

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERY Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Agronomiques et des Sciences Biologiques
Département d'agronomie



Mémoire

**En vue de l'obtention du master en Sciences
Agronomiques**

Spécialité : Restauration et Réhabilitation des sols

Thème

**Caractérisation physique et chimique
des sols sous grenadier dans une
région steppique mise en défens
(Melaga W. de Djelfa)**

Réalisé par :

M^r HADIM Ali

Devant le jury :

Président : M^r METAHRI M.S. M. C. A. U.M.M.T.O.

Examineur : M^r MERROUKI K. M. C. B. U.M.M.T.O.

Promotrice : M^{me} BOUDIAF NAIT KACI M.M. C.A. U.M.M.T.O.

Soutenu le : 28/09/2017

REMERCIEMENTS

Je remercie **Mme BOUDIAF NAIT KACI M** ; Maitre de conférences à l'UMMTO pour avoir dirigé ce travail avec une efficacité et rigueur scientifiques qui lui sont propres. Pour sa disponibilité et la patience qu'elle a eu à notre égard.

Ma profonde reconnaissance va à **M'METAHRI M.S.**, Maitre de conférences à l'UMMTO qui nous a fait l'honneur de présider notre jury et d'examiner ce travail.

Mes vifs remerciements vont à **Mr MERROUKI K.**, Maitre de conférences à l'UMMTO pour avoir accepté de faire partie du jury, par ses conseils et remarques il contribuera à améliorer la qualité de ce travail.

Je remercie sincèrement **Mr Lahouel Mohamed** et **Mr Gacem Khalil** de nous avoir aidés lors de la réalisation de notre échantillonnage.

Je ne remercierai pas assez **Si Tahar** le propriétaire du verger et son frère de nous avoir autorisés à travailler sur cette station.

Je remercie **Mme TIBICHEG.** et **M^{elle} ISSAOUNED.**, de m'avoir orienté durant la partie analytique de ce travail et la discussion de mes résultats.

Dédicaces

A mon très cher père qui m'a tout appris, pour toutes les peines et les sacrifices qu'il s'est donné pour me voir réussir dans la vie ;

A ma chère mère, que ce travail soit le témoignage de mon infinie reconnaissance pour ton aide précieuse et toutes ces années de compréhension ;

A mes frères et sœurs et la très chère Louise ;

A toute la promotion 2016-2017 Master II RRS ;

Et à tous ceux qui me sont chers.

Je dédie ce travail ...

Hadim Ali.

Liste des abréviations

% : pourcentage

1N : 1 fois normal

A : arbre

C : carbone

CO : carbone organique

Cm : centimètre

CO₂ : dioxyde de carbone

Eh : potentiel redox

Fig. : figure

F.A.O : organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

H⁺ : hydrogéné

ha : hectare

hp : horizon de profondeur

hs : horizon de surface

I S O : organisation internationale de normalisation

I : indice d'aridité

J : jour

M : moyenne des maxima mensuels

m : moyenne des minima mensuels

m² : mètre carré

mm : millimètre

O.N.M : office national de la météorologie

g : gramme

P : précipitation

pH : potentiel d'hydrogène

T : température

Ve : volume de l'échantillon

Vt : volume de l'échantillon témoin

W.R.B : word referencebases

GCB : graviers ; cailloux ; blocs

LF : limons fins

LF : limons grossiers

MO : matière organique

N : nord

SF : sables fins

SG : sables grossiers

Tab. : tableau

Liste des Figures

Figure 1. Le grenadier (<i>Punicagranatum</i>).....	2
Figure 2. Schéma d'un système racinaire du grenadier (Nizinski et al., 2015).....	4
Figure 3. Feuilles lancéolées de <i>Punicagranatum</i>	5
Figure 4. Fleurs aux sépales charnus et rouges et aux pétales froissés.....	6
Figure 5. Le fruit du grenadier sur un arbre.....	6
Figure 6. Schéma tridimensionnel de la morphologie d'une racine primaire	11
Figure 7. Coupe transversale d'une racine primaire (Meyer et al., 2004).....	12
Figure 8. Situation géographique de la wilaya de Djelfa (A.N.A.T., 2003).....	19
Figure 9. Localisation de la parcelle d'étude Melaga via Google Maps (2017).....	20
Figure 10. Situation du verger de Melaga.....	20
Figure 11. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson pour Melaga.....	22
Figure 12. Etat du verger du grenadier pendant l'échantillonnage.....	25
Figure 13. Représentation des grenadiers échantillonnés selon une diagonale avec la délimitation du verger de Melaga.....	26
Figure 14. Les deux fractions de sol concernées par l'échantillonnage.....	26
Figure 15. Fraction du sol (a) de surface (b) de profondeur.....	27
Figure 16. Profil pédologique sous le verger étudié.....	30
Figure 17. Distribution du carbone organique dans les sols en fonction de la profondeur.....	33
Figure 18. Distribution du calcaire total (%) dans les sols en fonction des horizons.....	34
Figure 19. Variation du carbone organique (%) dans l'horizon de surface (hs) et l'horizon de profondeur (hp).....	36
Figure 20. Variation du calcaire CaCO_3 (%) dans l'horizon de surface et l'horizon de profondeur.....	37

Liste des Tableaux

Tableau 1. Variétés de grenadier autorisées à la commercialisation en Algérie.....	3
Tableau 2. Valeurs nutritionnelles d'une portion de 100g de grenade.....	8
Tableau 3. Les différents composés organiques de la rhizodéposition et leur mode de libération (Stengel et Gelin, 1998).....	14
Tableau 4. Moyenne des précipitations mensuelles et le double des températures moyennes mensuelles maximales de la région de Melaga, période (2009 à 2016).....	21
Tableau 5. Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales de la région de Melaga après correction, période (2009 à 2016)	21
Tableau 6. Description du profil sous le verger de Melaga.....	31

Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

1.Présentation de l'espèce Punicagranatum.....	2
1.1.Classification botanique.....	2
1.2. Aire de répartition géographique du grenadier.....	2
2. Importance du grenadier.....	3
2.1. Production de grenades en Algérie.....	3
3. Multiplication et plantation.....	3
4. Caractéristiques morphologiques du grenadier.....	4
4.1. La racine.....	4
4.2. Le tronc.....	4
4.3. Les feuilles.....	4
4.4. Inflorescences.....	5
4.5. Fruit.....	6
5. Exigences.....	7
5.1. Exigences climatiques.....	7
5.2. Exigences édaphiques.....	7
5.3. Engrais.....	7
5.4. Irrigation.....	8
6. Valeurs nutritionnelles de la grenade pour 100g de portion comestible.....	8
7. Interaction sol-plante.....	9
7.1. Fonctionnalité d'un sol en agriculture.....	9
7.2. La racine.....	9
7.2.1. La morphologie de la racine.....	10
7.3. La rhizosphère.....	11
7.3.1. Fonction de la rhizosphère.....	12
7.3.2. L'extension spatiale de la rhizosphère.....	12
7.4. Le rhizoplan.....	13
7.5. La rhizodéposition.....	13
7.6. Impact de l'activité racinaire sur le sol.....	14
7.6.1. Les modifications physiques.....	14
7.6.2. Modification chimiques.....	15
7.6.2.1 Le Ph.....	15
7.6.2.2 l'effet tampon de calcaire.....	16
7.6.2.3 Le potentiel redox (Eh).....	16
7.6.2.4 Les concentrations ioniques.....	16
7.6.2.5 Hétérogénéité temporelle.....	16
7.6.3. Modifications biologiques.....	17
7.6.4. Modification minéralogique.....	17
7.7. L'influence de la rhizosphère sur la nutrition.....	18

Chapitre II : Etude de milieu

1. Présentation de la région de Djelfa.....	19
1.1. situation géographique de la wilaya d'étude.....	19
1.2. Etude climatique.....	20
1.3. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude.....	21
1.3.1. Précipitations.....	21
1.3.2. Température.....	21
1.4. Synthèse climatique.....	21
1.4.1. Indice d'aridité de deMartonne.....	21
1.4.2. Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	22
1.5. Les gelées.....	23
1.6. Les vents.....	23
1.7. Géomorphologie de la région.....	23
1.8. Géologie de la wilaya de Djelfa.....	23
1.9. Sols de la région.....	24
1.9.1. Les cultures.....	24
1.9.2. Les ressources en eau.....	24

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. L'échantillonnage.....	25
2. Analyse du sol au laboratoire.....	28
2. 1. Granulométrie.....	28
2. 2. Dosage du carbone organique.....	28
2. 3. Dosage du calcaire total.....	28
3. Analyse statistique.....	29

Chapitre IV: Résultats et Discussions

1. Caractérisation des sols.....	30
1.1. Description du profil pédologique.....	30
1.2. Résultats de l'analyse granulométrique.....	31
1.3. Caractéristiques chimiques du sol.....	32
1.3.1. Carbone organique.....	32
1.3.2. Calcaire total.....	34
1.4. Analyse statistique.....	35
1.4.1. Carbone organique.....	35
1.4.2. Calcaire total.....	36

Conclusion

Références bibliographiques

Résumé

L'aridité est la première contrainte au développement de la région steppique. Le climat, les sols peu profonds avec une faible teneur en matière organique, les accumulations calcaires, la diminution du couvert végétal sont des freins à la mise en valeur de ces milieux (Rahmoune, 1998). L'introduction d'une espèce arboricole comme le grenadier nécessite une caractérisation des conditions édaphiques avec une meilleure connaissance du climat (Melgarejo et Salazar, 2003).

Actuellement, en Algérie, la production agricole est très insuffisante au regard des besoins continuellement croissants du pays. La région de Djelfa est connue pour ses superficies à perte de vue, mais l'agriculture y est marginalisée à cause du climat et les sols dégradés. Or, l'arboriculture peut s'y faire avec des techniques adaptées à cette région. Il est donc indispensable d'augmenter les capacités de production des zones arides (Halitim, 1998).

Le sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches superficielles de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges qui s'y manifestent. La matière végétale est élaborée à partir de sels minéraux du sol, d'énergie et d'eau, il est important de connaître la quantité des sels minéraux prélevée par les cultures pour apprécier son importance dans l'environnement (Benabdeli, 2010). Le sol rhizosphérique présente des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques différentes de celles du sol distal (Hinsinger, 2001). La rhizosphère est un lieu d'échanges intense entre le sol, la racine et la microflore (Stengel et Gelin, 1998).

Dans ce travail nous allons caractériser les propriétés physiques et chimiques des sols sous grenadier (*Punica granatum* L.) sous climat aride dans une région steppique dégradée et mise en valeur depuis sept ans. Pour ce faire nous présentons une synthèse bibliographique dans le premier chapitre. Un deuxième chapitre est consacré à la présentation et à la situation de la zone d'étude, suivi du chapitre matériel et méthodes utilisés dans notre expérimentation. Le quatrième chapitre montre les résultats et discussion et une conclusion clôt notre travail avec des perspectives.

1. Présentation de l'espèce *Punicagranatum*

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).

1.1. Classification botanique

Le grenadier, *Punicagranatum*, a été décrit par Linné et introduit dans sa classification en 1753 (Ben Abdennebi, 2012).

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Myrtales

Famille : Punicaceae

Genre : Punica

Espère : *Punicagranatum*



Fig1. Le grenadier (*Punicagranatum*)

1.2. Aire de répartition géographique du grenadier

Le grenadier est fortement représenté au Moyen-Orient, sa terre d'origine. Ainsi, on le trouve fréquemment en Afghanistan, Turquie, Transcaucasie et en Inde. Il est aussi beaucoup cultivé dans le bassin méditerranéen : Espagne, Italie, Grèce, Algérie, Tunisie et Maroc. On le rencontre déjà plus rarement dans le midi de la France, au Portugal, en Bulgarie et en Crimée. De même en Amérique, la culture du grenadier reste très sporadique. Il est présent en Californie, dans l'Utah, en Alabama, Louisiane et Floride (Wald, 2009).

2. Importance du grenadier

Pour la production mondiale, il n'y'a pas des données précises, car cette espèce est probablement considérée comme une culture secondaire. Cependant, Melgarejo et Valero, (2012), ont estimé la production mondiale à environ 3 086 000 tonnes tout en se basant sur les données élaborées par différents chercheurs et des associations à travers le monde.

2.1. Production de grenades en Algérie

Bien que le grenadier soit peu exigeant, les plantations ne sont pas très importantes en Algérie. Il existe de nombreuses variétés de grenades de qualité très différentes. Plusieurs sortes sont signalées dans les petits jardins en Kabylie, on en connaît 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).

Tab 1. Variétés de grenadier autorisées à la commercialisation en Algérie.

Espagne rouge	Gajin	Selection station
Cordatravita	Sefri	Chelfi
Moller hoses	Zemdautomne	Doux de kolea
Mellisse	Sulfani	Messaad
Papers shell	Spanish duoy	

(Chaouki, 2006).

3. Multiplication et plantation

La multiplication peut se réaliser principalement de deux façons. Tout d'abord les semences contenues dans les arilles peuvent être semées pour donner un pied mère. Cette pratique est utilisée à petite échelle du fait du faible taux de germination. Le bouturage est quant à lui plus souvent utilisé. Pour cela il faut prélever des rameaux de l'année d'environ 30 cm en fin d'année et les mettre en terre avec seulement un bourgeon axillaire au-dessus du sol. Après 1 à 2 ans en pépinière le plant peut être mis en terre fin automne au début du printemps.

Enfin le plant de grenadier étant vigoureux, il est possible d'observer des drageons à la base de l'arbre. Cette technique de multiplication est utilisée à petite échelle pour des productions locales (Zuang et al., 1988).

4. Caractéristiques morphologiques du grenadier

Déjà au XIX^{ème} siècle, le grenadier suscite un intérêt chez les chercheurs qui, avec des moyens très rudimentaires, ont ainsi mis en évidence certains principes actifs de cet arbre, tels que la pelletierine. Grâce aux relativement récents procédés d'analyse chimique, comme les techniques de chromatographie, de résonance magnétique ou encore de spectrométrie de masse, il a été possible d'identifier avec précision la composition des différents organes du grenadier (Wald, 2009).

4.1. La racine

L'écorce de la racine de grenadier a été analysée d'abord par Mitouart, en 1824, qui en a retiré une matière grasse assez abondante, des tanins, de l'acide gallique, une matière résineuse, de la mannite, du sucre et du ligneux (Cazin, 1868 in Chahnez S, 2013).

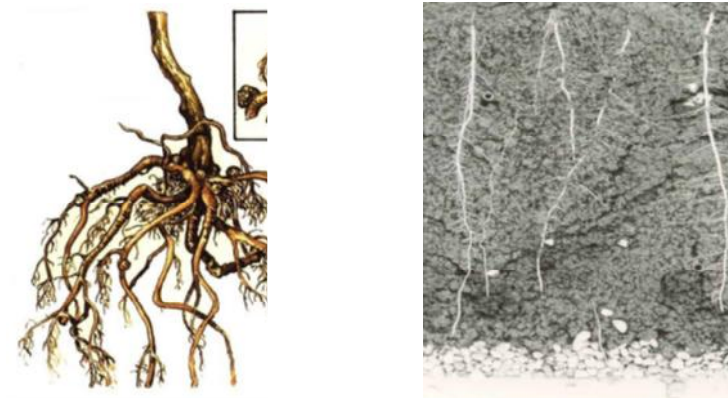


Fig2. Schéma d'un système racinaire du grenadier (Nizinski et *al.*, 2015)

4.2. Le tronc

L'écorce du grenadier se compose d'ellagitanins comme la punicaline, la punicalagine, la punicacortéine A, B, C et D, la punigluconine. Elle contient aussi des alcaloïdes tels que la pelletierine, la méthylpelletierine et la pseudopelletierine (Lanskye, 2007).

4.3. Les 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).

Les feuilles du grenadier contiennent des flavones, telles que la lutéoline et l'apigénine. Cette dernière posséderait des propriétés anxiolytiques. Elles renferment également des tanins, comme la punicaline et la punicalagine (Lanskye, 2007).



Fig3. Feuilles lancéolées de *Punicagranatum*

4.4. Inflorescences

La période normale de la floraison de différents cultivars de grenadier se produit généralement entre mars-avril et juin- aout. Elle dure jusqu'à 10 –12 semaines et voire plus selon les variétés et les conditions géographiques. Ses fleurs sont rouge vif, de 3 cm de diamètre et ayant cinq pétales souvent davantage sur les plantes cultivées. Elles sont hermaphrodites, portant de 4 à 8 sépales coriaces et un même nombre de pétales rouges, de nombreuses étamines et un nombre variable de sépales, qui constitue l'ovaire inférieur (Ben-Arie et *al.*, 1984).

Sur le plan de 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 mâles stériles avec un style très court et des ovaires atrophiés en forme de cloche (Melgarejoet Salazar, 2003).

La dominance revient généralement aux fleurs mâles avec un taux de 60 à 70 % selon les variétés et les saisons, les variétés de grenadiers sont auto fertile, mais peuvent être également inter-polonisés, avec cependant une dominance de la pollinisation libre. La première vague de floraison donne le meilleur taux de nouaison (90 %) avec des fruits de bonne qualité et qui sont moins susceptibles à l'éclatement (Chaudhari and Desai, 1993).

Les fleurs du grenadier contiennent de l'acide gallique et des triterpènes comme l'acide ursolique, acide oléanolique, acide asiatique, acide maslinique(Lanskye, 2007).



Fig4. Fleurs aux sépales charnus et rouges et aux pétales froissés.

4.5. Fruit

Le grenadier, bien conduit entre en production à partir de la quatrième année. Il est déconseillé 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'août et de décembre (Melgarejo, 1993).

Le fruit est une baie, dont la taille varie entre celle d'une orange ou d'un pamplemousse, de 7 à 12 cm de diamètre, de forme hexagonale arrondie; son écorce est épaisse, rougeâtre et contient de nombreuses graines. Les fruits du grenadier ont un taux de respiration faible et un rythme respiratoire non climatérique (Ben-Arie et *al.*, 1984).



Fig 5. Le fruit du grenadier sur un arbre.

5. Exigences

5.1. Exigences climatiques

Le grenadier s'adapte à de nombreux climats, des tropiques aux régions tempérées chaudes. Cependant, c'est le 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 concorde avec la maturité des grenades. L'espèce exige une petite dose de froid en période hivernale pour son évocation florale, mais il craint les conditions généralement froides des hautes altitudes (Melgarejo, 1993).

Il supporte très bien la sécheresse, mais cela compromet la qualité de ses fruits. Un climat chaud et sec sera bon pour le grenadier à condition que ses racines ne manquent pas d'eau (Afaq et *al.*, 2005). Il est très intéressant pour les régions arides et semi-arides (Melgarejo and Salazar, 2003).

En dehors des régions subtropicales, le grenadier pousse bien dans toutes les régions où la température ne descend pas en dessous de 15 °C et certains cultivars acides d'Asie centrale peuvent même survivre à des températures de 25 °C ou -30 °C (Aleksandrov, 1950).

5.2. Exigences édaphiques

Le grenadier est une espèce connue pour sa tolérance au calcaire (Megarejo et Salazar, 2003). Il donne un bon rendement dans les sols salins, et classé dans le groupe des espèces les plus résistantes à la salinité 4^{ème} groupe (Sanchez- Capuchino, 1986).

5.3. Engrais

La fertilisation organique est très négligée, c'est surtout l'azote et le phosphore qui sont apportés dans certains vergers. L'azote est réservé pour des arbres chétifs et en mauvaise santé, mais l'apport excessif risque de faire éclater les fruits sur l'arbre. En revanche le phosphore a une influence favorable sur l'enracinement des jeunes plants et sur la fructification des arbres adultes, et doit être apporté en hiver aux arbres conduits avec un système d'irrigation à la raie (Mars, 1995).

5.4. Irrigation

Les apports d'eau améliorent le calibre et la qualité des fruits. Ils doivent être copieux et peu espacés en été et à l'approche de la maturité tous les 15 jours, pour éviter l'éclatement des fruits qui les rend impropres à la consommation et à la commercialisation (Wald, 2009).

6. Valeurs nutritionnelles de la grenade pour 100g de portion comestible

Tab2. Valeurs nutritionnelles d'une portion de 100g de grenade.

Composition	Quantité	Unité
Eau	80-82,3	g
Valeur énergétique	63-78	Kcal
Protéines	0,5-0,95	g
Matières grasses	0,3-0,9	g
Glucides	16,4	g
Fibres	0,2-0,6	g
Cendres	0,5	g
Phosphore	8,0	Mg
Fer	0,3	Mg
Potassium	259	Mg
Calcium	3,0	Mg
Sodium	3,0	Mg
Manganèse	3,0	Mg
Zinc	0,12	Mg
Magnésium	0,15	Mg
Cuivre	0,07	Mg
Sélénium	0,6	Mg
Acide pantothénique	0,596	Mg
Vitamine B1	0,03	Mg
Vitamine B2	0,03	Mg
Vitamine C	4,0	Mg

(F.A.O et O.M.S., 2009)

7. Interaction sol-plante

Le sol représente la couche superficielle, meuble, de la croûte terrestre, résultant de la transformation de la roche mère, enrichie par des apports organiques.

Il est à la fois le support et le produit du vivant. On différencie le sol de la croûte terrestre la présence significative de la vie. Le sol est aussi un des puits de carbone planétaire (Bond-Lamberty B et Allison T., 2010).

Selon la définition de l'Organisation Internationale de normalisation (ISO), le sol correspond à la couche supérieure de la croûte terrestre. D'épaisseur variable (quelques décimètres à quelques mètres), il est constitué de particules minérales de matières organiques, d'eau, d'air et d'organismes vivants (racine, faune, micro-organismes).

Extrêmement lente, sa formation résulte principalement de processus complexes d'altération des roches et de décomposition des matières organiques. Selon la nature de la roche initiale, de l'action des climats et des activités biologiques et humaines, les couches successives qui le composent, ont des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques variées (Gallileo, 2004).

7.1. Fonctionnalité d'un sol en agriculture

En agriculture, le sol est un facteur déterminant majeur de la production végétale. Un sol en bon état structural détermine pour une grande part le peuplement à la levée, puis le développement de ce peuplement à travers le développement racinaire. C'est également un réservoir important d'eau et d'éléments nutritifs pour les plantes. Ses caractéristiques hydriques et mécaniques ont une incidence considérable sur le nombre de jours disponibles pour réaliser les travaux culturaux en bonnes conditions, notamment en automne, en hiver et au printemps. L'état du sol a enfin une influence notable sur le parasitisme tellurique : ravageurs, champignons parasites, ... La plupart de ces fonctionnalités des sols agricoles sont en relation avec leur statut organique (quantité de matières organique, répartition, nature, ...). Il est donc nécessaire de surveiller l'évolution de ce statut afin de le préserver, voire de l'améliorer (Bodet, 2006).

7.2. La racine

La racine est un organe d'encrage, de la plante au sol et l'alimentation des parties aérienne des végétaux (Morel, 1996). Lien privilégie entre le sol et la plante vasculaire (Gobat

et *al.*, 2003), elle est le siège d'activité métabolique tels que la réduction des nitrates et la synthèse des acides aminés (Vilain, 1993).

La racine est l'organe souterrain d'une plante servant à la fixer au sol et à y puiser l'eau et les éléments nutritifs nécessaires à son développement. Prolongement de la tige vers le bas, elle en diffère par plusieurs caractères : sa structure interne, son géotropisme positif, la présence d'une coiffe terminale et de poils absorbants, l'absence de feuilles et de bourgeons. C'est ce dernier caractère qui la distingue fondamentalement de la tige (Drénou, 2006). La racine peut présenter deux types successifs de structure secondaire chez les plants plus âgés mais uniquement chez les dicotylédones et les gymnospermes (Stengel et Gelin, 1998).

7.2.1. La morphologie de la racine

L'appareil racinaire d'un arbre comprend différentes parties, à la base du tronc partent des racines principales qui se prolongent en racines moyennes, pénètrent dans les pores grossiers du sol puis racines fines radicle. L'absorption racinaire est souvent meilleure lorsque, la biomasse et le système racinaire sont développés, rendant plus efficace les processus physiologiques d'absorption (Wang et *al.*, 2005).

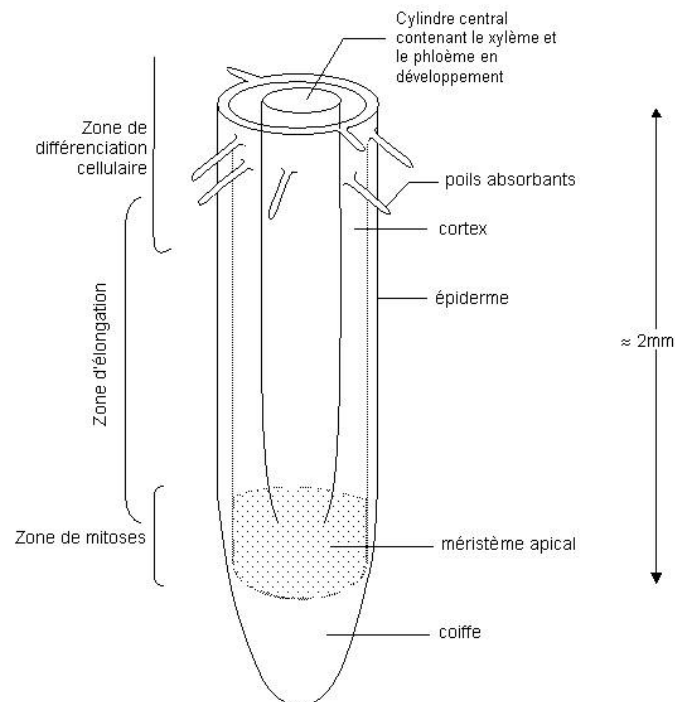


Fig 6. Schéma tridimensionnel de la morphologie d'une racine primaire (Meyer et *al.*, 2004).

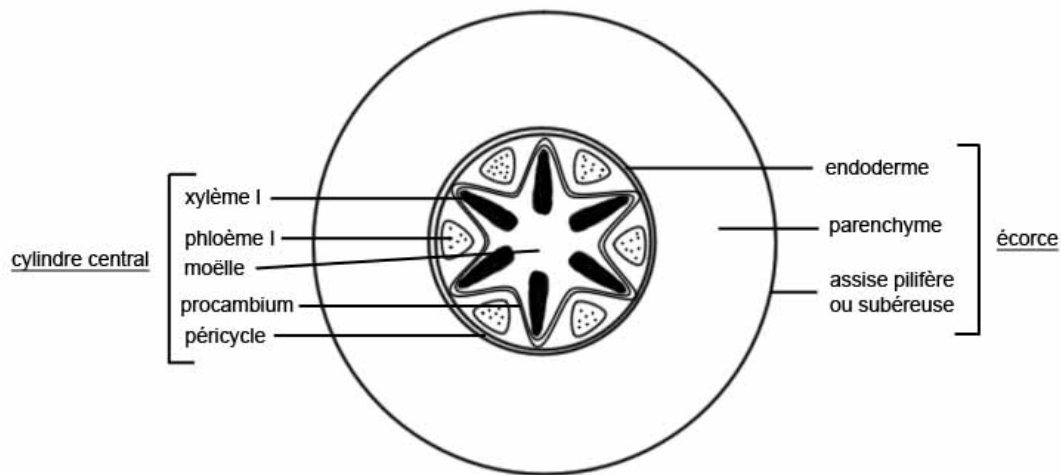


Fig 7. Coupe transversale d'une racine primaire (Meyer et *al.*, 2004).

7.3. La rhizosphère

La rhizosphère est la région du sol directement formée et influencée par les racines et les micro-organismes associés. C'est un lieu d'intenses échanges entre le végétal et le substrat minéral, qui peut être affecté par le tassement du sol, un ennoisement durable, sa salinisation, son eutrophisation ou la pollution, ou encore par des phénomènes d'aridification (Hinsinger et *al.*, 1996).

La rhizosphère a été définie par Hiltner (1904) comme le volume de sol évoluant sous influence des racines et caractérisé par une intense activité microbienne résultant de la diffusion ou de l'exsudation de composés organiques au niveau racinaire (Curl et Truelove, 1986 ; Grayston et *al.*, 1997). Cet effet rhizosphère est un processus dynamique résultant d'interactions entre la plante hôte, le sol, les microorganismes telluriques et différentes caractéristiques du milieu (climat, pratiques culturales, ...) attribuant à ce compartiment rhizosphérique des caractéristiques physico-chimiques et biologiques particulières (Yang et Crowley, 2000 ; Wieland et *al.*, 2001).

La rhizosphère désigne la mince couche de sol qui entoure les racines absorbantes et dont la composition est profondément modifiée, elle diffère de la masse du sol (sol distal) par son pH, son potentiel redox (Eh) par l'abondance et la composition de la matière organique et en fin par sa forte activité biologique qui se traduit par une teneur élevée en CO₂ (Darrah, 1993 in Duchaufour, 2001).

7.3.1. Fonction de la rhizosphère

Les racines exercent des actions physiques (prélèvement de l'eau), chimiques (échanges d'ions minéraux et de molécules gazeuses) et biochimiques (exsudation de substances carbonées), au quelles le sol réagit dans ses composantes, physiques ; teneur en eau et potentiel hydrique, chimiques ; variation de pH et de potentiel redox et microbiologiques ; excrétion d'enzymes par les bactéries et champignons (Girard et *al.*, 2005).

Il a été reconnu depuis de nombreuses années que le sol près des racines diffère du sol global (Gregoriy et Hinsinger, 1999), où les conditions physiques et chimiques et biologiques sont modifiées par l'absorption et l'excrétion des éléments minéraux et par les composés organiques libérés par les racines. (Brtrand et Gigou, 2000).

L'effet rhizosphérique est lié au considérable flux de carbone exsudé par les racines (Hinsinger, 2001). Il est désormais admis qu'en moyenne 20% du carbone assimilé par les végétaux supérieurs, par l'intermédiaire de la photosynthèse sont libérés par les racines comme exsudation (Hinsinger et *al.*, 2005) qui fournissent un substrat important qui stimule la croissance de divers micro-organismes (Gregory, 2006).

7.3.2. L'extension spatiale de la rhizosphère

L'extension spatiale de la rhizosphère dépend des interactions sol-racines, de quelques millimètres de la surface de la racine en considérant la dynamique des éléments à mobilité faible tel que le potassium et le phosphore (Arrah, 1993 in Hinsinger, 1998), à plusieurs centimètres pour l'eau et le nitrates (Calvet, 2003).

La rhizosphère subit une évolution spatio-temporelle en fonction de la croissance, de l'activité des racines et de la nature des plants (Turpault et *al.*, 2001). Et (Hinsinger et *al.*, 2005) pense que l'architecture de la rhizosphère est étroitement liée à celle du système racinaire, elle change selon l'espèce et le génotype. Quand les racines sont regroupées en masse compacte le volume peut diminuer de 30%. Quand les racines sont denses, une grande fraction du sol est directement influencée par les exsudats racinaires (DeNeergard et *al.*, 2001).

7.4. Le rhizoplan

Au sein de la rhizosphère on distingue le rhizoplan, qui correspond à l'interface sol /racine, et le sol adhérent au système racinaire, qui est le sol restant attaché aux racines après agitation vigoureuse (Stengel et Gelin, 1998).

7.5. La rhizodéposition

L'effet rhizosphérique est déterminé en grand part par la libération de différents composés organiques regroupés sous le terme « rhizodéposition ». D'une façon plus générale, la libération d'une partie des photosynthétats dans le sol contribue à la formation des sols. En effet, la fraction minérale provenant de la roche mère en se liant aux molécules organiques libérées par la plante, qu'elle soit vivante ou morte, aboutit à la formation du complexe organo-minéral caractérisant le sol. La rhizodéposition comprend différents composés organiques, certains libérés de façon active qui sont les sécrétions et mucilages, d'autres de façon passive qui sont les exsudats, les lysats et le mucigel (Tab3) (Stengel et Gelin, 1998).

Tab3. Les différents composés organiques de la rhizodéposition et leur mode de libération (Stengel et Gelin, 1998).

Types de Rhizodépositions	Composition biochimique et mode de libération
Les sécrétions	Composés de poids moléculaire variable libérés selon des mécanismes actifs vers le milieu extérieurs. Ce sont notamment des glucides.
Les mucilages	Constitués de polysaccharides, d'acides aminés et de protéines. Ces composés ont plusieurs origines. Ils peuvent provenir de : <ul style="list-style-type: none"> • Sécrétions issues des vésicules de l'appareil de Golgi des cellules de la coiffe. • Hydrolysats de polysaccharides de la paroi de cellules situées entre l'épiderme et les cellules desquamées de la coiffe. • Sécrétion par les cellules de l'épiderme dépourvues de paroi primaire. • La dégradation bactérienne de la paroi primaire des cellules mortes de l'épiderme.
Les exsudats	Sont de petites molécules, solubles dans l'eau ou volatiles, selon des mécanismes passifs par des cellules vivantes. Ces molécules sont variées : hydrates de carbone, acides organiques, acides aminés, acides gras, stérols,

	vitamines, enzymes et nucléotides. Même s'il apparait une certaine analogie entre les exsudats produits par de nombreuses plantes, des différences existent entre espèces végétales et pour une même espèce selon le stade de développement de la plantes.
Les lysats	Constituent le contenu cellulaire libéré suite à l'autolyse de cellules épidermiques âgées de la paroi racinaire.
Le mucigel	Correspond aux composés gélatineux de nature polysaccharidique produits à la fois par les racines et les populations microbiennes de la rhizosphère. Ce gel favorise le contact entre les particules de sol et la surface racinaire et améliore donc le transfert des éléments minéraux et de l'eau vers la racine. Par ailleurs, le mucigel assure une fonction de lubrification permettant la progression de la racine dans le sol.

7.6. Impact de l'activité racinaire sur le sol

La rhizosphère constitue un environnement bien particulier où les caractéristiques physico-chimiques et biologiques sont différentes de celles du sol non rhizosphérique. Elle est en effet un lieu d'échange important entre le sol, la racine et les microflore (Lamenceau et Helin, 1998 in StengeletGelin, 1998).

Ces échanges de matière entre plant et sol ont pour effet de modifier les propriétés chimiques de la solution du sol, de déplacer les équilibres ioniques, de mobiliser des éléments minéraux, voire d'altérer les minéraux du sol.

Le fonctionnement de ces modifications chimiques de la rhizosphère se traduit à long terme par une évolution des sols, de leur composition chimique, minéralogique et de leurs propriétés physiques. La racine change considérablement les propriétés physico-chimiques du sol avec lequel elle entre en contact, et par conséquent la biocénose de ce sol. En retour, les organismes modifient eux aussi les conditions de l'environnement racinaire (Gobat et *al.*, 2003).

7.6.1. Les modifications physiques

Les racines interviennent largement dans la structuration du sol, leur cortège microfloristique contribue à la formation et à la stabilisation des agrégats (Morel, 1996). La croissance de la racine peut exercer des forces de pressions considérables sur les agglomérats

du sol, ce qui modifie des propriétés physiques, telle que la porosité et la densité (Hinsinger et *al.*, 2005). La racine modifie son environnement immédiat au cours de sa croissance, par simple perturbation mécanique mais aussi par émission d'excrétas racinaires (mucilage), par succion de l'eau et des éléments minéraux et par dégagement de CO₂ (respiration racinaire) (Callot et *al.*, 1982). Lorsque le diamètre des racines coïncide, elles exercent une pression sur les parois des chenaux, la phase argileuse subira une certaine compaction et une orientation, ce dispositif finit par constituer un véritable système de drainage dans lequel le degré d'humidité peut être notablement différent entre la rhizosphère et le milieu distant (Davert, 1996). Les hyphes des mycorhizes avec les exo-polysaccharides produites par les micro-organismes de la rhizosphère et le développement de chevelure racinaire, sont impliqués dans l'adhésion des particules du sol aux racines (Amellal et *al.* 1998 in Gregory, 2006). Les molécules de mucilage libérées par les racines agrègent entre elles les particules de sol (Girard et *al.*, 2005 et McCully et *al.*, 1999 in Gregory, 2006).

7.6.2. Modification chimiques

7.6.2.1 Le pH

De nombreuses études ont montrés que les plants absorbent principalement l'azote sous forme de NH₄⁺ tendent à diminuer le pH, contrairement à celles qui l'absorbent sous forme de NO₃⁻ (Hinsinger, 1998 ; Chaignon et *al.*, 2002). Le pH de la rhizosphère est différent de celui du sol distal, la différence est plus au moins nette selon le pouvoir tampon du sol et le type de plant (Davet, 1996). Les racines sont responsable des changements du pH rhizosphérique par plusieurs processus, il peut varier de 1 à 2 unité de pH (Hinsinger et *al.* 2005). Le prélèvement de tout élément minéral et particulièrement l'ion calcique s'accompagne d'un transfert de charge dans le but de compenser le déséquilibre c'est ainsi que la vacuole en libérant ses protons H⁺ à partir des carbonates H₂CO₃ que l'équilibre se fera, ce qui entrainera la diminution du pH de la rhizosphère (Stengel et Gelin, 1998). La variation de pH dans la rhizosphère par rapport au sol global semble dépendre en grand partie du rapport cation/anion prélevé et notamment de la forme de l'azote disponible et prélevée. La libération par les racines de composés organiques, acides ou complexant par les racines, conduit à une acidification du sol au voisinage des racines (Bonneau et Souchier, 1994). Il arrive que le pH rhizosphérique augmente, lorsque la plante prélève plus d'équivalents anions que d'équivalents cations, elle libère la différence sous forme d'équivalents hydroxyde OH⁻.

7.6.2.2 l'effet tampon de calcaire

Dans un sol calcaire il est difficile d'observer une augmentation voire même une diminution du pH rhizosphérique (Strom, 1997). Dans ces sols calcaires, l'existence d'une réserve plus ou moins abondante en carbonate de calcium maintient le complexe adsorbant saturé en calcium et empêche tout processus immédiat d'acidification. (Coppenet, et *al.*, 1986).

7.6.2.3 Le potentiel redox (Eh)

Hinsinger (2001), signale que l'impact de l'activité réductrice des plantes est limité au sol situé dans le voisinage immédiat de la surface des racines. Et que le potentiel redox est toujours plus faible dans la rhizosphère que dans le sol global (Vilain, 1993), et que l'abondance de la matière organique très biodégradable abaisse le Eh (Duchaufour, 2001). Davet (1996), explique la diminution de Eh par la forte consommation d'oxygène due à la respiration des racines et de la microflore. (Girard et *al.* 2005), expliquent qu'une augmentation de potentiel redox peut être marquée chez le riz cultivé en sol submergé avec la production d'oxygène par les racines.

7.6.2.4 Les concentrations ioniques

La rhizosphère est un milieu de transfert de l'eau et de solutés, selon les besoins des plantes et les conditions de milieu, la concentration des solutés peut varier d'une manière significative (Girard et *al.*, 2005). La plante absorbe préférentiellement les éléments chimiques nécessaires à son métabolisme, ce qui entraîne un appauvrissement de la rhizosphère en certains éléments comme le potassium (Vilain, 1993). Par contre certains éléments tendent à s'accumuler au voisinage des racines (Hinsinger et *al.*, 2005). Cette accumulation peut être due aussi au transfert de ces éléments vers la rhizosphère par un flux de masse souvent supérieur à celui exigé par la plante (Chaignon, 2001). C'est le cas d'éléments mobiles tels que le calcium et les carbonates en sol calcaire ou les sulfates en sols gypseux (Morel, 1996). La nature et l'intensité de changement des concentrations ioniques dépendent de la correspondance entre la demande des plantes et la fourniture du sol (Hinsinger, 1998).

7.6.2.5 Hétérogénéité temporelle

Les hétérogénéités temporelles sont la conséquence de la courte durée de vie des parties spécialisées du système racinaire (Hinsinger et *al.*, 2005). Les conditions dans une jeune

rhizosphère entourant un méristème racinaire seront très différentes avec le même volume de sol dans une vieille rhizosphère entourant une racine sénescente (Darrah et *al.*, 2006).

7.6.3. Modifications biologiques

La grande diversité des populations et les capacités métaboliques des microorganismes du sol, leur fait jouer un rôle absolument capital dans le transfert d'énergie. Ils sont des facteurs de formation ou dégradation (Duchaufour et *al.*, 1994).

On observe souvent dans la rhizosphère une quantité de microorganismes ou moins mille fois plus importante que dans le sol global non influencé par les racines (Raimbault, 2003).

Une couche très riche en bactéries entoure les radicelles et leurs poils absorbants, elle forme une zone de transition entre les particules terreuses et les racines (Soltner, 2003). Les communautés microbiennes présentent une influence principale dans la régulation de la dynamique de la décomposition de la matière organique et de la disponibilité des éléments minéraux pour les plantes (Gregory, 2006).

La racine engendre dans la rhizosphère un flux considérable de carbone et d'énergie au bénéfice des organismes hétérotrophes capable d'assimiler cette production (Gobat et *al.*, 1998), ont constaté que les champignons mycorhizes peuvent garder leur pouvoir infectieux quand le sol devient sec.

L'infection mycorhizienne permet aux arbres de lutter contre certains facteurs adverses de l'environnement tel que les sols très alcalins, la salinité et la présence de pathogènes (Duchesne, 1993).

Le flux d'exsudats de composés carbonés au voisinage des racines stimule une fraction de la microflore (Cleyet et Hinsinger, 2000 ; Fuchus et Herisse, 1999) ; ce qui influe sur leur abondance, leur activité d'un ordre de grandeur plus élevé que le sol global (Kuzyakov et *al.*, 2006 ; Darrah et *al.*, 2006).

7.6.4. La modification minéralogique

De nombreux travaux ont montré que l'activité racinaire et les micro-organismes induisent des modifications et des altérations des minéraux silicatés (Bonneau et Souchier, 1994 ; Soltner, 2003). Les racines induisent la vermiculitisation de la phlogopite et de la

biotite, une gamme de processus peut être impliquée y compris le dégagement des protons et d'anions organiques par les racines, les anions organiques et l'épuisement des cations à des concentrations assez petites ce qui déstabilise la structure des cristaux (Grégory,2006). En effet le dessèchement du sol au voisinage des racines consécutive à l'absorption racinaire et qui, entraînant une réorganisation des particules des minéraux argileux favorise leur association ainsi que la consommation d'anions organiques provoque, par libération des bases correspondantes, une alcalinisation du milieu puis, éventuellement, une solubilisation de la silice (Calvet, 2003).

7.7. L'influence de la rhizosphère sur la nutrition

Généralement toutes les modifications physiques et chimiques du sol dans la rhizosphère améliorent considérablement la nutrition minérale des plantes. Girard et al. (2005), signalent que l'ensemble des processus physico-chimiques dans la rhizosphère induit des réactions d'échange et mobilisent des éléments fortement liés à la phase solide, voire de transformer, d'altérer des minéraux silicatés mica-feldspaths ou de dissoudre des minéraux du sol comme le carbonate de calcium. Hinsinger (1998), explique que les phosphates insolubles sont mobilisés par la sécrétion de composés organique, acidifiants pour le phosphate de calcium (acide citrique, lupin), complexant pour les phosphates lié aux oxydes de fer et d'aluminium. Duchaufour (2001), signale que la rhizosphère modifie le cycle de l'azote et améliore la nutrition minérale. Le système racinaire des plantes peut en effet excréter ou exsuder dans le sol des molécules organiques divers (sucres, polysaccharides, acides organiques et aminés, chélateurs tels que les phytosidérophores... etc.) en quantité assez importante pour mobiliser certaine ions nutritifs. L'exsudation peut jouer un rôle important pour la nutrition minérale des végétaux, en participant à la mobilisation de micronutriments tels que le fer, le zinc, le cuivre et de nutriment majeurs tel que phosphore (Chaillou, 2008).

1. Présentation de la région de Djelfa

C'est au centre des Ouled Nail, sur une altitude de 1544m que se trouve Djelfa. Les Ouled Nail séparent les dépressions du Nord et les plateaux sahariens du sud.

1.1. Situation géographique de la wilaya d'étude

Considérée comme la porte du Sahara, la wilaya de Djelfa occupe une place stratégique dans la relation entre le nord et le sud de l'Atlas Tellien en venant du nord dont le chef-lieu de la wilaya est à 300 kilomètres du sud de la capitale. Elle est limitée :

- Au Nord : Médéa et Tissemsilt ;
- au Sud : Ouargla, El Oued et Ghardaïa ;
- à l'Est : M'sila et Biskra ;
- à l'Ouest : Laghouat et Tiaret (ONM, 2009).

Notre station d'étude est située dans la commune de Melaga à 70 kilomètres au sud du chef-lieu de la wilaya de Djelfa. Les coordonnées géographiques de cette wilaya sont 2° et 6° de longitude Est et 2° et 36° de latitude Nord.

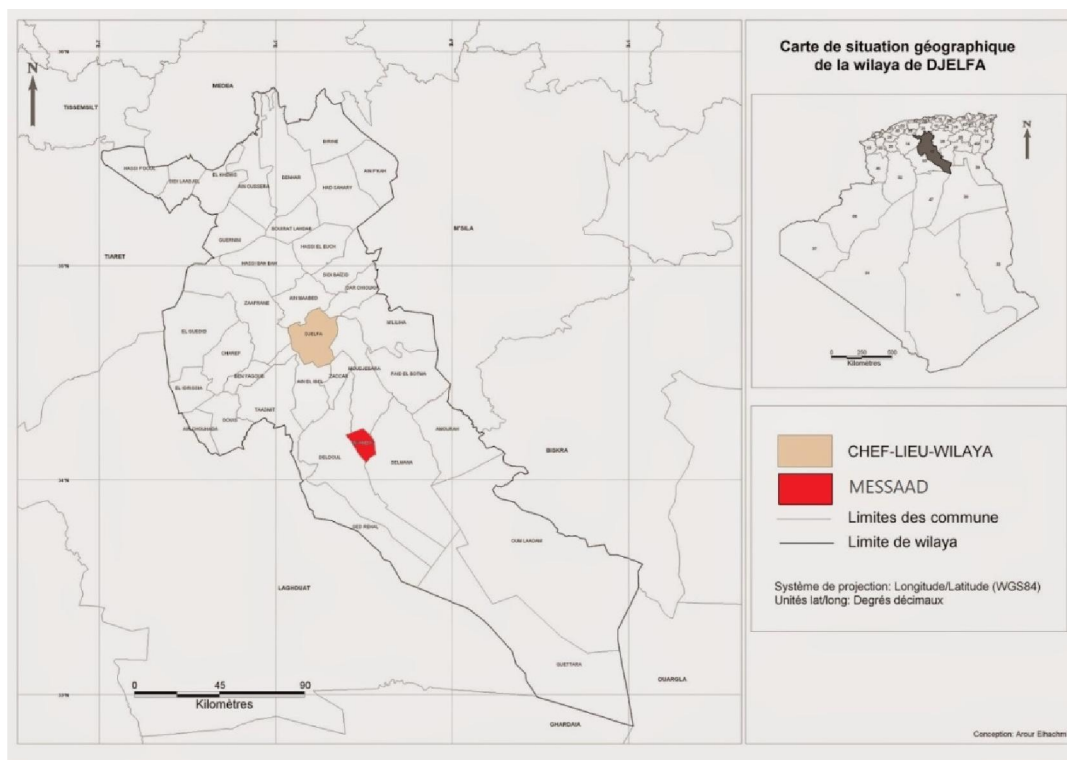


Figure 8. Situation géographique de la wilaya de Djelfa (A.N.A.T., 2003).

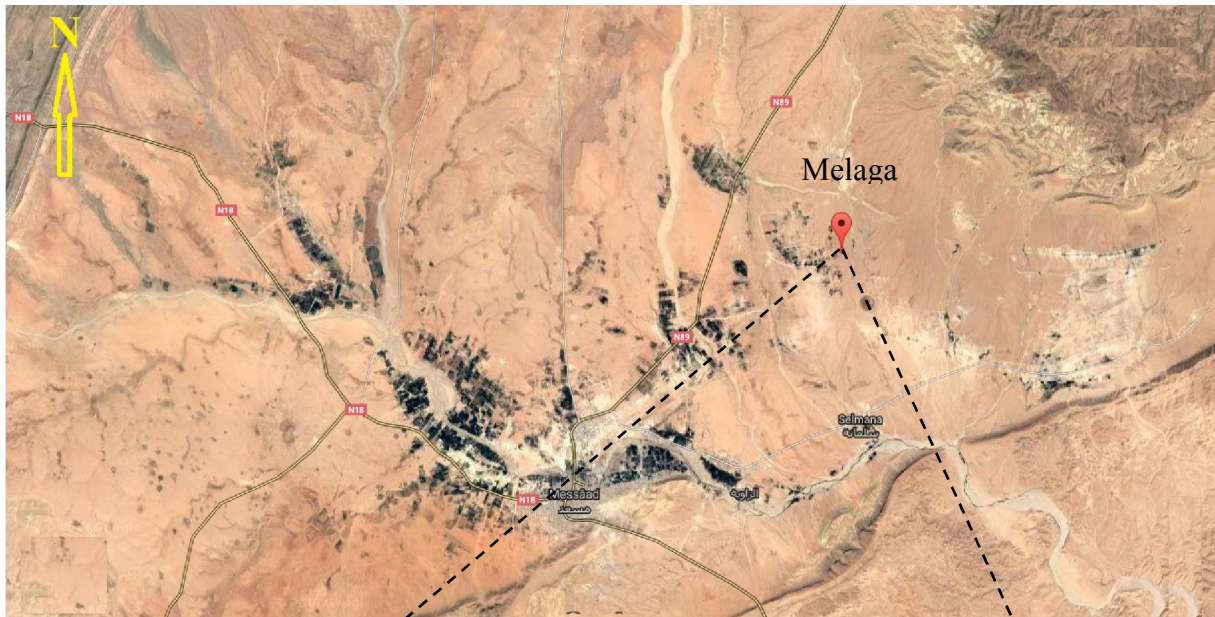


Figure 9. Localisation de la parcelle d'étude Melaga via Google Maps (2017).



Figure 10. Situation du verger de Melaga.

1.2. Etude climatique

Pouget, (1980) et Belkhiri, (2003) montrent que Djelfa appartient à la région steppique à climat méditerranéen typique. Au nord de cette région, le climat est aride, le centre fait partie d'un climat aride à semi-aride inférieur qui s'étale à un climat saharien au sud. L'hiver pluvieux et froid, l'été sec et chaud en évolution progressive vers un climat plus désertique à aridité croissante correspondant à une pluviométrie annuelle en diminution du Nord au Sud et des températures en augmentation continue, soulignant une sécheresse estivale toujours plus longue accentuée par les caractères de continentalité.

1.3. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

La région de Melaga ne comporte aucune station météorologique. Néanmoins, il est possible d'utiliser les résultats obtenus dans la station de Djelfa après une corrélation des précipitations et températures en utilisant le gradient thermique de Seltzer (1946).

1.3.1. Précipitations

Tableau 4. Moyenne des précipitations mensuelles et le double des températures moyennes mensuelles maximales de la région de Melaga, période (2009 à 2016).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm)	11,94	15,65	20,03	17,99	12,08	11,69	5,20	6,41	15,98	15,01	10,42	10,89
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 20,03mm.

1.3.2. Température

Tableau 5. Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales de la région de Melaga après correction, période (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.

1.4. Synthèse climatique

1.4.1. 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 deMartonne 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.

1.4.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

En 1957, Bagnouls et Gausсен ont proposé une classification des climats en fonction des régions ombrothermiques, c'est-à-dire du rythme des saisons chaudes ou froides, sèches ou humides. Le climat méditerranéen se caractérise par une période sèche, et pour illustrer cette dernière, nous avons utilisé le diagramme de Bagnouls et Gausсен qui stipule qu'un mois est considéré sec quand la totalité des précipitations en mm est inférieure au double de la température ($P < 2T$). Concernant la zone d'étude Melaga, les données de précipitations et de températures précédemment citées dans les tableaux :4 et 5 qui s'étalent sur la période (2009-2016) ont été utilisées dans la construction de ce diagramme dont la période sèche est nettement marquée durant la saison estivale, qui s'étale sur onze mois, de avril jusqu'à novembre (Fig.11).

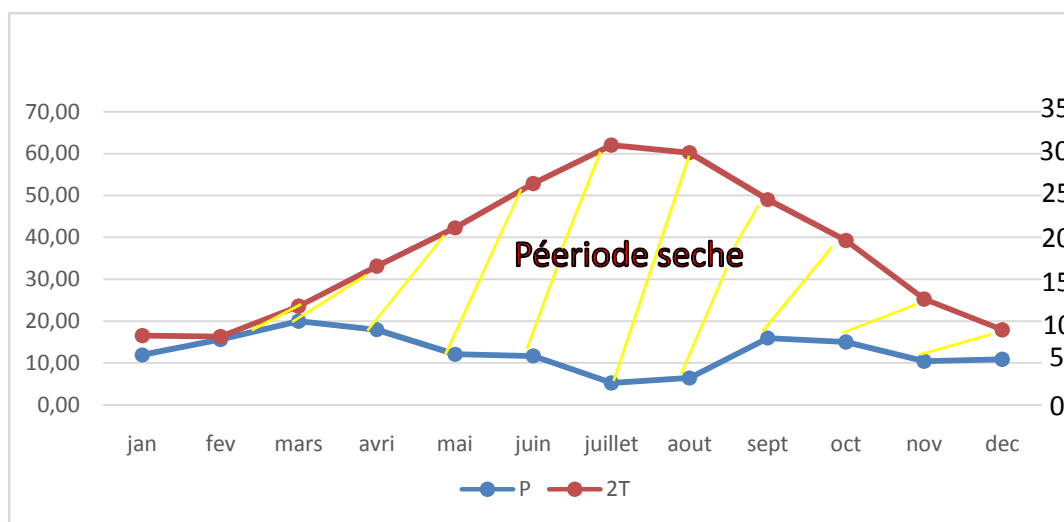


Figure 11. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен pour Melaga (2009-2016).

1.5. Gels

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 hivernale et printanière des gelées blanches sont observées dont la fréquence varie entre 40 et 60 jours suivant les régions les plus exposées à ce phénomène (Pouget, 1980).

1.6. Vents

Les vents dominants proviennent essentiellement de l'ouest et du nord-ouest en hiver et du en été. Ces derniers sont parfois violents, du fait que leur circulation sur des espaces ouverts sans aucuns obstacles physiques favorisant ainsi le phénomène de la désertification. Ce fait est plus ressenti au niveau de la partie centrale avec des accumulations sableuses plus importantes qu'en d'autres endroits. Les vents deviennent particulièrement gênants quand ils se chargent de sables. D'autre part, la principale caractéristique des vents dominants est matérialisée par la fréquence du Sirocco d'origine désertique chaud et sec, dont la durée peut varier d'une zone à une autre de 20 à 30 j/an. Il constitue également une contrainte climatique importante activant le processus de l'érosion éolienne et de l'évapotranspiration et se manifeste en moyenne sur 24 jours/an au centre, 12 j/an au nord et 6 j/an au Sud.

1.7. Géomorphologie de la région

La wilaya de Djelfa a 3 principaux reliefs qui sont:

- Les hautes plaines : l'altitude varie entre 650 et 900m.
- L'Atlas Saharien des Ouled Nail : l'altitude varie entre 1000 et 1500m
- La plate-forme Saharienne : son altitude varie entre 400m au sud et 700m au nord en moyenne. La commune de Melagase situe sur la plate-forme saharienne ayant une altitude de 815m.

1.8. Géologie de la wilaya de Djelfa

La géologie de la wilaya de Djelfa s'intègre, dans sa totalité, dans la géologie globale du domaine atlasique et de la marge septentrionale de la plate-forme saharienne.

Le passage de l'un à l'autre est souvent net, il est assuré par des reliefs modérés alignés le long de l'accident Sud atlasique appelés zone de piémont ou zone de relais entre l'atlas saharien et la plate-forme saharienne. La présence d'un autre accident au Nord de l'atlas saharien partage celui-ci en deux sous-ensembles : l'atlas saharien et le pré-atlas ou domaine des Hautes Plaines structuraux, tandis que sur le plan géomorphologique, elle est marquée par la présence de trois grands ensembles morpo structuraux :

- les terrains relativement plats au nord, faisant partie des Hautes Plaines ou domaine pré-atlasique ;
- le domaine montagneux de type atlasique au centre ;
- la plate-forme saharienne au sud.

1.9. Sols de la région

Les sols peu profonds occupent une superficie considérable avec les sols à dalle, croûte où encroûtement calcaire à moins de 30-50 cm de profondeur sur les différents glacis encroûtés du Quaternaire ancien et moyen ; les sols minéraux bruts et peu évolués d'érosion dans les djebels (lithosols, sols lithiques). Les sols plus profonds se limitent à certaines terrasses du Quaternaire récent, chenaux d'oueds Alluvionnés (Dayas). Ils représentent moins de 10% de la superficie totale. Les sols halomorphes restent marginaux (moins de 1%) (Pouget, 1977).

1.9.1. Cultures

Les zones cultivables occupent une superficie très restreinte en raison de l'importance des affleurements rocheux (sols squelettiques et topographie accidentée) et de l'omniprésence de l'horizon d'accumulation calcaire à faible profondeur (dalle, croûte calcaire). De plus, l'insuffisance et l'irrégularité de la pluviosité exigent pour les cultures un apport d'eau supplémentaire (Pouget, 1977).

1.9.2. Ressources en eau

Il existe de nombreuses sources ou émergences qui apparaissent :

- dans la série gréseuse du Barrémien et de l'Albien inférieur
- dans les calcaires de l'Aptien et du Turonien
- dans les alluvions (infero-flux) des oueds principaux : Tadmit, Messaad, Melaga

1. Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé dans la région de Melagawilaya de Djelfa le 20 mars 2017, sur une parcelle de 200 ha comprenant 210 grenadiers en irrigué qui s'étalent sur 7000 m², avec une densité de 400 arbres/ha.



Figure 12. Etat du verger du grenadier pendant l'échantillonnage.

La parcelle d'étude est homogène sous forme d'une dépression. Nous avons opté pour un échantillonnage en diagonal pour les deux arbres (Fig. 13). Nous avons prélevé deux fractions de sol réparties sur deux niveaux sous grenadier uniquement (Fig. 14). La première c'est l'horizon de surface (hs), il correspond au sol prélevé sous l'arbre mais qui n'est influencé par les racines, aucune biomasse racinaire ne se trouve sur cette partie du sol. L'horizon profond (hp) est le sol qui est accolé aux racines de sous chaque arbre. Cette deuxième fraction est obtenue en secouant légèrement les racines.

Il est important de signaler que dans le deuxième horizon une biomasse racinaire importante s'est très bien développée au point il nous a été impossible de prendre un sol non rhizosphérique (Fig. 14). Ces racines font l'objet d'un autre travail de recherche afin d'estimer la biomasse racinaire et les symbioses (Louni et Madani, en cours).



Figure 13. Représentation des grenadiers échantillonnés selon une diagonale avec la délimitation du verger de Melaga.



Figure 14. Les deux fraction de sol concernées par l'échantillonnage



(a)



(b)

Figure 15. Fraction du sol (a) de surface (b) de profondeur.

2. Analyse du sol au laboratoire

Pour l'étude analytique des sols, les échantillons ont été séchés à l'air libre, puis broyés et tamisés avec crible de 2mm de diamètre, homogénéisés puis conservés dans un endroit sec.

2. 1. Granulométrie

Nous avons utilisé la méthode internationale à la pipette de Robinson. Sous un effet conjugué d'eau oxygénée (H₂O₂) et de chaleur du bain de sable, la matière organique sera détruite. L'hexametaphosphate de sodium associé à une agitation mécanique aboutira à la dispersion des particules. Ensuite, des prélèvements seront réalisés au cours de la sédimentation à une profondeur et à des moments précis pour isoler les éléments non tamisés (argiles et limons fins) en tenant compte de la température de l'eau et de la vitesse de sédimentation des fractions fines. Puis, une séparation à l'aide de tamis, des sables grossiers et des sables fins. La détermination des limons grossiers est déduite suite après.

2. 2. Dosage du carbone organique

C'est par la méthode d'Anne (1945) que le carbone organique a été déterminé. C'est une méthode pour laquelle un échantillon de sol dans un milieu sulfuré, s'oxyde par voie humide avec le réactif de Bichromates de Potassium. Nous enchainons avec une titration afin de déduire l'excès de bichromates par un réducteur qui est le Sel de Mohr (Sulfates de Fer et d'Ammonium) en présence de Diphénylamine et du Fluorure de Sodium. La partie réduite est proportionnelle à la teneur en carbone qui se trouve dans la prise d'essai. Le pourcentage de carbone total et calculé selon la formule suivante :

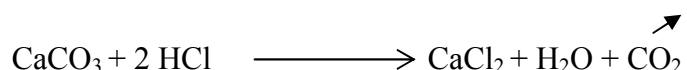
$$C\% = (Vt - Ve) \times 0.615 \times 2$$

Vt : volume de sel de Mohr utilisé pour titrer l'échantillon témoin

Ve : volume de sel de Mohr utilisé pour titrer l'échantillon de sol.

2. 3. Dosage du calcaire total

Le calcaire total est déterminé par la méthode volumétrique qui consiste à attaquer les carbonates de calcium par l'acide Chlorhydrique (HCl) 1N, dans la première partie de la réaction comme nous le montre l'équation.



L'excès de l'acide Chlorhydrique est titré avec de la soude (NaOH) 1N en utilisant un indicatif colorant qui est la phénolphtaléine à 2%. Le taux de Calcaire est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante :

$$\text{CaCO}_3 \% = (\text{Vt} - \text{Ve}) \times 12.5$$

Vt : volume de l'échantillon témoin

Ve : volume de l'échantillon.

3. Analyse statistique

Afin d'évaluer l'ampleur de la présence du grenadier sur les propriétés des sols sous climat aride, nous avons effectué une analyse de variance des caractéristiques chimiques des sols étudiés avec l'utilisation du logiciel STAT-BOX.

1. Caractérisation des sols

1.1. Description du profil pédologique

Pour décrire un profil pédologique, nous isolons un maillon du sol qui est une structure organisée en horizons qui sont parallèles à la surface. Ces horizons constituent le phénotype du sol (Robert, 1996). La description de la coupe pédologique de la station de Melagaest détaillée dans le (Tab 6) suivi d'une illustration (Fig.16).

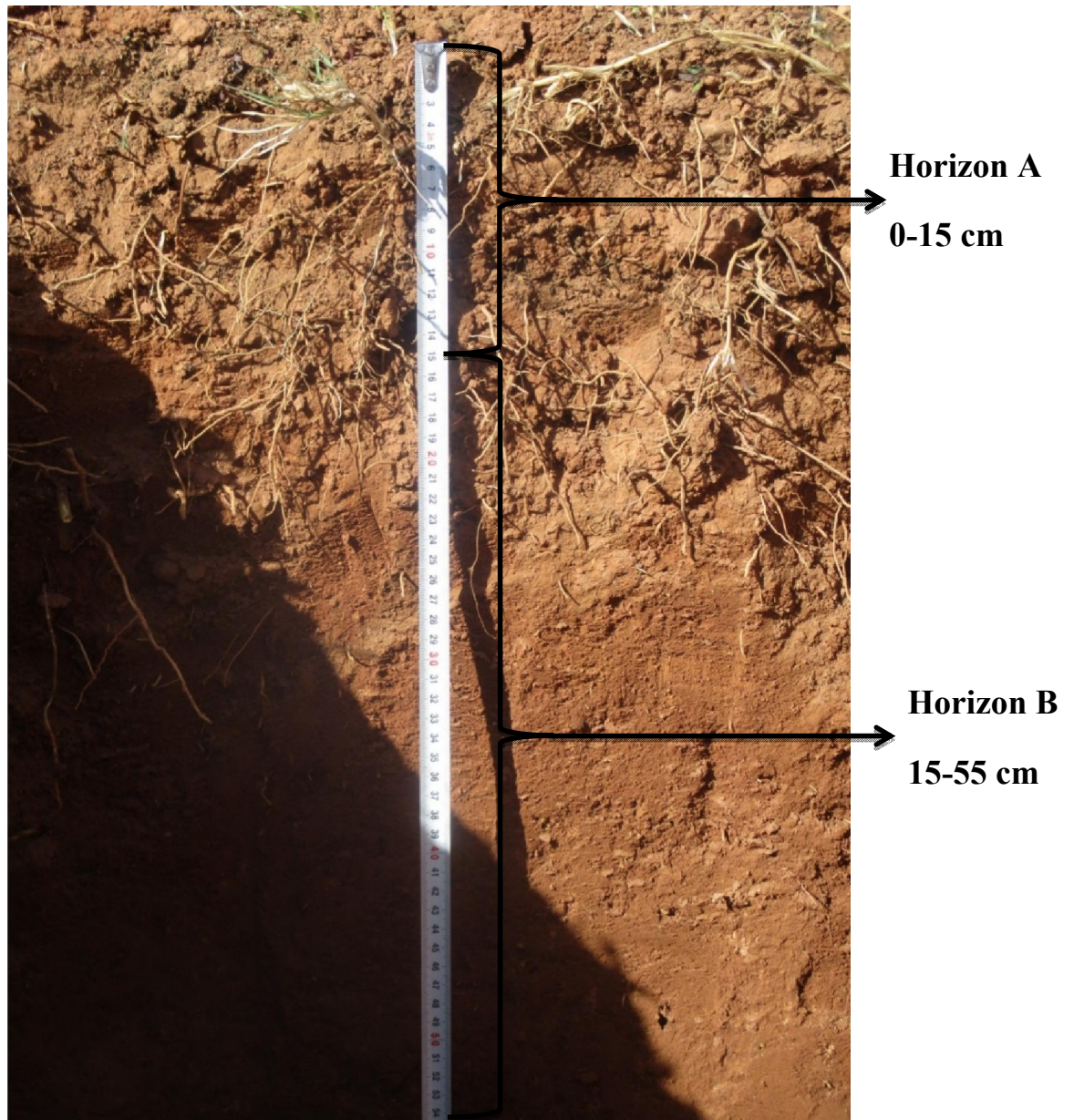


Figure 16. Profil pédologique sous le verger étudié.

La description morphologique du profil et l'étude analytique nous permettent de dire que c'est un **Aridosol** (WRB, 2003).

Tableau 6. Description du profil sous le verger de Melaga

Caractéristiques	Horizon A	Horizon B
Profondeur (cm)	0-15	15-55
Humidité	Légèrement humide	Humide
Couleur	5YR/4/4	5YR/3/4
Éléments grossiers	Absents	Absents
G.C.B	Cailloux anguleux	Absence
Réaction HCl	Forte effervescence	Forte effervescence
Réaction H ₂ O ₂	Faible	Faible
Consistance	compacte	Très compacte
Texture	Limono-sableuse	Limono-sableuse
Nature	Calcaire	Calcaire
Racines	Nombreuses	Très peu abondantes
Activité biologique	Faune	Peu abondante

1.2. Résultats de l'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique confirme les observations faites durant la description morphologique des sols du verger de Melaga. Le test du boudin obtenu a révélé une texture limono-sableuse du sol. Cependant, les taux des sols en éléments fins varient de 2,25 % à 27,25 % pour les argiles et pour les limons de 3,25 % à 9,6 %. Nous signalons que le reste des arbres sont analysés par Hocine en cours.

1.3. Caractéristiques chimiques du sol

Les résultats des analyses chimiques des deux fractions du sol sous grenadier que nous avons réalisé sont représentés dans le (Tab 8). Nous avons effectué des analyses chimiques pour déterminer le taux de carbone organique et le taux du calcaire total.

1.3.1. Carbone organique

Effet sujet

Le taux de carbone organique est moyennement pauvre à très pauvre, est varié entre 0,12 % et 2,58 % sous tous les arbres en fonction des différents niveaux (hs) et (hp), les

proportions dans les niveaux de chaque arbre sont réparties de manière hétérogène (Tab8, Fig17). La teneur la plus importante 2,58 % a été relevée pour A7 ou niveau de surface et la plus basse est 0,12 %, elle a été enregistrée pour A2 ou niveau de profondeur.

Pour les arbres A7, A10, A12 le taux de carbone organique est moyennement pauvre au niveau de surface à pauvre en profondeur, ainsi que pour les arbres A2, A3, A4, A5, A8, A9 la teneur en carbone est pauvre en surface à très pauvre en profondeur, par contre pour A6 très pauvre en surface à pauvre en profondeur et pour A11 pauvre dans les deux niveaux autant pour A1 très pauvre dans le premier et le deuxième niveau.

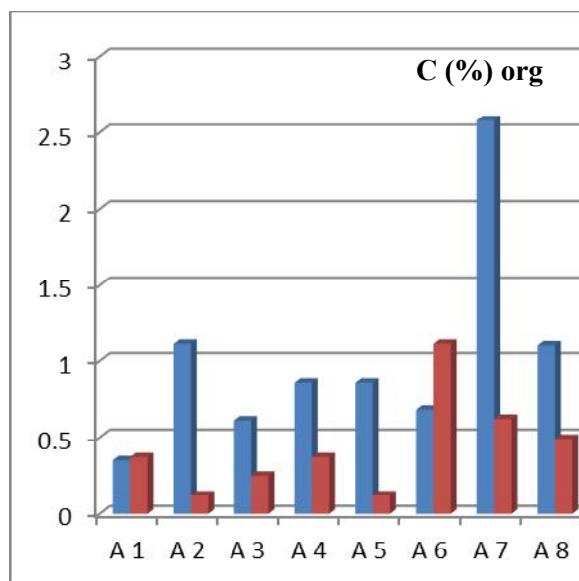


Figure 17. Distribution du carbone organique dans les sols en fonction de la profondeur.

Malgré les apports des matières organiques les taux de carbone organique enregistrés ne sont pas très importants, on explique les taux élevés au niveau de surface par la proximité des racines qui exsudent des composés organiques tel que les sucres, les acides aminés et les mucigels (Morel, 1989 ; Hinsinger, 2000). Qui constituent une source d'énergie majeure pour les microorganismes de la rhizosphère (Lambers et al, 1996). L'évolution de la matière organique est influencée par les différentes catégories de la faune et de la microflore du sol ainsi que ses abondances (Giva, 2011).

Les plus faibles taux peuvent être liés au facteur climatique qui influence sur le processus de minéralisation rapide des matières organiques qui caractérise le climat steppique. La matière organique se décompose plus rapidement à des températures plus élevées, si bien que les sols des climats plus chauds tendent à contenir moins de matière organique que ceux des climats

plus frais (Soco, 2009 ; Giva, 2011). Et peut-être aussi liés à la préparation de sol par les différentes méthodes de travail du sol, Le labour augmente la macroporosité dans le sol et sa température moyenne, contribuant ainsi à augmenter la vitesse de décomposition de la matière organique (Soco, 2009 ; Giva, 2011). Plus un sol est humide, il y a moins d'oxygène disponible pour que la matière organique se décompose, si bien qu'elle s'accumule (Soco, 2009).

1.3.2. Calcaire total

Effet sujet

Sur la base des données affichées au (Tab 8) et illustrées à la (Fig18) le sol de chaque niveau des grenadiers de notre zone d'étude Melaga présente des valeurs de calcaire total variant entre 1,25 % à 30 %, faiblement calcaire à assez fortement calcaire.

Les teneurs en calcaire élevées ont été enregistrées au niveau de A9 où nous avons des valeurs décroissantes et qui varient de 30 % à 21,25 %, assez fortement calcaire en surface à modérément calcaire en profondeur, par contre pour les arbres A3, A6, A7, A8, A12 le taux est modérément calcaire en surface à faiblement en profondeur, autant pour A5 et A10 faiblement en surface à modérément calcaire en profondeur, nous remarquons que pour A1 et A4 le taux est faiblement calcaire dans les deux niveaux, et en fin dans A2 le calcaire total est distribué d'une façon homogène entre les deux niveaux surface et profondeur qui est faiblement calcaire avec un taux de 13,75 %.

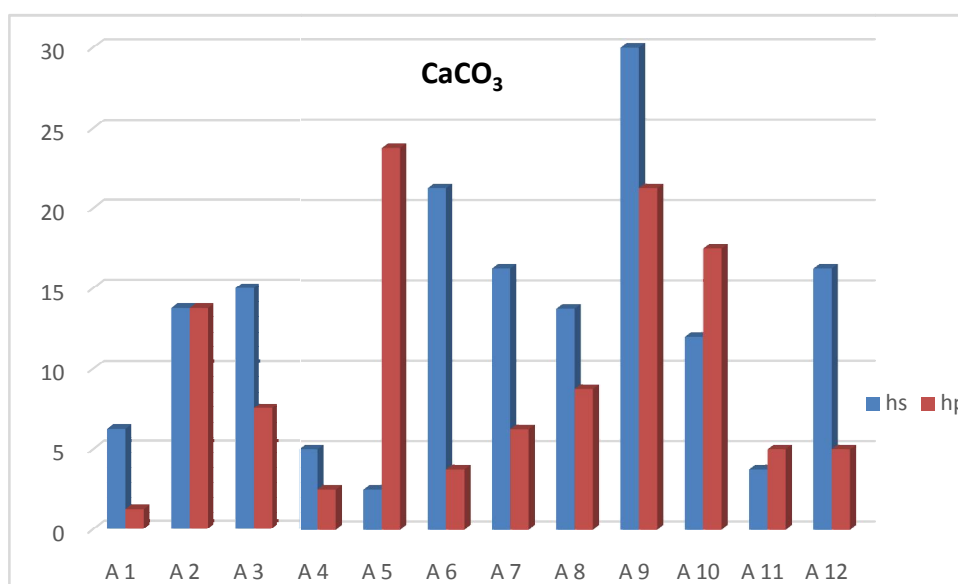


Figure 18. Distribution du calcaire total (%) dans les sols en fonction des horizons.

Nous remarquons une hétérogénéité dans la distribution du calcaire total entre les arbres, cela peut être dû à un effet de la qualité de l'eau d'irrigation. C'est peut être aussi résultat d'un effet des apports organiques et l'activité biologique de sol.

Selon Pouget, (1980) il existe de nombreuses sources ou émergences qui apparaissent soit à la faveur d'accidents tectoniques dans les grés ou calcaires, soit dans les oueds qui entaillent et drainent les aquifères (cours pérenne de Messaad), soit au contact calcaire aptien-série argilo-gréseuse.

Le Tacon (1976) souligna l'influence de la matière organique en montrant que la vitesse de décarbonatation d'un calcaire marneux est à peu près proportionnelle à la quantité de matière organique immobilisée dans le profil. Pouget (1980) note aussi que la dissolution de la calcite est accrue par l'augmentation de la tention de gaz carbonique provoquée par la respiration des racines et la minéralisation de la matière organique.

Bye et Caillot (1999), notèrent que l'absorption de l'eau par les racines et donc le dessèchement du Rhizoplan mène à une concentration en CaCO_3 au voisinage de la racine.

1.4. Analyse statistique

1.4.1. Carbone organique

Les sols sous grenadier sont pauvres en matière organique, ceci est représenté par les faibles teneurs en carbone organique. Nous observons une légère augmentation au niveau de la surface avec un taux de 1,1 %. Mais en profondeur le pourcentage est remarquablement bas (Tab 9 et Fig. 19). L'analyse de la variation représente une différence significative pour ce facteur.

La teneur en carbone organique élevée en surface est liée aux apports en matière organiques fraîche et par la présence d'une végétation sous forme de strate herbacée en surface. Cependant nous avons constaté une compaction du sol en profondeur. La texture des sols est aussi favorable à cet état des lieux en plus de l'utilisation des machines lors des différentes techniques culturales. Ainsi le développement du système racinaire reste superficiel, ce qui explique la diminution de la teneur en carbone dans les niveaux inférieur du sol et rend l'activité biologique difficile. Toutefois, ceux sont les horizons de surface qui sont les mieux pourvus en carbone organique frais. La contenu en matière organique des sols est influence globalement par : les facteurs climatiques, la végétation, la texture du sol, les

conditions topographiques, influençant et le drainage et les pratiques culturales (Halitim, 1988).

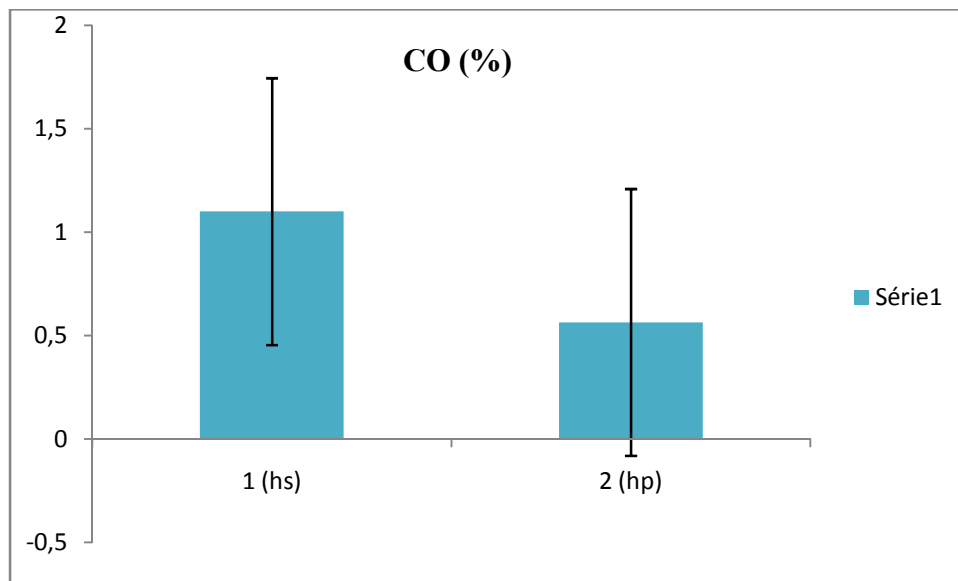


Figure 19. Variation du carbone organique (%) dans l'horizon de surface (hs) et l'horizon de profondeur (hp).

1.4.2. Calcaire total

Les résultats de l'analyse du calcaire total (Tab9) montrent que le taux de calcaire total varie de 9,68 - 12,97 % selon les normes d'interprétation. Les sols sous grenadier de Melaga sont faiblement calcaires.

L'analyse statistique a montré que la variation du calcaire total est non significative. L'horizon du surface présente un taux le plus élevé du calcaire total. L'augmentation du taux de calcaire dans cette fraction peut être expliquée par les eaux d'irrigation et par le fait qu'en sol calcaire, la matière organique hydrosoluble s'insolubilise au contact des carbonates de calcium sous forme de Fulvate et d'Humate de calcium.

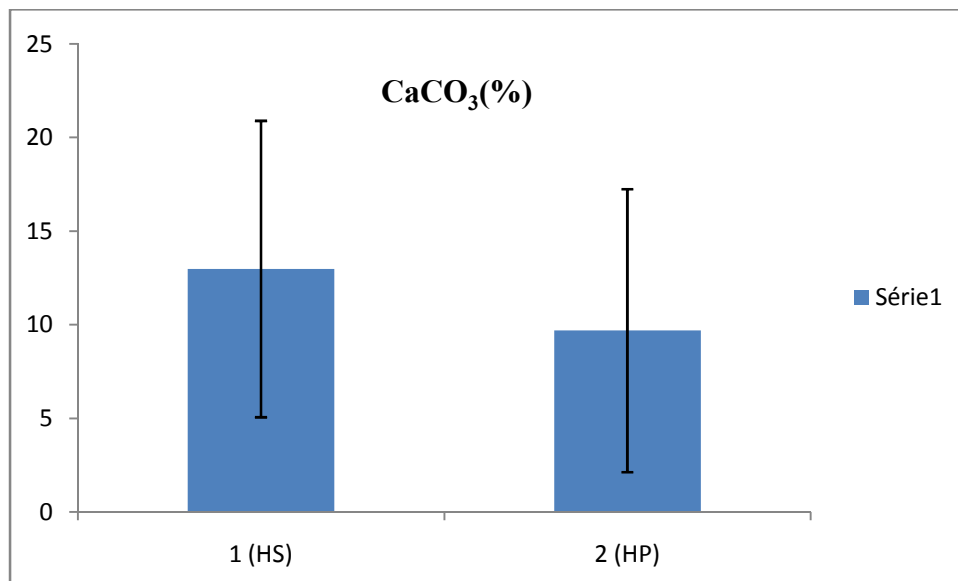


Figure 20. Variation du calcaire CaCO₃(%) dans l'horizon de surface et l'horizon de profondeur.

Leur biodégradation par la microflore bactérienne est fortement ralentie. La décomposition de cette matière organique à laquelle s'ajoute l'activité respiratoire de la biomasse qui produit du CO₂, au contact des carbonates très peu solubles, permettent de former des Bicarbonates de calcium Ca(CO₃H)₂ solubles qui précipiteraient ultérieurement sous forme de CaCO₃ en fonction des conditions pédoclimatiques (Schwartz et *al*, 2005).

La diminution du taux de calcaire dans l'horizon de la profondeur est due à l'acidification du milieu par la racine qui excrètent des H⁺ et des acides organique qui dissolvent le CaCO₃ (Jaillard, 2001).

L'objectif de ce travail est d'étudier les propriétés physiques et chimiques des sols sous grenadier dans une région aride dégradée. Les terres arides n'ont pas bénéficié jusqu'à présent de tout l'intérêt nécessaire à leur conservation, valorisation et exploitation et la dégradation touche une grande partie des écosystèmes steppiques Algériens. Le grenadier particulièrement la variété Messaad reste une espèce potentiellement très intéressante pour la mise en valeur et le développement des zones arides.

Ce travail 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.

Leverger étudié est un agrosystème bien portant conduit en irrigué. Les travaux de préparation effectués avant l'installation ont favorisé la croissance de cette espèce qui est originaire de la région étudiée.

Dans ce travail nous avons caractérisé les sols sur le terrain puis nous nous sommes intéressés à l'importance de la présence racinaire et sa répartition dans le profil. Après une étude analytique nous avons conclu que le sol est de type aridosols avec une texture limono-sableuse. Nous avons noté que les sols sont moyennement pauvres à très pauvres en carbone organiques sous tous les arbres en fonction des différents niveaux explorés, avec des teneurs à en calcaire variables. 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.

Compte tenu des résultats de cette étude, on peut conclure que les racines de cette espèce sont bien adaptées pour l'amélioration des propriétés chimiques des sols.

Cette étude est une contribution à la caractérisation des sols steppiques mis en défens afin de développer les ressources naturelles négligées pendant longtemps, c'est une valorisation agronomique dans le cadre d'une agriculture durable, soucieuse de l'aspect écologique et environnemental. Cependant, il est souhaitable de compléter ce travail par :

- une étude physique approfondie du sol portant sur la porosité, la densité, la battance et le bilan hydrique;
- une détermination des teneurs en tous les éléments minéraux ;
- une identification de la faune et la microflore du sol.

Afaq F., Saleem M., Krueger C.G., Reed J.D., Mukhtar H., 2005.Anthocyanin- and hydrolyzable tannin-rich pomegranate fruit extract modulates MAPK & NF-kappaB pathways and inhibits skin tumorigenesis in CD-1 mice. *Int. J. Cancer.* 113(3), 423-433p.

Aleksandrov A.D., 1950: The pomegranate. *Sad I ogorod* N° 2, pp. 9-40 (In Russian).

Ben Bond-Lamberty B et Allison T. 2010: Temperature-associated increases in the global soil respiration record” *Nature.* 464, 579-582.

Benabdeli K., 2010: 50 Connaissances pour préserver l’environnement, 51p.

Benoit B. 2013 :Tela Botanica : Base de données Nomenclature de la flore en France. BDNFF, 4p.

Bertrand R. et Gigou J., 2000 : La fertilization des sols tropicaux, Ed. Maisonneuve et Larose, Paris. 397p.

Bonneau M., et Souchier B., 1994 : Pédologie T2 constituant et propriétés du sol. Masson. 665p.

Byé P. et Callot G., 1999: La truffe, la terre, la vie. Ed. Quae, 210p.

Callot G., Chamayou H., Maertens C., et Salsec L., 1982 : Les interactions sol/racine. Ed. I.N.R.A. Paris 8-11p.

Calvet R., 2003 : Le sol : propriétés et fonction. Tom 1 : phénomènes physiques et chimiques, application agronomiques et environnementales. Ed. France Agricole. 455p.

Cazin F.J. 1868 : Traité pratique et raisonné des plantes médicinales indigènes et acclimatées. De l’envol (EDS) 1189p.

Chaignon V., Bedin F., et Hinsinger P., 2002: Copper bioavailability and rhizosphere pH changes as affected by nitrogen supply for tomato and oilseed rape cropped on an acidic and a calcareous soil. *Plant and Soil* 243. 219-228p.

Chaillou S., 2008 : Développement racinaire, fonctionnement de la rhizosphère. 2p. (www.Dunod.com).

Chaudhari, S.M., Desai, U.T., 1993: Effects of plant growth regulators on flower sex in pomegranate (*Punicagranatum L.*). *Indian Journal of Agricultural Sciences.* 63(1), 34-35.

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

Coppenet M., Ailliot B., Carion G., Colomb B., Darre J. et Haut P., 1986 : Etat calcique des sols et fertilité : Le chaulage. Ed. Association de coordination technique agricole. Paris, 166p.

Curl, E.A. et Truelove, B. 1986:The Rhizosphere. Springer-Verlag, Berlin. 1-8p.

Références Bibliographiques

- Darrah P. 1993:**Numero special nutrition mineral. Plant and soil. 155p.
- Darrah P. R., Jones D. L., Kirk G. J., etRoose H. T., 2006:** Modelling the rhizosphère: a review of methods for apscaling to the whole-plant scale. European journal of soil science 57. 13-25p.
- Davet P., 1996 :** Vie microbienne du sol et production végétale Ed. I.N.R.A. Paris, 383p.
- Drénou C., 2006 :** les racines : face cachée des arbres. Ed. Forêt privée française. 335p.s
- Duchaufour Ph., 1994:** Abrégé de la pédologie sol, vegetation, environnement, 3^{ème}ed. Masson ; 324p.
- Duchaufour Ph., 2001 :** Introduction à la science du sol : Sol, végétation, environnement, 6^{ème}. Ed. Dunod, Paris, 331p.
- Duchesne L., C., 1993:**Mycorhiza news, quaterly newsletter of mycorhiza network, Asia, New Delhi, India. Tata EnergyResearch Institue, 1-5p.
- Fuchs J. G. et Herisse J. M., 1999 :** Fertilité des sols. Les produits biologiques : bien les connaître pour mieux les utiliser. Ed biophyt Sa., AGREF, Biarritz. 41p.
- Girard M C., Walter C., Remy J.C., Berthelin J et Morel J.L., 2005 :** Sol et environnement. Ed. Dunod, Paris. 816p.
- Giva G., 2011:** Les produitsorganiquesutilisablesen agriculture en Languedoc-Roussillon: Guide technique en 2 volumes. Chambred'agriculture Languedoc-Roussillon, Languedoc-Roussillon, 198p.
- Gobat J. M., Argano M., Mttthey W., 1998 :** Le sol vivant. Ed. Presse polytechniques et universitaires romandes. 550p.
- Gobat J.M., Argano M et Matthey W., 2003 :** Le sol vivant ; la base de la pédologie. Ed. Presses Polytechniques et universitaires romandes. 568p.
- Grayston, S.J., Vaughan, D. et Jones, D. 1997:** Rhizosphere carbon flow in trees, in comparison with annual plants: the importance of root exudation and its impact on microbial activity and nutrient availability. Applied Soil Ecology, 5: 29-56.
- Gregory J., 2006:** Roots, rhizosphère and siols : the roots to a better understanding of soil science ?. European journal of soil science 57. 2-12p.
- Gregory J., Hinsinger P., 1999:** New approaches to studying chemical and physical changes in the rhizosphère: an overview. Plant and soil 211. INRA, Montpellier. 1-9p.
- Halitim A., 1988:** Sol des régionsaridesd'Algérie. O.P.U., Alger, 141p.
- Hingsinger P. Jaillard B. Arvieu J.C. 1996, INRA :** Département de science du sol ; Paris ; Le sol, un patrimoine menacé, le point scientifique.

Références Bibliographiques

Hinsinger P., 1998: How do plant acquire mineral nutrient? Chemical processes involved in the Rhizosphere. *Advances in agronomy*, 64p; 225-265pp.

Hinsinger P., 2001 : Interaction chimiques entre racines et minéraux du sol. Conséquence sur l'altération des minéraux et la nutrition des végétaux. Mémoire de HDR ; Thèse de doctorat. Univ. de Montpellier II. 147p.

Hinsinger P., Gobran G., Gregory P., et Wenzel W.W., 2005: Rhizosphere geometry and heterogeneity arising from root-mediated physical and chemical processes: research review. *New phytologist* 168 I.N.R.A. 293-303p.

Lambers H., Scheurwater I. et Atkin O.K 1996: Respiratory patterns in roots in relation their functioning. In: *Plant roots. The hidden half.* 2nded. Ywaisel. AEsheL. U Kafkafi. Mareel Dekker Inc. New York. 529-556p.

Lanskye P., Newman R. A.2007: Punicagranatum (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of ethnopharmacology*. N°109. 206p.

Le Tacon F., 1976: La présence de calcaire dans le sol. Influence sur le comportement de l'Épicéa commun (*Picea excels*, Link) et de pin noir d'Autriche (*Pinus nigra* Host). Thèse Doct. Nancy. 304p.

Mars, M., 1995 : La culture du grenadier (*Punica granatum* L.) et du figuier (*Ficus carica* L.) en Tunisie. CIHEAM. Options Méditerranéennes. 85-95p.

Melgarejo P., 1993 : Selección y tipificación varietal de granado (*Punica granatum* L.) [Ph.D. thesis]. Valencia. Spain: Univ. Politécnica de Valencia (UPV).

Melgarejo P., Salazar D.M.S., 2003 : Tratado De Fruticultura Para Zonas Áridas Y Semiáridas. Vol. 2: Algarr. 416 p.

Melgarejo P., Valero D. 2012: Series A: Mediterranean Seminars. N° 103. Spain.

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

Mohamed Amine Ben Abdennebi. 2012 : Le grenadier tunisien (*Punica granatum*) stimule le transport de glucose dans les cellules musculaires C2C12 via la voie insulino-dépendante de l'Akt et la voie insulino-indépendante de l'AMPK. Mémoire., Fac. Med. Tunis, 82p.

Morel R., 1996 : Les sols cultivés. 2^{ème} Ed. Tec. Et Doc. Lavoisier. 389p.

Pouget M., 1977: Cartographie des zones arides : géomorphologie, pédologie, groupements végétaux et aptitudes du milieu à la mise en valeur à 1/100.000, région de Messaad-Ain El Ibel (Algérie). Notice explicative N°67. Ed. O.R.S.O.M. 101p.

Pouget M., 1980: les relations sol-végétation dans les steppes Sud-Algéroises. *Trav. Doc. ORSTOM*. 555p.

Références Bibliographiques

Rahmoune M., 1998: Quel avenir pour les jeunes ruraux dans la steppe soumise à la désertification (cas de la l'Algérie). diplôme de post graduation en population et développement durable. Maroc 15p.

Raimbault P., 2003 : La physiologie et l'architecture des racines 9^{ème} congrès de l'APVC, Igalada. 22-29p.

Sanchez-Capuchino V., 1986 : Rotulacion una 1034-1. TEBAR. ISBN 9788473600743.

Seltzer P. 1946: Le climat de l'Algérie. 219p.

Soco., 2009: Réduction du taux de matière organique, l'agriculture durable et la conservation des sols, Mai 2009, N°: 3, 4p.

Soltner D. 1992 : Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles, 19^e édition, Sainte Gemmes sur Loire. opcit 37p.

Soltner D., 2003 : Les bases de la production végétale. Tom 1 le sol et son amélioration. 23^{ème} ed. Ed. Science et. Techniques agricoles 472p.

Stengel P et Gelin S, 1998 : Sol interface fragile. Ed. I.N.R.A. 213-283p.

Stengel P. et Gelin S., 1998: Le sol: interface fragile. Ed. Quae. 222p

Strom L., 1997: Root exudation of organic acids: importance to nutrient availability and the calcifuge and calcicole behaviour of plants. Oikos 80, 459-466.

Turpault M.P., Ultramontain C., Bonnaud P., 2001 : Dynamique saisonnière des propriétés physico-chimiques et mineralogiques du sol rhizosphérique et global dans un écosys-tème forestier acide. Ed INRA. Champenois. Nancy. 2p.

Vilain M., 1993 : La production végétale. Volume I : les composantes de la production Ed. Tec. ET Doc. Lavoisier, Paris. 152-15p.

Wald E. 2009 : Le grenadier *Punica granatum* : Plante historique et evolution thérapeutique récentes. Université Henri Poincaré. Thèse. 158p.

Wang Z.Y., Kelly J. M., et Kovar J. L., 2005: Depletion of macro-nutrients from rhizosphere soil solution by juvenile corn, cotton wood, and switchgrass plants. Springer, plant and soil 270. 213-221p.

Wieland, G., Neumann, R. et Backhaus, H. 2001: Variation of microbial communities in soil, rhizosphere, and rhizoplane in response to crop species, soil type, and crop development. Applied and Environmental Microbiology, 67: 5849-5854p.

W. R. B., 2003: Word Reference Bases.

Références Bibliographiques

Yang, C-H. et Crowley, D.E. 2000 : Rhizosphere microbial community structure in relation to root location and plant iron nutritional status. *Applied and Environmental Microbiology*, 66: 345-351p.

Zuang H., Barret P., Beau C. 1988 : Nouvelles espèces fruitières. CTIFL, Paris, 152-156p.

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence de la dynamique de la rhizosphère du grenadier sur certaines propriétés physiques et chimiques sous climat aride. Un échantillonnage des sols est fait sous douze arbres au sein d'un verger de grenadier âgé de 7 ans, dans la région de Melaga. Le sol est un Aridosol avec des taux de calcaire total faibles. La distribution des carbonates de calcium diminue de la surface vers la profondeur. Le dosage du carbone organique a révélé des teneurs faibles. Les taux varient de la surface vers la profondeur d'une façon très décroissante.

Mots clé : Sol - Grenadier – Carbone – Aridité.

Summary

The purpose of this research is to study the influence of the dynamics of the rhizosphere of the pomegranate on some physical and chemical properties under arid climate. Twelve trees were chosen to sampling there soils, this orchard is 7 years old, situated in Melaga. The soil is an aridosol with a total limestone rate distribution with the depth. The distribution of carbonates of calcium decreases from the surface to the depth. The assay of organic carbon revealed to be of weak content. The rates differ from the surface to the depths in a very decreasing manner.

Keywords: Soil - Pomegranate - Carbon - Aridity.

ملخص

الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير ديناميات جذور الرمان على بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية في ظل مناخ جاف. تم أخذ عينات التراب تحت اثني عشر شجرة في بستان الرمان البالغ 7 من العمر في منطقة ملاقا. التربة هي ضعيفة مع انخفاض مستويات الحجر الجيري الكلي. حيث ينخفض توزيع كربونات الكالسيوم من السطح إلى العمق. وكشف تحديد الكربون العضوي عن مستويات منخفضة. كما أن المعدلات تختلف عن السطح إلى الأعماق بطريقة متناقصة جدا.

كلمات البحث: التربة-الرمان-الكربون-الجفاف.

