espèce étudiée. Le sol est de type aridosols avec une texture limono-sableuse. Nous avons noté une augmentation des pH des horizons profonds comparativement aux horizons du surface. Cette dernière peut être due au desséchement local des horizons profonds et la dynamique des solutés. L'étude comparative entre les sols sur deux niveaux différents a montré l'impact du système racinaire du grenadier sur les propriétés chimiques des sols. Une augmentation des teneurs en phosphore biodisponible est observée dans les horizons de surface comparativement aux horizons profonds. Cette différence peut être liée aux conditions du milieu et à l'activité racinaire qui est importante. L'apport de la matière organique d'origine animale (fumier) est donc très intéressante pour ces sols en améliorant les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.

Des progrès plus importants sont encore possibles en matière de gestion et de conservation de ces milieux, par la mise en place de stratégie de fertilisation adéquate.

Compte tenu des résultats de cette étude, on peut conclure que les racines de cette espèce se sont bien développées et ont contribué à protection des sols. Cette étude est une contribution à la caractérisation des sols dégradés après une valorisation dans le cadre d'une agriculture durable. Cependant, il est important de compléter ce travail par :

-

- une caractérisation de toutes les propriétés physiques du sol afin de pallier au stress hydrique ;
- une détermination du statut potassique et azoté des sols ;
- une identification des invertébrés du sol ;
- une caractérisation des symbiotes racinaires de cette espèce afin de mieux comprendre le statut phosphaté et la résilience de cette variété locale du grenadier.

Réferences bibliographiques

-Aubert G., 1978. Méthodes d'analyses des sols. Ed. Centre national de documentation pédologique ,188p.

-Aidoud A., 1989. Les écosystémes steppiques paturés d'Algérie :fonctionnement,évaluation et dynamique des ressources végétales.Thése.

Doct.,Uni.Sci.Technol.H.Boumébiene,Alger. 250p.

-**Anoua., 1997**. Le truffe, la terre, la vie, Ed.Quae, 210p.

- Vavou, 2017. Ressources naturelles de l'environnement de la Wilaya de Djelfa .71p.

-Ben-Arie R., Segal N., Guelfat, Reiich S., 1984. The maturation and ripening of the wonderful pomegranate J.A.M.Soc .Hortic. Sci.109 (6), 898-902.

-Omouri O., 1994. Contribution à l'étude de la fertilité phosphatée des sols de vignes de table (variété dattier de Beyrouth)dans les région de Tizi Ouzou et Borj-Meniail (Boumerdes).Mémoire d'ingénieure d'état en Agronomie département science agronomique Faculté ses sciences biologiques et des sciences agronomiques 84p.

-Bertrand R et Gigou J., 2000. Fertilité des sols tropicaux, Ed .Maisonneuve &la rose .397p.

-**Balemi T., 2009**. Effet of phosphore nutrition on growth of plato ganatypes xith contresting phosphorus efficiency.

-**Beauregard M.S., 2010.** Impactes de la fertilisation phosphatée sur la biodiversité microbienne des sols agricoles .Thèse doctorat .Université de Montréal.168p.

-**Betncourt., 2012**. Interaction entre céréale et légumineuse en association et acquisition de phosphore du sol : processus rhizosphériques sous-jacents. Ecosystème. Montpellier Sup Ago, Ecole doctoral SIBAGH, 2012. Pp:8-95.

-**Benoit B., 2013**. Tala botanica: base se donnes nomenclature de la flore en France BDNFF, 4p.

-Comifer, 1995. Aride ou diagnostique et à la prescription de la fertilisation phosphatée et potassique des grandes cultures. Comifer, paris.28p.

-Chouaki S., 2006. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques .INRAA /FAO. 92p.

-CEAEQ ., 2010. Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec. Détermination de la granulométrie .M.A. Ministère de développement durable de l'environnement et des parcs du Québec ,11p.

-Chibane B., Boutaleb A. et Lacroix M., 2010. Etude hydrochimique et approche isotopique en région semi-aride cas du synclinal de Djelfa (Algérie). Ed European journal of scientific reserch. Pp:270-290.

-Cauchard P., 2013.La grenade : organisation de la filière, opportunités et contraintes pour son développement. Diplôme d'ingénieur, 56p.

-Darrah P., 1993. Numéro spécial nutrition minéral, plant and soil .155p.

-Demers M.V., 2008. Inside the metaverse: A srcond life for GIS education.GIS educator,winter. (htto://www.esr.com/library/neus –letters/giseducator/giser-winter .8.pdf).3p.

-Day K., 2009. Commercial pomergrante (*punica granatum L*) production in California. In proceedings of the second international symposium on pomegrante and minorincluding Mediterranean fruit (ISPMMF.2009).

-**Diaf H. et Sadoun O., 2011**. Estimation de la biomasse racinaire et la biodisponibilité des éléments nutritifs dans la rhizosphère du grenadier (*Punica granatum L*) cas des vergers de Messaad Wilaya de Djelfa. Mémoire de fin d'études. En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en science Agronomique. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 68p.

-Fardeau J.C. et Morel C., 2002. Le phosphore « agricole et environnemental » ses relations avec le vivant. Agronomie INRA.13p.

-Fourasté I., 2002. Faculté des sciences pharmaceutiques de Toulouse. Etude botanique: Le grenadier. Ingénieur ,56p.

-**F.A.O et O.M.S., 2009**. Document pour une norme régionale pour la grenade. 6p.

-Gervy R., 1970. Les phosphates et l'agriculture. Ed. Dunod. Paris. 296p.

-Girard M.C., Remy J.C., Berthelin J. et Morel J.L., 2005. Sols et environnement .Ed.Dumod,Paris. 816p.

-Halitim A., 1988. Sol des régions arides de l'Algerie, O .P.U. Algerie. 381p.

-Hinsinger P., 1998. How do plant root acquirmineral nutrients,chemical processus involved in the rhezosphere; adrolver in agronomy 64. pp: 225-265.

-**Hinsinger P**., 2003. Origins of root-induced pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: a review. Plant Soil 248. pp: 43-59.

-Hmid I., 2013. Contribution à la valorisation alimentaire de grenade Marocain : Caractérisation physicochimique, biochimique et stabilité de leur jus frais. 180p.

-**Johnston A.E. et Steén I., 2000.** Understanding phosphorus its use in agriculture. European fertilizer manufactures Association; Brussels. 36p.

-Koull N., 2007. Effet de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région de Ouargla. Université Kasdi Merbah Ouargla Algérie - Magister.

-Lerot B., 2006. Les éléments minéraux. 34p.

-Latati M., 2015. Daptation de la symbiose légumineuse haricot-rhizobium à la déficience en phosphore. Biotechnologie végétale. Alger El-Harach, ENSA Harrach, 2015. pp:13-34.

-Melgarejo P., 1993. Sélection typification variétal de grondo (*punica granatum L*) [PH.D. thesis]. Valencia(UPV).

_Marschner H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2éme Ed. Academic Press, London. 89p.

-Mousain D., Matumoto-Pintro P. et Quiquampix H., 1997. Le rôle des mycorhizes dans la nutrition phosphatés des arbres forestiers.15p.

-Morel R., 1996. Les soles cultivés Ed. Lavoisier, paris. 389p.

-Maillard P., 2000. Fonctionnement des peuplements végétaux sous contraintes environnements .Ed. Quae, 168p.

-**Morel C., 2000**. Caractérisations de la phytodisponibilité du phosphore du sol par la modélisation du transfert ions phosphates entre le sol et la solution. Mémoire préparé en vue d'obtention du diplôme d'habitation. Dirigé des recherche. Ed. INRA.

-Melgarejo P. et Salazar D.M.S., 2003. Tratado de fruticultura para zonas aridas ysemiaridas .Vol.2. : Algarr. 416p.

-Meshram D.T,Mittal H.K ,Purohit R.C,Gorantwar S.D.,2009. Water requirement of pomegrante (*Punica Granatum L*): For solapur district of Maharashtra state. In procceding of the second international symposium on pomergrante and minor including Mediterranean fruits (ISMMF.2009).

-Meena K.K, Singh R., 2009. Evaluation of pomegranate (*punica granatum L*). Genotypes for morphological and elowing charateristics under semi-arid climat. In Mediterranean fruit (ISPMM. 2009).

-**Nait Kaci M., 1997**. Contribution à l'étude du statut phosphate des sols alluviaux de la région de Tademait (Tizi Ouzou). Thèse de mag U.M.M.T.O. 129P.

-Nait Kaci M., Hedde M., Mouas-Bourbia S., Siad D. et Derridj D., 2014.
Biodisponibilité du phosphore dans la rhizosphère du grenadier (*Punica granatum* L.) Sous climat aride: cas des vergers de Messaad Wilaya de Djelfa. Laboratoire Ressources Naturelles, Département des Sciences Agronomiques UMMTO Algérie. UR 251 PESSAC-Centre INRA de Verrsailles-Grignon.7p.

-Richardson K., 2009. Synthese report form climate Change: global risks challenges and decisions. University of Copenhagen.www.climatecongress.ku.d.pdf/systhesisreport.

-Seltzer P., 1946. Climat de l'Algerie.

-Schachtman D.P.,Reid R.J.,Ayling S.M.,1998 : phosphor uptake by plants: from soil to cell plant physiol.

-Schvartz C., Decroux J. et Mulla J.C., 2005. Guide de la fertilisation raisonnée: Grands cultures et prairies. Ed .France Agricole, 414p.

-**Thomson LM., Troeh FR., 1973**.Soils and soils fertility. Mc Graw-Hill, 495p.

-UNIFA., 2005. Principaux éléments fertilisants ,6p.

-**Vance CP., 2001**. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. Plant Physiology 127:391-392.

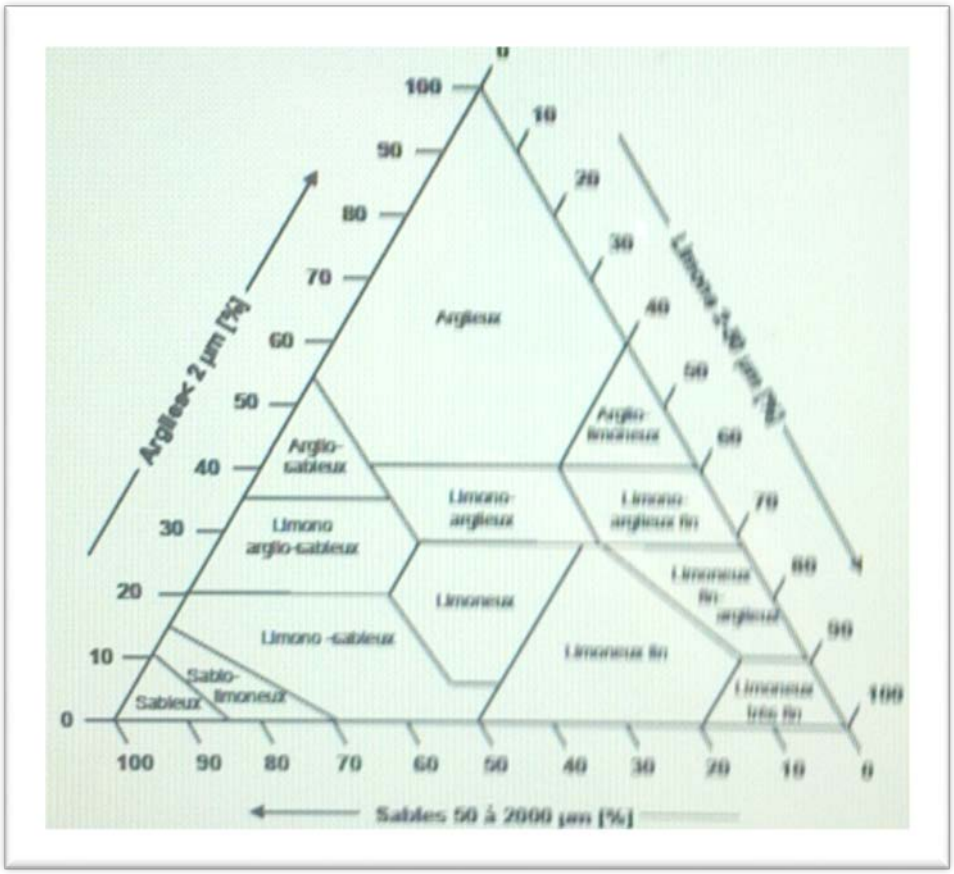
-WRB., 1998. Word Referance Bazes.

-**Walali L.D., Skiredj A. et Ellatir H., 2003**. Fiches techniques: L'amandier, l'olivier, le figuier, le grenadier. Ed.CIHEAM Options- Méditerranéennes. Maroc, 4p.

-Wald E., 2009. Le grenadier (*punica granatum L)* : Plante historique et évolutions thérapeutiques récentes. Le Diplôme d'état de docteure en pharmacie, faculté de pharmacie, Université Henri Poincare-Nancy147p.

Annexes

Annexe n°1: diagramme des textures.



Annexe n°2: normes d'interprétation de la réaction du sol (pH)

4, à 5	tés fortement acide
5,1 à 5,5	fortement acide
5,6 à 6,75	faiblement acide
6,75 à 7,3	Neutre
7,4 à 7,8	l'égerment alcalin
7,9 à 8,4	moyennement alcalin
8,5 à 9	fortement alcalin
> 9,1	très fortement alcalin

Annexe n°3: norme d'interprétation pour le phosphore assimilable

phosphore (ppm)	abondance
0 à 5	très basse
5 à 10	basse
10 à 22	moyenne
>22	élevé