

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU D MAMMARI DE TIZI-OUZOU**



**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Ecologie et Environnement**

Mémoire de fin d'étude

En Vue de l'Obtention Du Diplôme de Master 2

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Ecologie Végétale

Thème :

**Contribution a l'analyse physicochimique de la rhizosphère
Sous chêne kermès (*Quercus coccifera* L.) au niveau du Parc National de
Gouraya, Béjaia-Algérie.**

Présenté par : Mr KADI Abdellah

le : 23-09-2024

Devant le jury composé de :

Président : Mr Oudjiane A MCB à UMMTO

Promoteur : Mr Rahmani A. MCA à UMMTO

Examinatrice : M^{me} Akli A. MCB à UMMTO

REMERCIEMENTS

*Nous tenons à remercier en premier DIEU le tout puissant de nous avoir accordé la force,
Le courage et la volonté afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.*

*Tout d'abord, je remercie chaleureusement M. RAHMANI Abdelmalik, mon promoteur, pour
son encadrement, sa patience et ses précieux conseils tout au long de ce travail.*

*Je souhaite également adresser mes remerciements à M. OUDJIANE Ahmad, président du
jury, Maître de conférence (B) à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou (UMMTO),
pour son intérêt et ses remarques constructives lors de la soutenance.*

*Mes remerciements vont aussi à Mme AKLI Amel, Maître de conférence (B) à l'université
Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou (UMMTO) d'avoir accepté de siéger dans ce jury et
d'avoir consacré une partie de son temps à examiner ce travail.*

*Je souhaite également exprimer ma profonde gratitude à M. Moussa HADDAD, directeur du
parc national de Gouraya, pour les permis qu'il a bien voulu nous accorder, ainsi que pour
l'accueil chaleureux qu'il nous a réservé, lui et toute son équipe, en particulier M. Fatsah
DRIES.*

*Je n'oublie pas M. BLIBEK Amar, ingénieur de laboratoire d'écologie et environnement à
l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou (UMMTO), dont les conseils pratiques et
l'expertise ont été d'une aide précieuse dans le cadre de mes recherches.*

*Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont soutenu durant cette période, que
ce soit par leur aide morale ou leur encouragement. Ce mémoire n'aurait pas été possible
sans leur contribution.*

Dédicace

En signe de gratitude, je dédie ce modeste travail à

Mes chers parents, à ma famille,

Ainsi qu'à toutes mes amies

Qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours.

Liste des figures

Figure1: Aire de répartition de chêne kermès (Tair, 2016).

Figure2: Triangle textural (USDA, 1975).

Figure 3: Représentation schématique du complexe argilo-humique (El Bitar, 2007).

Figure4. Limites géographique du parc national de Gouraya Bejaia-Algérie (Youssfi & Himrane, 2017).

Figure 5. Diagramme Ombrothermique de la région de Bejaia (Période 1974-2004).

Figure 6 .Place de région dans le climagramme d'Emberger (1974-2004).

Figure 7.Vue de la forêt de cap carbon.

Figure 8.Prélèvement des échantillons de sol dans des boites en plastique.

Figure9. Illustration de la mesure du pH de la solution du sol: (a) rapport de suspension et (b) la lecture à l'aide d'un ph -mètre.

Figure 10. Illustration de la mesure de l'humidité : (a) Peser dans un bécher préalablement taré, un poids p (5g) de sol, (b) mettre les béchers à l'étuve pendant 48 h, (c) Retirer les béchers de l'étuve et les laisser refroidir dans un dessiccateur.

Figure11. Illustration de la mesure de la matière organique : (a) Le sol d'un poids de 5 g a été mis dans des creusets en céramique, (b) creusets à l'intérieur du Four.

Figure12. Variation de PH (eau) de 02 niveaux.

Figure13 : variation du moyen de PH kcl de 02 Niveau.

Figure14 : variation d'humidité de 02 niveaux.

Figure15. Variation des moyennes de conductivité électrique de 02 niveaux.

Figure16. Variation des moyens de matière organique de 02 niveaux.

Liste des abréviations

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

Hu : Taux d'humidité (kg d'eau/kg de matière humide)..... (%)

MO : Matière organique (kg de MO/kg de solide)..... (%)

CO : Carbone organique..... (%)

T : Température..... (°C)

C.O : Taux Carbone organique (%).

H : Hauteur des colonnes (m).

PH : Potentiel Hydrogène.

PH eau : pH d'un échantillon de sol placé dans de l'eau distillée.

PH KCl : pH d'un échantillon de sol dans une solution normale de KCl.

Ca²⁺ : Calcium.

Mg²⁺ : Magnésium.

NaCl: chlorure de sodium.

T : Température.

μS/cm : Micro siemens par centimètre

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

h : heure

Kg : Kilo gramme

km² : Kilomètre carré

mm : Millimètre.

nm : nanomètres.

Liste des tableaux

Tableau1. Echelle granulométrique de la texture du sol (U.S.D.A., 1996).

Tableau2. Moyenne mensuelles des précipitations en (mm) dans la région de Bejaia (1974-2004).

Tableau3. Température mensuelles minimales, maximales et moyennes exprimées en degrés Celsius(C°).

Tableau 4. Valeurs du quotient pluviothermique de Stewart (1969).

Tableau5. La capacité d'accueil au Parc National de Gouraya.

Tableau6. Variation de PH (eau) de 02 niveaux.

Tableaux7. Variation de PH kcl de 02 niveaux.

Tableau8. Variation de la moyenne de conductivité électrique de 02 niveaux.

Tableau9. Variation des moyens de matière organique de 2 niveaux .

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Liste des figures

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Introduction générale1

Chapitre 1. Le Chêne kermès *Quercus coccifera* L.

1. 1. Caractères botaniques et taxonomie de chêne kermès <i>Quercus coccifera</i> L	4
1.2. Répartition géographique	5
1.3. Ecologie et Exigence de l'espèce.....	5
1.4. Utilité et utilisation.....	5

Chapitre 02. Le Sol

1. Définition du sol	7
2. Diverses phases du sol	7
2.1. Phase liquide du sol	7
2.2. Phase gazeuse du sol	7
2.3. Phase solide du sol	8
2.3.1. Élément grossier	8
2.3.2. Terre fine.....	8
3. Propriétés des sols	9
3.1. Propriétés physiques des sols	9
3.1.1. Structure.....	9
3.1.2. Texture	9
4. La porosité	11
5. Le régime hydrique du sol	12

6. Les propriétés chimiques	12
6.1. Le complexe argilo-humique	12
6.2. Le pH et le pouvoir tampon des sols	13
6.3. Les propriétés de charge	13

Chapitre 3. Matériels et Méthode

1. Généralités sur la Wilaya de Béjaïa	15
- limite administrative et géographiques	15
- relief	15
-climat	15
- hydrographie.....	16
2. milieu d'étude	16
2.1. Présentation de parc national de Gouraya	16
- limite géographique.....	16
- Aperçu géologique	17
- climat	17
- Les précipitations	18
- Les températures	19
- Humidité relative.....	19
- Synthèse climatique.....	19
-Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	20
- Diagramme d'Emberger.....	21
- richesse floristique	21
-Impact humain.....	22
3. Présentation de site d'étude	22
4. Méthode et technique D'échantillonnage	22
4.1. Echantillonnage	22
4.2. Sol	23

5. Analyses physico-chimiques du sol	24
5.1. Méthode d'analyse de potentiel hydrogène (PH eau, PH Kcl)	24
5.2 .Détermination de l'humidité	25
5.3. La conductivité électrique (CE)	26
5.4. La matière organique	27

Chapitre 4. Résultats et discussion

1. Réaction de la solution du sol	30
Ph (eau).....	30
Ph KCL.....	31
2. l'humidité	32
3. La conductivité électrique (CE)	33
4. La matière organique	34
Discussion générale	35

Conclusion Générale	37
----------------------------------	-----------

Références bibliographiques	39
--	-----------

Résumé

Introduction générale

Introduction générale

L'écosystème méditerranéen, caractérisé par une biodiversité exceptionnelle et une adaptation remarquable à des conditions climatiques rigoureuses, est un sujet d'étude de premier plan pour les chercheurs en écologie et en sciences de l'environnement (**Quézel & Médail, 2003**).

Parmi les espèces végétales emblématiques de cet écosystème, le chêne kermès (*Quercus coccifera* L.) occupe une place centrale en raison de sa résilience face aux conditions arides et de son rôle crucial dans la stabilisation des sols (**Barbero et al. 1992**). Cette espèce, largement répandue dans les régions méditerranéennes, est souvent associée à des sols calcaires pauvres en nutriments, mais elle parvient néanmoins à prospérer, offrant une protection contre l'érosion et contribuant à la conservation de la biodiversité (**Nardini et al. 2016**).

Le chêne kermès présente également un intérêt socio-économique non négligeable. Utilisé comme source de nourriture pour le bétail, de bois de chauffage, et d'extraction de tanins, il joue un rôle vital dans les économies rurales de plusieurs régions méditerranéennes (**Quézel & Barbero, 1990**). De plus, en tant qu'espèce capable de survivre dans des environnements difficiles, le chêne kermès est souvent utilisé dans les programmes de reforestation et de restauration écologique (**Lo Gullo & Salleo, 1991**). Étudier cette espèce permet d'améliorer notre compréhension des interactions complexes entre les plantes et leur environnement, et de développer des stratégies de gestion durable des écosystèmes méditerranéens, particulièrement face aux défis posés par le changement climatique (**Acherar et al. 1984**).

L'étude de la rhizosphère du chêne kermès revêt une importance particulière car cette zone du sol, où les racines interagissent directement avec les micro-organismes et les nutriments, est cruciale pour la santé et la croissance de la plante (**Chapin et al, 1997**). La rhizosphère est le siège de processus biologiques et chimiques complexes qui influencent la disponibilité des nutriments, la structure du sol, et la résistance aux stress environnementaux (**Marschner, 1995**). Une meilleure compréhension des dynamiques de la rhizosphère du chêne kermès permet non seulement de mieux appréhender les mécanismes d'adaptation de cette espèce aux conditions édaphiques difficiles, mais aussi de contribuer à la préservation de la fertilité des sols.

Par ailleurs, l'analyse des interactions entre les racines du chêne kermès et son environnement rhizosphérique peut révéler des stratégies naturelles d'amélioration de la résilience des écosystèmes méditerranéens, face aux défis croissants posés par le changement climatique et les activités humaines.

L'objectif principal de ce mémoire est d'analyser les propriétés physico-chimiques de la rhizosphère sous le chêne kermès et de déterminer comment ces propriétés varient selon la profondeur du sol. Plus

spécifiquement, il s'agit de mesurer des paramètres tels que le pH, l'humidité, la conductivité électrique et la teneur en matière organique, et d'explorer les corrélations entre ces facteurs et la vitalité du chêne kermès.

À travers cette étude, nous espérons non seulement approfondir notre compréhension des écosystèmes méditerranéens, mais aussi fournir des informations utiles pour la gestion et la conservation des sols dans les régions méditerranéennes. En outre, les résultats obtenus pourraient contribuer à des stratégies de reforestation et de restauration écologique, particulièrement dans des zones où le chêne kermès joue un rôle clé dans la stabilisation des sols et la conservation de la biodiversité.

Chapitre 1.

Chêne kermès (*Quercus coccifera* L.)

1. Chêne kermès *Quercus coccifera* L.

1.1. Caractères botanique de chêne kermès

C'est un arbrisseau touffu et buissonnant dont la taille varie de 50cm à 3m de hauteur, pouvant parfois atteindre les 7 mètres. Il croit dans les endroits secs et pierreux, principalement dans la région méditerranéenne où ses fleurs jaunâtres apparaissent en Avril et en Mai, ses fruits ne sont mûrs qu'au mois d'Août de l'année suivante (**Benyelles et Bezzou, 1993**).

L'écorce que revêtent les jeunes rameaux est grise et lisse, celle de la tige est d'un brunnoirâtre, rude et finement crevassée. Les feuilles à limbe ovale bordées de dents épineuses (rarement entières), à pétiole court, sont coriaces, sans poils, luisantes et d'un vert clair sur les deux faces et ces feuilles persistent pendant deux ou trois ans. Les fruits sont isolés (rarement groupés par deux) sur des pédoncules courts. Ces glands sont allongés ou un peu globuleux et leurs cupules arrondies à la base sont couvertes d'écailles légèrement velues, rigides et presque aigus, étalées ou même recourbées (**Somon, 1988**).

Taxonomie

Selon le Docteur **Maire, (1961)** la systématique du chêne kermès est assez complexe du fait de l'existence de très nombreuses sous espèces du *Quercus coccifera* :

- Embranchement Trachéophytes
- S/Embranchement Ptéropsidés
- Classe Angiospermes
- S/classe Fagales
- Famille Fagaceae
- Genre *Quercus*
- Espèce *Coccifer*

1.2. Répartition géographique

Le chêne kermès est indigène dans le Sud de l'Europe. En Afrique du Nord et en Asie mineure où les conditions à son développement sont réunies, à savoir les milieux secs et ensoleillés et surtout les sols calcaires (**Somon, 1988**).

Sur les montagnes, il ne s'élève pas à une altitude importante. En France, il est commun dans le Roussillon et le Languedoc, la région littorale de Provence. Il est assez rare dans les Alpes maritimes et ne dépasse pas vers le Nord la partie méridionale de la Drôme et de l'Ardèche où il est rare et vers le Nord- Ouest de Tarn et l'Aveyron (**Gaston, 1987**).

En Algérie, on le rencontre surtout en Oranie et les dunes littorales de Constantine (joue un rôle dans la fixation des sables), il est très souple au point de vue climatique, c'est une essence de plaine et de plateau ne dépassant jamais 1000 mètres d'altitude (**Meziane, 1990**).

Selon **Boudy, (1955)** le chêne kermès n'est pas à proprement parler un arbre forestier, son rôle est de garnir les sols les plus déshérités, il végète aussi bien sur des terrains siliceux que sur des terrains calcaires.

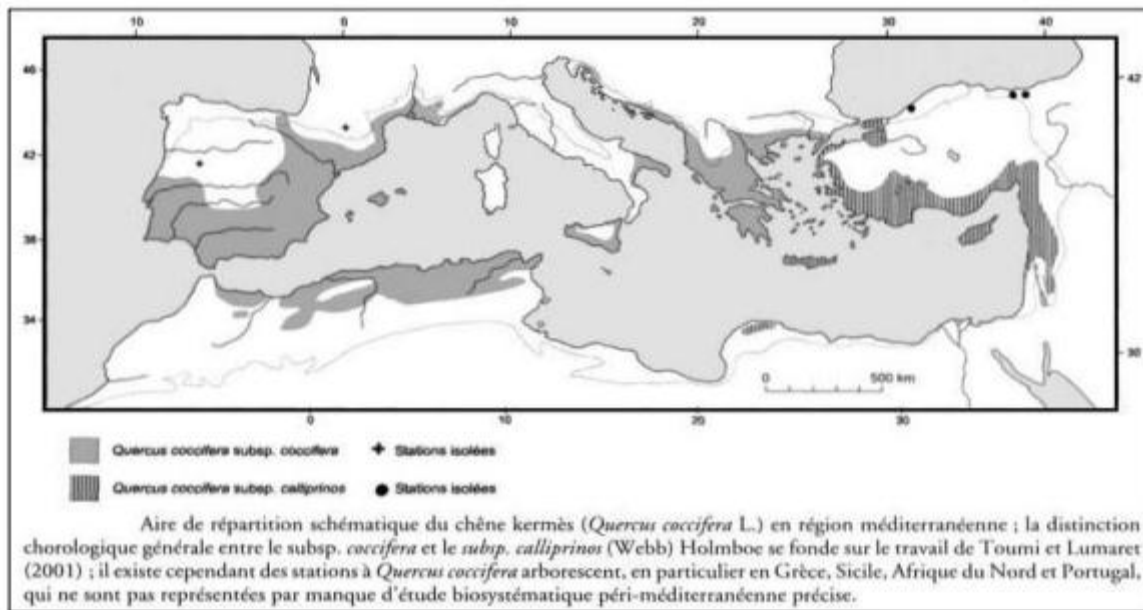


Figure1: Aire de répartition de chêne kermès (**Tair, 2016**).

1.3. Ecologie et Exigence de l'espèce

D'après **Quezel (1976)**, le chêne kermès ne paraît pas, lui non plus, particulièrement sensible à la nature du substrat, comme le chêne vert, il affectionne surtout les substrats rocaillieux et bien drainés. Le même auteur, souligne que du point de vue bioclimatique, l'espèce se localise essentiellement aux étages bioclimatiques humide et subhumide, il se cantonne surtout dans leur variante tempérée, mais pénètre cependant aussi dans les variantes douce et fraîche. La localisation géographique de cette essence qui en particulier fait défaut à peu près totalement aux faibles altitudes de la région zone méditerranéo-atlantique au Maroc et en Espagne méridionale, et sa forte extension en méditerranée orientale, laisse penser que le kermès (dans ses innombrables formes) tolère mal ou pas du tout la conjonction estivale de températures douces associées à une forte humidité relative de l'atmosphère.

2.4. Utilité et utilisation

➤ Écorce

L'écorce est très riche en tanin, environ 11% à 16%. Celle de la racine jadis appelée garouille en donne jusqu'à 20 à 22% (**Camus, 1954**). De ce fait le chêne kermès est particulièrement recherché pour le tannage des cuirs.

➤ Le bois

Le bois n'est guère utilisé que pour le chauffage (**Camus, 1954**).

Chapitre 2.

Sol

Le Sol

1. Définition du sol

Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres. Il est constitué par un mélange de matériaux minéraux et organiques, qui sert de support et milieu naturel pour la croissance des plantes (**Legros, 2007**). Qui est dénommée couverture pédologique, est la résultante au cours du temps de plusieurs facteurs génétiques :

- La roche-mère sur laquelle s'est développé.
- Environnementaux tels que le climat, le relief et la végétation (**Duchaufour, 1984 ; Boulaine, 1989**).

2. Diverses phases du sol

2.1. Phase liquide du sol

La phase liquide du sol est souvent désignée par le terme « solution du sol », occupe une partie plus ou moins importante de la porosité du sol, est constituée d'eau où se trouvent diverses substances organiques et minérales dissoutes et des particules en suspension. La composition de la solution du sol varie selon :

- Le climat
- Les apports anthropiques (fertilisants, produits de traitement phytosanitaire...etc.)
- L'activité biologique du sol (exsudats racinaires, produits de synthèse et de dégradation microbienne...etc.).

2.2. Phase gazeuse du sol

Dans un sol bien aéré, les gaz qui règnent dans l'atmosphère du sol sont :

- L'azote (78 à 80%)
- L'oxygène (18 à 20%)
- Le dioxyde de carbone (0,2 à 3%)

D'autres molécules gazeuses d'origine anthropique telles que les pesticides ou les HAP peuvent également être détectées dans l'atmosphère du sol. Ces gaz peuvent exister dans le sol :

- Soit à l'état libre
- Soit dissous dans la solution du sol

Cependant, dans certaines conditions (d'hydro-morphie par exemple), la phase gazeuse peut être absente ; tout l'espace poral du sol est alors occupé par l'eau et le sol est dit saturé (**Duchaufour, 1984. Hillel, 1982. Calvet, 2003**).

2.3. Phase solide du sol

La phase solide du sol est en général majoritairement minérale qui comprend :

2.2.3.1. Eléments grossiers

Ce sont les éléments > 2mm et on les classe par dimensions :

- 0,2 cm à 2 cm : graviers
- 2 à 5 cm : cailloux
- 5 à 20 cm : pierres
- > 20 cm : blocs

2.3.2. Terre fine

La terre fine est la fraction de terre qu'il reste lorsqu'on retire les éléments grossiers (donc < 2 mm, au tamis). On peut classer les éléments de la terre fine par dimensions :

- 2mm à 0,2 mm : sable grossiers
- 0,2 mm à 50 μm : sable fins
- 50 μm à 20 μm : limons grossiers
- 20 μ à 2 μ : limons fins
- < 2 μ : argiles

Elle comprend aussi une fraction organique dont le taux varie selon le type de sol et les conditions de pédogenèse. Les sols cultivés présentent des taux de matière organique compris dans une gamme allant de moins de 1% à 20% de la masse du sol (**Calvet, 2003**).

3. Propriétés des sols

Plusieurs propriétés, aussi bien physiques que chimiques, permettent de caractériser un sol.

3.1. Propriétés physiques des sols

3.1.1. Structure

La structure d'un sol est l'assemblage, a un moment donné, de ses constituantes solides. La stabilité structurale dépend de la matière organique des sols.

Le complexe argilo-humique joue un rôle structural, ce rôle est plus ou moins important selon les teneurs en eau du sol et varie en fonction du type d'argile.

La matière organique augmente la stabilité des agrégats. Une mauvaise structure peut donc empêcher l'écoulement des eaux dans le sol, les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère. Une bonne structure va assurer une grande facilité de circulation d'eau, donc laisse s'écouler l'excès, assure une bonne aération des racines, une bonne germination, une pénétration profonde des racines et une bonne exploration par les racines des ressources nutritives du sol (**Soltner , 2004**).

La structure du sol est déterminée par l'organisation des agrégats des éléments minéraux et organiques, qui donnent lieu à la matrice poreuse du sol, au sein de laquelle ont lieu les écoulements d'eau. (**Carrillo-Avila, 1995**).

La structure du sol correspond à la façon dont les argiles et la Matière Organique (MO) et plus particulièrement l'humus sont imbriqués dans le sol. Seule la structure du sol peut être modifiée par ajout de MO et/ou de Ca^{2+} . La texture ne peut être modifiée à l'échelle humaine.

En présence de sels minéraux (Fe/Al) et de MO les argiles forment des Complexes Argilo-Humiques (CAH).

Les argiles peuvent fixer la MO (humus) par adsorption sur/dans leurs feuillets par l'intermédiaire des oxydes et hydroxydes d'Al et de Fe qui forment un revêtement pelliculaire. Plus les argiles sont fins, plus la MO est retenue, et plus la minéralisation est lente.

Les CAH s'agglomèrent en agrégats en incorporant des filaments mycéliens, du mucus bactérien (polysaccharides) et des radicelles (**Soltner, 2004**).

- **Structure fragmentaire**

Les agrégats permettent à la fois une rétention de l'eau et des échanges chimiques avec la solution du sol et les racines. C'est la structure la plus intéressante pour l'agriculture.

- **Structure particulaire**

Les particules de terre sont trop grandes et il n'y a pas d'agrégation entre elles (la plage de sable). Sa capacité d'infiltration est très élevée mais sa capacité de rétention très réduite, le sol est donc incultivable.

- **Structure compacte**

À l'opposé de la structure particulaire, les particules sont très fines (grande proportion d'argiles) et s'agglomèrent, elle limite fortement l'infiltration de l'eau dans le sol qui s'engorge, on le dit saturé en eau.

3.1.2. Texture

La texture du sol est à la base de toutes les autres propriétés, c'est la propriété du sol qui traduit de manière globale la composition granulométrique de la terre fine (Gobat *et al.* 2010).

On appelle texture la résultante du mélange de terres fines et grossières dont les pourcentages varient d'un sol à l'autre. (Gobat *et al.*, 2010).

Terre fins					Terre grossière	
Argiles	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Graviers	Cailloux
< 2 µm	2-20 µm	20-50µm	50-200 µm	0,2-2mm	2-20mm	>20mm

Tableau1. Echelle granulométrique de la texture du sol (U.S.D.A., 1996).

Triangle des textures

La texture du sol est définie par la grosseur des particules qui le composent : % sable, limon, argile.

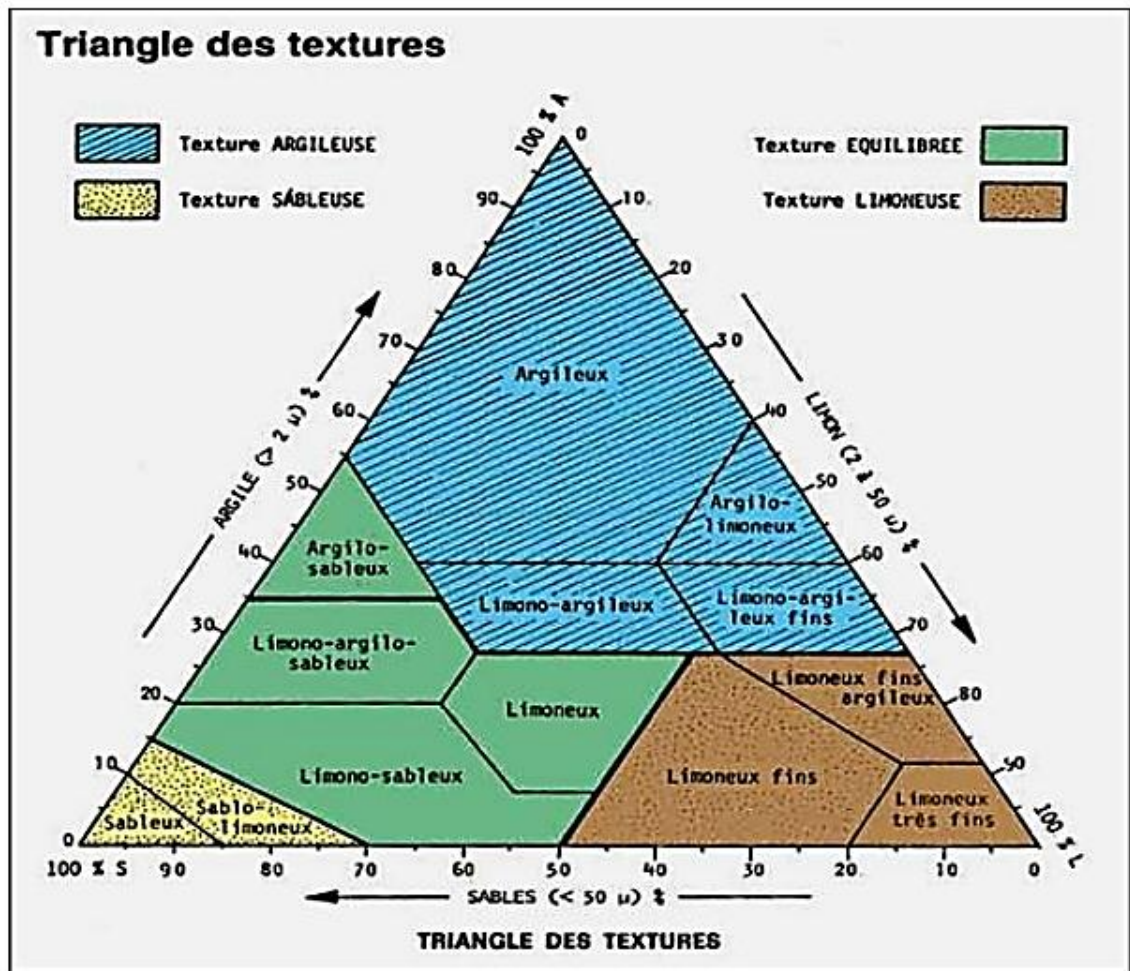


Figure2: Triangle textural (USDA, 1975).

4. La porosité

Elle caractérise la proportion du volume de vide (pores) dans le sol. Selon le degré d’humectation, les vides du sol sont occupés en majeure partie soit par l’eau, soit par l’air. Leur ensemble représente la porosité. Cette dernière résulte en fait de l’assemblage initial des constituants modifié par la différenciation pédologique. Elle donne une bonne idée de l’état structural. Selon la taille des pores, elle se subdivise en macroporosité (vides > 50 μm), en mésoporosité ou porosité capillaire (vides de 0,2 à 50 μm) et en microporosité (vides < 0,2 μm). La mésoporosité dépend beaucoup de la texture, la macroporosité surtout de la structure.

La porosité renseigne sur les capacités hydriques ou atmosphériques d’un sol, en volume ou en flux. Elle varie de 30 % dans des sols à texture très fine à 80 % dans les tourbes (Duchaufour, 2004).

La porosité des argiles est très variable car le sol se gonfle ou se rétracte alternativement, s’agrège, se disperse, se compacte et se fendille.

5. Le régime hydrique du sol

Le régime hydrique du sol dépend directement des trois propriétés précédentes :

- La texture détermine les forces de rétention de l'eau
- La structure influence la circulation de l'eau
- La porosité définit le volume du réservoir hydrique du sol

6. Les propriétés chimiques

6.1. Le complexe argilo-humique

Dans l'écosystème, le sol est le siège privilégié de la rencontre entre les mondes minéral et organique. Cette rencontre conduit notamment au complexe argilo-humique qui est constitué d'argile et de matières organiques (**figure 3**).

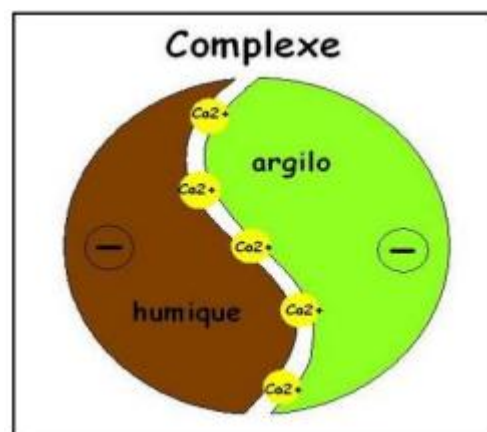


Figure 3: Représentation schématique du complexe argilo-humique (El Bitar, 2007).

Le complexe humus-calcium-argile confère au sol une teinte noire, bien visible dans les sols carbonatés. Le fer remplace peu ou prou le calcium dans les sols décalcifiés ou dans des sols calciques riches en fer. La liaison y est plus fragile, à cause de l'eau d'hydratation qui entoure les cations. Le complexe humus-fer-argile colore le sol en brun. La cohésion de ces constituants chargés négativement est assurée par des cations de la solution du sol (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+}). Le calcium donne des liaisons solides, très stables, qui empêchent une minéralisation trop rapide de la matière organique humifiée et qui s'opposent à la dispersion des argiles (Sayen et Guillon, 2010).

En sols neutres et alcalins, les ions Ca^{2+} jouent le rôle de ciment entre les particules d'argile et la matière organique. En sols acides ou décalcifiés, le calcium est remplacé par l'ion H^+ . Le complexe argilo-

humique reste globalement chargé négativement. Cette charge négative est compensée par les cations majeurs des eaux naturelles (cations dits échangeables car très faiblement fixés).

Les oxydes peuvent également être fortement liés à la matière organique. Ils participent aux capacités d'échange du sol à des niveaux parfois importants. Ils jouent donc un rôle majeur dans la rétention des polluants dans les sols.

6.2. Le pH et le pouvoir tampon des sols

Le pH des sols est une propriété chimique essentielle qui détermine non seulement le comportement des éléments chimiques, mais aussi celui des êtres vivants.

L'acidité d'échange est évaluée par la mesure du pH_{KCl} (pH d'une suspension de sol dans une solution normale de KCl). Il tient compte des ions H^+ initialement à l'état dissocié et de ceux échangés. Mais on détermine aussi le pH_{eau} par analyse d'un échantillon placé dans de l'eau distillée. Dans ce cas, l'électrode ne mesure que les protons de la solution du sol, puisque aucun échange n'est effectué ; on parle alors d'acidité actuelle ou active. Le pH_{eau} est ainsi toujours un peu plus élevé que le pH_{KCl} de 0,2 à 1,5 unité selon les cas. Le pH_{KCl} est le vrai pH du sol, puisqu'il intègre dans une certaine mesure les caractères physico-chimiques des solides du sol (**Duchaufour, 2004**).

Le pH du sol peut avoir des effets directs sur un composé chimique en contact avec lui si la stabilité de celui-ci est dépendante du pH. Ce dernier peut également avoir des effets indirects en modifiant les propriétés des composantes du sol.

Le pouvoir tampon des sols constitue une autre propriété importante des sols qui va déterminer leur aptitude à s'opposer plus ou moins efficacement aux variations brutales du pH, lorsqu'on lui incorpore, soit des acides, soit des bases.

6.3. Les propriétés de charge

L'existence d'une charge va conditionner la réactivité physico-chimique des constituants avec les ions en solution ou d'autres constituants minéraux, polymères organiques ou minéraux, possédant des charges en surface.

La charge des argiles et de la matière organique étant négative, elles vont donc fixer des cations par liaison physique de type électrostatique, ce qui explique qu'ils soient échangeables par d'autres cations présents en solution.

Chapitre 3.

Matériels et Méthodes

1. Généralités sur la Wilaya de Béjaïa

Limites administratives et géographiques

La Wilaya (Département) de Béjaïa se situe entre la latitude 36° 15' - 36° 55' Nord et la longitude 4° 20' - 5° 30' Est, totalisant une superficie de 3261,26 km² (DPAT, 1995). Située au nord-est de l'Algérie, la Wilaya de Béjaïa est limitée à l'ouest par les Wilayas de Bouira et de Tizi-Ouzou ; à l'est par la Wilaya de Jijel ; au sud par les Wilayas de Bordj-Bou-Argeridj et de Sétif ; et au nord par la Mer Méditerranée (DPAT, 1995).

D'un point de vue géographique, le Massif des Babors vient limiter la Wilaya de Béjaïa à l'est et au sud-est. Du côté ouest et sud, la limite géographique est imposée par le Massif du Djurdjura et la chaîne montagneuse des Bibans, respectivement. Enfin, la Wilaya de Béjaïa est limitée au nord par la Mer Méditerranée (DPAT, 1995).

Relief

Trois zones naturelles bien distinctes constituent le relief de Béjaïa :

- une plaine côtière totalisant une longueur de 30 km s'étirant de l'embouchure de l'Oued Soummam à l'ouest à celle de l'Oued Agrioune à l'est ;
- la vallée de la Soummam, caractérisée par une longueur de 80 km et une largeur ne dépassant pas 4 km ; celle-ci séparant deux grands ensembles montagneux : les Bibans et les Babors à l'est, et l'Akfadou et le Gouraya à l'ouest.
- Une zone montagneuse dominant les trois quarts de la superficie de la Wilaya de Béjaïa à accès difficile et coupée par des gorges pittoresques comme celles de Kherrata. Les sommets remarquables du relief montagneux comprennent Adrar Takoucht (Aït Smaïl ; 1896 m), Adrar Nefat (Aït Smaïl ; 1742 m), Djebel Ezzene (1646 m) et Djebel Akfadou (1623 m) (DPAT, 1995 ; Khelifa, 2016).

Climat

Abritée des éléments au nord par le Mont Gouraya tout en étant exposée au sud, la ville de Béjaïa compte parmi les plus chaudes du littoral (Khelifa, 2016). La région de Béjaïa est caractérisée par une variation minimale de l'humidité atmosphérique influencée, résultant de l'influence marine, avec des valeurs moyennes fluctuant autour de 75% (ONM, 2006 in Rebbas, 2014). Les vents balayant la région de Béjaïa sont de type modérés, soufflant du nord-est au sud-ouest. Certaines journées des mois de juillet et août (et

quelques fois entre avril et juin) sont marquées par l'apparition de siroccos qui sont des vents chauds et secs (Rebbas, 2014).

Hydrographie

Étant une région très arrosée, la Wilaya de Béjaïa est traversées par de nombreux oueds drainant leurs eaux de ruissellement vers la mer. Parmi les oueds les plus importants de la région figurent l'Oued Soummam (90 km), l'Oued Agrioune (80 km), l'Oued Bou-Sellam, Oued Djemaa (46 km) et l'Oued Zitoune (30 km) (Khelifa, 2016).

2. Milieu d'étude

2.1. Présentation du Parc National du Gouraya :

Le Parc National de Gouraya est situé sur la cote Est d'Algérie et fait partie de la chaîne côtière de l'Algérie du Nord. Il s'ouvre sur la mer méditerranée sur une longueur de 11.5 km. Ses coordonnées géographiques sont de 36° 46' Nord et 05° 06' Est. Il est situé entièrement dans la commune de Bejaia à ; 127 km à l'Est de Tizi ouzou ,110 km Nord-Est de Sétif, 96 km de l'Ouest de Jijel, 239km Sud-est de Constantine. Le Gouraya est un parc national côtier, qui est situé à la limite immédiate de la ville de Bejaia, et occupe le massif montagneux qui surplombe la ville. Le parc national de Gouraya a été créé par le décret n°327/24 du 03 Novembre 1984 et régit par un statut défini par le décret n°83-458 du 23 juillet 1983, fixant le statut type des parcs nationaux. Sa superficie est de 2080 ha.

Limites géographiques

Le parc d'une superficie de 2080 ha fait partie des chaînes littorales de l'Atlas tellien est situé sur la côte orientale de la Kabylie dans la wilaya de Béjaïa à 230 km d'Alger, cette situation met le parc en relation avec d'autres villes : à 111 km au Sud de Sétif, à 127 km à l'Ouest de Tizi Ouzou et à 96 km à l'Est de Jijel.

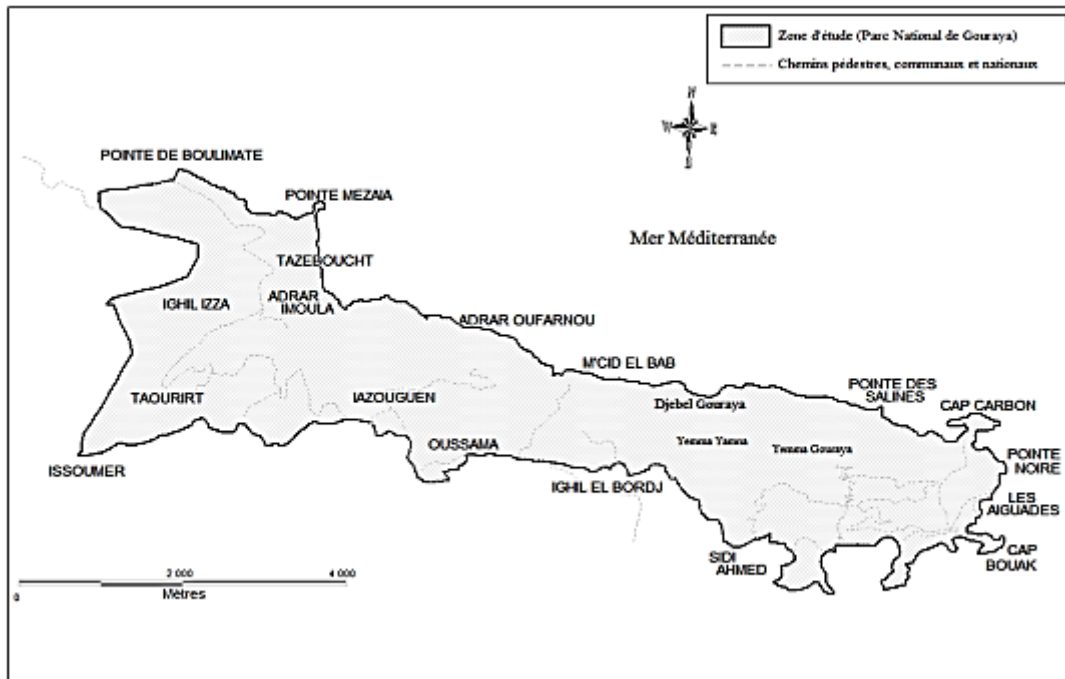


Figure4. Limites géographique du parc national de Gouraya Bejaia-Algérie (Youssfi & Himrane, 2017).

Aperçu géologique

Le PNG est situé dans le domaine tellien et les chaînes littorales calcaires liasiques du Secteur de la Petite Kabylie (Duplan, 1952). Il est dominé par les roches calcaires qui sont résistantes à l'érosion et caractérisé par des pentes abruptes et des falaises. Les Djebel Gouraya et Adrar Oufarnou forment un anticlinal découpé par des failles subverticales. Au nord-ouest du PNG, dans la zone où le relief est moins accusé, apparaît l'extrémité orientale d'une nappe de Flysch Crétacés car cette région a été le siège de charriages importants (Duplan et Grevelle, 1960)

La Carte Géologique de Béjaïa à l'échelle 1/50.000, publiée par l'ancien Service de la Carte Géologique de l'Algérie (1960), montre que les flysch, les brèches et les conglomérats du Nummulitique supérieur dominant sur la côte occidentale, entre le Cap Sigli et la Pointe Mézaïa. La zone de Boulimat est formée par des dunes, des éboulis et des solifluxions du Quaternaire. Par contre, la Pointe Boulimat repose sur du Quaternaire ancien. Entre Adrar Oufarnou et le Cap Bouak, les calcaires et dolomies, les marnes et les marno-calcaires du Lias

Dominant. La plage de la Pointe des Salines est composée par du Quaternaire ancien et la plage des Aiguades est formée par de schistes et conglomérats du Néocomien (Service de la Carte Géologique de l'Algérie, 1960).

- Climat :

Le parc national de Gouraya est caractérisé par un climat méditerranéen. Il est situé dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver chaud. Les données climatiques de la région d'étude proviennent de la station météorologique de Bejaia, situé à une dizaine de kilomètres du parc national de Gouraya. Cette station possède les caractéristiques suivantes :

- Coordonnée géographiques : 36°43'N.05°04'E.
- Altitude : 1,75m.
- Période : 1974-2004.
- Localisation : Aéroport Abane Ramdane, Bejaia.

Les données concernant, les précipitations, la température, l'humidité relative et le vent.

- Les précipitations :

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations de la région de Bejaia, pour une période de 30 ans (1974-2004) sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 2. Moyenne mensuelles des précipitations en (mm) dans la région de Bejaia (1974-2004).

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
Pluviosité (mm)	110,1	83,3	79,3	70,4	41,8	12,5	8,6	11,2	43,9	69	106,5	127,3	764,1

La région de Bejaia reçoit en moyenne 764,1 mm de pluie par an. Durant cette période ce sont les mois de janvier et de décembre qui sont les plus pluvieux avec respectivement, 110,1 mm et 127,3 mm. Les minima sont notés en période estivale aux mois de juillet et d'août avec respectivement 8,6 mm et 11,2 mm (Tab.1).

Les températures :

Les valeurs mensuelles minimales, maximales et moyennes de la température de l'air, enregistrées dans la région de Bejaia, entre 1974 et 2004 sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 4. Valeurs du quotient pluviothermique de Stewart (1969) pour Bejaia

Région	P (mm)	M(C°)	m (C°)	Quotient
Bejaia	794.57	29.57	7.52	123.59

-Tableau3. Température mensuelles minimales, maximales et moyennes exprimées en degrés Celsius(C°).

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Tmaxim	16,3	16,6	18,3	19,5	21,8	25,7	29,6	29,7	27,8	24,9	20,4	17,6
Tminima	7,3	7,8	8,8	10,3	13,5	17,1	19,8	20,7	18,9	15,4	15,4	8,6
Tmoyenne	11,8	12,2	13,6	14,9	17,7	21,4	24,7	25,2	23,4	20,2	20,2	13,1

La température annuelle moyenne à Bejaia est de 17,8C°.Les mois les plus froids sont janvier avec une température moyenne égale à 11,8C°, et février avec 12,2 C°.Les minima pour ces deux mois sont de 7,3C° pour janvier et 7,8C°pour février. Juillet avec une température moyenne de 24,7 C°, et août avec 25,2 C°.sont les mois les plus chauds.

-Humidité relative :

L'humidité présente dans l'atmosphère varie peu dans la région de Bejaia. Les valeurs moyennes fluctuent autour de 75% et attestent de l'influence du milieu marin.

Synthèse climatique :

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres. Pour tenir compte de cela, divers indices ont été créés et plus employés font usage de la température (T) et la pluviosité (P) qui sont les facteurs les plus importants et les mieux connus (**Dajoz.2000**).

-Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson :

Ce diagramme permet de distinguer les mois secs de l'année, lorsque les températures sont deux fois plus élevées que les précipitations, Le diagramme est conçu de Telle sorte que l'échelle de la pluviométrie (P) exprimée en (mm) est égale au double de celle de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en (C°) (**Dajoz, 2000**) : $P=2T$. D'après Bagnouls et Gausson, il y a sécheresse lorsque la courbe des précipitations descend et passe en dessous de celle des températures. On remarque d'après le diagramme ombrothermique établi pour la région de Bejaia, pour une période de 30 ans (1974-2004), que la saison sèche dure près de 4 mois, Elle s'étale de mi-mai au mi-septembre.

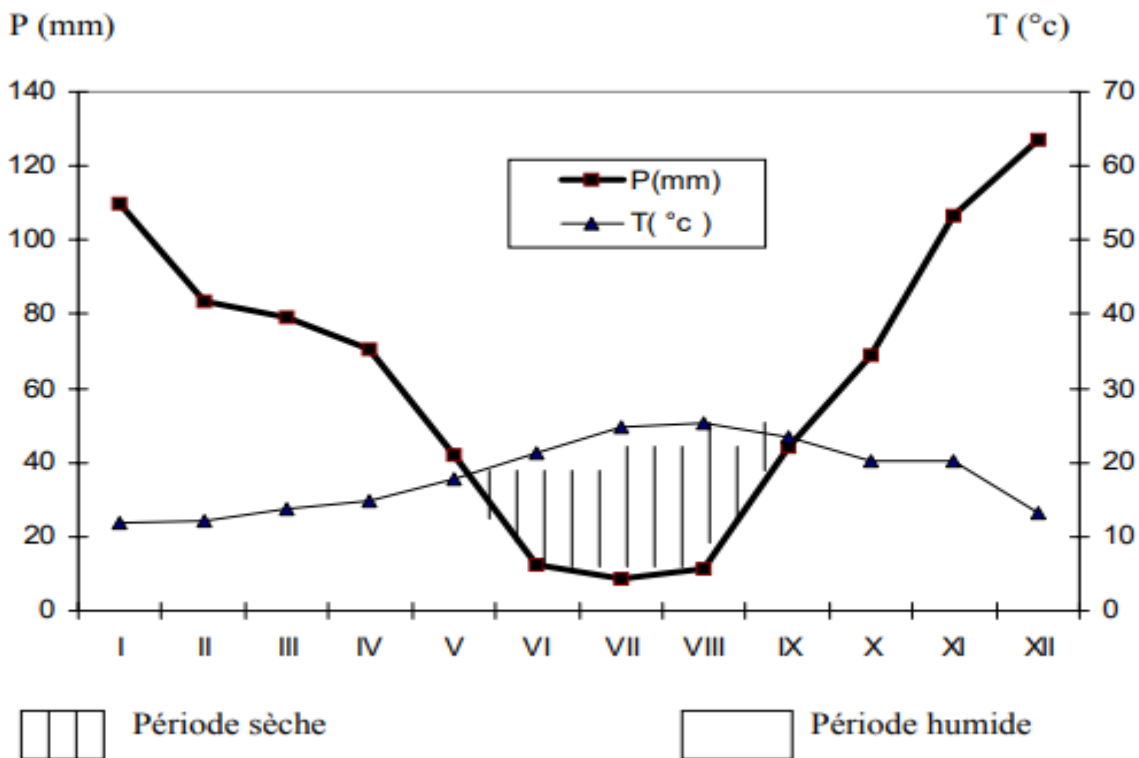


Figure 5. Diagramme Ombrothermique de la région de Bejaia (Période 1974-2004).

Climagramme d’Emberger (1955)

Le quotient pluviothermique d’Emberger est une synthèse climatique de type graphique Mettant en rapport les précipitations et les températures. Le quotient est donné par la formule Suivante :

$$Q_2 = \frac{1000p}{(M+m) \div 2 \times (M-m)}$$

Dans ce cas M et m sont exprimés en degré Kelvin et P en millimètre. Cette formule a été modifiée par

$$Q = 3,43 \frac{P}{(M-m)}$$

STEWART en 1969 et la nouvelle formule est :

Dans cette formule les températures sont exprimées en degrés C° et les précipitations en mm :

Le climagramme est un graphique sur lequel sont tracées les limites des différentes zones climatiques en liaison avec la variation du couvert végétal. La figure 11 montre que Bejaia est située dans l’étage biobioclimatique sub-humide à hivers chaud.

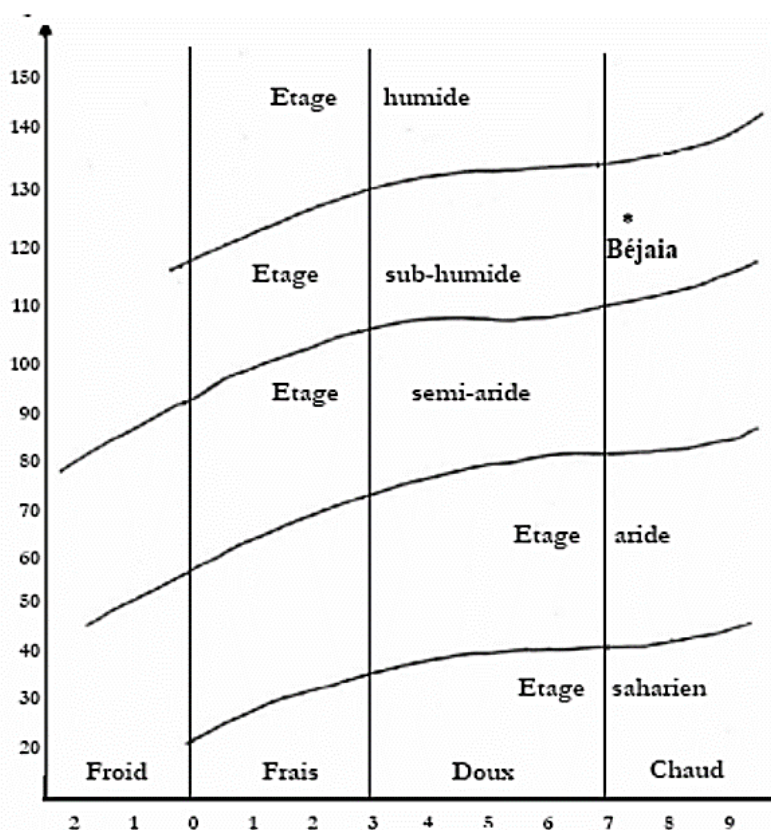


Figure 6 .Place de région dans le climagramme d'Emberger (1974-2004)

Richesse floristique

Le Parc National de Gouraya avec une 470 espèce qui appartiennent à 298 genres et 87 familles botaniques, représente une exceptionnelle richesse écologiques et esthétiques, certaines espèces sont d'une importance nationale notamment la flore. (Rebbas 2014)

Impact humain :

D'après le plan de gestion (2006), le Parc National de Gouraya peut accueillir une population de 13134 touristes, ils seront à la fois repartis sur l'ensemble des zones du parc à l'exception bien sûr de celles de réserve. La somme des capacités relatives à chaque zone, nous donne la capacité totale du parc qui est résumée dans le tableau ci-dessous :

Tableau5. La capacité d'accueil au Parc National de Gouraya

Les zones	Superficie des zones dégradées	Norme en M ² /personne	K° coefficient de corrélations	Capacité d'accueil
Zone de réserve (réserve intégrale et zone sauvage ou primitive)	324,8ha	Exclue de la fréquentation touristique (sauf à des fins scientifiques)		
Zones dites périphérique, zone du tourisme de loisirs de détente et de récréation	1237,1ha	1000	1,0	12371
Zone à faible croissance	355,4ha	5000	0,8	568
Zone de protection (tampon)	162,7ha	5000	0,6	195
Capacité totale	du			Parc
13134				

Source : Phase A de plan de gestion du P.N.G, 2006

3. Présentation de site d'étude

Le site se trouve sur la face sud-ouest du Cap Carbon, à une altitude d'environ 150 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le chêne kermès (*Quercus coccifera*) est l'espèce végétale dominante de ce site.

4. Méthode et technique D'échantillonnage

4.1. Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé le 12 mai 2024.

4.2. Sol

- 30 arbres ont été choisis selon un échantillonnage aléatoire dans notre station d'étude, ensuite 5 arbres de *Quercus coccifera* ont été sélectionnés par tirage au sort; suite à cela, nous avons utilisé la technique des quadrats proposée par **coineau (1974)**.
- Nous avons mesuré (25cmx25cm) en utilisant un mètre restant à 1 m vers le nord au pied de chaque arbre 02 niveaux sont récoltés vu que c'est incendié nous avons eu de la litière.
 - N1 pour la première couche de sol (0-5 cm)
 - N2 pour la deuxième couche de sol (5-10 cm)



Figure 7.Vue de la forêt de (cap carbon)

Le reste de l'échantillonnage consistait à mettre le sol dans des boîtes en plastique étiqueté, de la même manière pour les deux niveaux, une fois le travail sur le terrain fini nous avons apporté nos boîtes au laboratoire afin de faire des paramètres de sol tels que le pH, humidité et carbone.



Figure 8.Prélèvement des échantillons de sol dans des boites en plastique

2. Analyses physico-chimiques du sol :

2.1. Matériels des analyses physico-chimiques :

- PH-mètre
- Conductimètre
- Agitateur magnétique
- Balance
- Tamis de 2 mm
- Étuve
- Burette
- Pipette Pasteur
- Béchers
- Fioles coniques jaugée
- Éprouvettes
- Flacons en verre
- Entonnoir
- Papier Aluminium

2.2 Méthode d'analyse de pH

Le PH (eau)

Le pH (eau) est déterminé dans une suspension de terre fine dans de l'eau distillée. Le rapport sol/liquide est égal à 1/5. Le pH est mesuré après 02 heures de rapport de suspension. La lecture se fait à l'aide d'un pH-mètre (pH-mètre étant préalablement étalonné à l'aide d'une solution tampon de pH connu ; $pH=7$).



(a)



(b)

Figure9. Illustration de la mesure du pH de la solution du sol: (a) rapport de suspension et (b) la lecture à l'aide d'un ph -mètre

PH Kcl

De la même manière que le pH eau, sauf qu'à la place de l'eau distillée on ajoute le chlorure de potassium Kcl à 1N.

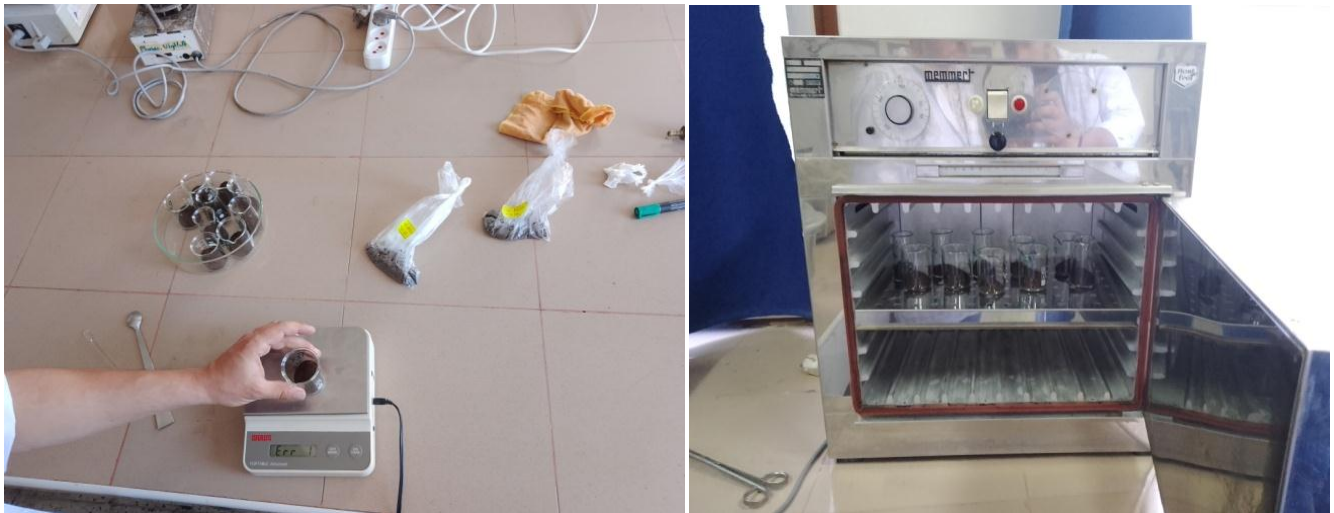
2.3 .Détermination de l'humidité :

Méthode de séchage à l'étuve à 105 °C pendant 48 h.

- Peser dans un bécher préalablement taré, un poids p (5g) de sol.
- mettre les béchers à l'étuve pendant 48 h.
- Retirer les béchers de l'étuve et les laisser refroidir dans un dessiccateur.
- Peser le sol après le séchage
- Le pourcentage d'humidité se détermine à l'aide de l'équation suivante :
- Becher vide B
- Becher + sol séchée à l'air libre P1
- Becher + sol séchée à 105 °C P2

La teneur en eau en pour cent de la terre séchée à l'air est de :

$$Eau \% = \frac{P1 - P2}{P1 - B} \times 100$$



(a)

(b)



(c)

Figure 10. Illustration de la mesure de l'humidité : (a) Peser dans un bécher préalablement taré, un poids p (5g) de sol, (b) mettre les béchers à l'étuve pendant 48 h, (c) Retirer les béchers de l'étuve et les laisser refroidir dans un dessiccateur.

2.4 La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (mS/cm) exprime la capacité d'un sol mis en solution à se faire traverser par un courant électrique, elle a été mesurée à l'aide d'un conductimètre comme dans le cas des eaux cependant avec un protocole différent décrite ci-dessous.

- On pèse 10 g de terre qu'on met dans un flacon, puis on ajoute 50 ml d'eau distillée (rapport de 1/5), l'ensemble est mélangé à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 20 min.

- On pèse 10 g de terre qu'on met dans un flacon, puis on ajoute 50 ml d'eau distillée (rapport de 1/5), l'ensemble est mélangé à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 20 min.

- Après 20 min d'agitation, on mesure la conductivité à l'aide d'un conductimètre en prenant en considération la température du mélange eau-sol.



Figure : Illustration de la mesure de la conductivité électrique.

2.5 Matière organique

La méthode consiste à soumettre l'échantillon de sol à niveau de températures : à 200°C durant 16h pour éliminer le maximum d'eau inter-foliaire et d'eau des bordures des argiles et à 450°C durant 4 heures pour la combustion du carbone organique.

Le mode opératoire a été adopté pour l'ensemble des échantillons :

Le sol d'un poids de 5 g a été mis dans des creusets en céramique, le poids du creuset est noté M0.

Introduire les échantillons pour une durée de 16h dans l'étuve à 200°C, puis peser et noté le poids de l'échantillon déshydraté M1.

Placer le creuset et son contenu dans le four électrique et porter la température à $450 \pm 10^\circ\text{C}$, maintenir cette température pendant 4 heures, peser et noter le poids M2.

Pour passer du taux de carbone au taux de matière organique total, on utilise le coefficient de multiplication 1,72 (Baize, 2000).



(a)



(b)



(c)

Figure 11. Illustration de la mesure de la matière organique : (a) Le sol d'un poids de 5 g a été mis dans des creusets en céramique, (b) creusets à l'intérieur du Four, (c) noter le poids.

Chapitre 4.

Résultats et discussion

Résultats et discussion :

L'analyse physico-chimique des échantillons de sol prélevés sous le chêne kermès (*Quercus coccifera* L.) a révélé plusieurs caractéristiques importantes qui permettent de mieux comprendre l'adaptation de cette espèce aux conditions environnementales du Parc National de Gouraya. Les résultats obtenus sont discutés ci-dessous en fonction des différents paramètres étudiés : pH, humidité, conductivité électrique et matière organique.

1. Réaction de la solution du sol

Les mesures de pH ont montré que le sol sous le chêne kermès présente des valeurs légèrement basiques à la surface (pH 7,34) et en profondeur (pH 7,46). Ces résultats sont en accord avec d'autres études sur les sols méditerranéens où des pH neutres à légèrement basiques sont couramment observés (**Bourrie, 1976**). Un pH dans cette plage favorise non seulement la disponibilité des nutriments essentiels, mais aussi l'activité microbienne, essentielle pour la décomposition de la matière organique et le recyclage des nutriments dans le sol (**Garcia et al, 2002**).

La différence de pH entre la surface et la profondeur pourrait être liée à l'accumulation de matière organique en surface, qui, en se décomposant, libère des bases alcalines augmentant ainsi le pH. Cette observation est cohérente avec les travaux de **Jobbágy et Jackson (2001)**, qui ont montré que la matière organique influence considérablement les variations de pH dans les sols forestiers. En revanche, en profondeur, où la matière organique est moins abondante, les processus de lessivage et la composition minérale du sol pourraient maintenir un pH légèrement plus élevé.

Tableau6. Variation de PH (eau) de 02 niveaux

Niveau	N1	N2
PH	7,34	7,46

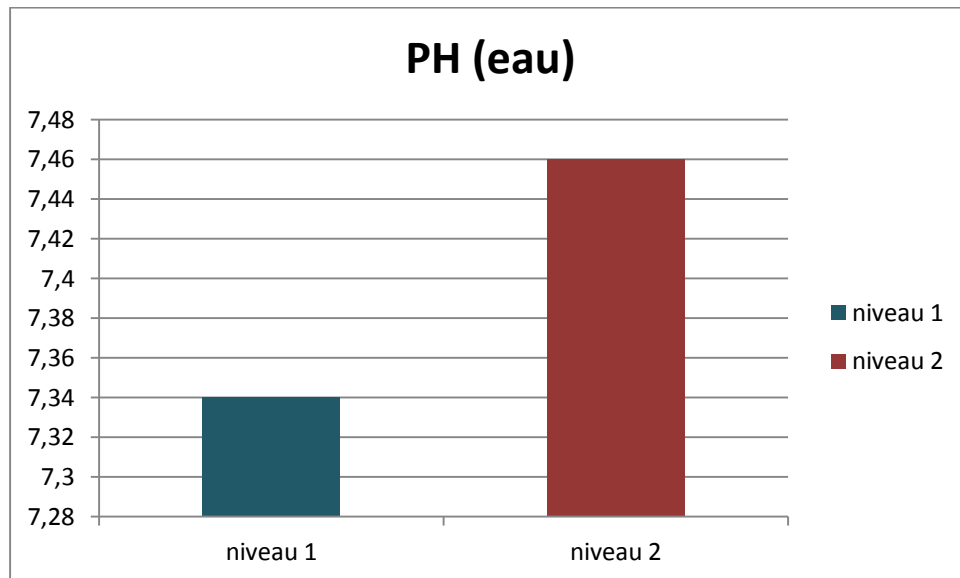


Figure12. Variation de PH (eau) de 02 niveaux

Ph kcl

Les mesures de pH KCl réalisées dans notre étude montrent que le sol sous le chêne kermès (*Quercus coccifera*) présente un pH de 6,8 en profondeur (niveau 2) et de 6,7 en surface (niveau 1). Ces valeurs indiquent un sol légèrement acide.

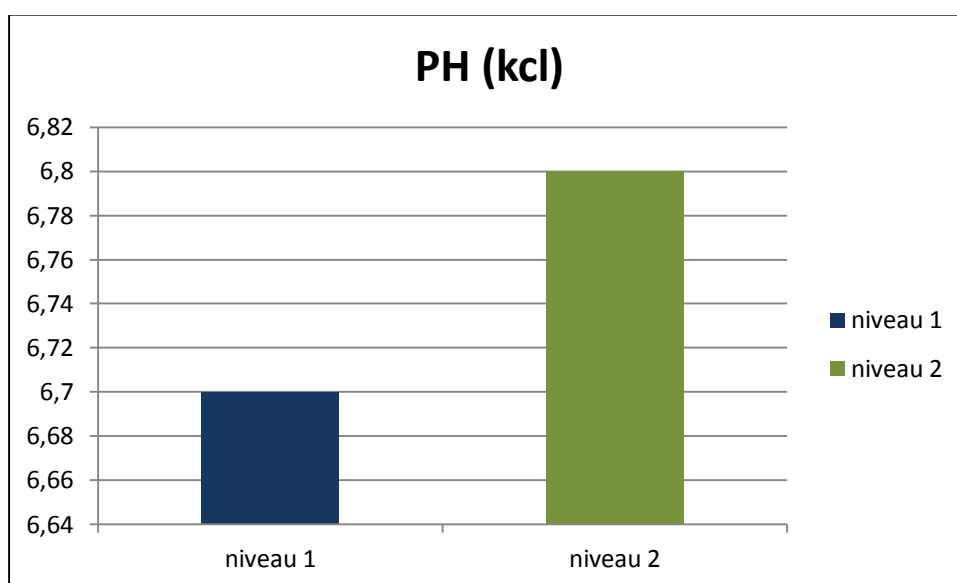
Un pH de 6,7 à 6,8 est généralement considéré comme optimal pour la disponibilité des nutriments dans le sol. À ce niveau de pH, les éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore et le potassium sont plus accessibles pour les racines des plantes. Des études ont montré que les sols légèrement acides favorisent une meilleure absorption des nutriments par les plantes (**Berkai, 1995**). Cela est particulièrement important pour le chêne kermès, qui a besoin d'un apport nutritif adéquat pour se développer dans des conditions souvent arides.

Le pH du sol influence également l'activité microbienne. Un pH légèrement acide favorise une diversité microbienne plus élevée, ce qui est crucial pour la décomposition de la matière organique et le recyclage des nutriments. Selon **Gégout et al. (2005)**, une activité microbienne accrue contribue à améliorer la structure du sol et sa capacité à retenir l'eau, ce qui est essentiel dans les environnements méditerranéens.

Le chêne kermès est bien adapté aux sols calcaires et peut tolérer des variations de pH. Les valeurs mesurées dans cette étude indiquent que ces sols peuvent soutenir cette espèce face aux stress environnementaux tels que la sécheresse. La capacité du chêne kermès à s'adapter à différentes conditions de sol est un atout pour sa survie dans les écosystèmes méditerranéens (**Nakashima et al. 2016**).

Tableaux7. Variation de PH kcl de 02 niveaux

Niveau	N1	N2
PH (kcl)	6,7	6,8

**Figure13 :** variation du moyen de PH kcl de 02 Niveau.

Humidité

Les taux d'humidité mesurés dans le sol sous le chêne kermès étaient relativement faibles, avec 2,78 % en surface et 2,29 % en profondeur. Ces faibles valeurs d'humidité sont typiques des sols méditerranéens, caractérisés par des étés secs et des hivers modérément humides (**Barbero et al. 1990**). Le chêne kermès est bien adapté à ces conditions grâce à son système racinaire profond, qui lui permet de capter l'eau à des profondeurs où l'humidité est plus stable.

Cependant, les faibles niveaux d'humidité observés peuvent indiquer une dégradation locale des sols, possiblement due à l'érosion ou à l'impact anthropique comme le surpâturage. Cette situation est similaire à celle rapportée par **Aafi et al. (2005)** dans les forêts méditerranéennes du Maroc, où le surpâturage a entraîné une réduction significative de la capacité de rétention en eau des sols.

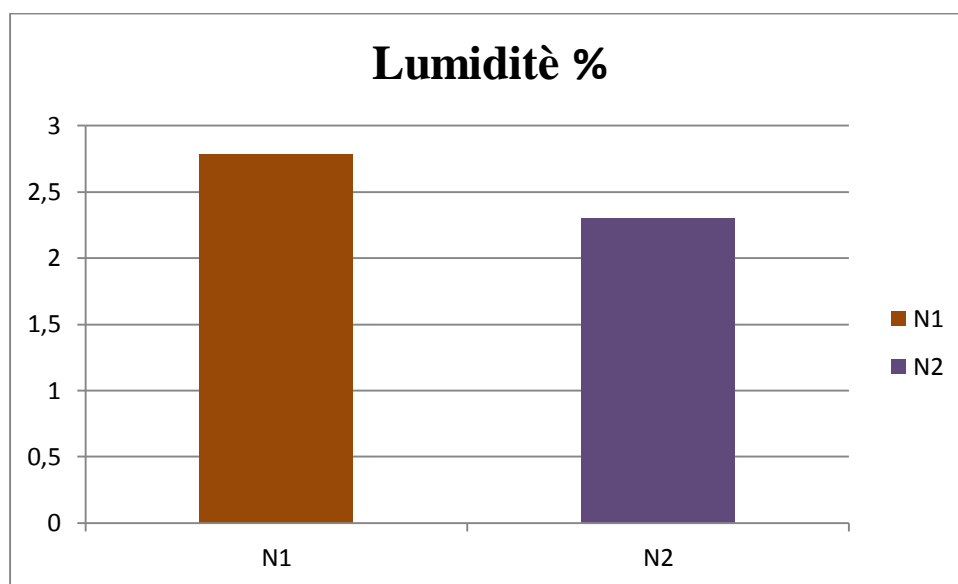


Figure14 : variation d'humidité de 02 niveaux.

Conductivité électrique

La conductivité électrique du sol a été mesurée à 211,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en surface et à 203,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en profondeur. Ces valeurs sont indicatives d'une minéralisation modérée du sol, conforme aux observations de Rodier et al. (2009) sur les sols forestiers bien drainés. La conductivité électrique, qui est proportionnelle à la concentration en ions dissous dans le sol, reflète la fertilité minérale du sol. Les valeurs obtenues ici suggèrent une disponibilité adéquate des nutriments essentiels pour la végétation.

Cependant, la légère diminution de la conductivité avec la profondeur pourrait indiquer une réduction de la disponibilité des nutriments en profondeur, similaire aux observations faites par Gobat et al. (2010) dans les sols forestiers suisses, où la conductivité diminue généralement avec la profondeur en raison de la diminution des concentrations ioniques.

Tableau8. Variation de la moyenne de conductivité électrique de 02 niveaux

Niveau	N1	N2
CE	211,4	203,4

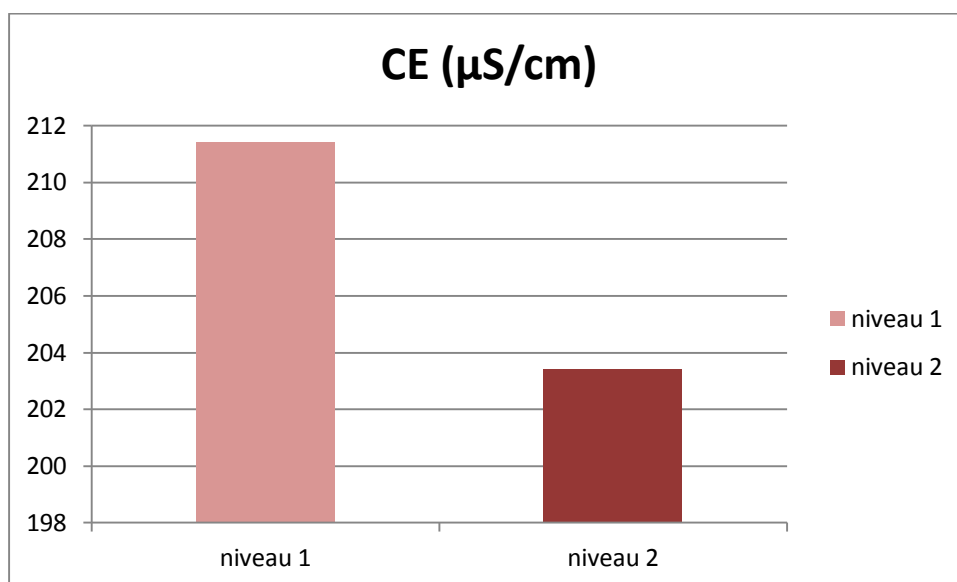


Figure15. Variation des moyennes de conductivité électrique de 02 niveaux.

Matière organiques

Les analyses ont montré que le taux de matière organique était de 4,7 % en surface et de 4,42 % en profondeur. Ces valeurs sont typiques des sols forestiers méditerranéens bien drainés (**Duchaufour, 1997**). La matière organique est cruciale pour la santé des sols car elle améliore leur structure, augmente leur capacité de rétention d'eau et favorise l'aération, des caractéristiques essentielles pour les sols sous le chêne kermès.

Les taux observés sont conformes aux études menées par **Gégout et al. (2005)** qui ont montré qu'un taux de matière organique supérieur à 4 % est généralement associé à une fertilité accrue des sols forestiers. La présence de matière organique en quantité significative dans les sols méditerranéens est cruciale pour le stockage du carbone et la régulation du cycle des nutriments, comme l'ont montré **Elzein et Balesdent (1995)**.

Tableau9. Variation des moyens de matière organique de 2 niveaux

Arbre	niveau 1	niveau 2
MO %	4,7	4,42

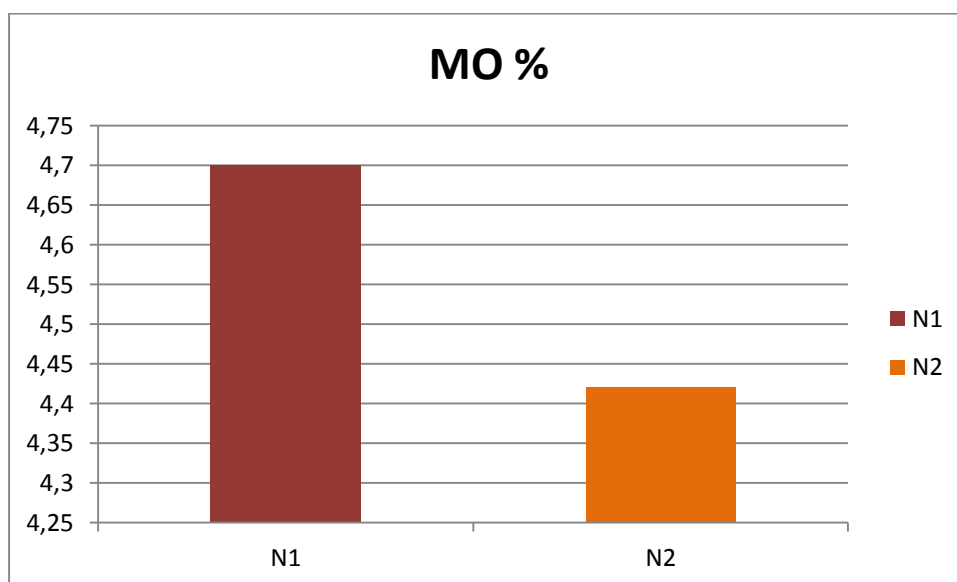


Figure16. Variation des moyens de matière organique de 02 niveaux.

Discussion générale

Les résultats obtenus confirment que le chêne kermès est bien adapté aux conditions physico-chimiques des sols du Parc National de Gouraya. Sa capacité à tolérer des sols légèrement basiques, à prospérer dans des environnements à faible humidité, et à bénéficier d'une matière organique modérée montre son importance dans la stabilité des écosystèmes méditerranéens. Ces observations sont cohérentes avec celles de **Nakashima et al. (2016)**, qui ont souligné la résilience du chêne kermès face aux conditions environnementales défavorables.

Les variations observées entre les différents paramètres selon la profondeur du sol soulignent l'importance de considérer la rhizosphère comme une entité dynamique où les interactions entre les racines des plantes et les propriétés physico-chimiques du sol varient en fonction de l'horizon étudié. Cette étude offre une base pour de futures recherches visant à approfondir la compréhension des interactions sol-plante dans les écosystèmes méditerranéens et à développer des stratégies de conservation adaptées aux défis posés par le changement climatique.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce mémoire a exploré l'impact des caractéristiques physico-chimiques des sols sur le développement du chêne kermès (*Quercus coccifera* L.) dans le Parc National de Gouraya, en Algérie. Les résultats obtenus révèlent que cette espèce est bien adaptée aux sols légèrement basiques, avec une tolérance notable aux faibles niveaux d'humidité, typiques des écosystèmes méditerranéens. Cette conclusion est en accord avec plusieurs études menées dans d'autres régions méditerranéennes, où le chêne kermès a montré des adaptations similaires.

Par exemple, une étude réalisée en Espagne par **Alados et El Aich (1997)** a mis en évidence la capacité du chêne kermès à survivre dans des conditions de sécheresse extrême grâce à un système racinaire profond et une régulation stomatique efficace, ce qui correspond aux observations faites dans le Parc National de Gouraya. De même, une recherche effectuée en Grèce par **Papanikolaou et al. (2007)** a montré que le chêne kermès prospère sur des sols calcaires pauvres en nutriments, confirmant la tolérance de cette espèce à des conditions édaphiques difficiles, comme celles rencontrées dans notre étude.

En revanche, une étude menée dans la région de Provence, en France, par **Quézel et Médail (2003)**, a souligné l'importance de la matière organique dans les sols pour le maintien de la biodiversité et la croissance vigoureuse du chêne kermès. Dans notre recherche, bien que les niveaux de matière organique aient été jugés suffisants, ils étaient néanmoins inférieurs à ceux observés en Provence, ce qui pourrait expliquer une moindre vitalité ou une adaptation différente dans le contexte algérien.

L'analyse statistique de notre étude a également montré une certaine stabilité des conditions édaphiques favorables au chêne kermès entre différents niveaux de profondeur du sol. Cette stabilité est comparable aux résultats obtenus par **Thanos et al. (1996)** en Crète, où le chêne kermès a montré une résilience remarquable à des variations minimales de la composition du sol, indiquant une plasticité écologique élevée.

En conclusion, les résultats de notre étude, bien que spécifiques au contexte du Parc National de Gouraya, sont cohérents avec les recherches réalisées dans d'autres régions méditerranéennes. Ils soulignent la capacité du chêne kermès à s'adapter à une diversité de conditions édaphiques, tout en suggérant que des variations régionales, telles que la composition en matière organique, peuvent influencer la dynamique de croissance de cette espèce. Ces observations ouvrent la voie à des recherches futures sur les stratégies de conservation et de gestion des écosystèmes méditerranéens, particulièrement dans les zones vulnérables aux changements climatiques.

Références bibliographiques

- **Aafi, A., Achhal El Kadmiri, A., & Rejdali, M. (2005).** Chênaies du Maroc : Flore ,5e édition. Paris: Masson.
- **AAFI, A., ACHHAL EL KADMIRI, A., FECHTAL, M., REJDALI, M. (2002).** Chênaies du Maroc. Flore, écologie, intérêt pastoral et production de liège. Rabat, Maroc : Editions ENFI.
- **Acherar, M., Rambal, S., & Lepart, J. (1984).** Évolution des potentialités morphogénétiques du chêne kermès (*Quercus coccifera* L.) en fonction de l'âge et des conditions écologiques. *Acta Oecologica*, 5(14), 3-18.
- **AFNOR (Association Française de Normalisation). (2005).** Qualité des sols - Reconnaissance et essais - Détermination de la conductivité électrique - Méthode de laboratoire. Norme NF ISO 11265+A1. Paris : AFNOR.
- **Al Bitar, A., 2007.** Modélisation des écoulements en milieu poreux hétérogènes 2D / 3D, avec couplages surface / souterrain et densitaires. Thèse de Doctorat, INP Toulouse, France.
- **ALADOS, C. L. et EL AICH, A. (1997).** *Assessment of the role of urban agriculture in food security: The case of Algiers.* FAO, Rome.
- **Baize D., 2000.** Guide des analyses en pédologie, choix-expression, présentation interprétation. 2ème Ed INRA, Paris, 257p.
- **Barbero, M., Loisel, R., & Quézel, P. (1992).** Biogeography, ecology, and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio*, 99-100(1), 19-34.
- **Benyelles othmane abdelhak, Bezzou abdelkader, 1993.** Contribution à l'étude du dosage de la matière minérale : Phosphore, fractions phosphorées (Acide pythique), calcium et magnésium chez les glands de chêne vert, chêne liège et chêne kermès. Mémoire de fin d'études supérieures en Biologie. Université de Tlemcen, 87p.
- **BERKAI, A. (1995).** Lexique de la linguistique. Alger: Éditions ANEP.

Biology and Biochemistry, 27(7), 925-934.
- **Boudy P., 1955.** Economie forestière Nord-africaine. Monographie et traitement des essences forestières de l'Algérie et de la Tunisie. Tome II, fascicule I. Edition Larousse. Paris V, 525p.
- **Boulaine J., 1989.** Histoire Des Pédologues Et De La Science Du Sol. Ed. INRA. 285 P.
- **BOURRIE, G. (1976).** "Relations entre le pH, l'alcalinité et des équilibres de CO₂ dans les eaux naturelles." *Science du Sol*, 3: 145-159.
- **Calvet R., 2003.** Le Sol Propriétés Et Fonctions. Tome 1 : Constitution Et Structure, Phénomènes Aux Interfaces. Ed. France Agricole. 456 P.

- **Camus A., 1954.** Les chênes. Monographie du genre Quercus, sous-genre Eu quercus (sections Protobalanus et Erythrobalanus). Tome III. Edition Paul Lechavalier, Paris (France), 154p.
- **Carrillo Avila., 1995.** Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique-Arbaoui Abdellah, Mémoire de Master en Hydraulique, Etude de l'impact de la qualité des eaux d'irrigation sur la fertilité du sol, la plante et le rendement des systèmes d'irrigation, Année 2014, Melle Terchi Sara, p18.
- **Chapin, F. S., Matson, P. A., & Mooney, H. A. (1997).** Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer.
- **Dajoz, R.2000-**Précis d'écologie.7eme edition, Dunod, Paris pp 615.
Dans les eaux naturelles. Science du Sol, 3, 145-159.
- **Duchaufour P., 1984.** Abrégés De Pédologie. Ed. Masson. Paris, 220 P.
- **DUCHAUFOUR, P. (1997).** Abrégé de pédologie : Sol, végétation, environnement. 5e édition. Paris : Masson. 291 p.
- **Duchaufour, P. (1997).** Abrégé de pédologie : Sol, végétation, environnement.
- **Duchaufour, P., 2004.** Introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement. Ed. Dunod, Liège, Belgique.
- **Duplan, L. (1952).** La région de Bougie. 19ème congrès Géol. Intern. Mong. Rég. , 1er Série, 17. Alger. 45p.
- **Duplan, L. et Grevelle, M. (1960).** Notice explicative de la carte géologique au 1/50.000ème Bougie. Pub. Serv. Carte géol. De l'Algérie, Alger.
- **ELZEIN, A., & BALESSENT, J. (1995).** "Dynamics of organic matter in soils." *Soil Biology and Biochemistry*, 27(7), 925-934.
- **Elzein, A., & Balesdent, J. (1995).** Dynamics of organic matter in soils. Soil
- **Galzi D., 1978 :** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. Edition : Bordas, Paris. PP : 53-90.
- **Garcia, C., Roldan, A., & Hernandez, T. (2002).** Ability of different plant species
- **Gaston Bonnier, 1987.** Flore complète de France, Suisse et Belgique. (Collection des nouvelles flores). Ed. Belin, Paris. Tome 10, 458p.
- **Gégout, J.-C., Jabiol, B., & Drapier, J. (2005).** "Distribution et caractère bio-indicateur des espèces végétales forestières françaises vis-à-vis du sol et du climat." *Revue Forestière Française*, 57(5), 568-580.
- **Gobat J M., Argno M., Mathey W., 2010.** Le Livre (Le Sol Vivant: Base De Pédologie Et Biologie Des Sols). 3eme Edition Revue Et Augmentée P150-165/2010 .

- **Guiraud J.P., et Galzy D., 1980:** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. Nouveau tirage, collection: Génie Alimentaire. Edition de l'Usine.
- **Hillel D., 1982.** Introduction To Soil Physics. Ed. Academic Press. New York, USA, 364P.
- **Legros, J.P. 2007.** Les Grands Sols Du Monde. Ed. Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes. Lausanne, 574 P.
- **Lo Gullo, M. A., & Salleo, S. (1991).** Three different methods for measuring xylem cavitation and embolism: a comparison. *Annals of Forest Science*, 46(2), 73-80.
- **Lttge U., Kluge M. et Bauer G. 2002.** La botanique 3^Ème Edition. Lavoisier, Paris.
- **Lutzoni F et al.,** in Assembling the fungal tree of life: progress, classification, and evolution of subcellular traits. *Am. J. Bot.*, 91: 1446–1480.
- **Maire R., 1961.** Flore de l'Afrique du Nord. Volume VII. Edition Paul Lechevalier, Paris, 700p.
- **Marschner, H. (1995).** Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Mediterranean basin. *Vegetatio*, 87(2), 151-173.
- **Meziane M., 1990.** Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle du gland, possibilité de son incorporation dans l'alimentation. Mémoire d'ingénieur en Biologie. Université de Tizi-Ouzou, 69p.
- **NAKASHIMA, K., SATOH, R., & KIYOSUE, T. (2016).** "Adaptation of *Quercus coccifera* to thermal stress." *Journal of Mediterranean Ecology*.
- **Nardini, A., Gullo, M. A. L., & Salleo, S. (2016).** Water stress tolerance of *Quercus ilex*, *Q. suber*, and *Q. coccifera* in a Mediterranean mixed forest. *Annals of Forest Science*, 59(3), 155-162.
- **Ozenda P., 2000.** La végétale organisation et diversité biologique. 2eme Edition, Masson. Paris. P : 516.
- **Papanikolaou, S., Quilty, B., & Tzirita, M. (2007).** "Enhanced fat degradation following the addition of a *Pseudomonas* species to a bioaugmentation product used in grease traps." *Journal of Environmental Management*, 85(3), 569-577.
- **Quezel P., 1976.** Les chênes sclérophylles en région méditerranéenne. n°35.
- **Quézel, P. & Médail, F. (2003).** *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Paris : Elsevier, Collection Environnement, 573 p.
- **Quézel, P., & Médail, F. (2003).** Ecology and biogeography of Mediterranean ecosystems. Springer.
- **Rebbas K (2014).** Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National de Gouraya et des sites d'intérêt biologique et écologique de la région de Béjaïa : Etude phytosociologique. Thèse de doctorat, Université de Sétif (Algérie). p96.
- **RODIER, J., LEGUBE, B., MERLET, N. (2009).** L'analyse de l'eau (9e édition). Paris : Dunod. 1600 p.

- **Sayen, S. et Guillon, E., 2010.** Transfert des produits phytosanitaires : du sol à l'eau. Techniques de l'ingénieur, référence AF6820.
- **Soltner D 2004.** Distribution Liquid Et Voie Métabolique Chez Quatres Bactéries Gramnégative Hydrocarbonoclaste. Variation En Fonction De Sources De Carbone. Docteur De L'université PARIS 6.
- **Somon E., 1988.** Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie. Ed. O.P.U., Alger, 37- 41.
- Sweden. Canadian Journal of Botany 73, 13231335.
- **Tair I., 2016.** Adaptation du chêne kermès à la contrainte thermique par les marqueurs biochimiques. Mémoire de master. Ecologie et environnement. Gestion Durable des Ecosystèmes et Protection de l'Environnement. 55 p.
- **Thanos, P. K., Jansen, H. T., & Heller, A. (1996).** "The role of dopamine in the regulation of food intake: A review." *Physiology & Behavior*, 60(4), 1031-1040.
- to promote microbiological processes in semiarid soil. *Applied Soil Ecology*,
- **USDA., 1975.** Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys Washington DC.
- **USDA., 1996.** Indicators for soil quality evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service, April 1996. www.nssc.nrcs.usda.gov
- **Yousfi D, Hémran H. (2017).** Carthographie et évaluation de l'état de la population de Buplèvre à feuille de plantain *Bupleurum plantagineum* Desf. Dans le Parc National de Gouraya après l'incendie de l'été 2016 (Nord-est Algérien). Mémoire de master biologie de la conservation et développement durable : université de Béjaia.52 P.

ملخص:

عملنا عبارة عن مساهمة تركز على التحليل الفيزيائي والكيميائي للتربة ودراسة جذور البلوط القرمزي (*Quercus coccifera L.*) في منتزه قورايا الوطني في الجزائر. يلعب بلوط كيرميس، أحد الأنواع الرئيسية في النظم البيئية في البحر الأبيض المتوسط، دورًا حاسمًا في تثبيت التربة والحفاظ على التنوع البيولوجي. يتكيف مع الظروف المناخية القاحلة، ويزدهر في التربة الجيرية التي غالبًا ما تكون فقيرة بالعناصر الغذائية.

وكشفت الدراسة أن التربة الموجودة تحت البلوط القرمزي تحتوي على درجة حموضة أساسية قليلاً، وهي مناسبة لنمو الأنواع. محتوى المادة العضوية، على الرغم من أنه معتدل، يكفي لدعم النشاط الميكروبي الضروري لخصوبة التربة. تشير مستويات الرطوبة المقاسة إلى تكيف بلوط القرمس مع ظروف الجفاف النموذجية في مناطق البحر الأبيض المتوسط، في حين تشير الموصلية الكهربائية إلى تمعدن معتدل للتربة، متوافق مع التوزيع الجيد للعناصر الغذائية.

وأبرز تحليل الجذور أهمية التفاعلات بين جذور البلوط القرمزي والخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة، مما سلط الضوء على قدرة الأنواع على الحفاظ على نموها في الظروف البيئية الصعبة. تساهم هذه النتائج في فهم أفضل للآليات البيئية الكامنة وراء مرونة النظم البيئية في البحر الأبيض المتوسط وتقدم وجهات نظر للإدارة المستدامة لهذه البيئات.

الكلمات المفتاحية :

التحليل الفيزيائي-الكيميائي للتربة , منطقة الجذور (الجذور المحيطة) , شجرة البلوط الكرمي (*Quercus coccifera L.*) , الحديقة الوطنية غورايا الجزائر , التربة الجيرية , النظم البيئية المتوسطة , تثبيت التربة , التنوع البيولوجي , التربة الجيرية , المغذيات , درجة الحموضة القلوية الإدارة المستدامة للبيئات , المادة العضوية , النشاط الميكروبي , معدلات الرطوبة التوصيلية الكهربائية , مرونة النظم البيئية

Résumé

Notre travail est une contribution qui porte sur l'analyse physico-chimique des sols et l'étude de la rhizosphère du chêne kermès (*Quercus coccifera* L.) dans le Parc National de Gouraya, en Algérie. Le chêne kermès, une espèce clé des écosystèmes méditerranéens, joue un rôle crucial dans la stabilisation des sols et la conservation de la biodiversité. Adapté aux conditions climatiques arides, il prospère sur des sols calcaires souvent pauvres en nutriments.

L'étude a révélé que les sols sous le chêne kermès présentent un pH légèrement basique, favorable à la croissance de l'espèce. La teneur en matière organique, bien que modérée, est suffisante pour soutenir une activité microbienne essentielle à la fertilité du sol. Les taux d'humidité mesurés indiquent une adaptation du chêne kermès aux conditions de sécheresse typiques des régions méditerranéennes, tandis que la conductivité électrique suggère une minéralisation modérée des sols, compatible avec une bonne répartition des nutriments.

L'analyse de la rhizosphère a mis en évidence l'importance des interactions entre les racines du chêne kermès et les propriétés physico-chimiques du sol, soulignant la capacité de l'espèce à maintenir sa croissance dans des conditions environnementales difficiles. Ces résultats contribuent à une meilleure compréhension des mécanismes écologiques qui sous-tendent la résilience des écosystèmes méditerranéens et offrent des perspectives pour la gestion durable de ces environnements.

Mots clés : Analyse physico-chimique des sols, Rhizosphère , Chêne kermès (*Quercus coccifera* L.)

Parc National de Gouraya, Algérie, Écosystèmes méditerranéens, Stabilisation des sols, Biodiversité

Sols calcaires, Nutriments, pH basique, Matière organique, Activité microbienne, Taux d'humidité,

Adaptation à la sécheresse, Conductivité électrique, Minéralisation des sols, Résilience des écosystèmes

Gestion durable des environnements.

Abstract

Our work is a contribution that focuses on the physicochemical analysis of soils and the study of the rhizosphere of the kermes oak (*Quercus coccifera* L.) in the Gouraya National Park, Algeria. The kermes oak, a key species in Mediterranean ecosystems, plays a crucial role in soil stabilization and biodiversity conservation. Adapted to arid climatic conditions, it thrives in calcareous soils that are often nutrient-poor.

The study revealed that the soils under the kermes oak exhibit a slightly basic pH, favorable for the growth of the species. Although the organic matter content is moderate, it is sufficient to support microbial activity essential for soil fertility. The measured moisture levels indicate an adaptation of the kermes oak to the drought conditions typical of Mediterranean regions, while electrical conductivity suggests moderate soil mineralization compatible with good nutrient distribution.

The analysis of the rhizosphere highlighted the importance of interactions between the roots of the kermes oak and the physicochemical properties of the soil, emphasizing the species' ability to maintain its growth under challenging environmental conditions. These results contribute to a better understanding of the ecological mechanisms underlying the resilience of Mediterranean ecosystems and offer perspectives for sustainable management of these environments.

Key words: Physicochemical analysis of soils, Rhizospher , Kermes oak (*Quercus coccifera* L.), Gouraya National Park, Algeria, Mediterranean ecosystems, Soil stabilization, Biodiversity, Calcareous soils, Nutrients, Basic pH, Organic matter, Microbial activity, Moisture levels, Drought adaptation, Electrical conductivity, Soil mineralization, Ecosystem resilience, Sustainable environmental management.