

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



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master
En Sciences Biologiques
Spécialité : Diversité et Adaptation de la Flore Méditerranéenne

Thème

**Contribution à l'étude de caractéristiques chimiques
du sol sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*)
de Dayate Saadi (Hassi Delaâ, Laghouat)**

Présenté par: Melle SAHED SOUHILA.

Le 10 /09 /2017.

Devant l'honorable jury composé de :

Présidente: Mme BOUDIAF NAIT KACI M.

MCA UMMTO

Promotrice: Mme SMAIL SAADOUN N.

Pr UMMTO

Examineur: M. ABIDI M.

MAA UMMTO

2017/2018

Remerciements

Je remercie avant tout Allah tout puissant, de m'avoir guidé toutes les années d'étude et sa benediction.

Mes remerciements vont d'abord à ma promotrice Mme SMAIL-SAADOUN N. Professeure à l'Université Mouloud Mammuri de Tizi-ouzou pour avoir accepté de m'encadrer. Je vous remercie Madame d'avoir pris le temps de courage ce travail. Je vous remercie aussi pour votre gentillesse et pour le conseils don't j'ai pu bénéficier et sur toute votre humanité qui ma été un apport précieux pour terminer a bonne fin cette etude.

Mes remerciements vont également aux ingénieurs du laboratoire Ressources Naturelles Mme BELKEBER-BOUKAIS A, Mme SKHI-REZKI L; pour leurs aide et leurs gentillesse.

Je remercie sincèrement Melle MECHIAH F. Pour son soutien et le partge du savoir et des informations.

Je remercie Mme BOUDIAF NAIT KACI M. (MCA à UMMTO) d'avoir accepté d'assurer la présidence du jury de mon mémoire.

Je remercie Mr. ABIDI M. (MAA à UMMTO) d'avoir accepté de faire partie de mon jury de mémoire.

Enfin, mes vifs remerciements à toutes les étudiantes de la promotion de 2eme année Master "Diversité et Adaptation de la flore Méditerranéenne", amis et tous ceux qui ont contribut de prés ou de loin à la realisation de ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à allah, qui m'a conduit et protégé tout au long des mystérieux chemins de ma vie.

A mes chères parent et grand parents.

A mon chère mari.

A mes frères et soeurs avec leurs enfants.

A ma belle famille.

A mes chères amies Celia, Sonia et Karima...

A tout mes enseignants et professeurs.

Listes des abriviations

Liste des abréviations

: inférieur.

: inférieur où égale.

: seuil de signification.

Liste des figures

Liste des figures

Fig. 1. Pistachier de l'Atlas de la région de Laghouat (Boubrima, 2014)	2
Fig. 2. Aire de répartition schématique du pistachier de l'Atlas (<i>Pistacia atlantica</i>) en région méditerranéenne (Quézel & Médail, 2003).....	3
Fig. 3. distribution de <i>Pistacia atlantica</i> en Algérie (Monjauze, 1968)	4
Fig. 4. Les horizons du sol (Camuzard, 2009).....	9
Fig. 5. Carte de répartition des zones arides dans le monde (Unesco, 1979 in Rognon, 1994).....	10
Fig. 6. Localisation de Laghouat (Google.fr)	16
Fig. 7. Image satellite montrant la localisation de la station d'étude par rapport à la ville de Laghouat (Boubrima, 2014)	17
Fig. 8. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Goussen pour la station Hassi R'mel (2002-2012) (Boubrima, 2014).....	18
Fig. 9. Zonation ecoclimatique des stations d'étude selon la méthode de Le Houèrou (1995) (Boubrima, 2014)	19
Fig. 10. Sujet 1	20
Fig. 11. Sujet 2	21
Fig. 12. Sujet 3	22
Fig. 13. Sujet 4	23
Fig. 14. Sujet 5	24
Fig. 15. Sujet 6	25
Fig. 16. ACP concernant les différents paramètres chimiques étudiés à dayate Saadi, (Hassi Delaâ)	39
Fig. 17. ACP comparative concernant les différents paramètres chimiques étudiés à dayate Saadi (Hassi Delaâ) pour les sols échantillonnés en 2013 et 2016	42

Listes des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1. Intervalles des pH, des taux de calcaire total et des taux de matière organique des sols sous pistachier de l'Atlas précédemment étudiés en Algérie	14
Tableau 2. Données et paramètres utilisés dans la classification écoclimatique de la station de Hassi R'mel (Boubrima, 2014)	18
Tableau 3. pH des sols sous-pistachier de l'Atlas dayate Sadi, Hassi Delaâ	29
Tableau 4. Normes d'appréciation du pH du sol (Baize, 2000)	30
Tableau 5. Moyennes des pH des sols sous pistachier de l'Atlas, dayate Saadi (Hassi Delaâ)	30
Tableau 6. Moyennes des pH des sols de dayate Saadi, Hassi Delâa réalisé par Boubrima en 2014	30
Tableau 7. Intervalles de pH des sols sous pistachier de l'Atlas des travaux précédents	31
Tableau 8. Taux de calcaire total (CaCO ₃) et pH des sols sous pistachier de l'Atlas de dayate Saadi (Hassi Delaâ)	32
Tableau 9. Normes d'appréciation du calcaire total du sol (Baize, 2000)	32
Tableau 10. Moyennes des taux de calcaire total et des pH des sols sous pistachier de l'Atlas, de dayate Saadi	33
Tableau 11. Taux de calcaire total des sols sous pistachier de l'Atlas des travaux précédents	34
Tableau 12. Normes d'appréciation de la matière organique de sol (Soltner, 1982)	34
Tableau 13. Taux de matière organique de Calcaire total (%) et de pH des sols sous pistachier de l'Atlas dayate Saadi	35
Tableau 14. Moyennes des taux de matière organique (M.O) des profils de dayat Sadi (Hassi Delaâ)	35
Tableau 15. Taux de matière organique (M.O) des sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés	36
Tableau 16. Résultats de l'ANOVA appliquée aux paramètres chimiques des niveaux de sol de dayate Saadi (Hassi Delaâ)	37

Liste des tableaux

Tableau 17. Résultats de l'ANOVA appliquée aux paramètres chimiques des niveaux de sol de dayate Saadi (Hassi Delaâ) étudiés par Boubrima (2014) et nous même	38
Tableau 18. Données de l'ACP 1	38
Tableau 19. Matrice de corrélation de Pearson entre les paramètres chimiques des sols étudiés à dayate saadi (Hassi Delaâ).....	39
Tableau 20. Données de l'ACP 2	40
Tableau 21. Matrice de corrélation de Pearson entre les paramètres chimiques des sols échantillonnés à dayate sadi (Hassi Delaâ) en 2013 et 2016	41

Sommaire

Introduction générale	02
Chapitre 1. Sol sous- pistachier de l'Atlas.	
1. Introduction	08
2. Sol des zones arides	09
3. Sols sous pistachier de l'Atlas	12
Chapitre 2. Matériel et méthodes.	
1. Présentation générale de la zone d'étude	16
2. Echantillonnage des sols	19
2.1. Présentations des sujets échantillonnés	20
2.2. Techniques de conservation et de préparation des sols	25
2.3. Analyse réalisées	25
2.4. pH	25
2.5. Dosage du calcaire total (CaCO)	26
2.6. Dosage du carbone organique	26
2.7. Analyse statistique	27
Chapitre 3. Résultats et discussion.	
1. Résultats des pH eau	29
2. Résultats des taux de Calcaire total	31
3. Résultats des taux de Matière organique	34
4. Analyse de la variance (ANOVA)	37
5. Analyse en composantes principales	38

5.1	ACP 1	38
5.1.	ACP 2	40
	Conclusion générale	43
	Références bibliographiques	45

Introduction générale

Les steppes et pré-steppes algériennes renferment des espèces végétales qui constituent un réservoir de diversité jouant à la fois un rôle contre la désertification et constituant aussi une source pour l'alimentation du bétail dans les zones les plus reculées, et les plus défavorisées. La zone comprise entre le tell et les limites du grand Sahara recouvre une forêt pré-steppique à *Pistacia atlantica* qui se régénère et se développe aussi bien dans les dayas, les lits d'oueds, que dans les endroits les plus arides, où peu d'espèces d'arbres peuvent s'établir et se développer (Belhadj, 2007).

Le pistachier de l'Atlas appartient à la famille des Anacardiaceae, le genre *Pistacia* est représenté par trois espèces en Algérie, à savoir le lentisque, le térébinthe et le pistachier de l'Atlas. Ce dernier est un arbre dioïque, les fleurs mâles et femelles se trouvent sur des pieds différents. En automne, le pistachier de l'Atlas commence à perdre ses feuilles pour se retrouver nu en hiver. Les feuilles commencent à réapparaître au printemps après l'apparition des fleurs (Fig. 1).



Fig. 1. Pistachier de l'Atlas de la région de Laghouat (Boubrima, 2014).

Sur le plan géographique, *Pistacia atlantica* occupe une aire disloquée. Cet arbre se rencontre depuis les Atlantides jusqu'à la Syrie en passant par les pays d'Afrique du Nord (Monjauze, 1968), à savoir le Maroc, l'Algérie, la Tunisie et la Libye. Son aire naturelle de distribution se trouve en Afrique de Nord, aux Iles Canaries, en Cyrénaïque (Libye), à Chypre et au Proche Orient (Quézel et Médail, 2003) (Fig. 2).

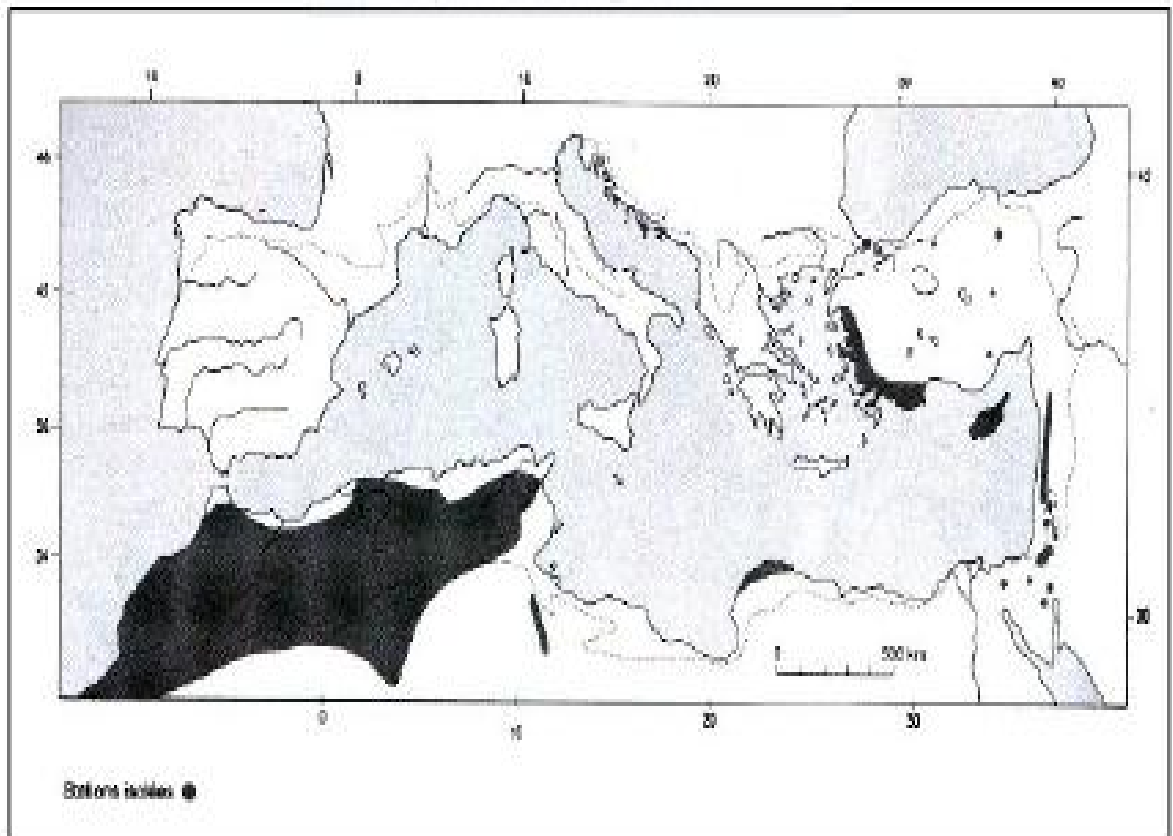


Fig.2. Aire de répartition schématique du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) en région méditerranéenne (Quézel & Médail, 2003).

Le pistachier de l'Atlas est une espèce endémique qui figure parmi les plantes non cultivées protégées en Algérie (Kaabeche et *al.*, 2005).

D'après Boudy (1952), en Algérie on le trouve disséminé dans les forêts chaudes du tell méridional, mais surtout dans la région steppodésertique des Hauts Plateaux et du Sahara septentrional, où il ne subsiste que dans les dayas. On le rencontre parfois en montagne dans l'Atlas saharien et sur les Hauts Plateaux Oranais (Fig. 3). D'après Monjouze (1980), *Pistacia atlantica* est un arbre par excellence du dayas du piedmont méridional de l'Atlas Saharien, sa limite extrême se trouve en pleine cœur du Hoggar où il existe à l'état de relique.

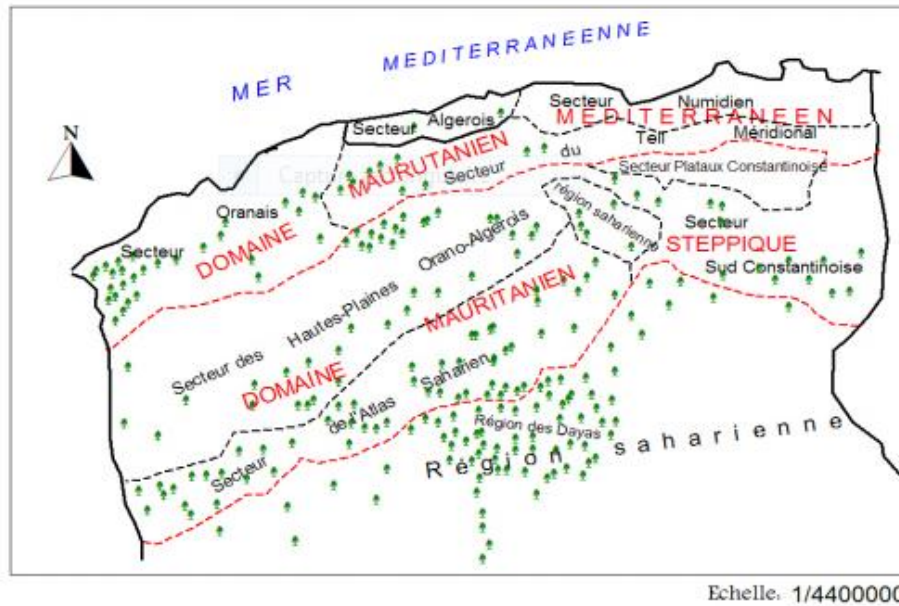


Fig.3. distribution de *Pistacia atlantica* en Algérie (Monjauze, 1968).

Le pistachier de l'Atlas, seul arbre qui subsiste jusqu'à la limite du Sahara est une essence de grande taille, de forme massive, de couvert puissant ; son enracinement est profond ; sa longévité est considérable. Toutes ces conditions permettent partout, où la régénération de l'arbre est assurée, sa domination et sa permanence. Une résistance aux injures environnementales affermit cette prépondérance. Cet avantage n'est acquis que difficilement, car l'installation du pistachier de l'Atlas demande des conditions délicates depuis la germination. Le jeune plant est sensible à toutes les atteintes, malgré l'existence d'une strate protectrice lui assurant ainsi un microclimat très amorti. Comme bien des essences arborescentes adaptées aux climats arides, le pistachier de l'Atlas fait preuve d'un équilibre parcimonieux et proportionne sa végétation aux possibilités qui lui sont offertes. Privé de subsistance, il est susceptible de rester pendant des années à l'état de léthargie dans les stations relictuelles (Monjauze, 1968).

Dans le Nord de l'Algérie, il est souvent associé aux espèces thermophiles épineuses méditerranéennes. Au sud, son association se limite au jujubier, à l'alfa, au sparte et à l'armoïse. Les principaux facteurs qui contribuent à sa dégradation sont l'action anthropique, les problèmes écophysologiques, les incendies, les défrichements (Benhassaini et al. 2007).

En 1967, Monjauze le qualifie d'arbre protecteur grâce à la plasticité et à la vigueur de son système racinaire, le plus souvent généralisé et sa croissance rapide qui assure la stabilité du sol et l'action d'enrichissement de ce sol, grâce à son interface rhizosphérique conséquente d'une part, mais aussi à son humification, grâce à la caducité de ses feuilles, favorisant ainsi l'installation d'une microflore et microfaune prélude à un sol vivant.

Cet arbre est aussi producteur. Ses graines sont très riches en huiles avec une très grande teneur en acides gras, comparable à celle de l'huile d'olive (Benhassaini & Belkhodja, 2004). L'écorce se caractérise par la production de résine, il est un excellent porte-greffe d'une autre espèce de pistachier, *Pistacia vera* (le pistachier vrai), qui est le producteur des fameuses pistaches (Monjauze, 1980). Ces rameaux feuillés sont utilisés pour tanner le cuir (Ozenda, 2004).

Le pistachier de l'Atlas est une plante utilisée à des fins médicinales. Il est utilisé dans le traitement des affections bucco-dentaires, les diarrhées, les infections de la gorge (Daoudi et *al.* 2003). Ces huiles essentielles ont un grand pouvoir antibactérien et antifongique, le fruit vert séché, préparé en tisane aurait également des vertus antidiabétiques (Belhadj, 2007).

Le pistachier d'Atlas est connu parmi les espèces qui ont une résistance aux contraintes édapho-climatiques d'une part et anthropogènes d'autre part. Il supporte les vents forts et les longues périodes de sécheresse steppiques due aux phénomènes naturels qui sont amplifiés par la pression croissante de l'homme et de ses troupeaux. Cette plasticité attire l'attention sur la connaissance actuelle de cette essence et de son interaction avec le milieu dans un but de protection et de valorisation et d'une lutte contre la désertification.

Cette étude rentre dans le cadre des travaux du laboratoire Ressources Naturelles de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Son objectif est une meilleure connaissance des sols sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) de dayate Saâdi, dans la région de Hassi Delaâ, wilaya de Laghouat, dans le but de comprendre les mécanismes que cette espèce développe pour son adaptation à un milieu où l'eau peut manquer, qui sont les sols des zones arides. Notre intérêt s'est porté sur quelques caractéristiques chimiques du sol, à savoir le pH, le calcaire total et le carbone organique.

Pour cela, après une introduction générale, nous avons subdivisé ce mémoire en trois chapitres :

- ✓ le chapitre 1 dans lequel nous avons décrit les sols des zones arides et les sols sous pistachier de l'Atlas ;

- ✓ le chapitre 2 dans lequel nous avons présenté le matériel et les méthodes utilisées ;
- ✓ le chapitre 3 dans lequel nous avons présenté et discuté nos résultats ;
- ✓ nous avons terminé le travail par une conclusion générale.

Chapitre 1 : Sol sous-pistachier de l'Atlas

1. Introduction

Le sol est la partie la plus superficielle de l'écorce terrestre, à l'interface entre géosphère, biosphère et atmosphère, car en effet il possède des constituants minéraux, venant de l'altération de la roche mère, des constituants organiques, venus de la décomposition d'êtres vivants, et des constituants gazeux circulant dans ses intervalles. De plus, le rôle du sol est fondamental. Il fournit aux végétaux chlorophylliens les ions minéraux, dont ils ont besoin. Le sol supporte la croissance des plantes et assure ainsi la production primaire, dont dépend directement la population humaine. Le sol est un milieu vivant et fragile, qui abrite d'intenses échanges et transformations biologiques et physico-chimiques. Il est à ce titre une interface biologique et géochimique déterminante dans le maintien du fonctionnement des écosystèmes (Robert, 1996).

La vie du sol est liée aux échanges entre le monde minéral, organique et vivant. Le sol est un milieu poreux constitué d'un ensemble de 5 fractions différentes : les minéraux solides, la matière organique, la fraction vivante, la phase gazeuse, et la phase liquide (Morel, 1989).

Le sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent ; il est le siège d'un échange intense de matière et d'énergie entre l'air, l'eau et les roches. Le sol, en tant que partie de l'écosystème, occupe une position clé dans les cycles globaux, il a des caractéristiques chimiques et physiques qui conditionnent la répartition des êtres vivants (Gobat et *al.*, 2010). Il est le support des plantes. C'est la zone exploitée par les racines (Camuzard, 2009).

L'épaisseur du sol varie entre quelques centimètres et quelques mètres. Il est formé de plusieurs niveaux superposés dits horizons (Fig. 4). Le sol fournit plusieurs éléments nutritifs nécessaires à la vie des animaux et des végétaux.

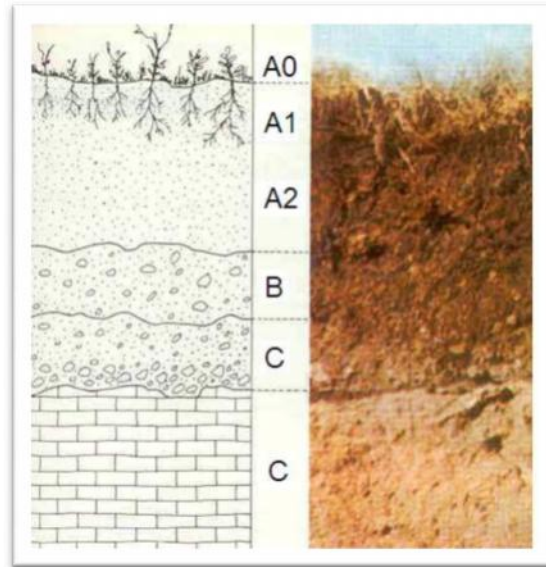


Fig. 4. Horizons du sol (Camuzard, 2009).

A0: litière ; A1: Humus ; A2: Horizon de lavage ; B: Horizon d'accumulation ; C: roche mère.

Les horizons se distinguent par leur épaisseur, leurs couleurs et leurs constituants. La structure générale du sol varie selon la nature de la roche mère, le climat, les êtres vivants et aussi l'intervention de l'homme. Il est constitué de divers éléments minéraux et organiques. Les éléments minéraux diffèrent par leur taille : argiles / limons / sables / gravies / galets etc... . La texture se définit par le pourcentage des différents éléments minéraux.

2. Sols des zones arides

En Algérie, les zones arides occupent plus de 95% la surface du territoire national, dont 80% se situent en zones « hyperarides » (Halitim, 1988). Les définitions de la zone aride sont nombreuses. Parmi ces dernières, il y a celle de Meigs (1952 *in* Floret et Pontanier, 1982) « l'aire de la zone aride est celle où la pluviosité sur une parcelle de terrain donnée n'est pas capable de fournir une production régulière ». Le climat de ces types de zones est toujours peu pluvieux, parfois très sec, très irrégulier, par sa végétation herbacée ou frutescente, rarement arborée, très irrégulièrement répartie et constituant un couvert excessivement lâche (Rognon, 1994). Selon Aubert (1960), la zone aride est caractérisée par une pluviosité faible et très irrégulière, la moyenne annuelle est de 100 à 250 mm. La végétation de cette zone correspond à un climat spécifique à pluviosité faible, combinée avec une forte évaporation résultant des températures élevées, dont l'action desséchante est plus ou moins accentuée par le vent (Emberger, 1939). Le

même auteur distingue la zone aride de la zone désertique par des «précipitations sans rythme saisonnier et par de longues périodes, dépassant au moins une année, sans pluie ».

Les zones arides occupent environ 43% de la surface terrestre (Fig. 5), soit près de 6,45 milliards d'hectares, réparties dans 100 pays et touchant une population estimée à 900 millions de personnes, soit 20% de la population mondiale. Un milliard d'hectares est hyper-aride : ce sont les vrais déserts comme le Sahara. Les régions arides, semi-arides et subhumides sèches occupent 5.45 milliards d'hectares.

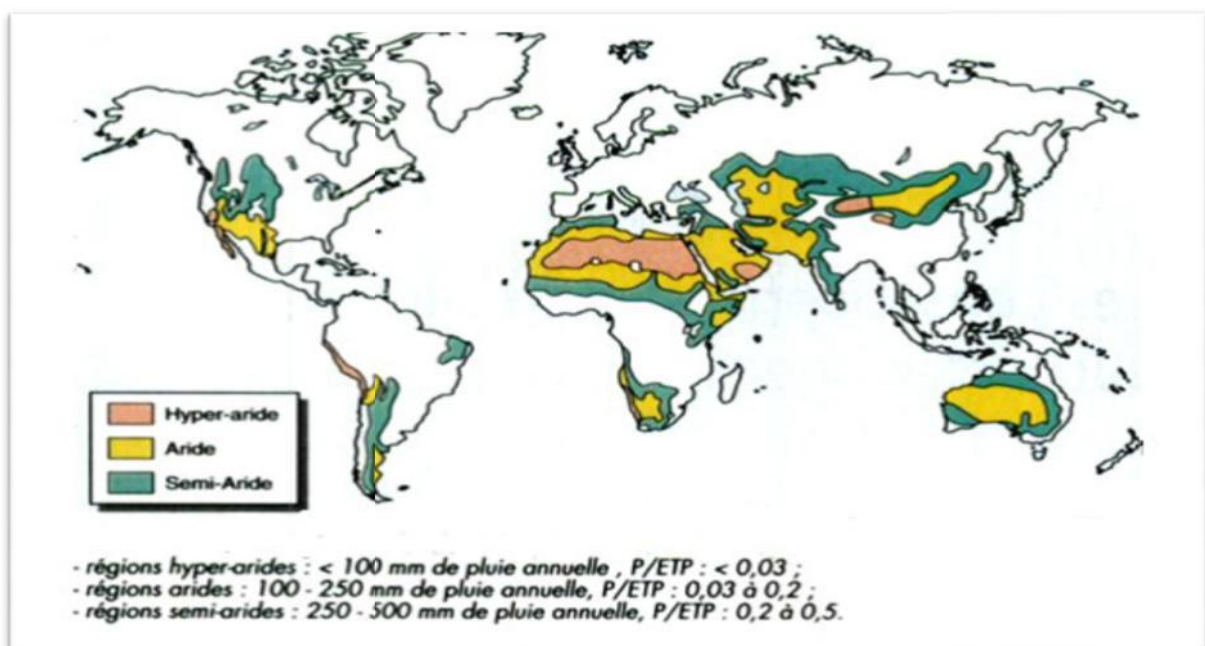


Fig. 5. Carte de répartition des zones arides dans le monde (Unesco, 1979 in Rognon, 1994).

Dans les régions arides et semi-arides, la sécheresse a un rôle important, mais parfois mal connu dans l'évolution des sols. Lorsqu'on passe des régions humides aux régions sèches, la pénurie en eau provoque-t-elle seulement un ralentissement des processus pédologiques ou l'apparition d'autres types de sols mieux adaptés aux environnements secs ? (Rognon, 1994).

La surface des sols des régions arides est caractérisée par la présence de fentes de dessiccation, de débris végétaux et de sables mobiles. Les sols des zones arides restent relativement jeunes, leur évolution est lente, compte tenu de la période sèche très prolongée qui freine aussi bien leur évolution minérale qu'organique (Girard et *al.*, 1980).

Leurs caractères et propriétés dépendent essentiellement de la nature de la roche mère, qui, du point de vue biologique intervient très largement, mais indirectement. Son action est liée à un fait essentiel, la faiblesse et l'irrégularité des pluies et leur caractère concentré dans le temps. En conséquence, le sol ne reste humide que pendant une courte durée de l'année, ce qui affaiblit son évolution biologique (Aubert, 1960). Cette sécheresse que suscite l'évaporation prédominante sur toute l'année, limite de plus en plus la pédogénèse, les sols formés sont ainsi des lithosols ou des sols salins. C'est un facteur très important modifiant les processus pédologiques, et empêchant le développement des sols (Rognon, 1994). Compte tenu du contexte climatique actuel, les processus pédogénétiques se rapportent à des processus liés au régime hydrique et concernent essentiellement la matière organique et la dynamique du calcaire et des sels (Pouget, 1980).

Que se soit le substratum géologique ou les dépôts secondaires, la quasi-totalité des matériaux sur lesquels se sont formés et évoluent les sols des zones arides se caractérise par la présence d'une teneur très élevée en calcaire (Rognon, 1994). Dans certains sols, cet élément tend à être entraîné en profondeur, souvent durci et feuillé : c'est la croûte calcaire.

La profondeur des sols des régions arides est souvent limitée par un horizon concrétionné (Ruellan, 1970). Le calcaire provient des apports des eaux de ruissellement superficiel ou des nappes phréatiques, mais il ne provient pas du lessivage des horizons supérieurs, ni de la roche mère. Dans ces régions, le calcaire est souvent l'élément dominant le plus remarquable du paysage. Ainsi, les sols méditerranéens sont décrits et classés d'après la présence ou l'absence de cet élément, d'après sa distribution verticale dans un profil ou sa répartition horizontale, ou d'après les formes sous lesquelles il peut apparaître (Ruellan, 1967).

Dans les sols à climat aride, le pH est basique, parfois proche de la neutralité et une augmentation de ce potentiel hydrique risque le blocage de l'absorption de nombreux éléments traces sous formes oxydées, que les plantes ne peuvent pas assimiler (Rognon, 1994).

Aubert (1960) indique une diminution progressive de la richesse organique à travers les horizons de ces sols, surtout quand cette dernière est constituée aux dépens des débris du système racinaire d'une végétation herbacée. Appelée isohumisme, la répartition profonde, lentement décroissante de la matière organique bien évoluée d'origine steppique constitue un caractère important dans la description classique des sols.

L'action de la sécheresse sur l'évolution de la matière organique aboutit à deux résultats prolongés : le stockage prolongé de l'humus du sol, et/ou une volatilisation très rapide en fonction de la production de matières végétales et des modifications des processus de formation de l'humus. L'humification est accélérée par l'activité biologique et la présence du calcium, qui contribuent à une polymérisation, si caractéristique des pédoclimats en régions sèches de la matière organique en humus insoluble plus complexe. Ce phénomène est aussi favorisé par les alternances des saturations en eau et de dessiccation complètes des profils. En ces régions arides, la matière organique est détruite par les phénomènes d'oxydation liés à une bonne aération et par l'activité biologique en saison pluvieuse. Cette minéralisation de la matière organique explique à la fois l'augmentation de pH et la réduction de la pédogénèse (Rognon, 1994).

3. Sols sous pistachier de l'Atlas

Le pistachier de l'Atlas se retrouve au niveau des dayas. Cette dernière est une dépression fermée de l'ordre métrique à kilométrique où s'accumulent les eaux de ruissellement. Ces eaux se maintiennent quelques jours ou quelques semaines ; une partie s'évapore et une autre s'infiltré très lentement à travers un sol de texture moyenne à très fine. Le reste de ces eaux va être utilisé par une végétation variée (Pouget, 1980). Les dayas sont fréquentes au sud de Sahara. Elles sont de forme régulière et peuplées de *Pistacia atlantica* (Monjauze, 1982). A périphérie et au centre, on retrouve des nebkhas qui sont formés à partir d'une accumulation de sable quartzeux, souvent riche en matériau argileux, à l'abri de touffes en forme de coussinets de végétaux chamaephytes ou nanophanérophytes : exemples les nebkhas à *Ziziphus lotus* (Kaâbache, 2003). Ces dunes ont été proposées comme un indicateur rapide fiable de l'érosion éolienne et de la dégradation des terres arides, et sont considérés comme des refuges pour certains animaux et végétaux, parmi lesquels nous citons le jeune pistachier de l'Atlas (Dougil et Thomas, 2002).

Selon Pouget (1980), les dépressions de type dayas offrent une gamme très diversifiée de sols, généralement profonds et évolués, ayant en commun :

- ✓ une texture relativement homogène pour chaque profil, moyenne à très fine ;
- ✓ une structure instable en surface avec un horizon finement lamellaire de quelques millimètres à quelques centimètres et une croute de battance ;
- ✓ une perméabilité d'ensemble faible ne permettant qu'une percolation lente à travers le profil, favorisant ainsi une stagnation plus ou moins prolongée de l'eau et son évaporation en surface ;

✓ une faible teneur en calcaire (10-20%) ; le sol est parfois complètement décarbonaté.

Le pistachier de l'Atlas est très peu exigeant du point de vue édaphique, il s'accommode avec une large gamme de sols : des terrains acides aux sols calcaires en Syrie, à l'exception des sols sablonneux (Boudy, 1955). L'espèce grandit bien dans l'argile ou les sols limoneux, bien que celui-ci puisse se développer aussi sur les roches calcaires (Khaldi et Khoudja, 1996).

En Algérie, concernant les sols sous pistachier de l'Atlas, nous pouvons citer les travaux qui sont effectués au niveau de laboratoire « Ressources Naturelles » à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou sur une multitude de stations suivant un gradient d'aridité croissant. Ces travaux sont résumés dans le tableau 1.

Ces auteurs ont travaillé sur les propriétés physico-chimiques des sols sous pistachier de l'Atlas. Ils affirment que ces sols sont à pH basique, cela est confirmé par les résultats trouvés par Brown (1994), qui dit que le pistachier de l'Atlas se retrouve dans des sols à pH élevé. D'après ce tableau, cette essence se localise au niveau des sols faiblement à fortement calcaires, à teneur variable en matière organique. Ce taux change d'une station à l'autre. Nègre (1962) indique que le pistachier de l'Atlas s'adapte à tous les sols, excepté des sols sableux.

Tableau 1. Intervalles des pH, des taux de calcaire total et des taux de matière organique des sols sous pistachier de l'Atlas précédemment étudiés en Algérie.

Population	pH	CaCO (%)	MO (%)	Texture
El Mergueb (M'sila) (Limane, 2009).	7,50-8,70	5,25-81,25	2,59-4,65	70% des échantillons sont de texture limoneuse; 30% sont à texture sablo-limoneuse.
Boucédraia (Djelfa) (Bentaleb, 2011).	7,39-8,40	2,53-13,56	0,60-3,61	limono-sableuse à limoneuse-fine.
Aiat, Timzerth (Laghouat) (Deguiche, 2008).	8,07-8,51	5,62-51,87	0,1-2,43	Sablo-limoneuse, limono-sableuse, limoneuse fine et limoneuse très fine.
Aiat, Timzerth (Laghouat) (Boubrima, 2014).	7,57-7,8	9,58-13,75	0,21-1,26	La texture des différents sols varie de sablo-limoneuse à limono-sableuse.
Saadi, Hassi Delaa (Laghouat) (Boubrima, 2014).	7,53-8,02	10,41-22,80	1,33-3,41	50% des sols sont à texture limoneuse à limoneuse fine, 25% sont à texture limono-sableuse, les 25% qui restent sont à texture limono-argileuse.
Tilrhemt centre (Laghouat) (Bouncer, 2009).	8,26-8,44	7,81-25,31	0,49-1,21	50% des sols sont à texture limoneuse à limoneuse fine, 25% sont à texture limono-sableuse, les 25% qui restent sont à texture limono-argileuse.
EL Gouffa (Laghouat) (Hamitouche, 2016).	8,10-8,33	4,53-18,75	0,22-1,41	50% des sols sont à texture limoneuse à limoneuse fine, 50% sont à texture limono-sableuse, limono-argileuse.

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

1. Présentation générale de la zone d'étude

La wilaya de Laghouat fait partie de groupe de neufs wilayas pastorales du pays. Elle constitue aussi une zone tampon reliant le nord et le sud du pays (Anonyme 1, 1995). La région de Laghouat est éloignée de la capitale Alger de 400 Km, sur la latitude Nord de $33^{\circ} 48'$ et de la longitude Est de $2^{\circ} 35'$. Elle est à une altitude de 750 m (Anonyme 2, 1998).

Cette wilaya est limitée géographiquement par (Fig. 6) :

- ✓ au nord et à l'est par la wilaya de Djelfa ;
- ✓ à l'ouest par la wilaya d'El-Bayad ;
- ✓ au sud par la wilaya de Ghardaïa.



Fig. 6: Localisation de Laghouat (Google.fr).

Notre zone d'étude dayate Saâdi est située dans la région de Hassi Delaâ. Cette daya se situe à 70 km de la ville de Laghouat, chef lieu de la wilaya (Fig. 7). Cette zone est dépourvue de station météorologique. Nous avons utilisé les données thermiques et pluviométriques de la station de Hassi R'mel. Elle est située à 764 m d'altitude, à une longitude de $3^{\circ} 18'$ Est et une

latitude 32° 56' Nord, recueillis par l'Office National de la Météorologie (O.N.M) d'Alger (Boubrima, 2014).



Fig. 7. Image satellite montrant la localisation de la station d'étude par rapport à la ville de Laghouat (Boubrima, 2014).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) correspond à la combinaison dans une figure de deux courbes : Celle des cumuls mensuel de précipitations et celle des températures moyennes mensuelles, afin de déterminer la période sèche de l'année. Ces auteurs considèrent qu'un mois est sec quand le total des précipitations est inférieur ou égal au double de la température, c'est-à-dire lorsque $P \leq 2T$.

Le diagramme montre pour la station d'étude une longue période sèche étalée presque sur toute l'année, elle est de 11 mois et demi (Fig. 8) (Boubrima, 2014).

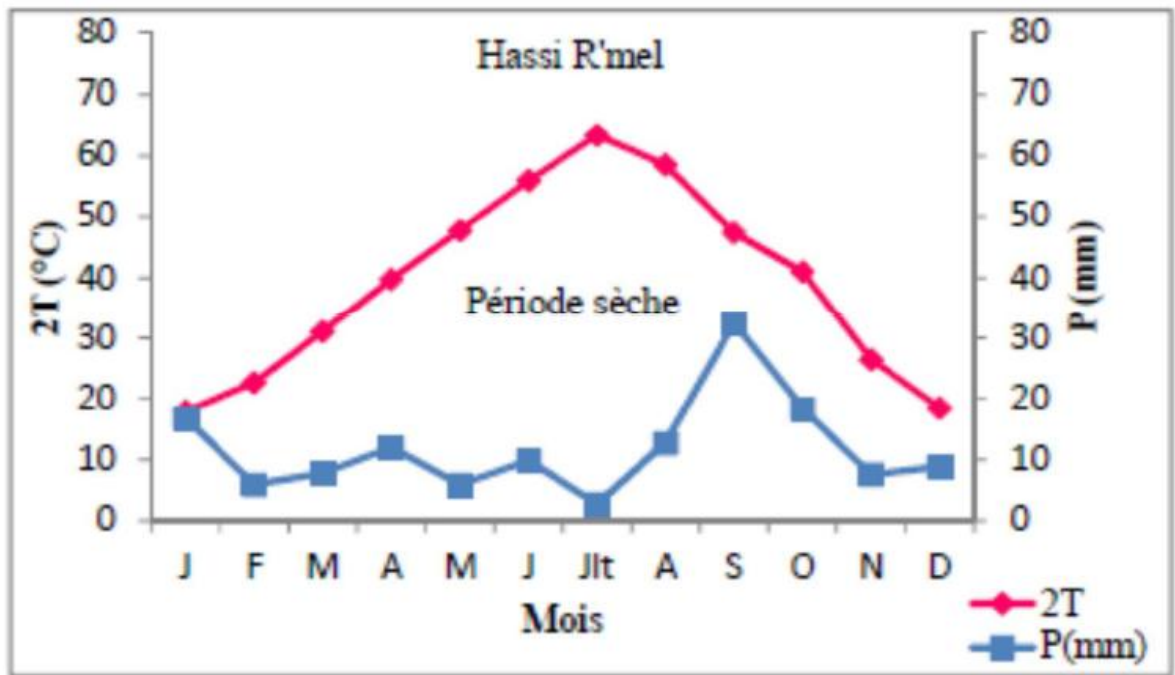


Fig. 8. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Goussen pour la station de Hassi R'mel (2002-2012) (Boubrima, 2014).

Le Houérou (1995) a établi une zonation écoclimatique des régions arides de l'Afrique du Nord, en portant sur les ordonnées le quotient pluvio-évapotranspiratoire (P/ETP_p), et sur les abscisses les moyennes des températures minimales du mois le plus froid (Fig. 9).

Le tableau 2 montre les différents calculs effectués pour classer notre station dans la zonation écoclimatique de Le Houérou (1995).

Tableau 2. Données et paramètres utilisés dans la classification écoclimatique de la station de Hassi R'mel (Boubrima, 2014).

Station de références	Altitude (m)	P (mm)	M	m	M+m/2	ETP _p [M+m/2]*68.64	P/ETP _p	P/ETP _p *100	Classification
Hassi R'mel	764	141.38	38.22	2.82	20.52	148.5	0.1	10	Arde inférieur à hiver frais

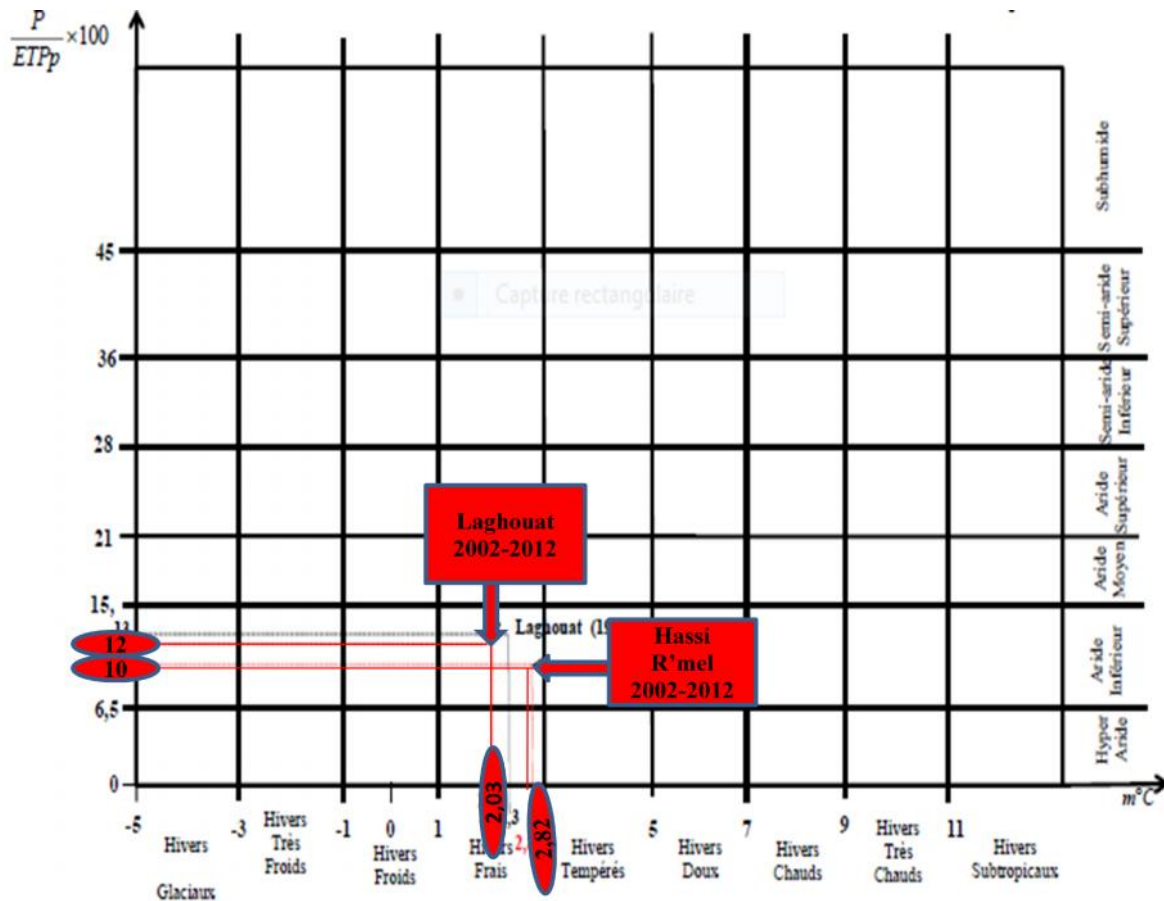


Fig. 9. Zonation écoclimatique de Hassi R'mel et de Laghouat selon la méthode de Le Houérou (1995) (Boubrima, 2014).

2. Echantillonnage des sols

Les sols sous pistachier de l'Atlas des six sujets sont prélevés en 2016, après avoir effectué un profil racinaire sur une profondeur de 60 cm pour les sujets 1, 4, 5 et 6, avec trois niveaux de 20 cm chacun et sur une profondeur de 80 cm avec quatre niveaux de 20 cm pour les sujets 2 et 3, selon la profondeur de la dalle calcaire. Le choix des sujets a été fait de manière aléatoire, en évitant les sujets déjà échantillonnés en 2013 (Boubrima, 2014). Les sols ont été échantillonnés par Melles Boutelba I. et Hales L en avril 2016.

2. 1. Présentation des sujets échantillonnés

➤ Sujet 1

Arbre femelle

Latitude : 33°29'.669 Nord ;

Longitude : 3°28'.109 Est ;

Altitude : 809,54 m.

A 1,30 m, l'arbre présente une circonférence de 16,5 cm (Fig. 10).



Fig. 10. Sujet 1.

➤ **Sujet 2**

Arbre femelle d'âge moyen

Latitude : 33°29'.709 Nord ;

Longitude : 3°28'.95 Est ;

Altitude : 832,71 m.

A 1,30 m, l'arbre présente deux ramifications avec des circonférences de 44,5 cm et 44 cm (Fig. 11).



Fig. 11. Sujet 2.

➤ **Sujet 3**

Arbre mâle d'âge moyen

Latitude : 33° 29'. 724 Nord ;

Longitude : 3° 28'. 148 Est ;

Altitude : 813,81m.

A 1,30 m, l'arbre présente deux ramifications avec des circonférences de 3.2 cm et 34 cm (Fig. 12).

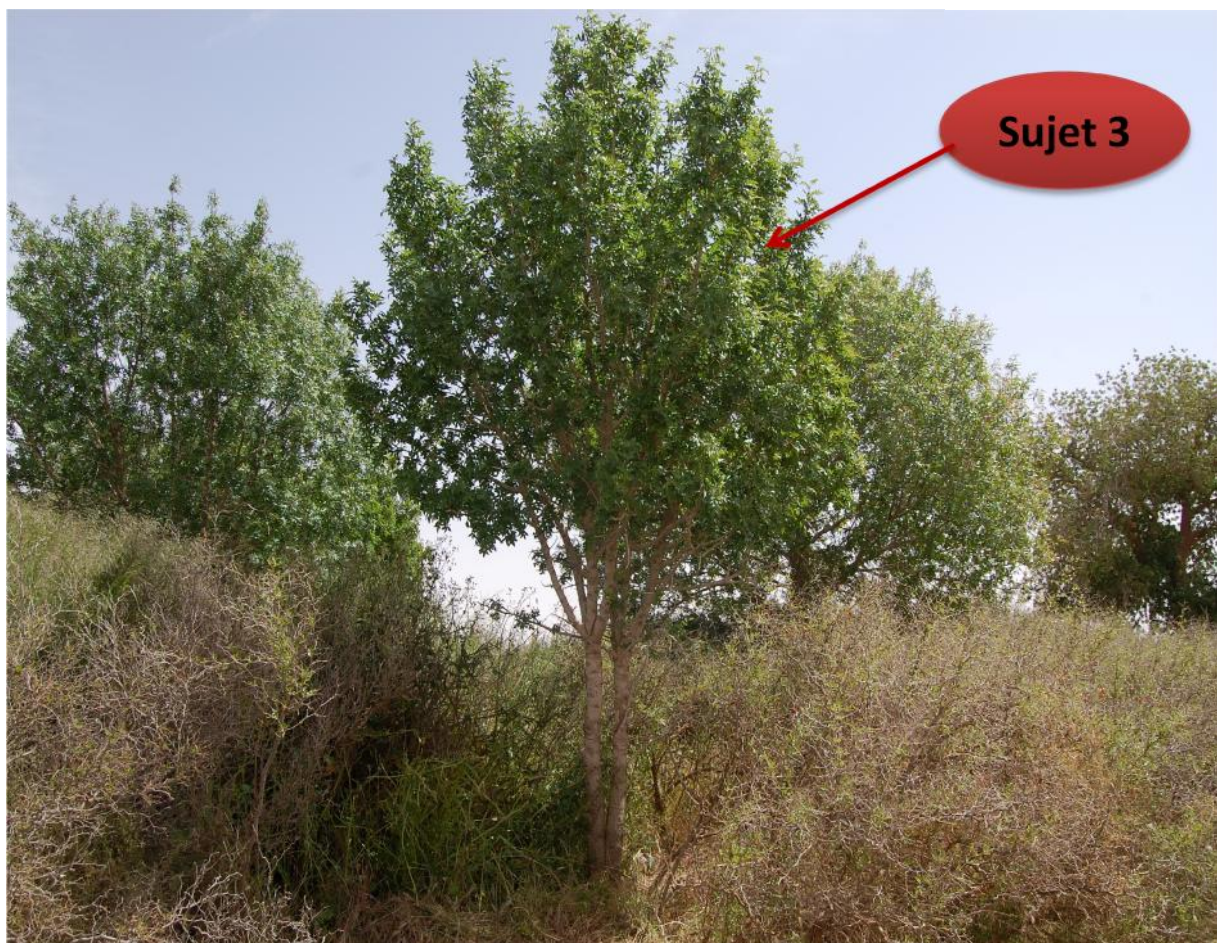


Fig. 12. Sujet 3.

➤ **Sujet 4**

Arbre immature

Latitude : 33° 29'. 641 Nord ;

Longitude : 3° 28'. 147 Est ;

Altitude : 812,59 m.

A 1,30 m, l'arbre présente une circonférence de 11 cm (Fig. 13).



Fig. 13. Sujet 4.**➤ Sujet 5**

Arbre mâle âgé

Latitude : 33° 29'. 666 Nord ;

Longitude : 3° 28'. 176 Est ;

Altitude : 812,29 m.

A 1,30 m l'arbre montre une circonférence de 4.20 m (Fig. 14).

**Fig. 14.** Sujet 5.**➤ Sujet 6**

Arbre femelle âgée

Latitude : 33° 29'. 715 Nord ;

Longitude : 3°28'. 174 Est ;

Altitude : 805,28 m.

La circonférence de l'arbre est de 2.79 m à 1,30 m de hauteur (Fig. 15).



Fig. 15. Sujet 6.

2. 2. Technique de conservation et de préparation des sols

Les échantillons ont été transportés au laboratoire dans des sacs en plastique, portant les informations suivantes : la date, le numéro du sujet et les niveaux correspondants.

Au laboratoire, nous avons étalé nos échantillons et laissé sécher à l'air libre pendant 48 heures.

Après tamisage à 2 mm, nous avons obtenu une terre fine que nous avons conditionnée dans des boîtes hermétiques, puis nous avons ensuite procédé aux différentes analyses pédologiques.

3. Analyses réalisées

3. 1. pH

Le pH est mesuré par la méthode potentiométrique sol/liquide égale à 1/2,5. Nous avons pesé 20g de terre fine séchée à l'air. Les introduire dans un bêcher de 100 ml. Ajouter 50 ml d'eau distillée. Brasser énergiquement la terre de manière à obtenir une suspension. Cela se fait

avec un agitateur va et vient pendant 30 min, Laisser reposer durant 2 heures le contenu du bêcher (Baize, 2000).

Les mesures sont réalisées à l'aide d'un pH mètre. La lecture du pH se fait lorsque la valeur s'est stabilisée.

3. 2. Dosage du calcaire total (CaCO₃)

Le taux des carbonates de calcium est déterminé par la méthode volumétrique, qui consiste en une attaque du sol par l'acide chlorhydrique (HCl), suivi d'un titrage de l'excès d'HCl par la soude (NaOH), en présence de phénophtaléine, qui permet de virage du mélange du transparent au rose (Baize, 2000). Le taux de calcaire total est obtenu par la suite selon la formule suivant :

$$\text{CaCO} (\%) = (\text{Vt} - \text{Ve}) \times 12,5$$

où :

Vt : volume témoin ;

Ve : volume de l'échantillon.

3. 3. Dosage du carbone organique

Le carbone organique a été dosé par la méthode de Ann modifiée (Jackson, 1965), qui consiste en une oxydation du carbone organique à chaud par du bichromate de potassium en milieu sulfurique.

L'excès de bichromate de potassium est titré à la goutte par une solution de sel de Mohr, en présence de diphénylamine, révélateur permettant à la couleur du mélange de passer du brun violacé au bleu vert.

Le pourcentage de carbone organique est calculé selon :

$$\text{C}(\%) = (\text{N}' - \text{N}) \times 0.615.$$

où :

N' : volume témoin ;

N : volume de l'échantillon.

En connaissant le pourcentage de carbone organique, le taux de matière organique (M.O) peut être obtenu par la formule :

$$\text{M.O (\%)} = \text{C(\%)} \times 1,72.$$

3.4. Analyse statistique

Nous avons effectué des analyses statistiques des résultats obtenus des paramètres chimiques des sols prélevés. D'abord, nous avons commencé par une analyse de la variance, qui est une analyse de deux variables différentes, une quantitative une autre qualitative. L'étude de ces variables se fait dans le but de montrer la relation d'indépendance entre ces deux variables. Dans cette analyse de la variance, on fait référence à deux hypothèses qui sont H_0 qui est une hypothèse nulle et qui correspond à l'absence de différence significative et H_1 qui est une hypothèse alternative, c'est-à-dire qu'il y a une différence significative. Dans cette analyse, nous prenons un risque de $\alpha = 0.05$ (5%) (Dagnelie, 2013).

Des analyses en composantes principales (A.C.P) sont réalisées en vue de mettre en évidence la relation entre les paramètres chimiques des sols échantillonnés. Les analyses sont faites grâce au logiciel Stat Box 6.40. L'analyse en composantes principales a pour objet d'étudier la relation qui existe entre plusieurs variables quantitatives. Les résultats sont donnés sous forme de graphes : un graphe de variables et un autre graphe des individus. Dans notre étude les variables représentent les paramètres chimiques (pH, CaCO_3 total et MO) et les individus représentent les sols. Dans l'ACP, le graphe des individus est lu simultanément avec celui des variables, il permet de déduire l'individu qui donne la meilleure ou la plus faible valeur de la variable. Ce dernier est donné par le cercle des corrélations, de rayon $R = 1$ (Dagnelie, 2011).

Chapitre 3 :

Résultats et discussion

1. Variation des pH des sols étudiés

Le tableau 3 comporte les résultats du pH des sols de dayate Saadi (Hassi Delaâ). De ce tableau, et en comparaison avec les normes de pH (Tableaux 3 et 4), il ressort que tous les sols sont à pH neutre, compris entre 7,11 et 7,47.

Tableau 3. pH des sols sous-pistachier de l'Atlas dayate Saadi, Hassi Delaâ.

Sols	Niveaux (cm)	pH
Sol 1	0-20	7,26
	20-40	7,37
	40-60	7,40
Sol 2	0-20	7,24
	20-40	7,11
	40-60	7,13
	60-80	7,15
Sol 3	0-20	7,43
	20-40	7,39
	40-60	7,16
	60-80	7,29
Sol 4	0-20	7,26
	20-40	7,33
	40-60	7,33
Sol 5	0-20	7,37
	20-40	7,45
	40-60	7,41
Sol 6	0-20	7,43
	20-40	7,41
	40-60	7,47

Le pH le plus élevé a été enregistré au niveau du sol 6 (40-60 cm), le pH le bas a été relevé pour le sol 2 (20-40 cm).

Tableau 4. Normes d'appréciation du pH du sol (Baize, 2000).

pH	Hyper-acide	3,5
	Très acide	3,5-4,2
	Acide	4,2-5,0
	Peu acide	5,0-6,5
	Neutre	6,5-7,5
	Basique	7,5-8,7
	Très basique	8,7

Le tableau 5 rapporte les moyennes de pH des sols de dayate Saadi (Hassi Delaâ). En moyenne, tous les sols sont à pH neutres.

Tableau 5. Moyennes des pH des sols sous pistachier de l'Atlas, dayate Saadi (Hassi Delaâ).

Sols	Sol 1	Sol 2	Sol 3	Sol 4	Sol 5	Sol 6
pH	7,34	7,16	7,31	7,30	7,41	7,40
Type	Neutre					

Nous avons synthétisé dans le tableau 6 les moyennes de pH des sols de Hassi Delaâ donnés par Boubrima en 2014.

Tableau 6. Moyennes des pH des sols de dayate Saadi, Hassi Delaâ réalisé par Boubrima (2014).

Sols	Sol 1	Sol 2	Sol 3	Sol 4	Sol 5	Sol 6
pH	7,56	7,59	7,54	7,53	8,02	7,69
Type	Basique					

Globalement, les sols de cette dayate sont basiques, le profil 4 est le moins basique, le profil 5 est le plus basique de tous les profils.

De ces deux tableaux, nous déduisons que le pH de nos sols est assez différent de ceux définis par Boubrima en 2014 dans la même zone d'étude.

Tableau 7. Intervalles de pH des sols sous pistachier de l'Atlas des travaux précédents.

Population	El Mergueb (M'sila) (Limane, 2009).	Boucédraia (Djelfa) (Bentaleb, 2011).	Aiat, Timzerth (Laghouat) (Deguiche, 2008).	Aiat, Timzerth (Laghouat) (Boubrima, 2014).	Saadi, Hassi Delaa (Laghouat) (Boubrima, 2014).	Tilrhemt centre (Laghouat) (Bounceur, 2009).	EL Gouffa (Laghouat) (Hamitouche, 2016).
pH	7,50-8,70	7,39-8,40	8,07-8,51	7,57-7,88	7,53-8,02	8,26-8,44	8,10-8,33

De ce tableau, nous déduisons que le pH basique caractérise les sols sous pistachier de l'Atlas de toutes les populations précédemment étudiées.

En plus de ces résultats, Brown et *al.* (1994) affirment que le pistachier de l'Atlas occupe une variété de sols caractérisés par un pH élevé.

2. Calcaire total

Les résultats obtenus sont portés dans le tableau 8.

Tableau 8. Taux de calcaire total (CaCO₃) et pH des sols sous pistachier de l'Atlas de dayate Saadi (Hassi Delaâ).

Sols	Niveaux (cm)	CaCO ₃ (%)	pH
Sol 1	0-20	63,12	7,26
	20-40	65,62	7,37
	40-60	57,87	7,40
Sol 2	0-20	66,87	7,24
	20-40	67,12	7,11
	40-60	64,75	7,13
	60-80	62,25	7,15
Sol 3	0-20	69,12	7,43
	20-40	63,62	7,39
	40-60	58,12	7,16
	60-80	72,87	7,29
Sol 4	0-20	66,87	7,26
	20-40	63,75	7,33
	40-60	62,50	7,33
Sol 5	0-20	56,25	7,37
	20-40	61,25	7,45
	40-60	59,37	7,41
Sol 6	0-20	58,75	7,43
	20-40	59,37	7,41
	40-60	61,25	7,47

Les échantillons des sols de dayate Saadi analysés sont très fortement calcaires. Leurs teneurs varient entre 56,25% (niveau 0-20 cm du sol 5) à 72,87% (niveau 60-80 cm du sol 3). Ces sols sont classés d'après les normes d'appréciations citées dans le tableau 9.

Tableau 9. Normes d'appréciation du calcaire total du sol (Baize, 2000).

CaCO ₃ (%)	1	Non calcaire
	1 à 5	Peu calcaire
	5 à 25	Modérément calcaire
	25 à 50	Fortement calcaire
	50 à 80	Très fortement calcaire
	Plus de 80	Excessivement calcaire

Les moyennes des taux de calcaire total des sols de dayate Saâdi sont présentées dans le tableau 10 avec les moyennes de pH.

Tableau 10. Moyennes des taux de calcaire total et des pH des sols sous pistachier de l'Atlas, de dayate Saâdi.

Sols	Sol 1	Sol 2	Sol 3	Sol 4	Sol 5	Sol 6
pH	7,34	7,16	7,31	7,30	7,41	7,40
CaCO ₃ total (%)	62,20	65,24	65,93	64,39	58,95	59,79
Type	Très fortement calcaire					

Ce tableau montre que tous les sols de dayate Saâdi sont très fortement calcaires, leurs taux de calcaire total varient entre 58,95 % pour le sol 5 et 65,93% pour le sol 3. Selon Callot & al. (1982), en sol calcaire et en présence de carbonates de calcium, le pH des sols est contrôlé par le système CaCO₃, CO₂ et H₂O. Les acides organiques diffusés par les racines sont neutralisés par les ions Ca₂₊ libérés par le CaCO₃. Quant aux carbonates (CO₃⁻), ils fixent les protons H⁺ présents dans les sols, ceci diminue la concentration des protons libres dans ces sols et provoque par conséquent l'augmentation du pH de ces mêmes sols.

D'après ces explications, on en déduit que plus le sol est riche en calcaire, plus son pH est élevé. Nos résultats ne montrent pas cette relation. Nos sols montrent une très forte teneur en calcaire, alors que le pH est proche de la neutralité. Certains auteurs comme Rabesandratana (1997) est arrivé à la même conclusion sur les sols étudiés dans le Sud-Ouest de Madagascar (les environs de Tuléar). L'auteur a trouvé des taux de calcaire supérieur à 35%, correspondant à des pH proche de la neutralité. Elle donne l'explication suivante : « les excréments racinaires acides contribuaient à l'abaissement du pH ». Selon Dambrine (2001), le pH d'un sol est le résultat d'une très lente évolution dominée par trois processus majeurs : l'activité biologique qui produit de l'acidité, la dissolution des roches et des sols qui produit l'alcalinité et le drainage qui élimine ou non de l'alcalinité ou de l'acidité (le drainage est fonction de l'excès ou non des pluies par rapport à l'évapotranspiration). Les sols neutres ou alcalins se rencontrent sous des climats secs, car selon lui, se caractérisant par une faible pluviométrie et une forte évapotranspiration.

Les teneurs obtenues dans les sols de dayate Saâdi échantillonnés en 2016 semblent plus importantes que celle obtenus par Boubrima (2014) dans les sols de la même daya. Ceci pourrait être dû à plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs, nous pouvons citer les précipitations qui ont diminué pour 2016 et l'effet des labours qui a continué et qui peut induire un changement dans

la répartition du calcaire dans le profil du sol. En effet, Pouget (1980) caractérise les sols des dayas par leur faible teneur en calcaire (<10-20%). Cet auteur note que le sol dans ces cuvettes peut être parfois complètement lessivé (décarbonaté).

Si on compare nos résultats à ceux obtenues dans les études illustrés dans le tableau 11, nous constatons que notre daya est très riche en calcaire par rapport aux autre dayas.

Tableau 11. Taux de calcaire total des sols sous pistachier de l’Atlas des travaux précédents.

Population	El Mergueb (M’sila) (Limane, 2009).	Boucédraia (Djelfa) (Bentaleb, 2011).	Aiat, Timzerth (Laghouat) (Deguiche, 2008).	Aiat, Timzerth (Laghouat) (Boubrima, 2014).	Saadi, Hassi Delaa (Laghouat) (Boubrima, 2014).	Tilrhent centre (Laghouat) (Bounceur, 2009).	El Gouffa (Laghouat) (Hamitouche, 2016).
CaCO (%)	5,25-81,25	2,53-13,56	5,62-51,87	9,58-13,75	10,41-22,80	7,81-25,31	4,53-18,75

3. Matière organique

Nous qualifions les sols selon leurs teneurs en matière organique d’après les normes de Soltner (1992).

Tableau 12. Normes d’appréciation de la matière organique de sol (Soltner, 1982).

MO (%)	0-1	Extrêmement faible
	1-1,5	Très faible
	1,5-2,5	Faible
	2,5-3,5	Moyen
	3,5-4,5	Moyen élevé
	4,5-5	Elevé
	5	Très élevé

Les résultats de nos sols analysés sont reportés dans le tableau 13.

Tableau. 13. Taux de matière organique (%), de calcaire total (%) et de pH des sols sous pistachier de l'Atlas dayate Saadi.

Sols	Niveaux (cm)	M O(%)	CaCO total(%)	pH
Sol 1	0-20	3,61	63,12	7,26
	20-40	4,54	65,62	7,37
	40-60	4,42	57,87	7,40
Sol 2	0-20	5,86	66,87	7,24
	20-40	4,3	67,12	7,11
	40-60	3,31	64,75	7,13
	60-80	3,69	62,25	7,15
Sol 3	0-20	2,30	69,12	7,43
	20-40	2,30	63,62	7,39
	40-60	3,26	58,12	7,16
	60-80	3,19	72,87	7,29
Sol 4	0-20	4,97	66,87	7,26
	20-40	4,48	63,75	7,33
	40-60	3,31	62,50	7,33
Sol 5	0-20	3,16	56,25	7,37
	20-40	3,76	61,25	7,45
	40-60	4,97	59,37	7,41
Sol 6	0-20	10,45	58,75	7,43
	20-40	7,99	59,37	7,41
	40-60	13,60	61,25	7,47

Nos échantillons montrent un taux de matière organique qui varie entre moyen, moyen élevé à très élevé. La plus forte teneur (13,60%) a été enregistrée au niveau du sol 6 (niveau 40-60 cm), par contre, la plus faible valeur (2,30%) est celle de sol 3 dans les deux niveaux (0-20 cm et 20-40 cm).

Pour pouvoir comparer la teneur des profils en matière organique pour dayate Saadi, nous avons tracé le tableau 14.

Tableau 14. Moyennes des taux de matière organique (MO) des profils de dayat Saadi (Hassi Delaâ).

Sols	Sol 1	Sol 2	Sol 3	Sol 4	Sol 5	Sol 6
MO	4,19	4,29	2,76	4,25	3,96	10,68
Qualification	Moyen élevé		Moyen	Moyen élevé		Très élevé

Dans l'ensemble, les sols des dayate Saadi montrent des taux moyen, moyen élevé à très élevé de matière organique. Le profil 6 montre le taux le plus important en matière organique qui est de 10,68%, par contre le sol 3 parait le plus pauvre en matière organique 2,76%.

Le tableau 15 illustre les intervalles de matière organique des sols sous pistachier de l'Atlas déjà étudiés, suivant un gradient d'aridité en Algérie.

Tableau 15. Taux de matière organique (MO) des sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés.

Populations étudiées	El Mergueb (M'sila) (Limane, 2009).	Boucédraia (Djelfa) (Bentaleb, 2011).	Timzerth (Laghouat) (Deguiche, 2008).	Saadi, Hassi Delaa (Laghouat) (Boubrima, 2014).	Tilrhem (Laghouat) (Bounceur, 2009).	EL Gouffa (Laghouat) (Hamitouche, 2016).
Intervalle de matière organique (MO)(%)	2,59–4,65	0,60–3,61	0,1– 2,43	1,33-3,41	0,49–1,21	0,22-1,41

Les résultats des analyses des taux de matière organique des dayas déjà étudiés par Limane (2009), Bentaleb (2011), Deguiche (2008), Bouncer (2009) et Hamitouche (2016) qui sont illustrés dans le tableau 14, montrent des taux de matière organique nettement inférieurs à ceux que nous avons trouvés dans nos sols. Nous pouvons expliquer cela par la densité des touffes du jujubier qui entouraient les pieds de pistachier de l'Atlas, ainsi que la matière organique fournie par les animaux habitant ces nebkhas. Ces animaux par leur activités et excréments enrichissent et modifient la distribution de la matière organique dans ces sols. Les taux de matière organique recensés dans notre daya sont différents de ceux obtenus par Boubrima (2014). Ceci pourrait tout d'abord s'expliquer par le fait que nous n'avons pas travaillé sur les mêmes sujets. Nous pouvons expliquer aussi cette différence par la différence des années d'échantillonnage.

D'après Pouget (1980), la matière organique due à la décomposition des systèmes racinaires morts lors des périodes de sécheresse et représentant 50% de la phytomasse totale, pénètre profondément dans l'ensemble du profil.

Selon Le Houérou (1995), les zones arides possèdent des sols évolués steppiques contenant 0,5 à 2,5% de matière organique et parfois plus dans des horizons supérieurs. La présence de beaucoup d'espèces d'insectes et de scorpions dans les sols ; leurs activités, excréments diverses, pourraient sûrement modifier et enrichir les sols même les plus profonds en matière organique.

Enfin, dans ces milieux arides, la décomposition de la matière organique se fait lentement vu les conditions de sécheresse qui y règnent ; ceci entraînerait son accumulation donc son omniprésence dans les sols de notre daya (Boubrima, 2014).

4. Analyse de la variance (ANOVA)

Les résultats de l'ANOVA illustrés par le tableau 16 nous montrent une différence significative entre les niveaux de sol sous pistachier de l'Atlas pour les variables pH, matière organique et une différence non significative pour la variable calcaire total (CaCO).

Tableau 16. Résultats de l'ANOVA appliquée aux paramètres chimiques des niveaux de sol de dayate Saadi (Hassi Delaâ).

Variables	Probabilités	Conclusion
pH	P=0,00	Significative
CaCO total	P= 0,14	Non significative
MO	P= 0,00	Significative

Nous avons réalisé une ANOVA pour les paramètres chimiques des niveaux de sol de dayate Saâdi (Hassi Delaâ) étudiés par Boubrima (2014) et nous mêmes.

Les résultats de l'ANOVA montrent une différence significative entre les niveaux de sol de dayate Saadi (Hassi Delaâ) étudiés par Boubrima (2014) et nous même pour toutes les variables (Tableau 17).

Tableau 17. Résultats de l'ANOVA appliquée aux paramètres chimiques des niveaux de sol de dayate Saadi (Hassi Delaâ) étudiés par Boubrima (2014) et nous mêmes.

Variables	Probabilités	Conclusion
pH	P=0,00	Significative
CaCO total	P= 0,00	Significative
MO	P= 0,00	Significative

5. Analyse en composantes principales

5.1. ACP 1

A partir des données illustrées par le tableau 18, nous avons réalisé l'ACP 1.

Tableau 18. Données de l'ACP 1.

Sols	pH	CaCO total	MO
Sol 1	7,34	62,20	4,19
Sol 2	7,16	65,24	4,29
Sol 3	7,31	65,93	2,76
Sol 4	7,30	64,39	4,25
Sol 5	7,41	58,95	3,96
Sol 6	7,40	59,79	10,68

A partir de cette ACP 1, nous avons eu une matrice de corrélation de Pearson qui est montrée par le tableau 19.

Tableau 19. Matrice de corrélation de Pearson entre les paramètres chimiques des sols étudiés à dayate saadi (Hassi Delaâ).

	pH	CaCO total	MO
pH	1	-0,80	0,39
CaCO total	-0,80	1	-0,55
MO	0,39	-0,55	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil $\alpha=0,05$ (test bilatéral)

De ce tableau, nous tenons à noter que :

- ✓ le pH est corrélée négativement au calcaire total avec un $R= -0,80$;
- ✓ le calcaire total est corrélée négativement avec la matière organique avec un $R= -0,55$.

Toutes ces corrélations ne sont pas significatives.

Le plan factoriel $\frac{1}{2}$ de l'ACP 1 explique 94% de phénomène, l'axe 1 contribue avec 72%, tandis que l'axe 2 exprime 22% (Fig. 16).

L'axe F1, semble séparer les sols de Dayate Saadi en trois groupes individualisés (A, B et C).

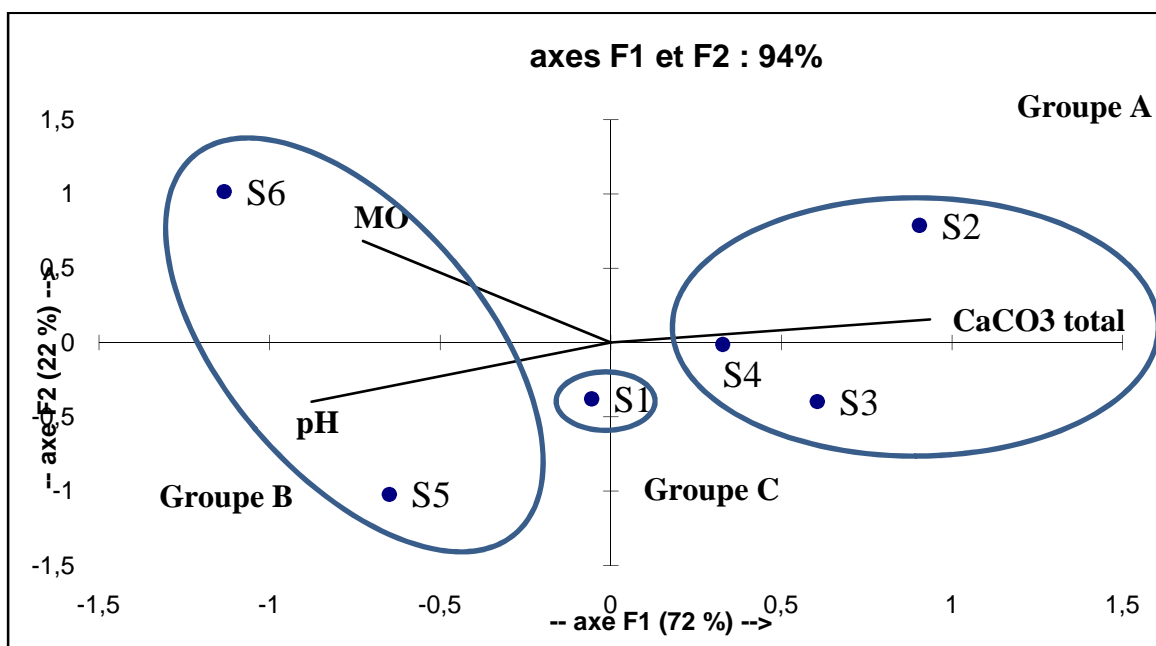


Fig. 16. ACP concernant les différents paramètres chimiques étudiés à dayate Saadi, (Hassi Delaâ).

Le **groupe A** renferme les sols S2, S3 et S4 ; ce sont des sols de pistachier de l'Atlas immatures. Ils ont des sonade calcaires totaux relativement importants. Le sol S2 est le plus riche en calcaire par rapport aux autres sols de la daya. Le sol S4 est particulièrement corrélé au calcaire total.

Le **groupe B** rassemble les sols S5 et S6 ; ce sont des sols sous pistachier de l'Atlas âgés. Le sol S6 présente un taux considérables de matière organique avec une moyenne de 10,68 %, comparé à des sols de régions arides, tandis que le sol S5 est le plus corrélé au pH avec une moyenne de 7,41.

Le sol S1 est le seul représentant du **groupe C**, une nebkha qui s'individualise. Le sol S1 est hautement corrélé à tous les paramètres chimiques, il a un taux de calcaire très élevé, une teneur moyenne élevée en matière organique et un pH d'une moyenne de 7,34.

5.2. ACP 2

En utilisant les résultats donnés par Boubrima (2014) et ceux de notre étude, nous avons effectué l'ACP 2.

Tableau 20. Données de l'ACP 2.

Sols	pH	CaCO total	MO
Sol 1.13	7,57	22,81	1,59
Sol 1.16	7,34	62,20	4,19
Sol 2.13	7,55	9,69	2,51
Sol 2.16	7,16	65,25	4,29
Sol 3.13	7,55	12,40	2,01
Sol 3.16	7,32	65,93	2,76
Sol 4.13	7,54	16,25	1,34
Sol 4.16	7,31	64,37	4,25
Sol 5.13	8,02	13,64	2,08
Sol 5.16	7,41	58,96	3,96
Sol 6.13	7,69	14,37	3,05
Sol 6.16	7,44	59,79	10,68

En utilisant les données portées sur le tableau 20, nous avons effectué une analyse en composantes principales comparative entre les variables chimiques des sols de dayate Saadi échantillonnés en 2013 et nos sols. Les corrélations de Pearson résultant de cette ACP figurent dans le tableau 21.

Tableau 21. Matrice de corrélation de Pearson entre les paramètres chimiques des sols échantillonnés à dayate saadi (Hassi Delaâ) en 2013 et 2016.

	pH	CaCO	MO
pH	1	-0,80	-0,36
CaCO total	-0,80	1	0,56
MO	-0,36	0,56	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil $\alpha=0,05$ (test bilatéral)

Ce tableau montre que :

- ✓ le pH est corrélé négativement au calcaire total avec $R = -0,80$;
- ✓ le calcaire total est corrélé positivement à la matière organique avec $R = 0,56$.

Le plan factoriel $\frac{1}{2}$ de l'ACP explique 94% du phénomène, l'axe 1 contribue avec 72%, l'axe 2 exprime 22% (fig. 17).

Selon cet axe F1, nous pouvons distinguer deux groupes principaux A et B.

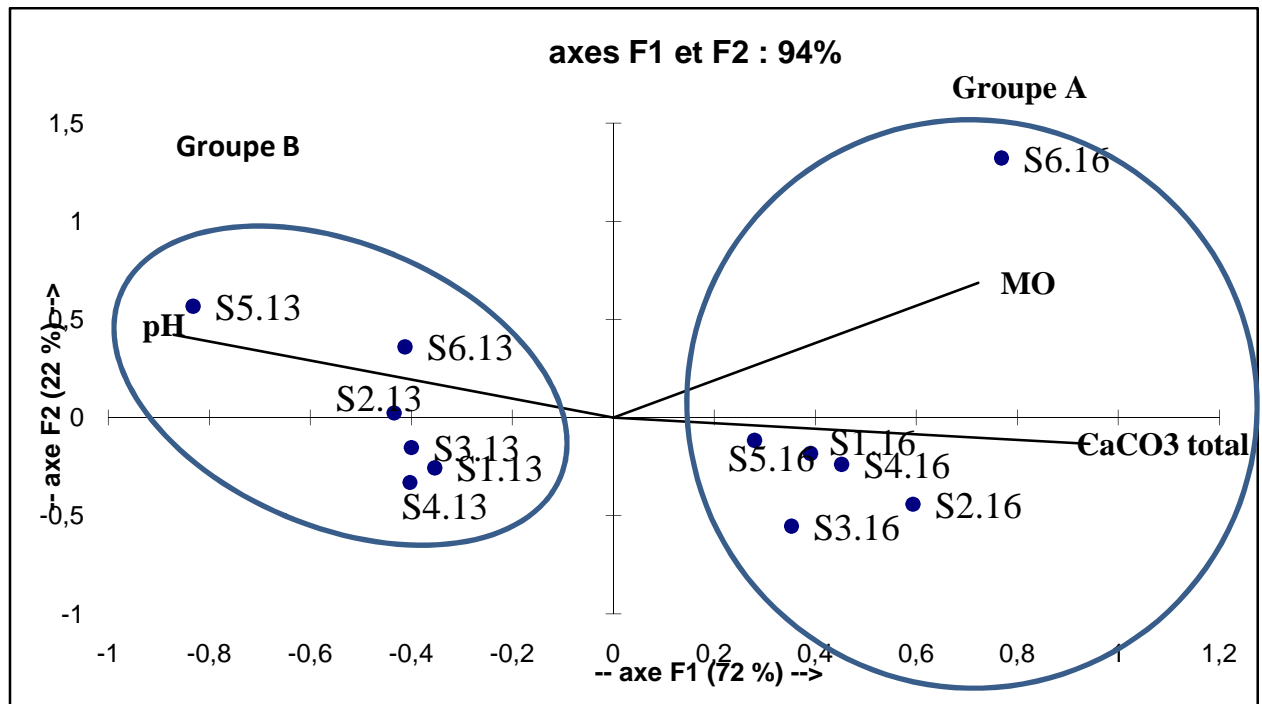


Fig. 17. ACP comparative concernant les différents paramètres chimiques étudiés à dayate Saadi (Hassi Delaâ) pour les sols échantillonnés en 2013 et 2016.

Le groupe A renferme tous les sols S1.16, S2.16, S3.16, S4.16, S5.16, S6.16 échantillonnés à dayate Saadi (Hassi Delaâ) en 2016 ; ce sont les sols les plus riches en calcaire total et en matière organique.

Le groupe B, représenté par les sols sous pistachier de l'Atlas à dayate Saadi (Hassi Delaâ) étudiés par Boubrima (2014) soit S1.13, S2.13, S3.13, S4.13, S5.13 et S6.13; ces sols présentent un pH plus élevé, On remarque que le sol 5.13 est le plus corrélé au pH car c'est un sol qui est localisé dans une partie anthropisée de la daya (céréaliculture). Comparé aux sols du groupe A, les sols de groupe B sont moins riches en matière organique et en calcaire total.

A partir des résultats de ce chapitre, nous pouvons dire que les sols sous pistachier de l'Atlas étudiés pour la dayate Saadi, Hassi Delaâ dans la région de Laghouat se caractérisent par un pH neutre, par la richesse en calcaire total et une forte teneur en matière organique.

Conclusion Générale et Perspectives

Les résultats des analyses du sol sous pistachier de l'Atlas de la dayate Saadi de la région de Hassi Delaâ, wilaya de Laghouat, montrent que la plupart de ces sols sont très riches en calcaire total et en matière organique, ces sols sont aussi caractérisés par un pH neutre.

Pistacia atlantica malgré sa résistance, dans cette zone sensible, commence à s'effacer doucement dans de nombreux points. Cette régression n'est pas due à sa faiblesse, mais au comportement de l'homme qui la plupart du temps a une action négative vis à vis du pistachier de l'Atlas. L'Homme est le facteur limitant réel en zone aride (Le Houérou, 1995). Lui seul peut renverser cette régression pour conserver et développer ce patrimoine végétal en disparition progressive.

Le pistachier de l'Atlas est menacé de dégradation et de disparition, donc il doit recevoir tous les soins particuliers. Pour cela Il faudra approfondir les études. Il reste encore beaucoup de travaux à faire pour sa protection, sa pérennisation et son développement dans cette zone aride caractérisée par des conditions sévères et où il continue à résister et même à se régénérer mais difficilement.

Dans ce cadre nous proposons de:

- ✓ faire d'autres études sur les paramètres chimiques des sols sous pistachier de l'Atlas dans différents bioclimats en Algérie et même dans tout le Maghreb ;
- ✓ s'intéresser au dosage de l'azote et du phosphore dans ces mêmes sols.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Anonyme 1, 1995. Plan directeur d'Aménagement urbain de la ville de Laghouat. 7 p.

Anonyme 2, 1998. Présentation du secteur forestier de la wilaya de Laghouat, 33 p.

Aubert G., 1960. Colloque général sur les problèmes de la zone aride. Les sols de la zone aride. UNESCO/NS/AZ/5/4. Colloque de Paris. Communication N°5. Paris.

B

Baize D., 2000. Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, Paris, 172 p.

Bagnouls F. et Gaussen H., 1953. Sèche et indice xérothermique Bull. Soc. Hist. Nat de Toulouse, 88, 193-240 p.

Belhadj S., 2001. Les pistacheraies algériennes : état actuel et dégradation. Cahiers Options Méditerranéennes, 56, 107-109 p.

Belhadj S., 2007. Etude écobotanique de *Pistacia atlantica* Desf. (Anacardiaceae) en Algérie, préalable à la conservation des ressources génétiques de l'espèce et à sa valorisation. Thèse de doctorat en sciences agronomiques, option : écologie végétale. 185 p.

Benhassaini H. et Belkhodja M., 2004. Le pistachier de l'Atlas en Algérie : entre survie et disparition. La feuille et l'aiguille ; 54, 1-2 p.

Benhassaini H., Mehdadi Z., Hamel L. et Belkhodja M., 2007. Phytoécologie de *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* dans le nord-ouest Algérien. Sécheresse, 18(3) : 199-205.

Bentaleb T., 2011. Caractérisation physique et chimique des sols sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans la daya de Boucédraia (wilaya de Djelfa). Mémoire d'ingénieur Agronome, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 62 p.

Boubrima A., 2014. Type d'enracinement du pistachier de l'Atlas en relation avec les propriétés physico-chimiques du sol sous-jacent : cas de dayate Saadi (Hassi Delâa) et de dayate Aiat (Timzerth) de la Wilaya de Laghouat. Mémoire de Magister Ecologie végétale,

Références bibliographiques

Université Amar Telidji. Laghouat. 244 p.

Boudy P., 1955. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Edit. Larousse. Paris. 483p.

Boudy P., 1952. Guide du forestier en Afrique du nord. Vol 1, Edit. La Maison rustique, Paris, 509p.

Bounceur D., 2009. Contribution à l'étude de caractéristiques physiques et chimiques des sols sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. ssp *atlantica*):cas de la daya de Tilrhemt (Wilaya de Laghouat). Mémoire d'ingénieur Agronome, Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 90 p.

Brown P.H., Zhang Q. et Fergusson L., 1994. Influence of rootstock on nutrient. Acquisition by Pistachio. Journal of plant nutrition, 17 : 1137 – 1148 p.

C

Callot G., Chamayou H., Maertens C. et Salsac L., 1982. Les interactions sol-racine, incidence sur la nutrition minérale. Collection mieux comprendre, Ed. I.N.R.A, Paris, 325 p.

Camuzard J-P., 2009. Le sol un milieu complexe au pouvoir épurateur limité, ENGREF, Paris, 4p.

D

Dagnelie P., 2011. Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Interférence statistique à une et à deux dimensions. ISBN 978-2-8041-6336-3. Bruxelles, De Boeck, 736 p.

Dagnelie P., 2013. Statistique théorique et appliquée. Tome 1. Statistiques descriptives et bases de l'interférence statistique. ISBN 978-2-8041-7560-3. Bruxelles, De Boeck, 517 p.

Dambrine E., 2001. Acidité et acidification des sols ; une introduction. INRA Nancy Département Forêt et milieux Naturels. www.nancy.inra.fr/acdification/index.html.

Références bibliographiques

Daoudi A., Boutou H., Ibijbijen J., Zair T., Nassiri L., 2013. Etude ethnobotanique du pistachier de l'Atlas, *Pistacia atlantica*, dans la ville de Meknes- Maroc, Science Lib Editions Mersenne : 131113(5), 22p.

Deguiche M., 2008. Caractérisation des sols sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.): cas de la daya de Timzerth (Wilaya de Laghouat). Mémoire d'ingénieur Agronome, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 88 p.

Dougil A-J & Thomas A-D., 2002. Nebkhas dunes in the Molopo Basin, South Africa and Botswana : formation controls and their validity as indicator of soil degradation. Journal of Arid Environments. 50 : 413-428 p.

E

Emberger L., 1939. Aperçu général sur la végétation du Maroc. Veroff. Geobot. Inst. Rübel in Zurich, 14 : 40-157 .

F

Floret Ch. et Pontanier R., 1982. L'aridité en Tunisie présaharienne : Climat, sol, végétation et aménagement. Travaux et documents de l'ORSTOM n° 150 : 1-553 .

G

Girard M.C., Viellefon J ., 1980. Glossaire pour la description des sols de la Tunisie et de leur environnement, ORSTOM.

Gobat J.M., Arago M. et Matthey W., 2010. Le sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 817 p.

H

Halitim A., 1988. Les sols des régions arides d'Algérie. Ed. O.P.U., Alger, 384 p.

Hamitouche F., 2016. Influence des propriétés physico-chimique du sol sur l'architecteur racinaire de *Pistacia atlantica* Desf. De dayate El-Gouffa, Commune Ain Mdhi, W. Laghouat, Magister : Sciences biologiques, Option : Ecologie Végétale appliquée et gestion de

Références bibliographiques

l'environnement. , Faculté des Sciences Biologiques et des sciences Agronomiques, U.M.M.T.O, 100 p.

J

Jackson M.I, 1965. Free oxides, hydroxides and amorphous aluminosilicates. In Methods of soil analysis. Madison, 603-778 p.

K

Kaabache M., 2005. Guide des habitats aride et saharien (typologie de la végétation d'Algérie, Projet/ALG/00/G35.

Kaabache M., 2003. Rapport sur la : conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles : Etude sur la réhabilitation de la flore locale au niveau de la réserve « El-Mergueb » (Wilaya de M'sila, Algérie), PN4D. Projet : ALG / 00/G35/A/1G/99.

Khaldi A. & Khoudja M.K. 1996. Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) in North Africa: taxonomy, geographical distribution, utilization and conservation. Genetic Resources. IPGRI, Rome, Italie : 57-62.

L

Le Houérou H.N., 1995. Bioclimat et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation. Options Méditerranéennes, série B, 396 p.

Limane A., 2009. Approche de l'architecture racinaire de pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) de la réserve d'El Mergueb (wilaya de M'sila). Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 157 p.

M

Morel R., 1989. Les sols cultivés. Lavoisier, Paris.

Monjauze A., 1967. Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* Des f. en Algérie. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord, Alger, 56, 5-128 p.

Références bibliographiques

Monjauze A., 1968. Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* Desf. en Algérie. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, 56 : 128 p.

Monjauze A., 1980. Connaissance du bétoum (*Pistacia atlantica* Desf.). Biologie et Forêt, 4 : 356-363 .

Monjauze A., 1982. Le pays des dayas et *Pistacia atlantica* Desf. dans le Sahara algérien. Revue Forestière Française, (4) : 277-289 .

N

Nègre R., 1962. Petite flore des régions arides du Maroc occidental. Tome II. Ed. C.N.R.S., 55 p.

O

Ozenda P., 2004. Flore et végétation du Sahara. 2e éd. du CNRS, Paris, 624 p.

O.N.M, 2012. Office National de Météorologie : Données climatiques de la région de Laghouat.

P

Paul Thorez J & Dejean B., 2012. Le guide du jardin bio Livre éco-conçu.Ed. 414p.

Pouget M., 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. ORSTOM. Paris, 569 p.

Q

Quézel P., Médail F., 2003. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. Elsevier, Paris, 573 p.

R

Rabesandratana R.N, 1997. Profil racinaire de quelques espèces du fourré à *Euphorbia stenoclada* sur les dunes des environs de Tuléar (sud-ouest de Madagascar). Sécheresse, 8 (3), 179-187 p.

Robert M ., 1996. Le sol: Interface dans l'environnement, ressources pour le développement. Masson, Paris, Milan, Barcelone.

Références bibliographiques

Rognon P., 1994. La sécheresse édaphique. *Sécheresse*, 3(5) : 141-142.

Ruellan A., 1967. Individualisation et accumulation du calcaire dans les sols et les dépôts quaternaires du Maroc". *Cahiers de Pédologie de l'ORSTOM*.

Ruellan A., 1970. Les sols à profil calcaire différencié des plaines de Basse Moulouya (Maroc oriental). Contribution à la connaissance des sols méditerranéens. *Mém. ORSTOM*, n° 54, 302 p.

S

Soltner D., 1982. Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol. 1^{ère} édition. Sciences et techniques agricoles, Angers, 472 p.

Résumé :

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) est connu pour sa résistance au milieu aride. Il est soumis à des contraintes édapho-climatiques d'une part et anthropogènes d'autre part. L'objectif de notre travail est la caractérisation de propriétés chimiques de sol sous pistachier de l'Atlas. Notre choix s'est porté sur dayate Saadi, dans la région de Hassi Delaâ (Laghouat). Le travail a été fait dans le but de comprendre les stratégies d'adaptation de cette espèce à son milieu rude. Les sols sous jacent de dayate Saadi montrent des pH neutres, ils sont très fortement rudes calcaires et ont des taux de matière organique qui sont élevés.

Mots-clés : *Pistacia atlantica* ; Propriétés chimiques du sol; Laghouat.

Abstract:

The Atlas pistachio (*Pistacia atlantica*) known among the species that have resistance in full steppe zone arid subjected to the edaphic-climatic constraints on the one hand and anthropogens on the other hand. The objective of our work is to characterize the chemical properties of soil under pistachio from the Atlas to Dayate Saadi in the region of Hassi Delaâ (Laghouat), in order to understand the adaptation strategies of this species to its desert environment. The underlying soils of dayate Saadi show neutral pH, very strongly calcareous and high organic matter levels.

Keywords: *Pistacia atlantica*; Chemicals properties of soil; Laghouat.

هي شجرة معروفة لمقاومتها للبيئة الصحراوية القاسية و القاحلة، شجرة تخضع لقيود مناخية من جهة و الي بشرية من جهة اخري و الهدف من عملنا هو وصف الخصائص الكيميائية للتربة التي تتواجد تحت شجرة البطوم في منطقة حاسي دلاعة ظاية سعد في ولاية الاغواط مع فهم استراتيجيات تكيف هذا النوع من الاشجار للمناخ الصحراوي

نوع من هي البطم شجرة تحت المتواجدة التربة pH مستويات لها الجيرية شديدة محايدة

العضوية المواد من عالية

: بيستاسيا أتلانتিকা، الخصائص الكيميائية للتربة، الاغاط