



LECGEN
علم البيئة و تسيير النظم البيئية الطبيعية
Ecology and Management Laboratory of Natural Ecosystems
Laboratoire d'Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMEN
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Science de la Terre et de l'Univers
Département d'Écologie et Environnement

MÉMOIRE

Présenté par

BELOUFA Hadjer

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

Filière : Écologie et Environnement

Spécialité : Écologie Végétale et Environnement

Thème

**Caractérisation physico-chimique de quelques
sols du matorral**

Soutenu le : -09-2023

Devant le jury composé de :

Dr. MERZOUK Abdessamad	Professeur	Encadrant
Dr. MEZIANE Hassiba	Professeur	Président
Dr. AINAD TABET Mustapha	MCA	Examineur

Année universitaire 2022/2023



Remerciements



Sincères remerciements et louanges à Dieu Tout-Puissant qui m'a inspiré la force, la confiance, la patience et le courage pour mener à bien ce travail.

Je tiens à remercier particulièrement mon encadreur, Professeur « MERZOUK Abdessamad » à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers, de l'Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury :

Madame la présidente Professeure « MEZIANE Hassiba » qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de mémoire.

Monsieur le Docteur « AINAD TABET Mustapha » Maître de conférences classe A d'avoir accepté d'examiner mon mémoire et je lui offre mes remerciements particuliers pour son aide dans la partie pratique.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude et remerciements à « Mme BOUABDELLAH Nadia » l'ingénieur de laboratoire pour sa gentillesse envers nous et pour son assistance en répondant à tous nos besoins.

Je tiens également à remercier « Mr. BENSNOUCI Abdelkader » de m'avoir aidé tout au long de ma période de travail au laboratoire, dans toute la pratique.

Enfin je remercie mes parents, ma famille et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à accomplir ce travail.





Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes que
j'aime et en particulier :*

*À mes très chers parents symbole d'amour et de tendresse,
en reconnaissance à leurs divers sacrifices, à leurs précieux
conseils, à leurs soutiens moraux et à leurs
encouragements, je les remercie du fond du cœur d'être
présents pour moi, Que Dieu vous garde.*

Mes sœurs et mon frère

À ma famille

À tous mes professeurs

À tous mes amis

À toutes les personnes qui m'aiment



Résumé

Thème : Caractérisation physico-chimique de quelques sols du matorral.

Dans ce mémoire nous sommes intéressés sur les caractéristiques physico-chimiques de quelques sols du matorral à partir de deux stations de la Wilaya de Tlemcen à savoir Zarifat et Hafir dans l'objectif de voir les variations de la composition de ces sols, et d'un autre côté d'analyser son influence sur la dynamique de la végétation.

En tant que synthèse climatique on a conclu que le régime saisonnier des précipitations dans les deux forêts a changé au fil du temps, passant de type PHAE dans les deux forêts au type HPAÉ dans Zarifat, tandis qu'il est resté de type PHAE dans Hafir. Le type de climat des deux stations durant les deux périodes est climat semi-continentale. Ainsi que l'étage bioclimatique a également changé au fil du temps, passant du sub-humide à hiver frais dans les deux forêts au semi-aride à hiver frais.

On est réalisé l'étude avec 4 échantillons (2 échantillons de chaque région) prélevés à la surface du sol, et les analyses qu'on est effectuées sur chaque échantillon étaient : granulométrique, détermination de la couleur du sol, le dosage de calcaire, la mesure du pH et la mesure de la matière organique particulaire du sol.

Les résultats qu'on a trouvé ont montré que le sol des deux stations a une texture Limono-sableuse, sa couleur selon MUNSELL dans Zarifat 10YR 5/4 et de Hafir 10YR 4/3, ce sont des sols non calcaire, voir peu calcaire, avec pH moyennement basique et taux de MOP plus élevé dans la forêt de Hafir que dans la forêt de Zarifat.

Les actions humaines et le changement climatique, qui ont provoqué de multiples catastrophes et problèmes environnementaux, ont contribué à affecter négativement le sol et donc les plantes, les organismes qui y vivent.

Mots clés : Sol – Paramètres physico-chimiques – Zarifat – Hafir – Matorral – Tlemcen.

Abstract

Theme : Physico-Chemical Characterization of Some Matorral Soils.

In this study, we focused on the physico-chemical characteristics of several Matorral soils from two stations in the Tlemcen region, namely Zarifat and Hafir. The objective was to observe the variations in soil composition and analyze its influence on vegetation dynamics.

As a climate synthesis, it is concluded that the seasonal precipitation patterns in both forests have changed over time. They shifted from a Mediterranean-type climate with dry summers (SpWAS) in both forests to a Mediterranean climate with dry summers and autumn precipitation (WSpAS) in Zarifat, while remaining a Mediterranean-type climate with dry summers (SpWAS) in Hafir. The climate type for both stations during both periods is semi-continentale. Additionally, the bioclimatic stage has also changed over time, transitioning from sub-humid with cool winters in both forests to semi-arid with cool winters.

The study was conducted with 4 soil samples (two from each region) collected from the soil surface. The analyses performed on each sample included particle size distribution, soil color determination, limestone content assessment, pH measurement, and measurement of soil particulate organic matter.

The results that we found showed that the soil of the two stations has a loamy-sandy texture, its color according to MUNSELL in Zarifat 10YR 5/4 and Hafir 10YR 4/3, these are non-calcareous soils, even slightly calcareous, with moderately basic pH and higher MOP rate in the Hafir forest than in the Zarifat forest.

Human activities and climate change, which have caused multiple disasters and environmental problems, have contributed to negatively impacting the soil and therefore the plants and organisms that inhabit it.

Keywords : Soil – Physico-chemical parameters – Zarifat – Hafir – Matorral – Tlemcen .

ملخص

الموضوع: التوصيف الفيزيائي والكيميائي لبعض الترب الماتورالية.

نهتم في هذه الأطروحة بالخصائص الفيزيائية والكيميائية لبعض الترب الماتورالية من محطتين بولاية تلمسان وهما زريفات وحفير بهدف رؤية الاختلافات في تكوين هذه الترب، ومن جانب آخر بتحليل تأثيرها على ديناميكيات الغطاء النباتي. كخلاصة للدراسة المناخية، نستنتج أن نمط الهطول الموسمي في الغابيتين تغير مع مرور الوقت، حيث تغير من نوع (ر ش خ ص) في كلتا الغابيتين إلى نوع (ش ر خ ص) في زريفات، في حين بقي من نوع (ر ش خ ص) في حفير. ونوع مناخ المحطتين خلال الفترتين هو مناخ شبه قاري. وكذلك تغيرت المرحلة المناخية الحيوية أيضاً مع مرور الوقت، من شبه رطب مع شتاء بارد في كلتا الغابيتين إلى شبه جاف مع شتاء بارد. أجريت الدراسة على 4 عينات (2 ع من كل منطقة) مأخوذة من سطح التربة، وكانت التحاليل التي أجريت على كل عينة هي: الحجم الحبيبي، تحديد لون التربة، قياس نسبة الحجر الجيري، قياس الرقم الهيدروجيني (pH) وقياس المواد العضوية الجسيمية في التربة. أظهرت النتائج التي توصلنا إليها أن تربة المحطتين ذات قوام طمي رملي، ولونه حسب مونسيل في زريفات 10 YR 5/4 وحفير 10 YR 3/4، وهي تربة غير كلسية، إلى كلسية قليلاً. مع درجة حموضة أساسية معتدلة ومعدل MOP أعلى في غابة حفير أكثر من غابة زريفات. لقد ساهمت تصرفات الإنسان وتغير المناخ، التي تسببت في كوارث ومشاكل بيئية متعددة، في التأثير سلباً على التربة وبالتالي على النباتات والكائنات الحية التي تعيش فيها.

الكلمات المفتاحية : التربة – العوامل الفيزيوكيميائية – زريفات – حفير – ماتورال – تلمسان .

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Introduction Générale1

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I.1	Généralité sur le sol	5
I.1.1	Définitions de sol	5
I.1.2	Propriétés physico-chimiques du sol	5
I.1.2.1	Propriétés physiques d'un sol	5
I.1.2.1.1	Structure	5
I.1.2.1.2	Texture	6
I.1.2.1.3	Humidité ou la rétention de l'eau	7
I.1.2.1.4	Porosité	7
I.1.2.1.5	Couleur du sol	8
I.1.2.2	Propriétés chimiques d'un sol	8
I.1.2.2.1	pH du sol	8
I.1.2.2.2	Conductivité électrique du sol (CE)	9
I.1.2.2.3	Calcaire	9
I.1.2.2.4	Matière organique	10
I.1.2.2.5	Capacité d'échange cationique (CEC)	11
I.1.3	Propriétés biologiques	11
I.1.3.1	Micro-organismes	12
I.1.3.2	Faune du sol	12

I.1.3.3	Flore du sol	12
I.2	Matorral des monts de Tlemcen	12

Chapitre II : Milieu Physique

II.1	Situation géographique de la région d'étude	15
II.2	Topographie et relief	17
II.3	Aperçu géologique et Géomorphologique	18
II.4	Réseau hydrographique	19
II.4.1	Oueds	20
II.4.2	Sources	20
II.5	Aperçu Pédologique (Sols)	20
II.6	Facteurs biotiques	21
II.7	Étude du climat	23
II.7.1	Introduction	23
II.7.2	Données climatiques	24
II.7.2.1	Précipitations	24
II.7.2.2	Températures	26
II.7.3	Autres facteurs climatiques	29
II.7.3.1	Vent	29
II.7.3.2	Humidité	29
II.7.3.3	Neige	30
II.7.4	Synthèse climatique	30
II.7.4.1	Indice de continentalité ou Amplitude thermique extrême moyenne (M-m) .	30
II.7.4.2	Indice de sécheresse estivale	31
II.7.4.3	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS ET GAUSEN (1953)	31
II.7.4.4	Quotient pluviothermique et climagramme d'EMBERGER (Q ₂)	33

Chapitre III : Matériel et Méthodes

III.1	Sur le terrain	36
III.1.1	Matériel utilisé pour l'échantillonnage	36
III.1.2	Choix des stations et méthode d'échantillonnage	36
III.2	Au laboratoire	38
III.2.1	Matériel utilisé dans le laboratoire	38
III.2.2	Méthodologie au laboratoire	39

III.2.2.1	Préparation des échantillons de sol	39
III.2.2.2	Analyse granulométrique	39
III.2.2.3	Couleur du sol	41
III.2.2.4	Dosage de calcaire	42
III.2.2.5	Mesure du pH (l'acidité du sol)	43
III.2.2.6	Mesure de la matière organique particulaire du sol (MOP)	44

Chapitre IV : Résultats et Discussion

IV.1	Analyse granulométrique et la texture	47
IV.2	Couleur du sol	49
IV.3	Dosage de calcaire	51
IV.4	Mesure du pH du sol	51
IV.5	Mesure de la matière organique particulaire du sol (MOP)	52
Conclusion	56
Références Bibliographiques	59

Liste des Abréviations

E : Echantillon.

P : Précipitation.

T : Températures.

M : Moyenne des températures maximales.

m : Moyenne des températures minimales.

Q₂ : Quotient pluviothermique et climagramme d'EMBERGER.

(Is) : Indice de sécheresse estivale.

PHAÉ : Printemps, Hiver, Automne, Été

V : Volume.

P : Poids.

MOP : Matière Organique Particulaire.

MO : Matière Organique

MOS : Matière Organique du Sol

pH : Potentiel Hydrogene

K° : Kelvin.

C° : Degré Celsius.

Liste des Figures

Figure 1 : Triangle textural du GEPPA renseigné en classes de stabilité structurale (d'après MONNIER et STENGEL, 1982)	6
Figure 2 : L'échelle internationale d'Atterberg de la classification de la terre fine.	6
Figure 3 : Triangle des textures du sol (USDA, 1975).....	7
Figure 4 : Localisation géographique de la station de Zarifet et de Hafir.	17
Figure 5 : Localisation géographique de la station de Zarifet et de Hafir (Google Maps 2023).	17
Figure 6 : Carte géologique du Nord-Ouest de l'Algérie (CORNET et AYMÉ 1952).....	19
Figure 7 : Moyennes mensuelles des précipitations de l'ancienne et la nouvelle période des deux stations.....	25
Figure 8 : Les changements saisonniers des précipitations en (mm) pendant deux périodes des deux stations.....	26
Figure 9 : Moyennes mensuelles, moyennes maximales et minimales des températures de l'ancienne et la nouvelle période de la station de Zarifet.	27
Figure 10 : Moyennes mensuelles, moyennes maximales et minimales des températures de l'ancienne et la nouvelle période de la station de Hafir.	28
Figure 11 : Courbes graphique de comparaison entre les températures moyennes mensuelles de l'ancienne et de la nouvelle période des deux stations.	29
Figure 12 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS ET GAUSSEN de la station de Zarifet des deux périodes.....	32
Figure 13 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS ET GAUSSEN de la station de Hafir des deux périodes.	32
Figure 14 : La position des deux stations dans le climagramme d'Emberger.	34
Figure 15 : Guide pour la notation visuelle de la densité de la MOP du sol.	45
Figure 16: L'emplacement de chaque échantillon sur le triangle des textures.....	48

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Les classes des types du pH des sols selon les normes (DIAEA/DRHA/SEEN, 2008).....	9
Tableau 2 : L'échelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT, 1978).	9
Tableau 3 : Echelle d'interprétation de calcaire total (BAIZE, 2000).	10
Tableau 4 : Répartition des classes des sols selon la teneur en matière organique (HAFOUA, 2005).	11
Tableau 5 : Coordonnées géographiques des deux stations d'étude.	16
Tableau 6 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles en (mm) pendant deux périodes des deux stations.	25
Tableau 7 : Régime saisonnier des précipitations en (mm) pendant deux périodes des deux stations.	26
Tableau 8 : Températures moyennes, moyennes maximales et minimales mensuelles et annuelles en (C°) pendant deux périodes de la station de Zarifet.	27
Tableau 9 : Températures moyennes, moyennes maximales et minimales mensuelles et annuelles en (C°) pendant deux périodes de la station de Hafir.	28
Tableau 10 : Classification climatiques selon l'indice de continentalité.	30
Tableau 11 : Indice de continentalité des deux stations pendant deux périodes.....	31
Tableau 12 : Indice de sécheresse estivale des deux stations pendant deux périodes.....	31
Tableau 13 : Classifications des zones bioclimatiques en fonction de Q2.....	33
Tableau 14 : Étage bioclimatique des deux stations pendant deux périodes.....	33
Tableau 15 : Un tableau qui rassemble tous les résultats des analyses physico-chimiques des 4 échantillons des 2 stations.....	47
Tableau 16 : Les résultats de l'analyse granulométrique.....	47
Tableau 17 : La couleur des sols des échantillons d'après le code de MUNSELL.	49
Tableau 18 : Le pourcentage de calcaire dans chaque échantillon.	51
Tableau 19 : La valeur du pH pour chaque échantillon.	51
Tableau 20 : Les résultats de l'évaluation qualitative et quantitative de la matière organique particulaire du sol.	52

Liste des Photos

Photo 1 : Des lichens de la station de Hafir (BELOUFA, 2023).	22
Photo 2 : Station de Zarifet (BELOUFA, 2023).	36
Photo 3 : Station de Hafir (BELOUFA, 2023).....	36
Photo 4 : Emplacement de l'échantillon 1 (BELOUFA, 2023).	37
Photo 5 : Emplacement de l'échantillon 2 (BELOUFA, 2023).	37
Photo 7 : Emplacement de l'échantillon 4 (BELOUFA, 2023).	37
Photo 6 : Emplacement de l'échantillon 3 (BELOUFA, 2023).	37
Photo 8 : Quelques matériels utilisés au laboratoire (BELOUFA, 2023).....	38
Photo 9 : Les échantillons de sol qui sèchent (BELOUFA, 2023).....	39
Photo 10 : Le tamisage du sol et la séparation de la terre fine des éléments grossiers (BELOUFA, 2023).	39
Photo 11 : Chauffer le mélange pour le disperser (BELOUFA, 2023).	40
Photo 12 : La sédimentation (BELOUFA, 2023).....	41
Photo 13 : les échantillons après leur Sédimentation (BELOUFA, 2023).	41
Photo 14 : La méthode d'utilisation de code de MUNSELL (BELOUFA, 2023).	41
Photo 15 : L'utilisation du Calcimètre de Bernard dans l'expérience du Carbonate de calcium (CaCO ₃) pur (BELOUFA, 2023).....	42
Photo 16 : L'utilisation du Calcimètre de Bernard dans l'expérience du la terre fine (le sol) (BELOUFA, 2023).	43
Photo 18 : L'utilisation du pH-mètre (BELOUFA,2023).....	44
Photo 17 : Agitation du mélange (sol-eau) (BELOUFA, 2023).	44
Photo 19 : La position d'E1 et E2 dans le livre de couleurs de sol MUNSELL (BELOUFA, 2023).....	49
Photo 20 : La position d'E3 et E4 dans le livre de couleurs de sol MUNSELL (BELOUFA, 2023).....	50

Introduction Générale

Introduction Générale

Le monde méditerranéen est un véritable puzzle, tant par sa forme extrêmement dispersée et hétérogène, que par sa géologie, qui est évidemment l'une des régions les plus complexes du monde (**QUEZEL et MEDAIL, 2003**).

La région méditerranéenne possède une grande diversité de sols en raison des nombreux facteurs naturels qui influencent leur formation et leur distribution, tels que le climat, la végétation, la géologie, la physiographie, la lithologie et les actions anthropiques (**BENSOUNA, 2014**).

La majorité des forêts méditerranéennes ne sont pas des systèmes équilibrés, mais plutôt des systèmes adaptatifs qui répondent efficacement aux différentes contraintes présentes dans leur environnement. En conséquence, ces forêts peuvent facilement s'adapter aux changements dans leur dynamique, leur structure et dans l'architecture des peuplements qu'ils peuvent fournir (**BARBERO et QUEZEL, 1989**).

D'après **BONIN et LOISEL(1996)**, dans la région méditerranéenne, tous les environnements sont plus ou moins impactés par l'activité humaine, de sorte qu'ils sont considérés comme naturels dégradés a priori.

Il est probable que les matorrals, ils recouvrent plus de la moitié de la région méditerranéenne (**LE HOUEROU et POPOV, 1981**), occupent d'immenses étendues de silice en Afrique du Nord. Ils constituent de nombreux groupements végétaux qui forment les structures de végétation les plus remarquables du Maghreb en raison de leur grande richesse floristique (**QUEZEL, 2000**).

Dans la région de Tlemcen en Algérie, le patrimoine forestier a subi une régression constante depuis plusieurs décennies, comme c'est également le cas dans d'autres zones méditerranéennes. Cette régression est due à une combinaison entre les activités humaines (déboisement, surpâturage) et les facteurs climatiques (sécheresse prolongée, ...etc). Cette dégradation du capital floristique a entraîné une transformation des structures forestières qui ont été remplacées par des matorrals clairsemés (**BENABADJI et al, 2001**).

Les forêts des Monts de Tlemcen ont subi une dégradation permanente due à plusieurs facteurs tels que le surpâturage, les incendies et les défrichements. Ces activités ont créé une dynamique régressive qui a affecté les forêts de la région (**BESTAOU, 2009**).

Les sols du bassin méditerranéen sont caractérisés par leur grande diversité, leur fragilité naturelle et leur exposition à des conditions climatiques sévères de plus, lorsqu'ils présentent des propriétés physiques ou chimiques favorables, ils assujettissent à une forte pression anthropique (**GOBAT et al, 2003**).

L'étude du sol est une discipline appelée pédologie ou science du sol (soil science), dont le fondateur fut le géologue russe DOKOUTCHAEV à la fin du 19ème siècle.

Le sol est un milieu fragile et très complexe, trop longtemps considéré comme un simple support de l'agriculture (**NOUMEUR, 2008**).

Le sol est un élément essentiel du milieu naturel attaché à la structure, le modelé, la végétation, le climat et l'activité humaine. Son évolution, qui est étroitement liée à celle de ces différents facteurs de sa formation, reflète l'évolution passée et présente de ce milieu naturel et témoigne de son équilibre (**BENCHETRIT, 1956**).

Le sol est une ressource intrinsèquement non renouvelable, mais c'est aussi un système hautement dynamique qui remplit de plusieurs fonctions cruciales à l'activité humaine et à la survie des écosystèmes. Il cohabite les racines des plantes, des animaux et des micro-organismes et il est composé d'accumulations complexes de minéraux, de matières organiques, de gaz et d'eau. Dans ce système, les phénomènes de décomposition et de synthèse se produisent simultanément (**KERROMI et SAADAOUI, 2017**).

Les sols sont des systèmes complexes, multiphasiques et hétérogènes, incluant l'air, l'eau et les solides (tels que le sable, le limon, l'argile, la matière organique, les nutriments, etc). De plus, les sols sont des milieux ouverts et dynamiques qui échangent de la matière et de l'énergie avec l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère (**SPOSITO, 1997**). Le sol joue un rôle fondamental dans les écosystèmes en raison des nombreux phénomènes irréversibles qui s'y produisent. Ces phénomènes sont à l'origine de la fonction environnementale ou écologique du sol (**CALVET, 2013**).

Les plantes trouvent leur nourriture et les conditions nécessaires à leur croissance dans le sol, qui est un matériau plus ou moins friable et dans lequel elles s'enracinent (**HILCARD, 1914**). Selon **DUCHAUFOUR (1997)**, le sol est à la fois une réserve de nutriments et un environnement stable pour l'activité biologique.

Selon **OZENDA (1954)**, le sol est un élément essentiel de l'environnement qui régule la distribution de la végétation. Son développement est influencé par la nature de la roche-mère, la topographie et les caractéristiques climatiques de la région.

Alors que **BENABADJI (1988)**, de son côté, précise que le sol peut jouer un rôle de facteur de compensation au niveau des précipitations.

Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques définissent la nature et les propriétés générales d'un sol. Bien que certaines de ces caractéristiques puissent être déterminées de manière approximative sur le terrain, mais une étude pédologique approfondie nécessite un ensemble d'analyses détaillées effectuées en laboratoire (**GUEZOULI, 2017**).

La qualité d'un sol se définit clairement par sa capacité à fonctionner (**KARLEN et al, 1997**), elle est influencée par de multiples facteurs intrinsèques au sol, à l'écosystème ou d'origines anthropiques. Les principales définitions actuelles de la qualité des sols sont basées sur les notions de fertilité, de productivité, de durabilité des ressources et de qualité environnementale (**GROS, 2002**). Les indicateurs qui permettent d'évaluer les qualités d'un sol sont ses diverses propriétés (**DITZLER et al, 2002**). Les relations intimes établis entre le sol et l'écosystème terrestre lui fait jouer un rôle important dans la régulation des processus

écologiques. Par conséquent, il est logique de considérer la qualité du sol comme une composante importante d'un écosystème sain (**GROS, 2002**).

Plusieurs facteurs pédologiques, ont une influence sur la distribution de la végétation. Parmi eux, la texture, la salinité, la concentration de calcaire et de gypse, l'hydromorphie, la réserve en eau utilisable et la teneur en matière organique présente dans le sol (**HALITIM, 1985**).

La perméabilité de la surface du sol dépend principalement de la structure de sa couche superficielle ainsi que la stabilité de cette structure sous l'action érosive des gouttes de pluie. Cette stabilité structurale dépend de la texture du sol (sols limoneux, particulièrement fragiles), on mentionne aussi que l'humus et divers cations tels que le calcium sont également cités comme stabilisants (**CORPEN, 2007**).

La pente d'un terrain a un impact direct sur la vitesse du ruissellement de l'eau, mais a un effet secondaire sur la proportion d'eau de pluie qui s'écoule. En revanche, elle joue un rôle important dans l'évacuation rapide de l'eau excédentaire du sol par écoulement subsuperficiel (**CORPEN, 2007**).

La présence de végétation permet de protéger le sol des effets destructeurs de la pluie, ce qui contribue au maintien de sa perméabilité de surface. Cependant, une faible teneur en argile et en humus peut entraîner une stabilité structurale insuffisante, conduisant à la dégradation de la surface du sol par l'érosion. Les sols riches en limons et/ou en sables fins sont particulièrement plus sensibles, car les limons ont une faible cohésion et sont facilement emportés par le ruissellement en raison de leur petite taille, tandis que les sables fins ont une cohésion encore plus faible, bien que les sables grossiers aient une très faible cohésion, mais leur taille plus importante les rend moins susceptibles d'être transportés par les eaux de ruissellement (**UNICE, 2008**).

Il est couramment admis qu'une teneur en argile optimale se situe dans une fourchette approximative de 15% à 30-40%. En dessous de 15%, la stabilité structurale du sol est relativement faible, ce qui le rend facilement érodable, au-delà d'environ 40%, le sol a tendance à être lourd, avec une forte rétention d'eau et une structure qui peut devenir massive (**UNICE, 2008**).

Dans ce travail on est intéressé à l'analyse physico-chimique de quelques sols du matorral à partir de deux stations de la Wilaya de Tlemcen à savoir Zarifat et Hafir dans l'objectif de voir les variations de la composition de ces sols, et d'un autre coté d'analyser son influence sur la dynamique de la végétation.

La mise en œuvre de ce mémoire sera divisée en 4 chapitres qui sont :

- ❖ Synthèse bibliographique.
- ❖ Milieu physique.
- ❖ Matériel et méthodes.
- ❖ Résultats et discussion.
- ❖ Enfin je termine par une conclusion générale de tout le travail.

Chapitre I :
Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I.1 Généralité sur le sol :

I.1.1 Définitions de sol :

Le sol c'est la couche superficielle meuble de la croûte terrestre, dont l'épaisseur peut varier de quelques centimètres à plusieurs mètres. Il est composé d'un mélange de matières minérales et organiques, et remplit le rôle de support et milieu naturel pour la croissance des plantes (**LEGROS, 2007**).

Le sol comprend des constituants primaires originaire de la roche mère (silicates, carbonates), et des constituants secondaires minéraux (argiles, oxydes, hydroxydes), et d'autres organiques formés à partir des résidus végétaux et animaux (humus), d'eau, d'air et d'organismes vivants (**BAIZE, 1997 et 1998**)

Sa formation résulte principalement de processus complexes d'altération des roches et de décomposition des matières organiques. Selon la nature de la roche initiale, de l'action des climats et des activités biologiques et humaines, les couches successives qui le composent, ont des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques variées (**LABOUBEE, 2007**).

I.1.2 Les propriétés physico-chimiques du sol :

I.1.2.1 Les propriétés physiques d'un sol :

I.1.2.1.1 La structure :

La structure d'un sol est l'assemblage, à un moment donné, de ses constituants solides (éléments minéraux et organiques) qui donnent lieu à la matrice poreuse du sol. 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 et la teneur en argile. La matière organique augmente la stabilité des agrégats. Une mauvaise structure peut donc empêcher l'écoulement des eaux dans le sol et les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère (**CALVE, 2003 et BAIZE et al, 1995**).

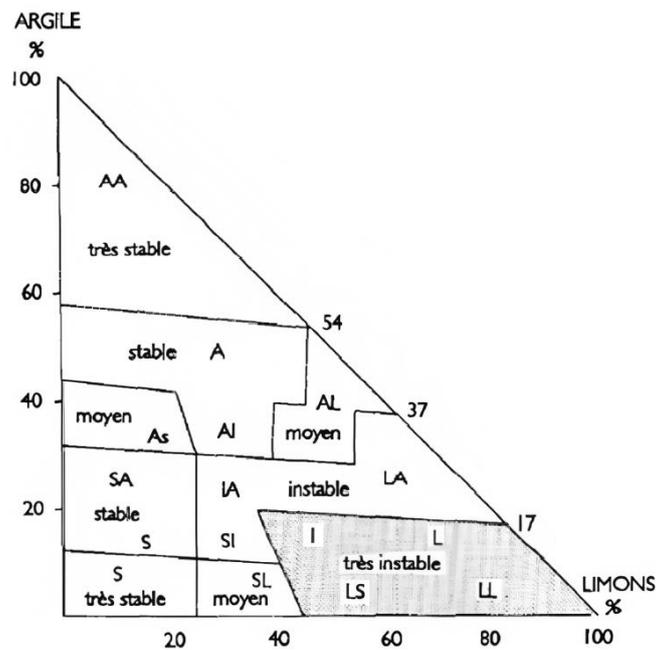


Figure 1 : Triangle textural du GEPPA renseigné en classes de stabilité structurale (d'après MONNIER et STENGEL, 1982)

I.1.2.1.2 La texture :

La texture du sol est à la base de toutes les autres propriétés elle est caractérisée par la taille et la distribution des particules. C'est la propriété qui traduit de manière globale la composition granulométrique de la terre fine (GOBAT *et al*, 2010). Elle s'exprime en pourcentage des trois principales fractions minérales inférieures à 2 mm de diamètre, Selon l'échelle d'Atterberg, il se répartit comme suit : Argile (< 0,002mm), Limon (de 0,002mm à 0,05mm), Sable (de 0,05mm à 2 mm) (BAIZE *et al*, 1995). Elle se détermine par l'analyse granulométrique qui est la proportion de chaque un de ses constituants solide qui ont des tailles différentes et permet de distinguer des éléments grossiers : caillou (supérieure à 2mm), gravier (2 à 20mm), des éléments fins : argile, limon et sable (BENSLAMA-ZANACHE, 1998).

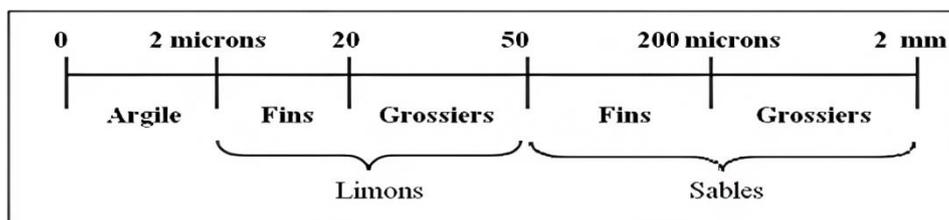


Figure 2 : L'échelle internationale d'Atterberg de la classification de la terre fine.

Le triangle de référence est le triangle rectangle ou le triangle équilatéral cette représentation s'appuie dans un point, qui est le point où les parallèles de chaque côté du triangle se rencontrent (HALITIM, 1988).

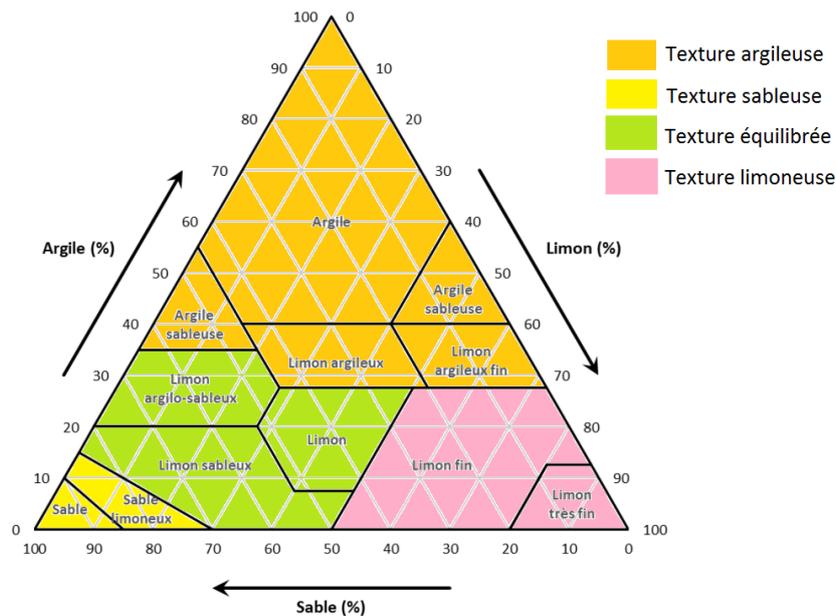


Figure 3 : Triangle des textures du sol (USDA, 1975).

I.1.2.1.3 L'humidité ou la rétention de l'eau :

Elle existe sous forme de vapeur ou de liquide, et l'eau représente environ un quart du volume du sol, et lorsque le sol est saturé, l'eau s'infiltre à travers une partie du sol sous l'influence de la gravité (KOLLER, 2004). Lorsque la teneur en eau de la terre est inférieure à la capacité de la rétention, l'effet de la gravité sur le déplacement d'eau devient faible, voire négligeable (DUCHAUFOR, 2001). La teneur en air est complémentaire de la teneur en eau, puisque ces deux fluides se partagent l'espace interstitiel (BLANC, 1985).

L'humidité joue un rôle important dans les activités chimiques, physiques et biologiques qui se produisent dans le sol. Chimiquement, elle transporte des substances à travers le profil du sol. Cela affecte certaines propriétés du sol telles que la fertilité, la texture et la couleur. L'eau tombe sur la surface du sol en tant que précipitations, elle s'infiltre dans sa profondeur, elle est accumulée dans les horizons, une partie est utilisée par les végétaux et son excès est stocké sous forme d'eau souterraine, et en cas de températures élevées il peut remonter par un processus appelé évapotranspiration (GLOBE, 2005).

I.1.2.1.4 La porosité :

La porosité d'un sol est une grandeur physique qui exprime le rapport entre le volume occupé par ses pores et son volume total (CALVET, 2003). Elle concerne la réserve en eau, en air et les possibilités d'enracinement. Les propriétés de ces vides ne sont pas véritablement accessibles à la description macromorphologique sur le terrain. La porosité est quantifiée par des techniques physiques appropriées par des mesures au laboratoire (BENSLAMA-ZANACHE, 1998).

I.1.2.1.5 La couleur du sol :

La couleur du sol est une information largement exploitée tant sur le terrain que dans les systèmes de classification. En effet, elle a été retenue comme un critère de classification dans de nombreux systèmes de classification des sols (ESCADAFAL *et al*, 1988).

La couleur du sol est un attribut physique qui peut refléter les conditions de pédogénèse ainsi que les usages possibles du sol étudié. Cependant, la couleur du sol peut varier considérablement en fonction de deux facteurs : la teneur en eau et l'éclairage. Pour garantir une comparaison cohérente, il est donc important de mesurer la couleur du sol dans des conditions standardisées. Il est recommandé de noter la couleur de l'échantillon à l'état sec et sous une lumière adéquate afin de distinguer facilement les différentes nuances de couleur (AUBERT, 1978).

La couleur du sol est principalement influencée par deux facteurs : l'état de l'humus et le fer. En ce qui concerne l'humus, grâce aux avancées de la recherche, nous comprenons maintenant que la couleur du sol, plus ou moins foncée, dépend non seulement de la quantité d'humus, mais aussi de sa nature et de la manière dont il est lié à l'argile. En revanche, pour ce qui est du comportement du fer, notamment lorsqu'il est responsable de la rubéfaction, notre compréhension est plus limitée, il semblerait que cette couleur soit liée à la présence de cristaux d'hématite (Fe_2O_3) fins, tandis que les teintes allant du jaune au brun sont dues à des cristaux ou à des gels plus ou moins hydratés (BIROT, 1966).

I.1.2.2 Les propriétés chimiques d'un sol :

I.1.2.2.1 pH du sol :

Le pH du sol c'est la mesure de la concentration d'ions hydrogène (H^+), qui détermine si le sol est acide, neutre ou alcalin (basique). L'échelle de mesure du pH est logarithmique et varie de 1 à 14 (tableau 1).

Le rôle du pH est important parce qu'il affecte la disponibilité et la mobilité des nutriments la solubilité des éléments du sol, y compris les nutriments disponibles pour les plantes (HLAVACKOVA, 2005 et BOTTINELLI, 2010).

Tableau 1 : Les classes des types du pH des sols selon les normes (DIAEA/DRHA/SEEN, 2008).

Classe du sol	pH
Acide	< 6
Faiblement acide	6 à 6,5
Neutre	6,5 à 7,3
Faiblement basique	7,3 à 7,8
Moyennement basique	7,8 à 8,5
Tendance alcaline	8,5 à 9
Très alcaline	> 9

I.1.2.2.2 Conductivité électrique du sol (CE) :

La conductivité électrique du sol reflète la quantité de sels solubles présents dans la solution du sol, c'est-à-dire la concentration des cations et des anions. Elle permet d'évaluer la concentration des solutions ionisables d'un échantillon de sol ce qui signifie son degré de salinité (Tableau 2). Elle est basée sur le principe électrochimique selon lequel la conductivité d'une solution augmente avec la concentration de cations et d'anions porteurs de charges électriques (CLEMENT et PIELTAIN, 2003).

Tableau 2 : L'échelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT, 1978).

CE dS/m à 25C°	Degrés de salinité
$CE \leq 0,6$	Non salin
$0,6 \leq CE \leq 1,2$	Peu salin
$1,2 \leq CE \leq 2,4$	Salin
$2,4 \leq CE \leq 6$	Très salin
$CE > 6$	Extrêmement salin

I.1.2.2.3 Le calcaire :

Le constituant essentiel de calcaire est le carbonate de calcium (CaCO_3), cristallisé sous forme de calcite à symétrie rhomboédrique (DEOSHORTA, 1979 ; DJILI et DAOUD, 1999). Il se présente sous la forme de particules plus ou moins grosses, ils sont similaires aux autres grains de sable en termes de granulométrie mais chimiquement elles sont différentes. En effet, les plus fines et les plus poreuses d'entre elles libèrent du calcium, qui tend à neutraliser les acides, rendant la Terre plus alcaline (POUSSET, 2002).

Le calcium apporté par le calcaire provoque la floculation des colloïdes minéraux et organiques dans le sol, action nécessaire pour établir un état structural et permet au sol de constituer des réserves d'éléments nutritifs (**ELIARD, 1979**).

Tableau 3 : Echelle d'interprétation de calcaire total (BAIZE, 2000).

CaCO ₃ (%)	Classe du sol
CaCO ₃ < 1	Non calcaire
1 < CaCO ₃ < 5	Peu calcaire
5 < CaCO ₃ < 25	Modérément calcaire
25 < CaCO ₃ < 50	Fortement calcaire
50 < CaCO ₃ < 80	Très fortement calcaire
CaCO ₃ > 80	Excessivement calcaire

I.1.2.2.4 La matière organique :

Les matières organiques présentes dans le sol se composent de divers éléments qui ont vécu ou qui sont encore vivants dans cet environnement. Il s'agit notamment de résidus végétaux et animaux à différents stades de décomposition, ainsi que de la faune et la flore du sol, y compris les racines (**GREGORICH, 2003**).

Au fil du temps, la matière organique subit des transformations qui donnent lieu à la formation d'éléments solubles ou gazeux tels que l'ammoniac (NH₃), l'acide nitreux (HNO₂) et le gaz carbonique (CO₂). En parallèle, des complexes humiques, également connus sous le nom d'humus, sont créés. Ces derniers subiront une décomposition et une minéralisation très lentes et progressives (**CLEMENT et PIELTEIN, 2003**).

Le climat, la végétation, la roche mère, la topographie, l'utilisation des terres et les pratiques agricoles sont tous des facteurs qui influent sur la composition des matières organiques du sol (**GREGORICH, 2003**).

Étant donné que le carbone organique est le principal constituant des matières organiques, les termes "**carbone organique**" et "**matières organiques**" sont souvent utilisés de manière interchangeable. Le carbone présent dans les matières organiques des sols représente la majeure partie du carbone présent sur Terre. Il est considéré comme l'indicateur principal de la qualité des sols, car il influe sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des matières organiques qui en sont composées (**PELLERIN et al, 2020**).

Tableau 4 : Répartition des classes des sols selon la teneur en matière organique (HAFOUDA, 2005).

MO(%)	Classe du sol
MO<1	Très pauvre
1<MO<2	Pauvre
2<MO<4	Moyen
MO>4	Riche

I.1.2.2.5 Capacité d'échange cationique (CEC) :

La capacité d'échange cationique (CEC) est la capacité à fixer de façon réversible les cations échangeables (Li^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+}) (STERCKEMAN *et al*, 2004).

Elle exprime la capacité du sol à retenir des cations sous une forme échangeable. La capacité d'échange cationique est une propriété des utile et intéressante des sols. Elle est utile car elle peut caractériser les sols en termes de régulation de la composition ionique de la solution du sol (CALVET, 2003).

Les cations sont maintenus en place sur les feuillets d'argile grâce à des forces électrostatiques et ont la propriété d'être échangeables. Ils se fixent à la surface des feuillets et permettent leur liaison. La force de ces liaisons dépend de la valence des cations, qui est probablement le facteur déterminant dans leur capacité d'échange ou de remplacement. Les cations ayant une valence plus élevée peuvent facilement remplacer ceux ayant une valence plus faible. Dans l'ordre croissant de capacité de remplacement, les cations sont classés comme suit :

$\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{H}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+}$. Selon cette série, le lithium est le plus facilement remplaçable tandis que l'aluminium est le plus difficile (CALVET, 2003).

La capacité d'échange cationique (CEC ou T pour capacité totale) d'un sol représente la quantité de cations qu'il peut retenir et échanger sur son complexe adsorbant à un pH spécifique. C'est un indicateur relatif de la fertilité potentielle du sol. Les sols ayant une CEC élevée ont la capacité de retenir davantage de cations et ont une plus grande capacité d'échange que les sols ayant une CEC faible (KESSEL, 2015).

I.1.3 Les propriétés biologiques :

La existence de sol exiger la présence d'une activité biologique, qui est un principal facteur pour leur évolution.

Selon PARLONS (2005) le sol abrite une diversité d'organismes issus des règnes végétal et animal qui interagissent pour créer un milieu vivant.

I.1.3.1 Micro-organismes :

Les micro-organismes du sol sont représentés par des champignons, des bactéries, des actinomycètes et quelquefois des protozoaires (organismes unicellulaires). Ces micro-organismes jouent un rôle déterminant dans les fonctions du sol, particulièrement dans le recyclage des éléments biologiques (**BENSLAMA-ZANACHE, 1998**).

Les bactéries dégradent la matière organique et participent à différentes étapes importantes du cycle des éléments fertilisants (azote, phosphore et soufre).

I.1.3.2 La faune du sol :

La « Pédofaune » est constituée d'une grande variété d'organismes présentant des caractéristiques morphologiques diverses. Ces organismes évoluent dans l'espace poreux du sol et leur emplacement dans les pores est conditionné par leur taille. Leur principale fonction est de mélanger et d'enfouir la matière organique dans le sol (**CALVET, 2013**).

- a- Microfaune (taille < 0,2 mm) :** Le sol abrite une grande quantité d'organismes, principalement des protozoaires tels que des amibes nues, des thécamoebiens, des ciliés et des flagellés, ainsi que des nématodes. Ces organismes jouent un rôle essentiel dans la décomposition de la matière organique présente dans le sol.
- b- Mésofaune (0,2 à 4 mm) :** Elle est composée de microarthropodes tels que des acariens, des collemboles, des diploures, des protoures, des petits myriapodes, ainsi que de nématodes de grande taille et d'enchytréides. Ces organismes jouent un rôle crucial dans l'amélioration de la structure du sol (**BENSLAMA-ZANACHE, 1998**).
- c- Macrofaune (4 à 80 mm) :** Elle est également composée d'une grande diversité d'organismes tels que des vers, des insectes, des myriapodes, des mollusques et des araignées. Les vers de terre sont probablement les plus importants en termes de biomasse et de leur contribution aux processus de transport et de biotransformation dans le sol (**BOUCHE, 1972 et LAVELLE, 1988**).
- d- Mégafaune (taille >80 mm) :** ce sont des animaux de grande taille (vertébrés, reptiles, amphibiens, les rongeurs...) qui utilisent le sol comme habitat.

I.1.3.3 La flore du sol :

Elle comprend des algues, des champignons et des végétaux.

Les champignons agissent sur les processus de formation de l'humus et la stabilisation des agrégats (**PARLONS, 2005**).

I.2 Le matorral des monts de Tlemcen :

Les forêts méditerranéennes se trouvent principalement dans les zones arides et semi-arides et sont souvent associées aux matorrals. Dans les régions de l'Oranie et sur les monts de Tlemcen, un peuplement particulier joue un rôle important dans les phases dynamiques de la

couverture végétale. En général, les formations végétales sont principalement constituées de matorrals qui sont souvent dégradés (**QUEZEL, 1976**).

Cette étude porte sur le matorral, un terme espagnol qui englobe toutes les formations buissonnantes (chaméphytes ou nano-phanérophytes) principalement sempervirentes (composées de feuilles persistantes). Ces formations végétales jouent un rôle crucial dans les paysages méditerranéens actuels et sont également importantes dans la dynamique des formations arborescentes (**TOMASSELLI, 1976 et QUEZEL, 1981**), c'est une formation végétale où les arbres peuvent être présents de manière dispersée (matorral arboré), mais où le sol est principalement couvert par une végétation dense de chaméphytes ou de nanophanérophytes (**LE HOUEROU et POPOV, 1981**).

Le paysage forestier et pré-forestier subit des transformations régressives rapides causées par divers processus de dégradation. Concernant ça **BONIN et QUEZEL (1980)** soulignent que cette évolution régressive des écosystèmes (forêts, pré-forêts et matorrals) est très probable et pourrait devenir irréversible.

Les Monts de Tlemcen offrent une grande variété de paysages botaniques en raison de différentes conditions climatiques, pédologiques et topographiques qui s'étendent du littoral aux Hauts Plateaux. Comme dans d'autres zones méditerranéennes, le patrimoine forestier de la région a subi l'influence de l'homme depuis des millénaires (déboisement, surpâturage) renforcé par les variations climatiques (sécheresse estivale, irrégularité des pluies). Cette évolution a entraîné la substitution de la végétation mésophytique par une végétation xérophytique à divers degrés (**FELIDJ et al, 2010**).

La forêt est connue comme un écosystème où les arbres sont prédominants à un point tel qu'ils modifient les conditions écologiques du sol et créent un microclimat particulier (**DAJOZ, 1980**).

Comme région naturelle unique en raison de sa diversité et de ses richesses naturelles, les Monts de Tlemcen ont toujours suscité l'intérêt des chercheurs. Bien qu'elle soumet à une pression anthropo-zoogène, cette région montagneuse est considérée comme une zone forestière par excellence, même si sa végétation se présente sous forme de matorrals à différents stades de dégradation (**LETREUCH-BELAROUCI, 2002**).

Les monts de Tlemcen faisant partie du patrimoine forestier national algérien et offrent un modèle d'étude fascinant en raison de la diversité de leurs paysages et de la répartition remarquable de leur couverture végétale, qui est influencée par de nombreux facteurs écologiques (**TINTHOIN, 1948**).

Tlemcen est l'une des régions avec la plus grande biodiversité végétale et présente un taux d'endémisme élevé. Cependant, cette région a subi une pression anthropique considérable, qui est relativement récente (**BOUAZZA et BENABADJI, 2010**).

Chapitre II :
Milieu Physique

Chapitre II : Milieu Physique

II.1 Situation géographique de la région d'étude :

La région de Tlemcen est située au Nord-Ouest de l'Algérie administrativement, elle est bordée géographiquement :

Au Nord par la mer Méditerranée,

À l'Ouest par le Maroc,

Au Nord-est par la wilaya d'Ain Temouchent,

À l'Est par la wilaya de Sidi Belabbès et

Au Sud par la wilaya de Naâma.

Elle couvre une superficie de 9 017,69 kilomètres carrés, elle est frontalière et côtière avec un front de mer de 73 km.

➤ Description des stations :

Les deux stations d'étude sont situées dans des parcelles expérimentales de la forêt de **Zarifet** et la forêt de **Hafir**, elles appartiennent à la Wilaya de Tlemcen, plus précisément sur des grès séquaniens dans la partie Nord des monts de Tlemcen.

Ces parcelles expérimentales ont été clôturées et conçues par la conservation des forêts de Tlemcen en collaboration avec le parc national le 12 mai 1993 dont l'objectif de suivre l'évolution naturelle de l'écosystème.

1- Zarifet :

La subéraie naturelle de Zarifet est située au sud-ouest de la ville de Tlemcen (à 5 km du sud-ouest de la ville de Tlemcen), avec une altitude qui varie entre 800 et 1400 m. Juridiquement, la forêt appartient au domaine public de l'état, sous la tutelle du Parc National de Tlemcen et de la conservation des forêts de la wilaya de Tlemcen. Administrativement, elle est limitée :

Au nord par les communes de Mansourah et Béni-Mester,

À l'ouest par Ain El Mardjene et la forêt domaniale de Hafir

À l'Est par Djebel Moudjet et la localité d'Ain Douz

Au sud par Dar Dis la commune de Terny, (**MOKADDEM, 2014**).

Cette forêt occupe une superficie de 926 Ha, elle est une continuité vers l'Est de la forêt de Hafir, qui divisée en 4 stations (**HAFFAF, 2011 in BOUDY, 1955**):

- Canton de Zarifet : 535 ha.

- Canton de Fernana : 58 ha.

- Canton de Guendouza : 63 ha.
- Canton de Aïn Merdjane : 306ha.

2- Hafir :

La forêt domaniale de Hafir est située au Sud-Ouest de la ville de Tlemcen (à 15 km au Sud-Ouest de la ville de Tlemcen), sur le plan administratif, elle est une zone montagneuse (partie des Monts de Tlemcen) avec une altitude qui varie entre 800 et 1418 m (SAUVAGNAC, 1956). Elle est limitée :

Au Nord : village d'El Guenaine et la commune de Sabra ;

Au Nord-Est : la commune de Beni Mester et Terny;

À l'Est : la forêt de Zarifet et;

À l'Ouest : la commune de Bouhlou ;

Au Sud village de Beni Bahdel, la commune de Ain Ghoraba,

Cette forêt couvre une superficie de 1653 Ha selon le Parc National de Tlemcen (Plan de gestion II 2006- 2010), Elle est divisée en huit stations :

- Maison forestière Hafir 188 ha
- Tidjit 264 ha
- Krean 22 ha
- Oued Tlet 414 ha
- Tibrouine 120 ha
- El Kroun 146 ha
- Tasta 430 ha
- Bled Aini 36 ha

Tableau 5 : Coordonnées géographiques des deux stations d'étude.

Station	Latitude	Longitude	Altitude (Distance à la mer)	Carte d'État major
Zarifet	34°49'50.1''N	1°22'35.3''W	1200 m	Tlemcen
Hafir	34°46'30.9''N	1°26'01.9''W	1270 m	Terny (type 1922- feuille n°299 et 300)

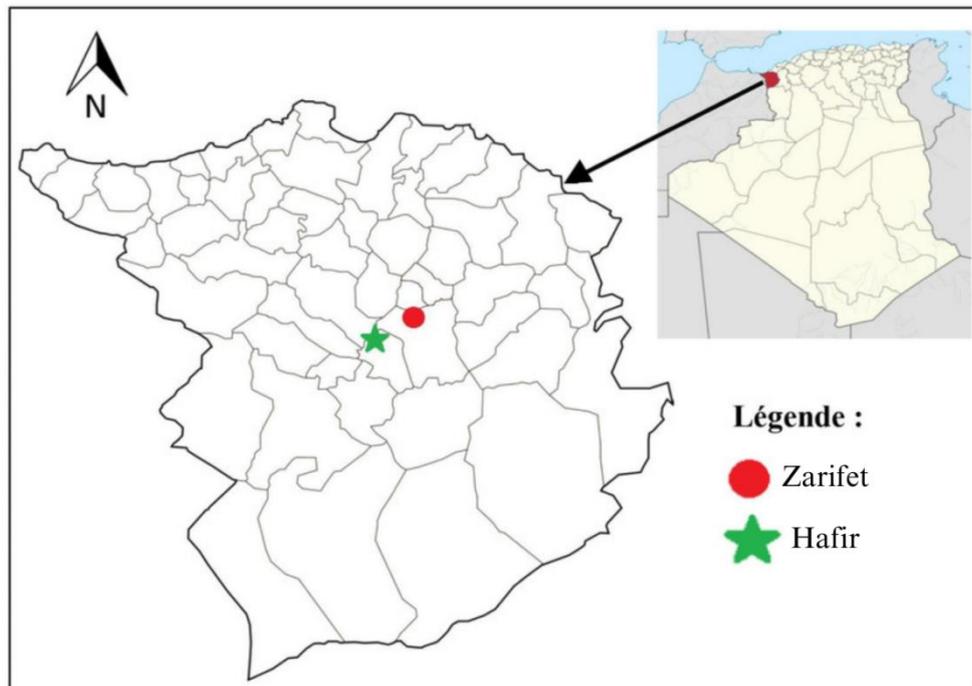


Figure 4 : Localisation géographique de la station de Zarifet et de Hafir.



Figure 5 : Localisation géographique de la station de Zarifet et de Hafir (Google Maps 2023).

II.2 Topographie et relief :

La forêt de Zarifet et la subéraie de Hafir s'étendent sur un relief montagneux orienté d'est en ouest avec une altitude qui varie de 700 à 1410 m.

Elles sont caractérisées par un relief avec différentes expositions et classes de pentes classées entre 3 et 50%, soutenant les terrains nus et rocaillieux se trouvant sur les sommets qui favorisent l'action de l'érosion hydrique.

II.3 Aperçu géologique et Géomorphologique :

Dans ses travaux, sur la géologie de l'Afrique du Nord et notamment la région de Tlemcen, (**BOUDY, 1948 ; CLAIR, 1973 ; BENEST, 1985 ; BOUABDELLAH, 1991 ; BENEST et al, 1999**) décrit les formations géologiques d'âge Jurassique supérieur et au Crétacé inférieur principalement formées de carbonates. (Par des assises sédimentaires), qui représente l'affleurement le plus répandu dans les Monts de Tlemcen et qui sont constitués de terrains mésozoïques et cénozoïques.

La forêt de zarifet et Hafir se portent sur un massif datant du Jurassique supérieur constitué dans sa majorité de grès séquanien et d'alluvions Quaternaires avec des affleurements ou dominant des calcaires fissurés (**DOUMERGUE, 1910 ; AUCLAIR et BIEHLER, 1967 ; BENEST, 1985 et LETREUCH BELAROUCI, 2009**).

Les divers travaux réalisés sur la géologie de la région ont conduit à la représentation de la série stratigraphique suivantes qu'elle a été définie par **BENEST (1985)** qui a travaillé sur les monts de Tlemcen:

- **Les grès de Boumediene** (Oxfordien Supérieur - Kimméridgien supérieur) :

Les grès de Boumediene ou grès Lutasicas, il s'agit d'une formation argilo-gréseuse (alternance d'argiles rouges ou vertes et de grès) pouvant atteindre 500m. Ces grès représentés par des sédiments essentiellement terrigènes à affinités molassiques. Ces grès ferrugineux à éléments fins et à ciment calcaire sont particulièrement développés dans la forêt de Zarifet et la forêt de Hafir, au sud-ouest de Terni, au niveau des cascades d'El Ourit et vers l'Est de la région d'Oum El Allou.

- **Les calcaires de Zarifet** : (Kimméridgien supérieur) :

Il s'agit d'une alternance de minces lits marneux a rares passes gréseuses légèrement micacées et de calcaires argileuses cette formation peut atteindre une épaisseur de 25m au col de Zarifet.

- **Les dolomies de Tlemcen** : (Kimméridgien supérieur) :

Il s'agit de dolomies cristallines grises, avec de plusieurs cavités remplies de calcite. Elles affleurent (émergent) autours d'Aïn Fezza, dans la forêt de Zarifet, et sur le plateau de Terny....

- **Les dolomies de Terny** (Tithonien inférieur ou tectonique inférieur) :

Elles correspondent à des dolomies parfois vacuolaires avec de plusieurs stratifications obliques et un aspect très massif, qui permet de bien les distinguer des dolomies de Tlemcen. Elles sont développées au niveau du plateau des Azaïls, de Terny et près du barrage Meffrouch, leur épaisseur est d'environ 100m dans le plateau de Terny.

- **Les marno-calcaires de Raou-Rai :** (Tithonien basal)

Ce sont des marnes grises, blanchâtres en surface, intercalées de nombreux lits et bancs de calcaires marneux durs; cette formation est limitée à sa base par les lits calcaires de Stah et au sommet par les calcaires de Lato, ou par les dolomies de Terny. Elle se trouve notamment sur le plateau de Meffrouche jusqu'à Beni – Add, plateau de Terny, dans le djebel Lato et à l'Est d'Aïn Fezza.

- **Les calcaires de Lato:**

Ce sont des calcaires micritiques avec une épaisseur de 50m en moyenne, parfois dolomitiques, riches en Favreina et dasycladacées.

- **Marno-calcaire de Hariga** (Tithonien supérieur) :

Il s'agit d'une alternance de marnes et de marno-calcaires, ou ils forment les 30 premiers mètres, visibles jusqu'au sommet de Djbel Kossilet.

- **Les Grès de Merchich :**

Ils sont composés d'une alternance d'argiles rouges, de grès fins, de calcaires avec des manchettes d'huîtres. En effet, le faciès de Grès de Merchich où la distribution est presque constante, peut être comparé dans certains cas à celui des niveaux transgressifs des Argiles d'Ouled Mimoun.

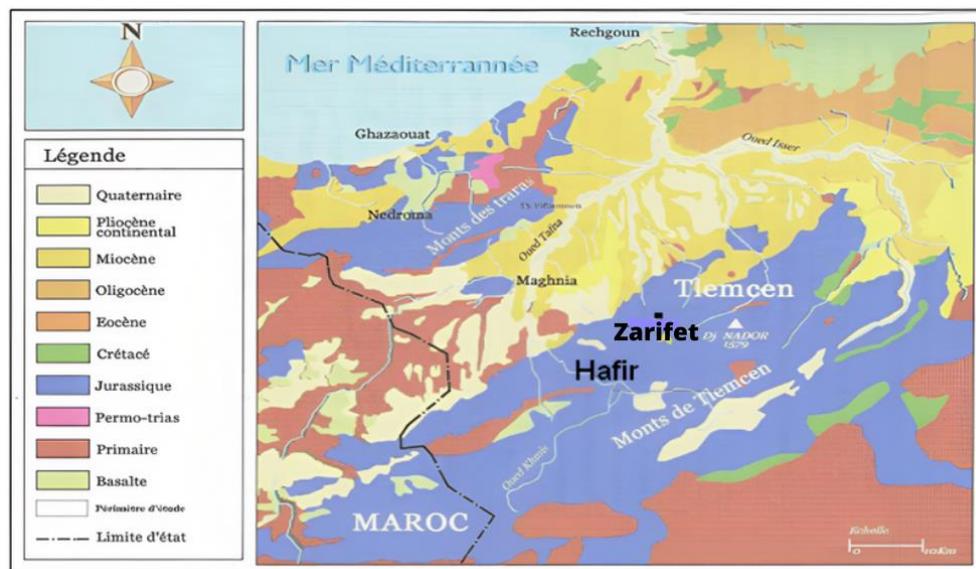


Figure 6 : Carte géologique du Nord-Ouest de l'Algérie (CORNET et AYMÉ 1952).

II.4 Réseau hydrographique :

Le régime d'écoulement temporaire (caractérisé par un régime hydrique irrégulier) est lié par un grand nombre de petits cours d'eau (KAZI, 1996).

L'oued Saf-Saf qui traverse la vallée de la forêt de Zarifet, et qui est issu d'un rassemblement de plusieurs sources à débits assez importants. L'oued Maffrouche est le nom donné au cours supérieur de l'oued Sikkak-Saf-Saf, affluent de rive gauche du bas-Isser (monographie des grands barrages) (MEDJAHDI, 2001).

II.4.1 Les oueds :

La forêt de Hafir se trouve dans le versant septentrional où on distingue un réseau d'oueds :

- Oued Aïn douz
- Oued Zarifet
- Oued Magramane
- Oued Reyene
- Oued Alla
- Oued Tlat avec une longueur réelle de 4250m, qui déverse dans l'oued de Tafna qui à son tour découle dans la mer Méditerranéenne.
- Oued Talouanes avec une longueur réelle de 1500m.

Il existe un Oued principal traversant la zone d'étude « Oued Tafna », il est le plus important dans la wilaya de Tlemcen, il est traversée par Oued appelé « Oued Boumeroune » ; qui a coule de l'Est vers l'Ouest, son écoulement correspond au bassin de Tafna (ELMI, 1970).

II.4.2 Les sources :

Une série de sources (Ain) se répartit sur l'ensemble du Parc National, alimentant la quasi-totalité du réseau hydrographique parmi elles, Ain Meharras qui alimente l'oued Meffrouche, Ain Krannez, Ain El Mohguene, Ain El Djerad, Ain el Fouera, Ain el Rhenza, Ain Safah, Ain Shrifâ, Ain Beghedad, Ain dar Ghalem et d'autres (HAFFAF, 2011).

La forêt de Zarifat contient plusieurs sources, dont : Aïn Merdjen, Aïn-Zarieffet, Aïn Kelb, Aïn Baghdadi et Aïn Douz (MOKADDEM, 2014).

II.5 Aperçu Pédologique (Sols) :

En 1972, BENCHETRIT souligne que le climat devient plus sec et les conditions de semi-aridité règnent, la pluviosité n'est pas forte pour modifier le complexe absorbant des profils des sols.

Les sols des régions méditerranéennes particulièrement de la région de Tlemcen sont des sols fersiallitiques et mosaïques dolomie (DUCHAUFFOUR, 1977 et GAOUAR, 1980).

Selon (BRICHETEAU, 1954) et (BOUAZZA, 1991) et autres qui ont travaillé sur les sols de la région de Tlemcen on site les types suivants :

1- Sols rouges méditerranéens :

Formés sur le calcaire ou la dolomie. Ils sont fersiallitiques riches en fer et silice. Il s'agit de sols anciens dont l'évolution s'est accomplie sous forêt caducifoliée en condition plus fraîche et plus humide. Leur rubéfaction correspond à une phase plus chaude à végétation sclérophylle et a donné des sols rouges fersiallitiques ou "Terra rossa" (**DAHMANI-MEGREROUCHE, 1997**) qui est divisé en sous classes parmi eux :

A- Sols bruns-rouges fersiallitiques non lessivés :

Trouvés en climat semi-aride à faible pluviométrie, généralement là où la végétation est très dégradée, ils se caractérisent tous par les matorrals à Doum ou à Diss.

B- Sols bruns-rouges fersiallitiques typiquement lessivés :

En zone de sub-humide ils sont en réalité rouge, caractérisés par le phénomène de sédimentation et sont accélérés en forêt au sous-bois moins dense.

Ces sols sont soumis aux phénomènes d'érosion surtout au niveau des zones exposées aux précipitations et dont les pentes ont une forte déclivité,

C- Sols bruns-rouges fersiallitiques dits Tarra Rossa :

Se trouvent un peu partout dans les matorrals à Doum et à Diss, ils sont bien répartis dans les dolomies en particulier dans des poches, Terny, et au nord-ouest vers Beni-Bahdel (**GAOUAR, 1980**).

2- Sols lessivés et podzoliques :

Traduisant la perméabilité de la roche mère siliceuse (grès séquanien) qu'elle est liée à la présence d'un humus acide, a favorisé le développement de sols dans lesquels le phénomène de lessivage s'accroît. Ces sols sont en général assez peu profonds. Ceux observés étaient toujours en position de pente (forêt de Hafir, Zarifet) (**BRICHETEAU, 1954**).

3- Sols alluviaux qui sont favorisés par un type de relief bien déterminé.**II.6 Les facteurs biotiques :**

Il est un fait d'observation banale qu'à chaque écosystème est associé une biocénose de composition spécifique particulière tant au niveau de la communauté végétale (phytocénose) qu'à celui (zoocénose); un fait découlant certainement de l'étroite relation qui relie « faune-flore-climat-sol »

1- La végétation :

La zone d'étude relève du territoire des forêts de Tlemcen et du Parc National de Tlemcen. Elles sont divisées en deux parties, la première composée des forêts naturelles, caractérisées par trois groupements végétaux à base de chêne liège, chêne vert et chêne zéen (**BOUMAZA, 2012**), et la deuxième une forêt artificielle constituée d'un peuplement pur à

base de pin d'Alep, elle aussi présente des buissons (sous bois) peu abondant dispersé , constitué essentiellement par les espèces suivantes: *Quercus faginea* L, *Quercus rotundifolia* L, *Juniperus oxycedrus* L, *Calycotome spinosum* (L) Lank, *Chamaerops humilis* L, *Asparagus acutifolius* L, *Ampelodesma moritanica* (Poir) Dur, *Asphodelus microcarpus* Salz, *Citrus salviifolius* L, *Urginea maritima* L, *Rosmarinus officinalis* L.

Les forêts sont composées principalement de feuillus tels que les chênes (*Quercus suber*, *Quercus rotundifolia* et *Quercus faginea* subsp. *tlemcenensis*), *Olea europea* subsp. *oleaster* et quelques pieds de *Fraxinus oxyphylla*, mais aussi de résineux comme *Tetraclinis articulata*, *Juniperus oxycedrus*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Cupressus communis* et des *Eucalyptus* dans certains cantons dégradés (ils y ont été introduits) (BOUCHAOUR-DJABEUR et al, 2020).

Selon BOUDY, 1955 et BOUHRAOUA, 2003) la forêt de Zarifet estimait à 962 ha était composée exclusivement (8/10) de peuplements denses de chêne liège issus de souche et de taillis médiocres de chêne Zéen (1/10) et de chêne vert (1/10). Elle est constituée actuellement de quelques lambeaux de forêt très dégradés, à dominance de chêne vert, riche en espèces épineuses et en arbustes de plus 2m de hauteur, recouvrant entre 10 et 80% du sol.

La forêt de Hafir se caractérise par une abondance et une grande diversité des lichens qui sont utilisés comme indicateurs de la qualité de l'air par excellence. Ils indiquent également la présence d'une humidité élevée à l'endroit (SEMADI et TAHAR 1995 ; FADEL, 2009 et GHENNAM, 2011).



Photo 1 : Des lichens de la station de Hafir (BELOUFA, 2023).

2- La faune :

L'équipe technique du parc établi une liste de 305 espèces, dont 61 protégées. Cette liste reste exhaustive compte tenu des pénuries enregistrées dans certaines classes. On peut citer quelques mammifères parmi les 21 recensés comme le chacal doré, le chat forestier, le renard famélique, le caracal. Certaines espèces sont menacées de disparition, tel le porc-épic, le chat sauvage, la belette, la mangouste et l'épervier. Les ornithologues ont identifié 124 espèces comme les Aigles, Faucons, Buses, d'autres sont identifiés par **THIOLLAY en 2004**. Une liste de 20 espèces de reptiles a été affirmée par le chercheur britannique Édouard. Pour les insectes, la seule base de données est la thèse de **BOUHRAOUA(2002)** qui amène une liste de 33 espèces d'insectes appartenant à 22 familles et 6 ordres.

II.7 Étude du climat :

II.7.1 Introduction :

Le climat correspond à la distribution statistique des paramètres atmosphériques (température, précipitations, humidité, vitesse du vent, pression atmosphérique...etc.) dans une région donnée pendant une période de temps donnée. C'est un facteur essentiel pour le développement des plantes, de la migration des animaux, de l'évolution et de la formation des sols (**BOURLIERE, 1950 et ALERY, 1973**).

Conformément à la définition de Larousse, le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné.

Le climat méditerranéen est un climat de transmission entre la zone tempérée et la zone tropicale avec un été très chaud et très sec, mais tempéré juste en bordure de la mer, et un hiver très frais et plus humide. Ce climat est qualifié de xérothermique (**BENABADJI et BOUAZZA, 2000**).

Les climatologues décrivent généralement le climat méditerranéen comme étant caractérisé par une période estivale sèche et chaude, et autre saison d'hiver qui est froide et humide (**MEDIOUNI, 2000**).

La région méditerranéenne est caractérisée par des précipitations relativement faibles avec une répartition souvent irrégulières, ce qui peut conduire à des périodes de sécheresse prolongées et sévères aux conséquences désastreuses (**AYMAN, 2006**).

La climatologie est l'étude des échanges énergétiques et hydriques entre la surface de la terre et l'atmosphère (climatologie physique ou climatonomie) combinée avec la fréquence et la succession d'événements météorologiques (climatologie appliquée, surtout bioclimatologie) (**HUFTY, 2001**).

On indique que le climat est l'un des principaux facteurs influençant la dégradation des sols et la végétation, ses caractéristiques sont évaluées à l'aide des paramètres qui agissent sur la disponibilité de l'eau à savoir les précipitations, les températures, l'insolation et le vent.

Il a été affirmé que la caractérisation des climats d'une région reste nécessaire pour évaluer les contraintes liées aux différents types du climat quant à des disponibilités en eau et ses conséquences sur l'agriculture et le développement en générale (**MOKHTARI et al, 2014**).

II.7.2 Données climatiques :

Les deux principaux paramètres qui déterminent le climat sont : les précipitations et la température. Ces paramètres varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagnes et donc de l'exposition. Les régions climatiques diffèrent par la présence ou l'absence de périodes sèches, selon la durée et la sévérité de ces périodes. Lorsqu'il s'agit de classer les différents types de climats, il est essentiel de prendre en compte la répartition annuelle de la chaleur et de l'eau, ainsi que la combinaison de ces deux facteurs est plus importante que les quantités de chaleur et d'eau (**BAGNOULS et GAUSSEN, 1957**).

La détermination du climat se fait par la valeur moyenne et la variabilité de certains paramètres sur des périodes de temps allant de quelques mois à des milliers ou des millions d'années. Ces paramètres (variables de surface comme les précipitations, la température et le vent) sont généralement moyennés sur une période de 30 ans (**LESCARMONTIER et al, 2019**).

Pour déterminer le climat de mes stations d'étude, j'ai collecté des données climatiques des deux périodes l'une anciennes et l'autre nouvelle, à partir des références suivantes :

Les données de la période ancienne (1975 - 2007) des deux forêts Zarifet et Hafir de la part de l'ONM (Office National de la Météorologie, 2008) (**MOKADDEM, 2014**).

Les données de la période nouvelle (1991-2021) de la forêt de Zarifet à partir du site suivant: (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)

Les données de la période nouvelle (1991-2021) de la forêt de Hafir à partir du site suivant: (<https://fr.climate-data.org>).

II.7.2.1 Les précipitations :

Les précipitations désignent l'eau qui tombe sur le sol sous forme de pluie, de neige, de grêle ou de grésil. Elles sont mesurées par un appareil appelé "pluviomètre" qui permet de connaître l'épaisseur d'eau tombée à un endroit, généralement se mesure en millimètres. Une épaisseur de précipitation d'un millimètre équivaut à un volume d'un litre d'eau réparti uniformément sur une surface plane de un mètre carré (**BERKAL, 2016**).

Selon **DJBAILI en 1978**, les précipitations sont le principal facteur déterminant le type de climat. En effet, elles déterminent d'une part le maintien de la répartition du couvert végétal et d'autre part la dégradation du milieu naturel due aux phénomènes d'érosion.

➤ **Précipitations moyennes mensuelles et annuelles :**

Le tableau 6 représente les données moyennes mensuelles et annuelles des précipitations en (mm) pendant deux périodes (1975-2007), et (1991-2021) dans les deux stations de Zarifet et de Hafir.

Tableau 6 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles en (mm) pendant deux périodes des deux stations.

Station	Période	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy annl
Zarifet	1975 - 2007	74	76	101	81	61	16	4	3	23	44	63	70	616
	1991 - 2021	54	44	52	47	33	10	3	9	27	44	61	46	429
Hafir	1975 - 2007	78	80	110	89	65	17	4	3	24	47	67	74	658
	1991 - 2021	58	51	59	56	44	18	5	12	31	44	57	43	478

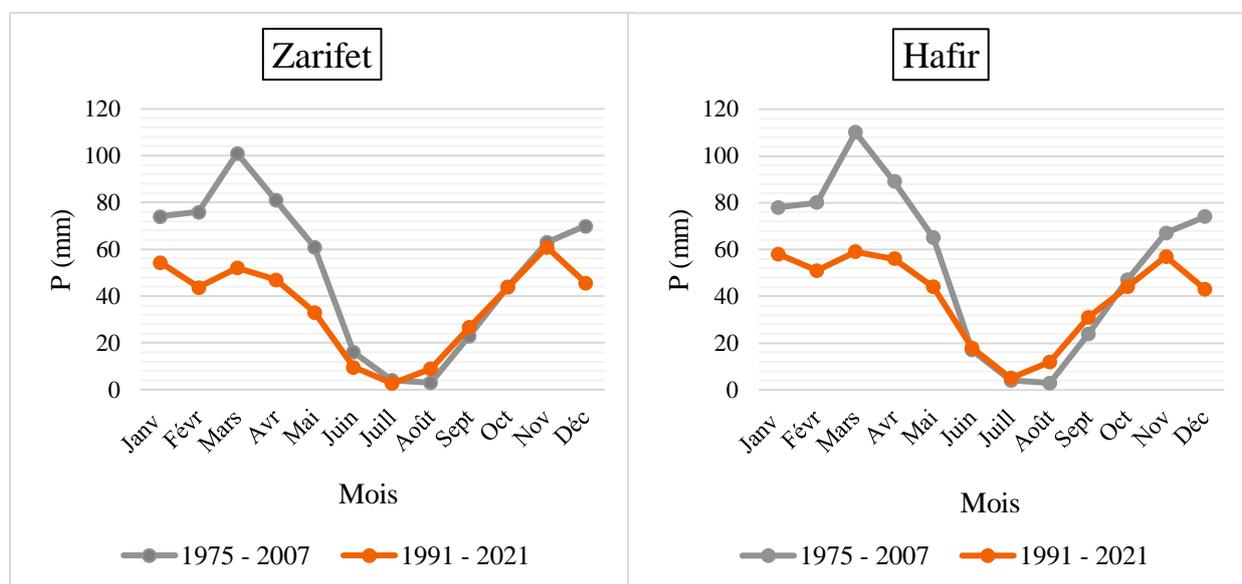


Figure 7 : Moyennes mensuelles des précipitations de l'ancienne et la nouvelle période des deux stations.

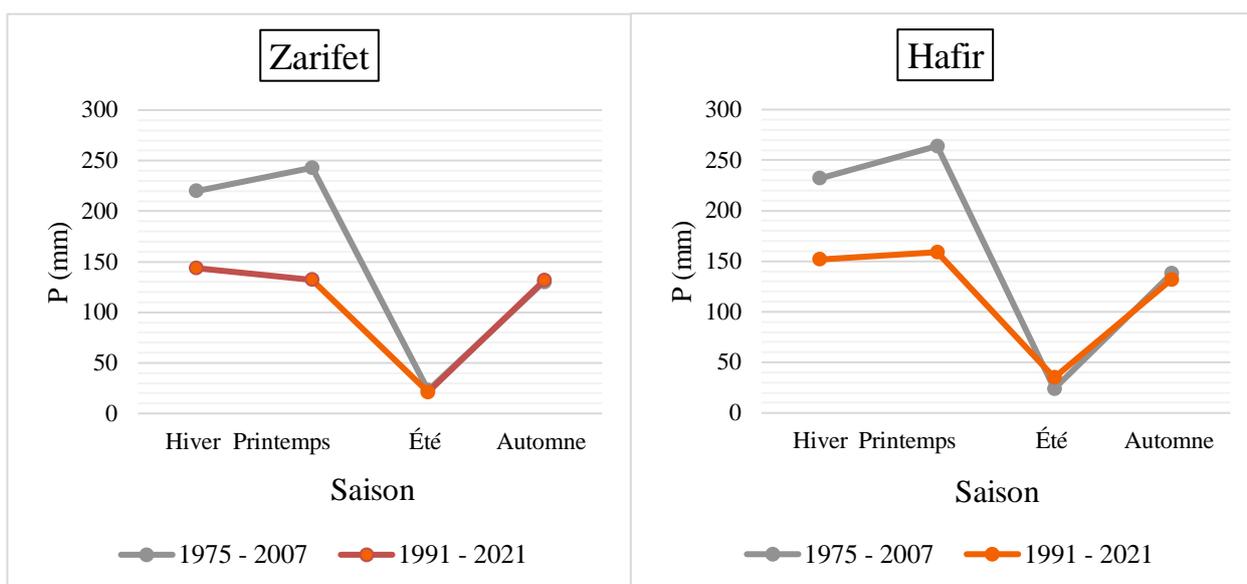
La figure 7 et le tableau 6 montrent que la distribution des précipitations aux deux stations d'étude varie avec le temps, on observe une diminution de taux des pluies dans la nouvelle période par rapport à l'ancienne.

➤ **Régime saisonnier des précipitations :**

Le tableau 7 représente les données moyennes la répartition saisonnière des pluies en (mm) pendant deux périodes (1975-2007) et (1991-2021) dans les deux stations Zarifet et Hafir.

Tableau 7 : Régime saisonnier des précipitations en (mm) pendant deux périodes des deux stations.

Station	Saison	Hiver (D, J, F)	Printemps (Mr, A, M)	Été (Jn, Jt, Au)	Automne (S, O, N)	Type de régime
	Période					
Zarifet	1975 - 2007	220	243	23	130	PHAÉ
	1991 - 2021	144	132,2	21	131,6	HPAÉ
Hafir	1975 - 2007	232	264	24	138	PHAÉ
	1991 - 2021	152	159	35	132	PHAÉ

**Figure 8 : Les changements saisonniers des précipitations en (mm) pendant deux périodes des deux stations.**

À partir du type du régime saisonnier des précipitations, on observe que les deux stations pendant les deux périodes ont une abondance pluviale durant l'hiver et le printemps et une sécheresse durant l'automne et l'été.

Le régime saisonnier des précipitations pendant la période (1975-2007) dans les deux forêts était du type PHAÉ et pendant la période de (1991-2021) il était du type HPAÉ dans la forêt de Zarifat et il était du type PHAÉ dans la forêt de Hafir.

II.7.2.2 Températures :

Les paramètres thermiques sont d'une importance cruciale pour la vie végétale, car la température est considérée comme le principal facteur écologique qui régule l'ensemble des processus biologiques. Elle contrôle la croissance, le développement, la reproduction, la survie et donc la répartition géographique, générant les paysages les plus divers (SOLTNER, 1992 et DREUX, 1974).

EMBERGER en (1955) a utilisé la moyenne des maxima du mois le plus chaud par le signe (M), La moyenne des minima du mois le plus froid par (m) et l’amplitude thermique par (M-m), ceux qui ont signification biologique.

Les caractéristiques de température d'un endroit donné sont généralement dérivées de la connaissance des variables suivantes :

T : Températures moyennes.

M : Moyenne des températures maximales.

m : Moyenne des températures minimales.

Les données de la moyenne mensuelles et annuelles des températures moyennes, minimales et maximale pendant deux périodes (1975-2007) et (1991-2021) dans les deux stations Zarifet et Hafir sont consignées dans les tableaux 8 et 9 ci-dessous.

➤ **Températures moyennes, moyennes maximales et minimales mensuelles et annuelles « T », « M », « m » :**

Tableau 8 : Températures moyennes, moyennes maximales et minimales mensuelles et annuelles en (C°) pendant deux périodes de la station de Zarifet.

Station	Période		Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy annl
Zarifet	1975-2007	M	10,7	12,9	14,4	16,3	19,6	25,9	29,1	30,9	25,4	21,7	14	11	19,3
		T	6,7	8,5	10,1	10,9	14,3	20,2	22,5	23,9	20,4	15,9	9,7	7,2	14,1
		m	2,6	3,9	5,9	5,3	8,6	14,3	16,6	16,8	15,2	10,1	5,3	3,4	9
	1991-2021	M	12,1	13	16,5	19	23,7	28,7	32,5	33,1	27,3	24,0	16,7	13,4	21,7
		T	9,4	10,3	12,7	14	17,5	23	25,1	27	22,8	18,7	13,3	10,5	17
		m	1,4	2,1	2,9	5,6	8,7	12,5	16,9	17,7	13,7	9,6	5,2	2,3	8,2

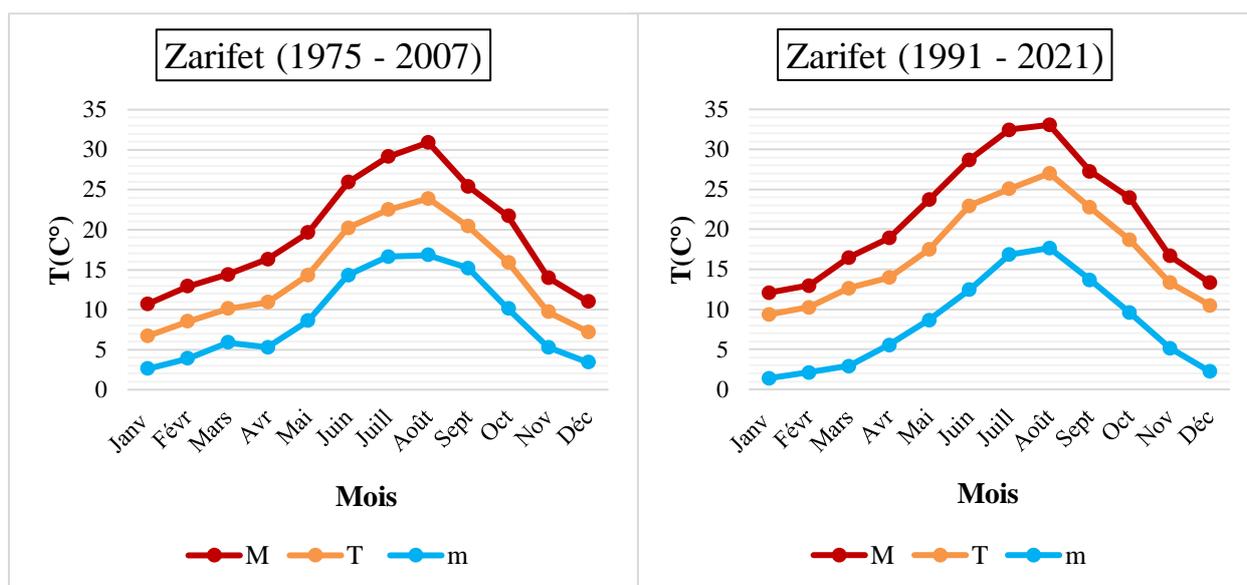


Figure 9 : Moyennes mensuelles, moyennes maximales et minimales des températures de l'ancienne et la nouvelle période de la station de Zarifet.

Tableau 9 : Températures moyennes, moyennes maximales et minimales mensuelles et annuelles en (C°) pendant deux périodes de la station de Hafir.

Station	Période		Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy annl
Hafir	1975-2007	M	10,1	12,1	13,5	15,3	18,4	24,3	27,4	29,1	23,9	20,4	13,1	10,3	18,2
		T	6,3	7,9	9,5	10,1	13,2	18,8	21,3	22,3	18,9	14,8	9	6,7	13,2
		m	2,4	3,6	5,4	4,9	7,9	13,2	15,3	15,5	14	9,3	4,9	3,1	8,3
	1991-2021	M	11,8	12,6	15,8	18,7	22,5	27,5	31,7	31,6	26,7	22,5	15,4	12,8	20,8
		T	7,9	8,7	9,5	12,2	15,9	20,6	24,4	24,3	19,9	15,9	9,7	7,2	14,7
		m	1,4	1,8	4,1	6,3	9,7	13,8	17,4	17,6	14,2	10,6	5,3	2,7	8,7

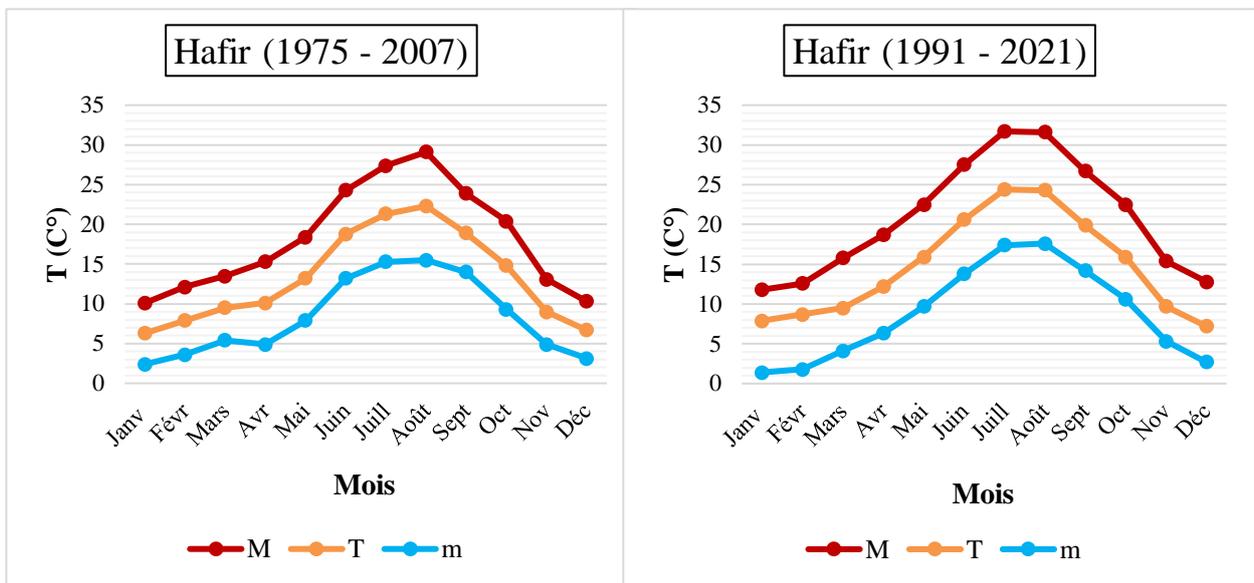


Figure 10 : Moyennes mensuelles, moyennes maximales et minimales des températures de l'ancienne et la nouvelle période de la station de Hafir.

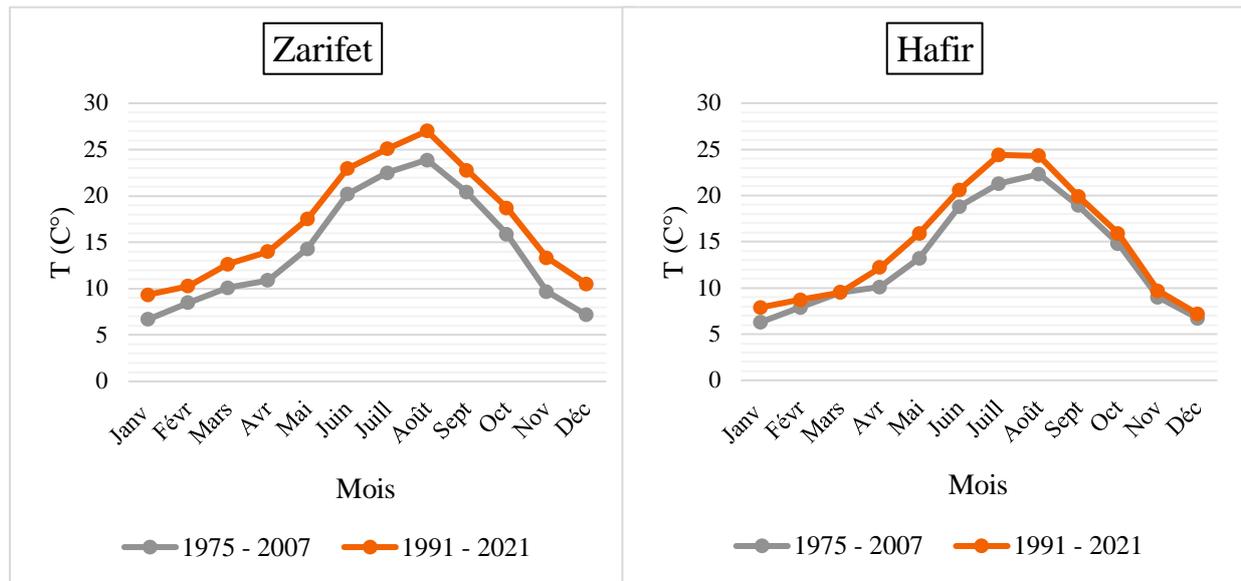


Figure 11 : Courbes graphique de comparaison entre les températures moyennes mensuelles de l'ancienne et de la nouvelle période des deux stations.

Selon les données du tableaux 8 et 9 et les figures 9, 10 et 11 on observe une variation dans les températures entre l'ancienne période et la nouvelle, avec une augmentation des températures a été enregistrée ces dernières années, janvier c'est le mois le plus froid dans les deux périodes et le mois le plus chaud est noté en Aout l'ancienne période et marqué tantôt en août et tantôt en juillet dans la nouvelle période.

II.7.3 Autres facteurs climatiques :

II.7.3.1 Le vent :

Tout au long de l'année, les forêts de Zarifet et Hafir subissent des vents de direction et de vitesse variables, généralement peu violents.

Les vents les plus répétés viennent de l'ouest, mais les vents du sud-ouest et du nord-ouest sont particulièrement présents en automne et aussi en hiver.

Le siroco arrivant du sud souffle souvent en été. Il fait très sec, très chaud et provoque souvent des incendies. Elle est souvent accompagnée de sable fin et de poussière et il est toujours un vent qui circule du continent vers la Méditerranée (BOUHRAOUA, 2003).

II.7.3.2 L'humidité :

La zone d'étude est marquée par une humidité relativement moyenne. Il fluctue tout au long de l'année entre 72 % en hiver et seulement 52 % en été.

Pendant la saison estivale, l'intérieur des terres connaît des conditions plus arides que le littoral, mais de fréquentes précipitations cachées (notamment du brouillard) apportent au sol un complément d'humidité par sa condensation (SAUVAGNAC, 1956 ; BOUHRAOUA, 2003 et SAIMI, 2003).

II.7.3.3 La neige :

Dans la région de Tlemcen la neige émerge d'une hauteur au-dessus de 800 m d'altitude. La neige était autrefois abondante dans les forêts de Hafar et Zarifet, dont l'importance varie d'année en année (**THINTOIN, 1946**).

Les premières chutes de neige ont lieu en hiver, elles étaient habituellement commencées en décembre et étaient les plus importantes en janvier et février, avant de diminuer progressivement à partir de mars. Ces chutes qui reviennent fréquemment se pouvaient atteindre une épaisseur de 20 à 30 cm, avec un maximum de 1,50 à 2 mètres (**SELTZER, 1946**).

Autrefois, la durée d'enneigement était d'environ 25 jours par an. Cependant, ces dernières années, les chutes de neige sont devenues moins régulières voire inexistantes dans toute la région, actuellement la durée d'enneigement est de seulement quelques jours par an.

II.7.4 Synthèse climatique :

Plusieurs auteurs, dont **BAGNOULS et GAUSSEN (1957)** ainsi qu'**EMBERGER(1955)**, ont suggéré l'utilisation d'indices climatiques pour rendre les données météorologiques plus utiles et significatives. Ces indices sont des combinaisons de différents paramètres climatiques, notamment les températures et les précipitations. L'objectif est de faciliter l'interprétation de ces données.

II.7.4.1 Indice de continentalité ou Amplitude thermique extrême moyenne (M-m) :

L'indice de continentalité d'une région peut être établi en fonction de son amplitude thermique extrême moyenne (M-m), qui est une mesure climatique. Cet indice permet de distinguer si une région est sous l'influence de l'océan (maritime) ou du continent (**DJELLOULI et DJEBAILI, 1984**).

DEBRACH en1953 a développé une classification climatique basée sur la fonction des M-m.

Tableau 10 : Classification climatiques selon l'indice de continentalité.

Type du climat	M-m (C°)
Climat insulaire	$M-m < 15 \text{ C}^\circ$
Climat littoral	$15 \text{ C}^\circ < M-m < 25 \text{ C}^\circ$
Climat semi- continental	$25 \text{ C}^\circ < M-m < 35 \text{ C}^\circ$
Climat continental	$M-m > 35 \text{ C}^\circ$

Tableau 11 : Indice de continentalité des deux stations pendant deux périodes.

Station	Période	M (C°)	m (C°)	M-m (C°)	Type de climat
Zarifet	1975 - 2007	30,9	2,6	28,3	Climat semi- continental
	1991 - 2021	33,06	1,39	31,67	Climat semi- continental
Hafir	1975 - 2007	29,1	2,4	26,7	Climat semi- continental
	1991 - 2021	31,7	1,4	30,3	Climat semi- continental

Les résultats du tableau 11 indiquent que le climat des deux stations d'étude est de type semi continental qui se caractérise par une différence plus prononcée entre l'hiver et l'été et témoignant (justifiant) de la sévérité des écarts thermiques.

II.7.4.2 Indice de sécheresse estivale :

D'après **EMBERGER (1942)**, l'indice de sécheresse estivale (Is) s'obtient en divisant la moyenne des précipitations estivales P en (mm) par la moyenne des températures maximales de la période estivale M en (°c).

$$Is = \frac{P}{M}$$

Is : Indice de sécheresse estivale.

P : Total des moyennes des précipitations estivales en (mm).

M : Moyenne des températures maximales de la période estivale, en (C°).

Tableau 12 : Indice de sécheresse estivale des deux stations pendant deux périodes.

Station	période	Précipitations estivales (mm)	M (C°)	Is
Zarifet	1975 - 2007	23	30,9	0,74
	1991 - 2021	21	33,06	0,64
Hafir	1975 - 2007	24	29,1	0,82
	1991 - 2021	35	31,7	1,10

EMBERGER (1942) a établi que l'indice de sécheresse estivale (Is) ne peut pas dépasser 7 dans le climat méditerranéen. Toutefois, **DAGET (1977)** a fixé une limite inférieure plus stricte pour cet indice, ne tolérant pas de dépassement au-delà de 5.

II.7.4.3 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :

En 1953, **BAGNOULS et GAUSSEN** ont établi une définition pour un mois sec, qui dit :« un mois est considéré comme sec lorsque la somme des précipitations moyennes en (mm), est inférieure au double de la température moyenne de ce mois ($P = 2T$). »

P : Précipitation moyenne du mois en (mm).

T : Température moyenne du même mois en (°C).

Ils proposent un outil graphique qui consiste à confronter deux paramètres majeurs du climat, la température et les précipitations. Selon ce modèle, la manifestation de la sécheresse est indiquée par la rencontre de la courbe des précipitations avec celle des températures, la première passant en dessous de la seconde.

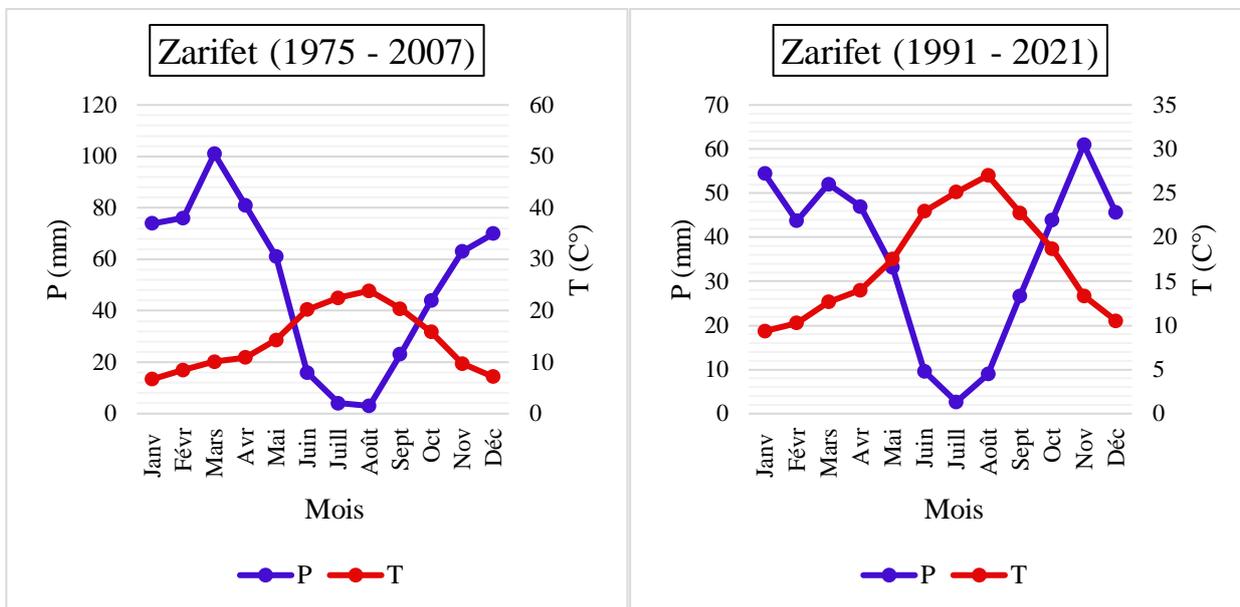


Figure 12 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Zarifet des deux périodes.

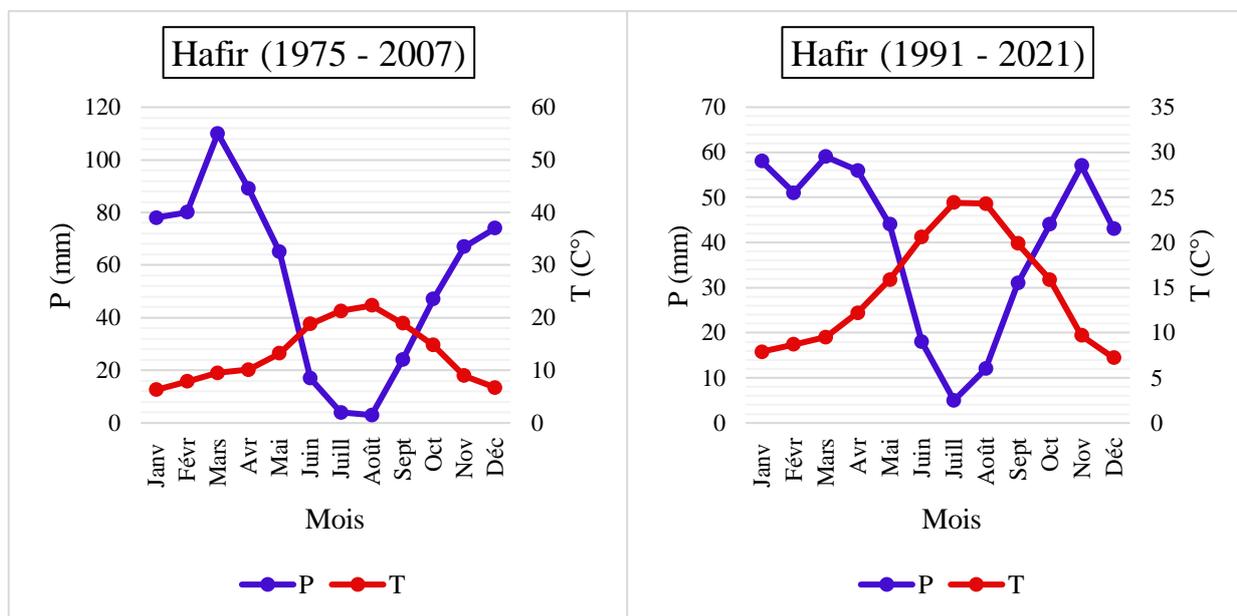


Figure 13 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Hafir des deux périodes.

Les figures 12 et 13 représentent le diagramme ombrothermique dans la station de Zarifet et Hafir qui montrent le champ de la période sèche dans chaque station, on observe que :

L'ancienne période (1975-2007) dans les deux stations distingué par une période sèche qui s'étendant à plus de 4 mois de juin jusqu'à le début d'Octobre, et une période pluvieuse de Novembre à Mai, par contre la période récente (1991-2021) distingué par une période sèche qui s'étendant jusqu'à 5 mois de Juin à Octobre, et une période pluvieuse de Novembre à début Mai.

II.7.4.4 Quotient pluviothermique et climagramme d'EMBERGER (Q₂) :

En 1930, EMBERGER a développé un indice appelé Quotient pluviothermique «Q₂», spécifique au climat méditerranéen, qui est largement utilisé en Afrique du Nord. Ce coefficient est associé à un diagramme qui permet de localiser chaque station météorologique et de délimiter les zones bioclimatiques dans lesquelles une espèce végétale ou un groupe végétal peut se développer. L'équation de cet indice a été formulée comme suit :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P : Moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en (K°)

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en (K°)

Dans lequel : T(K°) = T(C°) + 273,2.

Tableau 13 : Classifications des zones bioclimatiques en fonction de Q₂.

Zone bioclimatique	Q ₂
Saharien	< 10
Aride	10 à 45
Semi-aride	45 à 70
Sub-humide	70à 110
Humide	110 à 150

Tableau 14 : Étage bioclimatique des deux stations pendant deux périodes.

Station	Période	P (mm)	M (K°)	m (K°)	Q ₂	Étage bioclimatique
Zarifet	1975-2007	616	304,1	275,8	75,07	Sub-humide à hiver frais
	1991-2021	429	306,26	274,59	46,62	Semi-aride inférieur à hiver frais
Hafir	1975-2007	658	302,3	275,6	85,29	Sub-humide à hiver frais
	1991-2021	478	304,9	274,6	54,45	Semi-aride supérieur à hiver frais

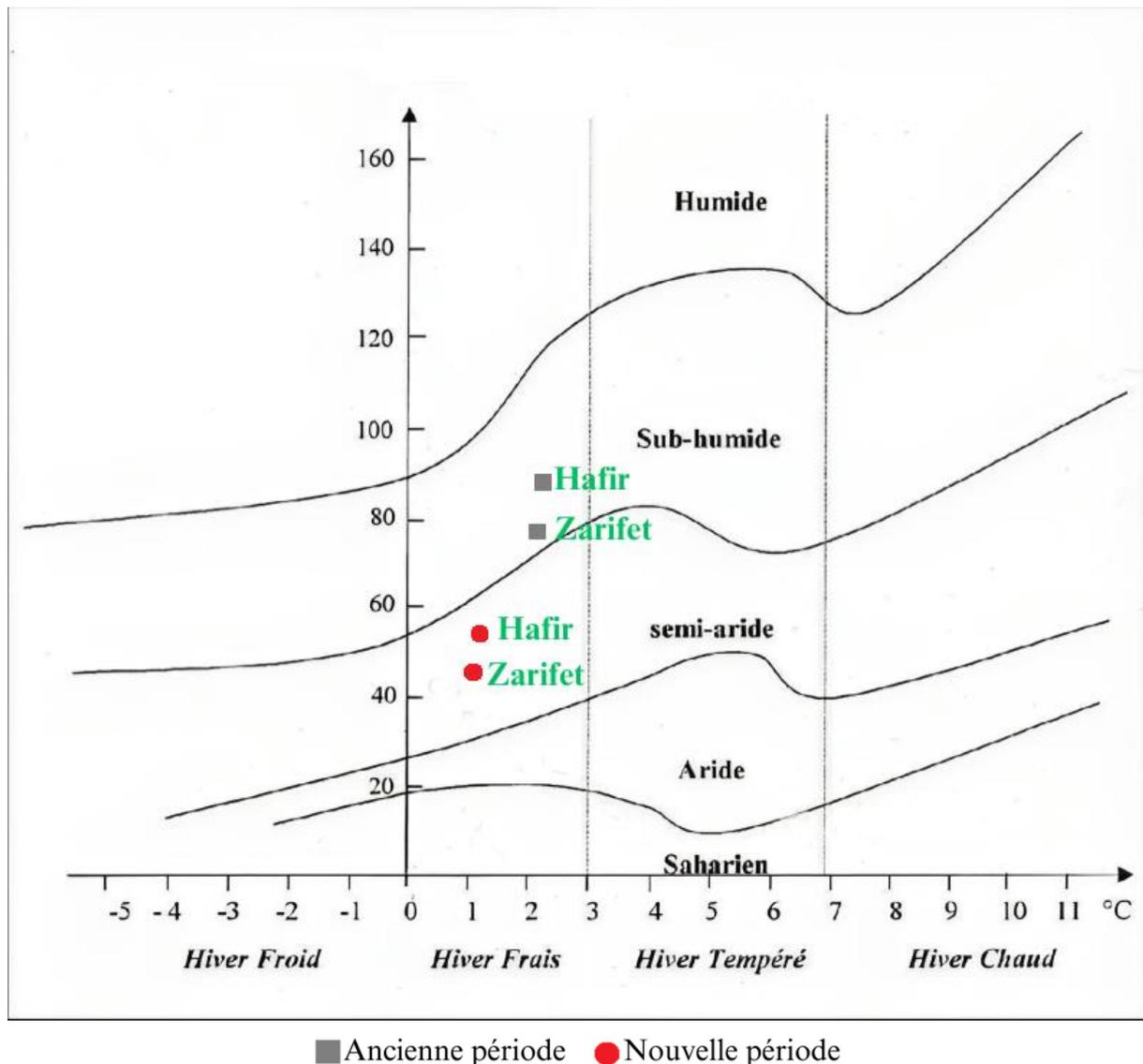


Figure 14 : La position des deux stations dans le climagramme d'Emberger.

Le tableau 14 représente les valeurs des quotients pluviothermiques qui exprime l'étage bioclimatique des stations et la figure 14 indique la position de ces stations dans le climagramme. On constate que les deux stations de Zarifet et Hafir à l'ancienne période (1975 - 2007) étaient situées dans l'étage sub-humide à hiver frais et se sont détériorées avec le temps et maintenant dans la nouvelle période (1991 - 2021) elles sont situées dans l'étage semi-aride à hiver frais, ce qui justifie par des températures plus élevées et une diminution des précipitations.

Chapitre III :
Matériel et Méthodes

Chapitre III : Matériel et Méthodes

III.1 Sur le terrain :

III.1.1 Matériel utilisé pour l'échantillonnage :

- ✓ Une pelle.
- ✓ Des sachets en plastiques.
- ✓ Des étiquètes.
- ✓ Altimètre : pour mesurer l'altitude.
- ✓ GPS : pour déterminer les coordonnées géographiques des stations.

III.1.2 Le choix des stations et méthode d'échantillonnage:

On a choisi deux stations appartiennent aux monts de Tlemcen qui sont la forêt de Zarifet et la forêt de Hafir.



Photo 2 : Station de Zarifet (BELOUFA, 2023).



Photo 3 : Station de Hafir (BELOUFA, 2023).

On a pris 4 prélèvements au total, de chaque station 2 échantillons bruts à partir de l'horizon superficiel de 0 à 15 cm de profondeur. Parmi les 2 échantillons, un échantillon a été prélevé sous un rejet de souche d'un arbre du chêne liège (*Quercus suber*) et le deuxième échantillon a été prélevé sous une plante de diss (*Ampelodesma*).



Photo 4 : Emplacement de l'échantillon 1 (BELOUFA, 2023).



Photo 5 : Emplacement de l'échantillon 2 (BELOUFA, 2023).



Photo 7 : Emplacement de l'échantillon 3 (BELOUFA, 2023).



Photo 6 : Emplacement de l'échantillon 4 (BELOUFA, 2023).

On a mis les échantillons dans des sacs en plastique et les a marqué par des étiquettes avec le numéro d'échantillon.

III.2.2 Méthodologie au laboratoire :

III.2.2.1 Préparation des échantillons de sol :

On a transporté les échantillons de sol au laboratoire de pédologie afin de subir divers traitements.

On a étalé les échantillons de sol sur du papier journal, puis on a cassé les grosses touffes, ensuite on a enlevé les débris organiques visibles, enfin les a laissé sécher à l'air pendant quelques jours.



Photo 9 : Les échantillons de sol qui sèchent (BELOUFA, 2023).

III.2.2.2 L'analyse granulométrique :

Le but c'est de savoir le pourcentage de chaque constitutive de la terre fine qui sont les sables, les limons, et l'argile pour obtenir à la fin la texture du sol.

Après le séchage des échantillons, on les a pesés, puis on les a tamisés à l'aide d'un tamis à trous de 2 mm de diamètre afin de séparer la terre fine des éléments grossiers. On a pris les éléments grossiers et les lavons dans le tamis, puis nous la laissons sécher puis nous pesons les deux types séparément et on en déduit le pourcentage des éléments grossiers dans le sol.



Photo 10 : Le tamisage du sol et la séparation de la terre fine des éléments grossiers (BELOUFA, 2023).

Pour effectuer tous les analyses, on a utilisé la terre fine, et pour la première qui est l'analyse granulométrique on est passé par deux processus : la dispersion et la sédimentation.

► **La dispersion :**

Elle consiste à détruire les agrégats par dispersion des colloïdes flocculés, pour ce faire, on a procédé en plusieurs étapes comme suit :

Le poids de sol approprié pour l'analyse est estimée par appréciation tactile il est inversement proportionnel à la quantité d'argile, et pour le trouver on a pris une prise d'essai de sol pour connaître ce qui est prédominant est-ce de sables, de limons, ou de l'argile, et dans notre cas les sables dominant dans tous les échantillons.

On a pris le poids du sol à analyser 70 g, et l'a mis dans un récipient auquel on a ajouté une quantité équivalente (70 ml) d'Hexamétaphosphate de sodium (NaPO_3)₆ et complété avec de l'eau distillée jusqu'à ce que le mélange total atteigne 200 ml, puis l'a chauffé pendant une heure.



Photo 11 : Chauffer le mélange pour le disperser (BELOUFA, 2023).

► **La sédimentation :**

Une fois la solution refroidie, on la verse dans une éprouvette et on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait marqué dessus, on agite bien et on laisse reposer et sédimenter pendant plusieurs jours.

Après son dépôt, on a posé un papier millimétré sur l'éprouvette et y marquons l'intersection entre chacune des particules élémentaires minérales du sol (sables, limons et argile).

Enfin, on a fixé les pourcentages de sable, de limon et d'argile sur le triangle des textures, puis on a fixé leur point de rencontre et en a déduit le type de texture du sol.

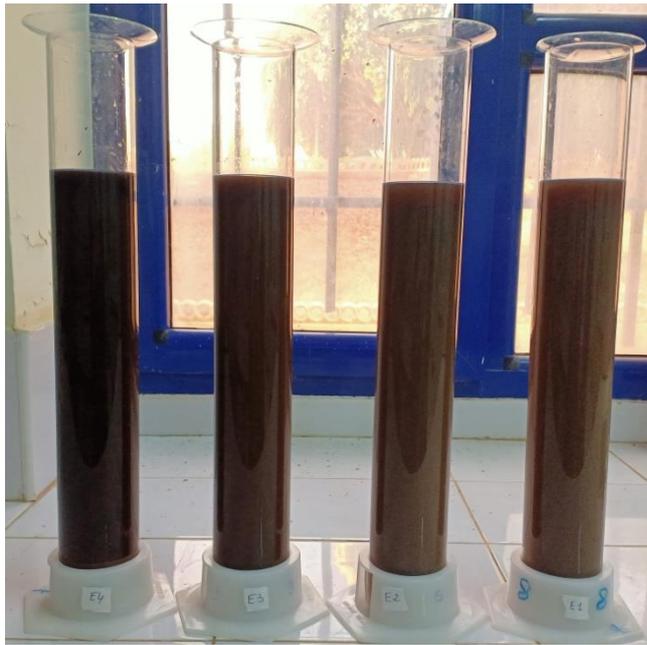


Photo 13 : La sédimentation (BELOUFA, 2023).

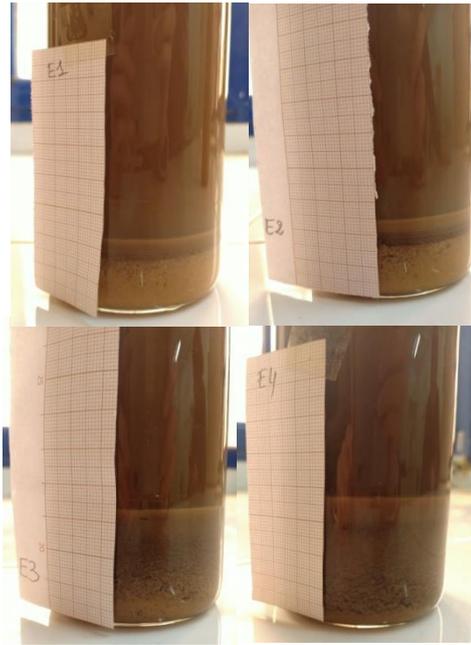


Photo 12 : les échantillons après leur Sédimentation (BELOUFA, 2023).

III.2.2.3 La couleur du sol :

On a déterminé la couleur du sol par le code international de MUNSELL, en déplaçant l'échantillon de sol sous les fenêtres prévues dans le code, on a sélectionné la couleur la plus proche et a noté ses coordonnées (teinte, clarté, pureté). Ce procédé nécessite des échantillons secs, sous un bon éclairage.

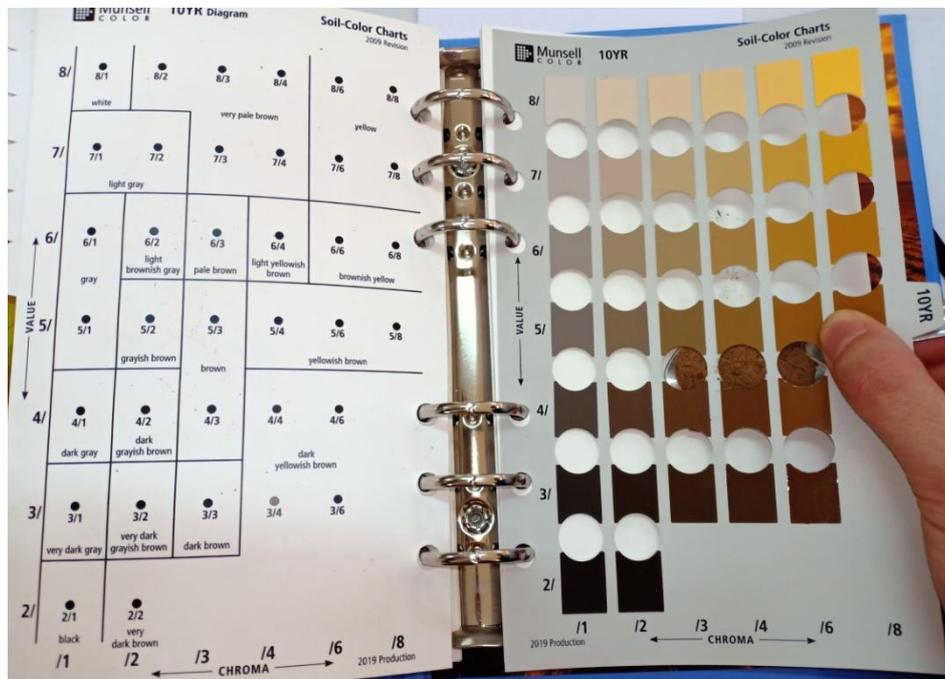


Photo 14 : La méthode d'utilisation de code de MUNSELL (BELOUFA, 2023).

III.2.2.4 Le dosage de calcaire :

Cette analyse est réalisée à l'aide du **Calcimètre de Bernard**.

En première étape on a déduit le volume de gaz carbonique (CO_2) libéré sous l'influence du mélange de 2,5 ml d'acide Chlorhydrique (HCl) à 1N avec 0,2 g de Carbonate de calcium (CaCO_3) pur.



Photo 15 : L'utilisation du Calcimètre de Bernard dans l'expérience du Carbonate de calcium (CaCO_3) pur (BELOUFA, 2023).

Après on a conclu le poids de sol approprié pour l'analyse en fonction de la teneur en calcaire qu'il contient, en déposant des gouttes d'acide Chlorhydrique (HCl) sur une quantité de sol et en évaluant l'effervescence qui se produit.

Le poids du sol approprié est estimé de 0,5 g à 5 g, Si l'effervescence est faible, on prend le grand poids, et au fur et à mesure que l'effervescence augmente, on diminue la quantité de poids du sol.

Dans le cas de notre sol, l'effervescence était très faible, on a donc pris la grande quantité appropriée de poids du sol 5 g.

Puis on a déduit le volume de gaz carbonique (CO_2) libéré sous l'influence du mélange de 2,5 ml d'acide Chlorhydrique (HCl) à 1N avec 5g de la terre fine (le sol).

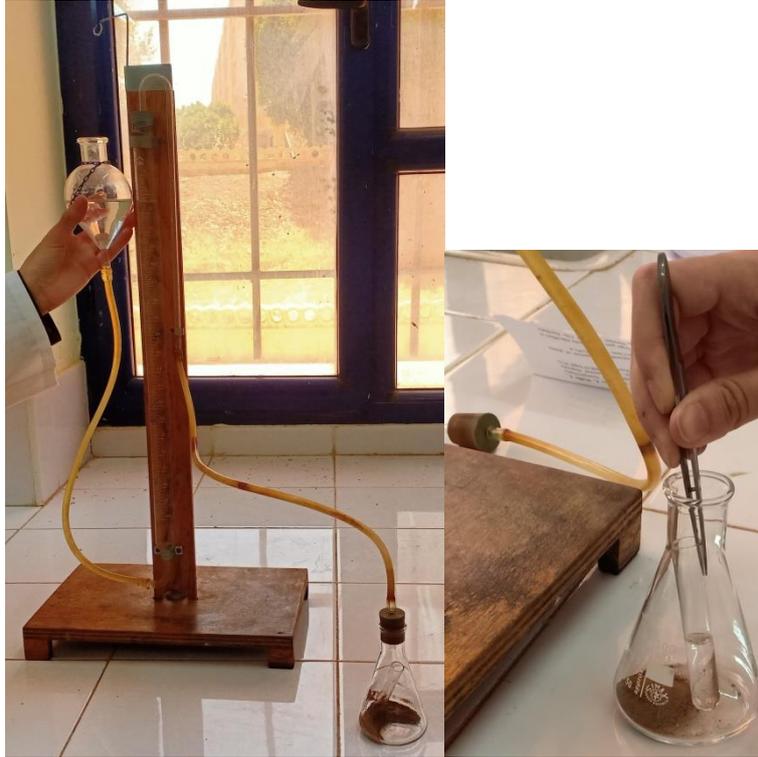


Photo 16 : L'utilisation du Calcimètre de Bernard dans l'expérience de la terre fine (le sol) (BELOUFA, 2023).

Enfin on a conclu le pourcentage de calcaire dans chaque échantillon par l'équation suivante:

$$\text{Le \% de CaCO}_3 = \frac{p \cdot V}{P \cdot v} \cdot 100$$

Soit :

v : le volume de CO₂ dégradé par **p** (0,2 g) de CaCO₃ pur.

V : le volume de CO₂ dégradé par **P**g de terre.

III.2.2.5 La mesure du pH (l'acidité du sol) :

L'acidité est exprimée comme pH_{H₂O} par détermination colorimétrique ou électrométrique.

L'acidité potentielle exprime la potentialité d'un sol de libérer des ions acides dans le milieu (dans la solution du sol). Elle tient compte des ions H⁺ libres et des ions H⁺ retenus dans le complexe absorbant.

Pour faire une mesure de pH du sol on a utilisé la méthode électrométrique est la suivante :

► On a mis 10 g dans un bécher et y a ajouté 25 ml d'eau distillée, et on les a mélangés pendant 15 minutes.

►Après on a placé les électrodes du pH-mètre dans la suspension pour effectuer la lecture du pH_{H_2O} .

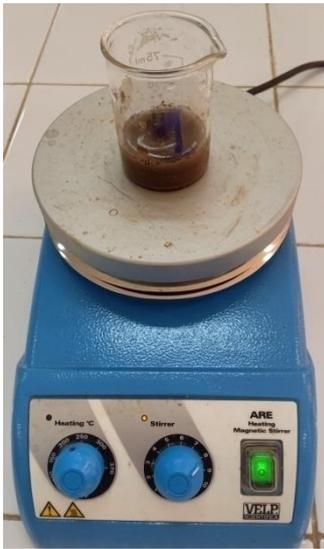


Photo 17 : Agitation du mélange (sol-eau) (BELOUFA, 2023).



Photo 18 : L'utilisation du pH-mètre (BELOUFA, 2023).

III.2.2.6 La mesure de la matière organique particulaire du sol (MOP) :

Décrit comment mesurer la matière organique particulaire légère du sol pour une simple évaluation de la gestion des résidus, en utilisant les méthodes du **STEVEN et al (2020)**.

- **La matière organique particulaire :**

- Nous regardons la fraction légère (flotte dans une colonne d'eau, taille 0,25 à 2 mm).
- On peut noter aussi des fractions plus lourdes (couler dans l'eau, mais moins dense que le sable minéral).
- Ces fraction résultent de la décomposition initiale des résidus organiques (feuilles, racine, tiges, fumier) dans les sols.
- Ils sont perçus comme répondant aux changements dans les rotations des cultures et représentent un indicateur du « levier » de la gestion de la matière organique pour la santé du sol.

- **La méthode :**

On a mis 100 g de la terre fine et la rincée dans un tamis de 250 μm , on a versé ce qui reste dans le tamis dans un récipient rempli d'eau, on a laissé flotter la matière organique, puis on la filtrait à travers un tissu qu'on avait préalablement pesé sec.

Pour évaluer le taux de matière organique particulaire, on a utilisé deux méthodes :

1. La méthode quantitative :

On a déplacé la matière organique dans le centre du tissu et l'étaler sur un cercle égal avec une épaisseur de 1 à 2 mm, puis on a mesuré le diamètre de ce cercle de MOP, puis on a évalué les résultats visuellement à l'aide de ce guide « visuel » d'évaluation quantitative de la matière organique particulaire, basé sur l'expérience et la comparaison avec d'autres sols.

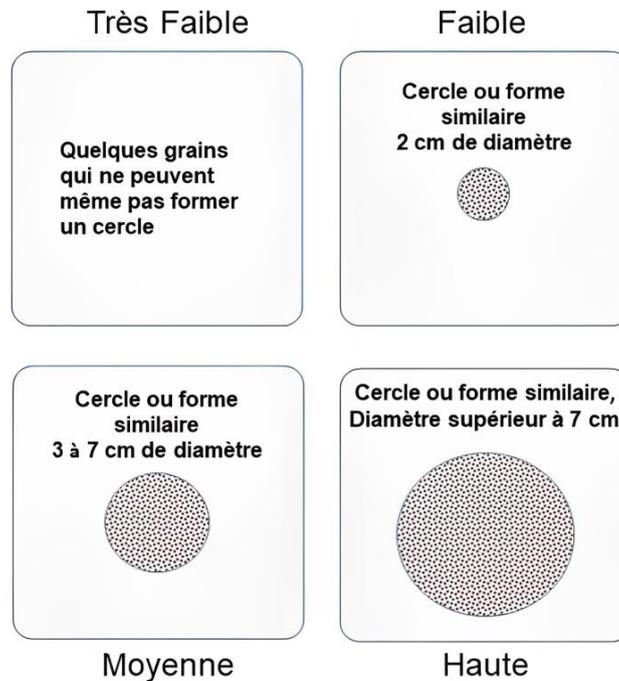


Figure 15 : Guide pour la notation visuelle de la densité de la MOP du sol.

2. La méthode qualitative :

On a laissé sécher ce qui est coincé dans le tissu. Après on a pesé le tissu avec la matière organique qui y était attachée puis on en a déduit le pourcentage de matière organique particulaire. Les résultats des échantillons sont comparés les uns aux autres.

Chapitre IV :
Résultats et Discussion

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Tableau 15 : Un tableau qui rassemble tous les résultats des analyses physico-chimiques des 4 échantillons des 2 stations.

Station	Zarifet		Hafir	
Numéro d'E	E1	E2	E3	E4
% d'Éléments Grossiers	1,38 %	1,96 %	24,23 %	41,01 %
% d'Argile	4 %	8 %	5 %	5 %
% des Limons	28 %	31 %	19 %	20 %
% des Sables	68 %	62 %	76 %	75 %
La texture	L.S		L.S	
La couleur	10 YR (5/4) Yellowish brown		10 YR (5/4) Brown	
% du Calcaire (CaCO₃)	1,3 %	1,22 %	0,96 %	1,04 %
pH H₂O	8,22	8,53	7,88	8,34
% de la matière organique particulaire (MOP)	0,552 %	0,585 %	2,7 %	2,72 %

IV.1 L'analyse granulométrique et la texture :

Tableau 16 : Les résultats de l'analyse granulométrique.

Station	Numéro d'E	% Éléments Grossiers	% Argile	% Limons	% Sables
Zarifet	E1	1,38 %	4 %	28 %	68 %
	E2	1,96 %	8 %	31 %	62 %
Hafir	E3	24,23 %	5 %	19 %	76 %
	E4	41,01 %	5 %	20 %	75 %

- La détermination de la texture par le triangle des textures :

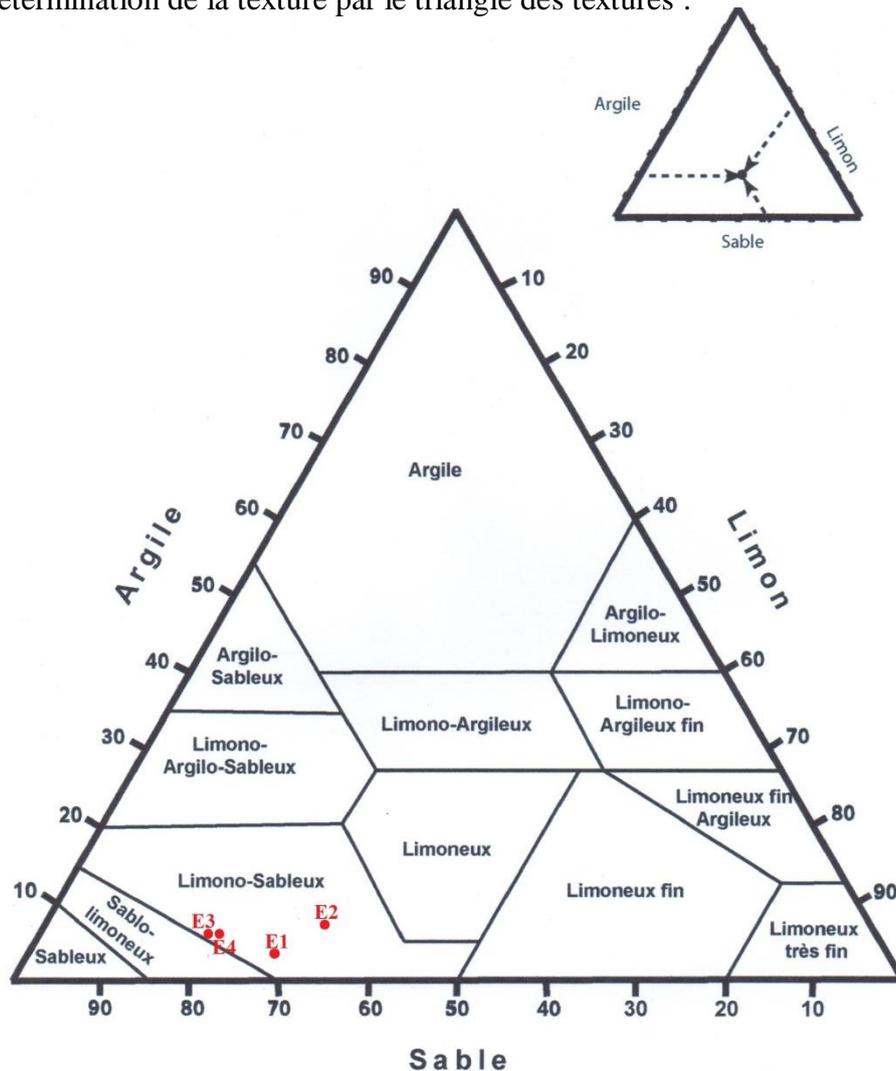


Figure 16: L'emplacement de chaque échantillon sur le triangle des textures.

Le tableau 16 représente les résultats des analyses granulométriques qui on a montré que tous les sols des échantillons de la forêt de Zarifet et de Hafir ont la même texture, qu'elle est **Limono-Sableuse**.

La texture du sol limono-sableux est un mélange de sable et de limon, où le sable confère au sol une texture granulaire et une bonne perméabilité à l'eau, ce qui permet un bon drainage. Cela signifie que l'eau s'écoule relativement rapidement à travers ce type de sol et le limon, quant à lui, est constitué de particules plus fines et confère au sol une texture plus douce et une meilleure capacité de rétention d'eau. Le limon retient l'eau plus longtemps dans le sol, ce qui peut être bénéfique pour les plantes en périodes de sécheresse.

Nos résultats étaient cohérents avec ceux de **KAID SLIMANE (2000)**, qui a également montré que dans Hafir la texture dans l'horizon de surface elle est très légère (limono-sableuse) avec 76,6 % de sables et 15,2 % de limons.

Les sols des deux régions sont des sols bruns fersiallitique (**BENHACHEM et HARRACHE, 2021**), c'est le sol qui est caractérisé les zones du matorral où est répandue la végétation du doum, du dit et certaines espèces de chênes (**DUCHAUFOR, 1977 et GAOUAR, 1980**).

IV.2 La couleur du sol :

Afin d'obtenir la couleur du sol, on a enregistré les critères suivants du livre de couleurs de sol MUNSELL :

Tableau 17 : la couleur des sols des échantillons d'après le code de MUNSELL.

Station	Numéro d'E	Le groupe principal	Value/ Chroma	La couleur du sol
Zarifet	E1 et E2	10 YR (Yellow-Red)	5/4	Yellowish brown (Marron jaunâtre)
Hafir	E3 et E4	10 YR	4/3	Brown (Marron)

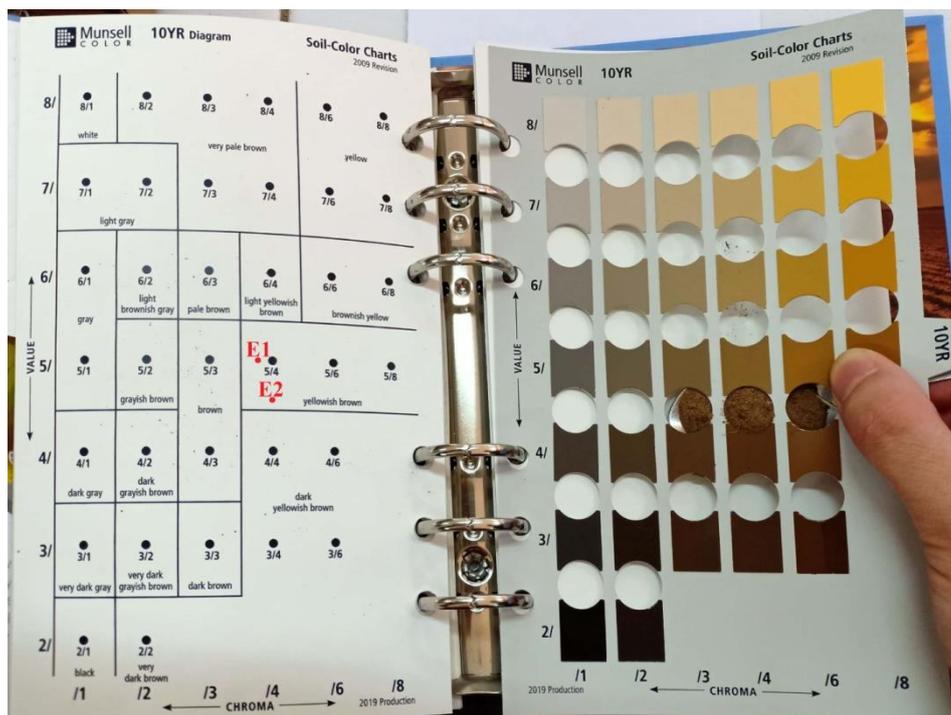


Photo 19 : La position d'E1 et E2 dans le livre de couleurs de sol MUNSELL (BELOUFA, 2023).

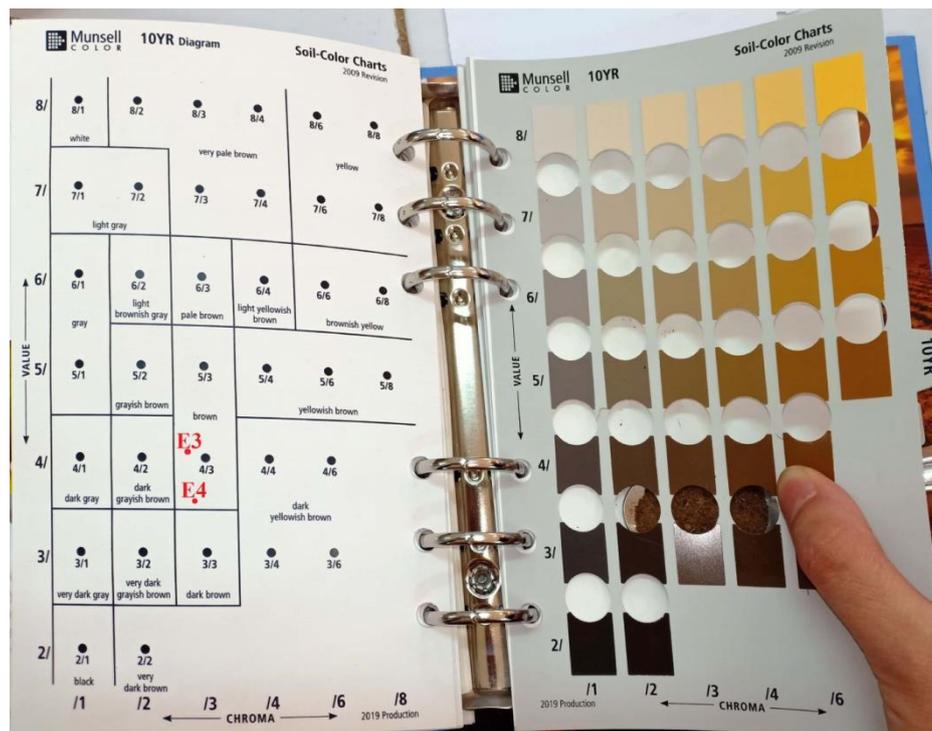


Photo 20 : La position d'E3 et E4 dans le livre de couleurs de sol MUNSELL (BELOUFA, 2023).

D'après les résultats qu'on a obtenus à partir de code du MUNSELL, on a déterminé que la couleur du sol des deux régions est incluse dans le groupe de gradations de couleurs dérivées de la couleur Yellow-Red (Jaune-Rouge), à partir de laquelle on a déduit que la couleur du sol de la région de Zarifet est Yellowish brown (marron jaunâtre) et la couleur du sol de la région de Hafir est Brown (marron).

Le sol marron peut indiquer une teneur plus élevée en matière organique décomposée, ce qui peut lui donner une teinte plus foncée. La présence de débris végétaux en décomposition ou de résidus culturels peut contribuer à cette couleur. Cette couleur peut aussi indiquer un sol relativement sain et équilibré. La présence de matière organique favorise la structure du sol, la rétention d'eau et la disponibilité des nutriments, ce qui est important pour le développement des plantes et la santé globale de l'écosystème du sol.

Selon DELAUNOIS (2006) l'humus produit des teintes du sol sombres allant au brun ou noir, ou cette couleur peut être due au fait que le sol contient une grande quantité de carbone (ALLISON, 2006).

Les sols bruns offrent aux plantes la capacité d'une bonne et forte croissance des racines et de la partie aérienne (MEDINA-LARA *et al*, 2019).

Les sols bruns ont une bonne capacité d'infiltration à condition qu'ils ne soient pas endommagés par le piétinement du bétail ou le compactage des véhicules, qui peuvent survenir, particulièrement lorsque les sols sont humides, et sont généralement contiennent des populations actives d'organismes du sol (HEWITT *et al*, 2021).

IV.3 Le dosage de calcaire :

Tableau 18 : Le pourcentage de calcaire dans chaque échantillon.

Station	Numéro d'E	% du Calcaire (CaCO ₃)
Zarifet	E1	1,3 %
	E2	1,22 %
Hafir	E3	0,96 %
	E4	1,04 %

Le tableau 18 représente les résultats de la mesure du dosage de calcaire dans les échantillons des deux régions et les pourcentages obtenus étaient compris entre 0,9 et 1,3 %.

Selon l'échelle d'interprétation de calcaire total les sols des deux stations sont généralement non calcaire, voire peu calcaire.

Les sols non calcaires ont une faible teneur en calcium, car ils ne sont pas influencés par les apports de carbonate de calcium provenant de roches calcaires.

Les vertisols et les sols fersiallitiques présentent des teneurs plus faibles en calcaire total par rapport aux sols calcimagnésiques (TOUHTOUH, 2015).

Les horizons supérieurs des sols ne sont pas calcaires en raison d'une désaturation partielle du complexe absorbant, ce qui entraîne une absence de sur-saturation en calcium dans les horizons de surface (RUELLAN, 1976).

Chez les plantes poussant sur le sol sans calcaire, les tiges présentaient une moelle lignifiée et des fibres nombreuses (BONNIER, 1894).

Le matorral de Tlemcennotamment les forêts de Zarifet et Hafir sont caractérisées par un sol à substrat siliceux, qui se caractérise par certaines essences de chênes ou de pins comme le chêne-liège et le pin d'Alep (DAMERDJI, 2008 ; LETREUCH-BELAROUCI et al, 2009 et BOUAZZA, 2021).

IV.4 La mesure du pH du sol :

Tableau 19 : La valeur du pH pour chaque échantillon.

Station	Numéro d'E	pH
Zarifet	E1	8,22
	E2	8,53
Hafir	E3	7,88
	E4	8,34

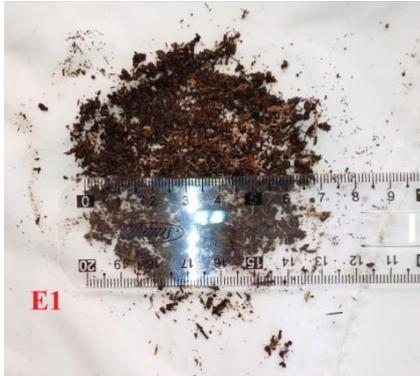
Le tableau 19 représente les résultats de la mesure du pH dans les échantillons des deux régions et les valeurs obtenues étaient comprises entre 7,8 et 8,5, ce qui indique que les sols sont moyennement basiques.

Les sols brunifiés se distinguent également par leur pH neutre à légèrement alcalin (KALOGA et THOMANN, 1971). En outre ces sols avec ce degré de pH sont courants dans les régions aux climats semi-arides ou arides, dans lequel la dégradation des sols par alcalinisation constitue un problème généralisé qui préexiste à tous les d'aménagement forestier (DUCHAUFOR, 1977 ; PERRY et PERRY, 1989 ; CLARK, 1996 et MADANI, 2008).

Le degré d'acidité ou d'alcalinité du sol joue un rôle crucial dans l'absorption des éléments nutritifs par les plantes, et il influence trois aspects essentiels de la fertilité du sol : la disponibilité des nutriments, l'activité biologique et la stabilité de la structure (PAUL THOREZ et DEJEAN, 2012). Les sols avec un pH neutre à alcalin réduisent la solubilité des métaux lourds dans le sol, tandis que les sols acides l'augmentent (KABATA-PENDIAS, 1999 et WOLEJKO et al, 2015).

IV.5 La mesure de la matière organique particulaire du sol (MOP) :

Tableau 20 : Les résultats du l'évaluation qualitative et quantitative de la matière organique particulaire du sol.

Station	Numéro d'E	L'évaluation qualitative	L'évaluation quantitative
Zarifet	E1	 <p>Le diamètre = 7 cm</p>	0,55 %
	E2	 <p>Le diamètre = 7,5 cm</p>	0,59 %

Hafir	E3	 <p>Le diamètre = 12 cm</p>	2,7 %
	E4	 <p>Le diamètre = 12,5 cm</p>	2,72 %

Le tableau 20 représente les résultats de l'évaluation qualitative et quantitative de la matière organique particulaire du sol (MOP), qui a montré que la forêt d'Hafir a un taux de MOP plus élevé que celui de la forêt de Zarifat, cela peut être dû à plusieurs facteurs, tels que les facteurs climatiques.

La matière organique particulaire est considérée comme un réservoir de matière organique (MO) active qui participe à la libération de nutriments dans la zone (CAMBARDELLA et ELLIOTT, 1992 ; MAGID *et al*, 1996).

La matière organique du sol est un milieu complexe et hétérogène. En plus des fractions humiques bien connues, telles que l'acide humique, l'acide fulvique et l'humine, il existe une grande quantité de matière organique particulaire (MOP), constitué de débris organiques de faible densité, qui peuvent être de la taille d'un sable, avec une décomposition relativement rapide (GUO *et al*, 2006). La matière organique particulaire du sol (MOP) est la fraction biologiquement et chimiquement active de la matière organique du sol (MOS) définie opérationnellement comme des particules organiques d'une taille de 0,053 à 2 mm, elle constitue donc un réservoir particulièrement labile de matière organique du sol (MOS) (BALESDENT *et al*, 1987 ; CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1992 et ARROUAYS, 1994). La matière organique particulaire du sol génère de nombreux avantages agricoles et écologiques, servant de source de nourriture et d'énergie pour les micro-organismes et les animaux du sol, fournissant des nutriments pour la croissance des plantes et améliorant la stabilité des agrégats, l'infiltration de l'eau et l'aération du sol (GOSLING *et al*, 2013). La

matière organique particulaire est un intermédiaire labile dans le continuum de la MOS, depuis les matières organiques fraîches jusqu'à la MOS humifiée (**PAUL et al, 2001**).

Les formes des particules de MOP peuvent varier considérablement, en raison de leurs origines diverses, allant des racines de plantes et restes de pousses aux restes d'animaux, morceaux de charbon, etc. Les molécules de la MOP d'origine naturelles peuvent également varier beaucoup plus que celles provenant de plantes fraîches ou vivantes (**KRAVCHENKO, 2014**). Étant donné que la MOP a un temps de renouvellement intermédiaire entre les deux extrêmes des complexes SOM actifs et lents (**FRANZLUEBBERS et STUEDEMANN, 2002**), l'accumulation de la MOP est généralement considéré comme une étape initiale dans la séquestration du C dans le sol (**KRAVCHENKO, 2014**).

ELLIOTT (1997) a suggéré que la MOP était une fraction clé influençant la fertilité du sol et pouvait potentiellement être utilisée comme indicateur de la qualité du sol.

Conclusion

Conclusion

Le sol est un capital qui peut être inépuisable par la bonne gestion et la maîtrise des facteurs qui peuvent influencer son comportement, sa genèse et sa productivité car on considère qu'il est la source presque exclusive de l'eau et des sels minéraux indispensables pour les végétaux (TIR, 2001).

Les monts de Tlemcen c'est une région naturelle assez singulière par sa diversité et ses richesses, ce domaine montagneux, malgré la pression anthropo-zoogène, continue de tenter de rester une zone «forestière» par excellence même si la végétation se présente sous forme de matorrals à différents états de dégradation.

Dans ce travail on a fait des analyses pour obtenir quelque caractérisation physico-chimique de quatre échantillons du sol du matorral de Tlemcen à partir de deux stations la première c'est la forêt de Zarifet et la forêt de Hafir, dans l'objectif de voir les variations de la composition de ces sols, et d'un autre côté d'analyser son influence sur la dynamique de la végétation. Ce qui on a permis d'obtenir les résultats suivants :

✓ Une petite étude physique des forêts de Zarifet et de Hafir on a parmi de conclure :

Le régime saisonnier des précipitations pendant la période (1975-2007) dans les deux forêts était du type PHAÉ et pendant la période de (1991-2021) il était du type HPAÉ dans la forêt de Zarifat et il était du type PHAÉ dans la forêt de Hafir.

Le type de climat des deux stations durant les deux périodes est climat semi-continentale

Le diagramme ombrothermique dans la station de Zarifet et Hafir montre une période de sécheresse d'une durée de 4 mois et demi dans les deux stations au cours de l'ancienne période (1975-2007), et une période de sécheresse s'étendant jusqu'à 5 mois dans les deux stations au cours de la nouvelle période (1991-2021).

Le Quotient pluviométrique et climagramme d'EMBERGER (Q_2) montrent que l'étage bioclimatique dans la période ancienne (1975-2007) pour les deux régions était sub-humide à hiver frais, mais dans la période récente (1991-2021), il est devenu semi-aride à hiver frais.

✓ Les résultats des analyses physico-chimiques des 4 échantillons du sol de la forêt de Zarifat et de la forêt de Hafir sont comme suit:

Dans les deux stations le pourcentage de sable est dominé dans les sols qui est de la texture Limono-Sableuse.

Les 4 échantillons des deux forêts appartiennent au groupe de couleur Yellow Red (Jaune Rouge) et ont été divisés en deux couleurs : la couleur du sol de la forêt de Zarifat est Yellowish brown (Marron jaunâtre) et la couleur du sol de la forêt de Hafir est Brown (Marron).

Les sols des deux forêts sont non calcaire, voir peu calcaire. Ils présentent un pH compris entre 7,8 et 8,5 ce qui indique que le sol est moyennement basique.

Le taux de la matière organique particulaire du sol (MOP) est plus élevé dans la forêt de Hafir que dans la forêt de Zarifat.

Le type de sol a un impact significatif sur la dynamique de la végétation car il peut intervenir dans la détermination de la composition, de la structure et de la productivité de la végétation dans un écosystème particulier. Étant donné que différents types de sol peuvent favoriser la croissance de certaines espèces végétales par rapport à d'autres, cela peut être contrôlé par les caractéristiques physiques et chimiques du sol comme le pH du sol qui influence la disponibilité des nutriments pour les plantes, dont certains sols acides peuvent limiter l'absorption de certains nutriments essentiels, tandis que d'autres sols alcalins peuvent provoquer des carences en micronutriments, d'autre part la texture du sol qui influe sur la rétention d'eau et la perméabilité du sol. Ces facteurs affectent la croissance des plantes, leur capacité à s'adapter aux conditions environnementales.

Les longues périodes de sécheresse qu'a connu la région de Tlemcen, outre les incendies fréquents dans les zones forestières, ont fortement affecté l'écosystème, notamment le faciès de la végétation naturelle, provoquant chez celle-ci des phénomènes de stress hydrique et d'adaptation, on accentue que les principales causes de ces catastrophes et problèmes sont les actions anthropiques et le changement climatique, et bien sûr, tout cela contribue à affecter négativement la qualité du sol, la vie et les interactions qui y existent.

Enfin, pour mieux comprendre l'influence des caractérisations des sols sur la dynamique de la végétation, différentes et plusieurs études doivent être poursuivies dans la région.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

1. **ALLISON, S.D. (2006)** – Brown ground: a soil carbon analogue for the green world hypothesis?. *The American Naturalist*, 167(5), 619-627.
2. **ARROUAYS, D. (1994)** – Intérêt du fractionnement densimétrique des matières organiques en vue de la construction d'un modèle bi-compartimental d'évolution des stocks de carbone du sol. Exemple après défrichement et monoculture de maïs grain des sols de «touyas». *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2. Sciences de la terre et des planètes*, 318(6), 787-793.
3. **AUBERT, G. (1978)** – Méthodes d'analyses du sol. 2^{ème} Edition. C.N.D.P. Marseille.199p.
4. **AUCLAIR, D et BIEHLER, J. (1967)** – étude géologique des hautes plaines oranaises entre Tlemcen et saida.trav .coll.1965-1966, pulb.serv.carte géol.Algérie,Alger.serv. bull. n°34, 3- 34.
5. **AYMAN, F. (2006)** – Assessment of Impacts, Adaptation, and Vulnerability to Climate Change in North Africa : Food production and Water resources, AIACC project AF 90, Central Laboratory for Agricultural Climate (CLAC)/Agriculture Research Centre (ARC), Egypt, 148 p.
6. **BAGNOULS, F et GAUSSEN, H. (1953)** – Saison sèche et indice xéothermique. *Bull. Soc.Hist. Nat. Toulouse*. 88(3-4).pp.193-239.
7. **BAGNOULS, Fr et GAUSSEN, H. (1957)** – Les climats biologiques et leur classification. In : *Annales de géographie*. Armand Colin, p. 193-220.
8. **BAIZE, D et JABIOL B. (1995)** – Guide pour la description des sols collection Technique et pratique INRA Paris 257p.
9. **BAIZE, D. (1997)** – Teneurs en éléments traces métalliques dans les sols (France). 412p.
10. **BAIZE, D. (1998)** – A sound reference base for soils : The "Référentiel Pédologique". Editions Quae.
11. **BAIZE, D. (2000)** – Guide des analyses en pédologie, technique et pratique : expression, présentation, interprétation, 2^{ème} éd, INRA-paris, 255.
12. **BAIZE, D. (2000)** – Teneurs totales en «métaux lourds» dans les sols français: résultats généraux du programme ASPITET. *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA*, (40), 39-54.
13. **BALESDENT, J ; MARIOTTI, A et GUILLET, B. (1987)** – Natural I3C abundance as a tracer for studies of soil organic matter dynamics. *Soil Biology and Biochemistry*, 19,25-30.
14. **BARBERO, M etQUEZEL, P. (1989)** –Contribution à l'étude phytosociologique des matorrals de la méditerranée orientale. *Lazoco II*. Pp : 37- 56.
15. **BENABADJI, N et BOUAZZA, M. (2000)** – Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. dans l'Oranie (Algérie occidentale). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 11(2), 117-23.
16. **BENABADJI, N ; BOUAZZA, M et MAHBOUBI, A. (2001)** – L'impact de l'homme sur la forêt dans la région de Tlemcen (Oranie-Algérie). *Forêt méditerranéenne*, 22(3), 269-274.
17. **BENCHETRIT, M. (1956)** – Les sols d'Algérie. *In: Revue de géographie alpine*. 1956, Tome 44 N°4. pp. 749-761.
18. **BENCHETRIT,M. (1972)** – L'érosion actuelle et ses conséquences sur l'aménagement en Algérie. P.F.U. Paris.216 p.
19. **BENEST, M ; BENSALAH, M ; BOUABDELLAH, H et OUARDAS T. (1999)** – La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Tlemcénien (Avant pays Tellien

- d'Algérie occidentale): Stratigraphie, paléoenvironnement, dynamique sédimentaire et tecto-genèse alpine, bulletin du service géologique de l'Algérie, Vol.10, No2.
20. **BENEST, M. (1985)** – Evolution de la plate-forme de l'ouest algérien et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du crétacé : stratigraphie, milieu de dépôt et dynamique de sédimentation. Thèse DOCT. Lab. géol. N° 59. Université Claude Bernard. Lyon, 1-367.
 21. **BENHACHEM, F.Z et HARRACHE, D. (2021)** – Chemical Speciation and Potential Mobility of Heavy Metals in Forest Soil Near Road Traffic in Hafir, Algeria. Journal of Health Pollution, 11(30), 210614.
 22. **BENSLAMA-ZANACHE, H. (1998)** – Contribution à l'étude de la diversité des microorganismes (champignons saprophytes) des sols du complexe humide d'el Kala, Nord-Algérien. « Cas des stations d'El-Khoubzi, Righia et Lac Noir ».Thèse magister. Université Annaba.
 23. **BENSOUNA, A. (2014)** – Qualification par la méthode multivariée de l'influence des facteurs physico-chimiques du sol sur la répartition spatiale des groupements végétaux halophiles dans la région de l'Ouest oranais (Doctoral dissertation).
 24. **BERKAL, I. (2016)** – école nationale supérieure agronomique (ENSA, A.) "Dynamique spatiotemporelle de la salinité de sols sableux irrigués en milieu aride. Application à une palmeraie de la cuvette de Ouargla en Algérie", p. 200.
 25. **BESTAOUI Kh. (2009)** – Contribution à une étude écologique et dynamique de la végétation des monts de Tlemcen par une approche cartographique. Thèse Doct. Univ. Abou Bakr-Belkaid - Tlemcen : 6 - 29.
 26. **BIROT, P. (1966)** – Les nouvelles classifications des sols, d'après P. Duchaufour. In: Annales de Géographie. 1966, t. 75, n°410. pp. 448-453.
 27. **BLANC, D. (1985)** – Les cultures hors sol. INRA. Ed louis. Paris 409p.
 28. **BONIN, G et LOISEL, R. (1996)** – Anthropisation et analyse écologique en milieu méditerranéen. Travaux de la Société d'Écologie Humaine, 45-53.
 29. **BONIN, G et QUEZEL, P. (1980)** – Les forêts feuillues du pourtour méditerranéen, constitution, écologie, situation actuelle, perspectives. Rev. For. Française. Vol. 3. N°33. Pp 253-268.
 30. **BONNIER, M.G. (1894)** – Remarques sur les différences que présente l'*Ononis natrix* cultivé sur un sol calcaire ou sur un sol sans calcaire. Bulletin de la Société Botanique de France, 41(1), 59-61.
 31. **BOTTINELLI, N. (2010)** – Evaluation de la structure et la perméabilité d un sol en contexte de non labour associé a l apport d effluent d'élevage : rôle de l'activité lombricienne. Thèse Doctorat Université Européenne de Bretagne, 165.
 32. **BOUABDELLAH, H. (1991)** – Dégradation du couvert végétal steppique de la zone Sud-Ouest Oranaise (le cas d'El Aricha). Thèse. Magist. I.G.A.T. Univ. Oran. 268p + annexes.
 33. **BOUAZZA, M et BENABADJI, N. (2010)** – Changements climatiques et menaces sur la végétation en Algérie occidentale. Changements climatiques et biodiversité. Vuibert-APAS, Paris, 101-110.
 34. **BOUAZZA, M. (1991)** – Etude phytoécologique de la steppe à *Stipa tenassicima*L. et à *Lygeum spartum*L. au sud de Sebdou (Oranie –Algérie). Thèse de doctorat. Univ Aix – Marseille. 119 p + annexes.
 35. **BOUAZZA, N. (2021)** – Analyse de la diversité phytoécologique du chêne zeen (*Quercus faginea* subsp. *tlemcenensis* (DC.): cas de la réserve de Moutas (Tlemcen, Algérie occidentale) (Doctoral dissertation).
 36. **BOUCHAOUR-DJABEUR, S ; BENABDELI, K ; TAIB, N ; BOUHRAOUA, R.T et MAHDJOUB, T. (2020)** – Variabilité de la glandée de *Quercus suber* L. dans le massif

- forestier Hafir-Zarieffet (Monts de Tlemcen, Nord-Ouest algérien). *Geo-Eco-Trop*, 44(3), 487-501.
37. **BOUCHE, A. (1972)** – Interacton in soil, 671p.
 38. **BOUDY, P. (1948)** – Économie forestière nord-africaine. Milieu physique et milieu humain, Tome 1, édit. Larose, Paris.
 39. **BOUHRAOUA, R. (2002)** – Contribution à l'étude de l'entomofaune du genre *Quercus*. Thèse de doctorat d'État, Université de Tlemcen.
 40. **BOUHRAOUA, R.T. (2003)** – Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'Ouest algérien: étude particulière des problèmes posés par les insectes (Doctoral dissertation, University of Tlemcen).
 41. **BOUMAZA, H.B. (2012)** – Vers une gestion durable des ressources en eau du parc national de Tlemcen, mémoire de magister en Hydraulique, Adjim. F. (dir), Université Tlemcen.
 42. **BOURLIERE, F. (1950)** – Esquisse écologique in GRASS.
 43. **BRICHETEAU, J. (1954)** – Esquisse pédologique de la région de Tlemcen. Terny. Ann. Inst. Agro.lger. Maison carrée, VII. 3, 28 p.
 44. **CALVET, R. (2003)** – Le sol propriétés et fonctions. Tome 1 : contribution et structure, phénomènes aux interfaces. Édition France agricole.88p.
 45. **CALVET, R. (2003)**. – Le sol propriétés et fonctions. Tome 2 : phénomènes physiques et chimiques, applications agronomiques et environnementales. Édition France agricole. p : 97- 188.
 46. **CALVET, R. (2013)** – Le sol. Tome 2, Edition France Agricole. P 678.
 47. **CAMBARDELLA, C.A ; et ELLIOTT, E.T. (1992)** – Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:777–783.
 48. **CLAIR, A. (1973)** – notice explicative de la carte lithologique de la région de Tlemcen au 1/100000.
 49. **CLARK, JS. (1996)** – The pH values of soils suspended in dilute salt solutions. *Soil Sci Soc Am Proc*; 30:11–4.
 50. **CLEMENT, M et PIELTAIN, F. (2003)** – Analyse chimique des sols, méthodes choisies. Ed. TEC, Paris.
 51. **CORNET, A et AYME, A. (1952)** – Carte géologique de l'Algérie. Service de la carte géologique de l'Algérie.
 52. **CORPEN, G. (2007)** – Les fonctions environnementales des zones tampons - Protection des eaux pp 78-124.
 53. **DAGET, P. (1977)** – Le bioclimat méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Végétation*, 34, 87-103.
 54. **DAHMANI-MEGREROUCHE, M. (1997)** – Le chêne vert en Algérie. Syntaxonomie, phytosociologie et dynamique des peuplements. Thèse doct. ès-sciences. Univ. Houari Boumediene. Alger. 329 P + annexes.
 55. **DAJOZ, R. (1980)** – Ecologie des insectes Forestiers. Gauthier- Villars, Paris, 489 pp.
 56. **DAMERDJI, A. (2008)** – Systématique et Bio-écologie de différents groupes faunistiques notamment les Gastéropodes et les Orthoptères selon un transect nord-sud Ghazaouet-El-Aricha (Doctoral dissertation, INA).
 57. **DEBRACH, J. (1953)** – Note sur le climat du Maroc occidental. *Maroc médical* 32(342).pp.1122-1134.
 58. **DELAUNOIS, A. (2006)** – Guide simplifié pour la description des sols. Chambre d'Agriculture Tarn, Albi, 37p.
 59. **DEOSHORTA, J.C. (1979)** – Les encroûtements calcaires et les encroûtements gypseux en géotechnique routière. *Bet. Labo, mécanique des sols*, 105p.

60. DIAEA, DRHA, SEEN. (2008) – Direction de l'irrigation et de l'aménagement de l'espace agricole, Service des Expérimentation, des Essais et de la Normalisation-Rabat.
61. DJEBAILI, S. (1978) – Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse Doct., Montpellier, 229p.
62. DJELLOULI, Y et DJEBAILI, S. (1984) – Synthèse sur les relations flore-climat en zone aride Cas de la Wilaya de Saïda. Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 131(2-4), 249-264.
63. DJILI, K et DAOUD, Y. (1999) – Distribution latérale et verticale de l'ESP des sols du Nord de l'Algérie compte-rendu du séminaire national sur la salinisation des terres agricoles. CRSTRA. Chélif. Le 01 02 juin, n° 99, pp : 25- 44.
64. DOUMERGUE, F. (1910) – carte géologique au 1/50000 feuille n°300 terni.
65. DREUX, PH. (1974) – Précis d'écologie .Ed. Presses. Universitaire de France. Paris.223 p.
66. DUCHAUFOUR, Ph. (1977) – Pédologie 1. Pédogenèse et classification .Masson. Paris, 477p.
67. DUCHAUFOUR, P. (1997) – Conserving soil resources. European perspectives. Écologie, 28(3), 273.
68. DUCHAUFOUR, Ph. (2001) – Introduction à la science du sol, végétation et environnement. 6^{ème} édit. Dunod, Paris, 331 p.
69. DUCHAUFOUR, Ph., (1977) – Pédogénèse et classification. Ed. MASSON & CIE, Paris, 477p.
70. ELIARD, J.L. (1979) – Manuel d'agriculture générale: Base de la production végétale. A l'usage des élèves de l'enseignement agricole et des stagiaires des centres de formation professionnelle agricole. Editions J.-b. Bailliere.
71. ELLIOTT, ET. (1997) – Rationale for developing bioindicators of soil health. Biological Indicators of Soil Health. Commonwealth Agricultural Bureau, International, Wallingford, Oxon, UK, pp 49–78.
72. ELMI, S. (1970) – Rôles des accidents décrochant de direction SSW-NNE dans la structure des monts de Tlemcen (ouest Algérie).Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Univ. Alger. 61, pp.3-8.
73. EMBERGER, L. (1930) – Sur une formule climatique applicable en géographie botanique. C.R.A cad. Sc. ; 1991 pp : 389 – 390.
74. EMBERGER, L. (1942) – "Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique". Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 77 : 97-124
75. EMBERGER, L. (1955) – Une classification biogéographique des climats. Travaux de laboratoire de Botanique et de Zoologie. Serv ; Montpellier, 47p.
76. ESCADAFAL, R ; GIRARD, M.C et COURAULT, D. (1988) – La couleur des sols : appréciation, mesure et relations avec les propriétés spectrales Agronomie, 8 (2), 147-154.
77. FELIDJ, M ; BOUAZZA, M et FEROUANI, T. (2010) – Note sur le cortège floristique et l'intérêt de la plante médicinale *Ammoides pussila* (verticillata) dans le Parc national des Monts de Tlemcen (Algérie occidentale). Geo-Eco-Trop, 34, 147-154.
78. FRANZLUEBBERS, A.J et STUEDEMANN, J.A. (2002) – Particulate and non-particulate fractions of soil organic carbon under pastures in the southern Piedmont USA. Environ. Pollut. 116:S53–S62.
79. GAOUAR, A. (1980) – Hypothèse et réflexion sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen. Revue Forêt méditerranéenne, Tome 2: 131-146.
80. GAOUAR, A. (1980) – Hypothèses et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen (Algérie). Forêt méditerranéenne, 2(2), 131-146.

81. **GHENNAM, K. (2011)** – Les lichens dans l'Algérois, étude de leur biodiversité et biosurveillance par SIG de la qualité de l'air (Doctoral dissertation, Alger).
82. **GOBAT, J.M ; ARAGNO, M et MATTHEY, W. (2003)** – Le Sol Vivant. PPUR, Suisse. 571 p.
83. **GOBAT, J.M ; ARGNO, M et MATTHEY, W. (2010)** – Le livre le sol vivant ; Bases de pédologie- Biologie des sols » 3^e édition revue. 165 P.
84. **GOSLING, P ; PARSONS, N et BENDING, G.D. (2013)**– What are the primary factors controlling the light fraction and particulate soil organic matter content of agricultural soils? Biol. Fertil. Soils 49:1001–1014.
85. **GREGORICH EG., 2003** – Modification de la matière organique du sol.
86. **GROS, R. (2002)** – Fonctionnement et qualité des sols soumis à des perturbations physiques et chimiques d'origines anthropiques : réponses du sol, de la flore et de la microflore bactérienne tellurique. Ecologie, Environnement. Université de Savoie. Français. Tel-00006161f. 227p
87. **GUEZOULI, D. (2017)** – Diagnostic pédologique sous chêne zeen (*Quercus faginea* subsp. *tlemcenensis*) dans la forêt domaniale de Tlemcen (Doctoral dissertation).
88. **GUO, X ; ZHANG, S ; SHAN, X.Q ; LUO, L.E.I ; PEI, Z ; ZHU, Y.G ; ... et GAULT, A. (2006)** – Characterization of Pb, Cu, and Cd adsorption on particulate organic matter in soil. Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal, 25(9), 2366-2373.
89. **HAFFAF, S. (2011)** – Contribution a l'étude de l'entomofaune du chêne liège dans la forêt de Zarifet, mém, univ, Tlemcen, p47.
90. **HAFOUDA, L. (2005)** – Caractérisation et quantification de la salinité du sol et de la nappe phréatique dans la vallée de l'oued. Mémoire Magister Hyd, Institut national agronomique-El Harrach–Alger, p27.
91. **HALITIM, A. (1985)** – Contribution à l'étude des sols des zones arides (hautes plaines steppiques de l'Algérie). Morphologie distribution et rôle des sols dans la genèse et le comportement des sols. Thèse Doct. Etat, Univ. Rennes, 180 p.
92. **HALITIM, A. (1988)** – Les sols des régions arides d'Algérie. Ed. O. P. U, Alger. 384 p.
93. **HEWITT, A.E ; BALKS, M.R et LOWE, D.J. (2021)** – The Soils of Aotearoa New Zealand. Springer International Publishing.
94. **HLAVACKOVA, P. (2005)** – Evaluation du comportement du cuivre et du zinc dans une matrice de type sol à l'aide de différentes méthodologies. Thèse de doctorat. L'Institut national des sciences appliquées de Lyon. P 207.
95. **HUFTY, A. (2001)** – Introduction à la climatologie: le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine. Presses Université Laval.
96. **KABATA-PENDIAS, A ; PENDIAS, H. (1999)** – Biogeochemistry of trace elements, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
97. **KAID SLIMANE, L. (2000)** – Étude de la relation sol-végétation dans la région Nord des Monts de Tlemcen (Algérie). Thèse Mag. Dép. Biol. Fac.Sc. Univ. Tlemcen, 129 p.
98. **KALOGA, B ; THOMANN, C. (1971)** – La physico-chimie du complexe absorbant dans les sols bruns eutrophes ses relations avec leur différenciation morphologique et leur classification. Centre ORSTOM de Dakar-Hann (Sénégal), 47 p.
99. **KARLEN, D.C ; MAUSBACH, M.J ; DORAN, J.W ; CLIRE, R.G ; HARRIS, R.F et SCHUMAN, G.E. (1997)** – Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J. 61, 4-10.
100. **KAZI TANI, L. (1996)** – Esquisse pédologique des zones à vocation forestière : Monts des Trara et monts de Tlemcen. Mémoire Ing. For: Inst. Foresterie Univ. Tlemcen. 68 p ;

101. **KERROMI, A et SAADAOU, A. (2017)** – Comparaison physico chimique et biologique de sols de trois régions de la wilaya d'Adrar : Tsabit, Reggan, et Ouled Aissa Timmi.
102. **KESSEL, J. (2015)** – OR6-001 - S100A12 as pro-inflammatory Art., 2p.
103. **KOLLER, E. (2004)** – Traitement des pollutions industrielles (eau, air, déchet, sol, boues). Edition DUNOD paris. 277 P -347p.
104. **KRAVCHENKO, A.N ; NEGASSA, W ; GUBER, A.K et SCHMIDT, S. (2014)** – New approach to measure soil particulate organic matter in intact samples using X-ray computed microtomography. *Soil Science Society of America Journal*, 78(4), 1177-1185.
105. **LABOUBEE, C. (2007)** – Retour au sol des matières organiques nécessaire à leur maintien en état en sols agricoles.
106. **LAVELLE, P. (1988)** – Earthworm activities and the soil system. *Biology and fertility of soils*, 6, 237-251.
107. **LE HOUEROU, H.N et POPOV, G.F. (1981)** – An eco-climatic classification of inter-tropical Africa. *Plant Production Paper no. 31*. Rome: FAO. 41 pp
108. **LEGROS, J.P. (2007)** – Les grands sols du monde. PPUR. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne, P574.
109. **LESCARMONTIER, L ; GUILYARDI, E ; MATTHEWS, R ; PEN POINT, S ; BHAI RUMJAUN, A ; SCHLÜPMANN, J et WILGENBUS, D. (2019)** – Rapport spécial dugiec « réchauffement à 1,5 °C » — Résumé a destination desenseignants. OFFICE FOR CLIMATE EDUCATION, 24 P.
110. **LETREUCH BELAROU, A. (2009)** – Caractéristique structurale des subéraies du parc national de Tlemcen Régénération naturelles et gestion durable .Thèse de doctorat en foresterie. Univ de Tlemcen.212p + Annexe Natividade, J.V., 1956 : Subericulture. Ecole Nationale des Eaux et Forêts. Nancy, 302 p.
111. **LETREUCH-BELAROU, A.M ; LETREUCH-BELAROU, N ; BENABDELI, K et MEDJAH, B. (2009)** – Impact des incendies sur la structure des peuplements de chêne-liège et sur le liège: le cas de la subéraie de Tlemcen (Algérie). *Forêt méditerranéenne*, 30(3), 231-238.
112. **LETREUCH-BELAROU, N. (2002)** – Compréhension du processus de dégradation de .la suberaie du parc national de Tlemcen et possibilités d'installation d 'une réserve forestière. *Mémoire Magister. Univ. Tlemcen*, 205 p.
113. **MADANI D. (2008)**– Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en zone à déficit hydrique». *Thèse Mag, Univ. Batna*, 118 p.
114. **MAGID, J ; GORISSEN, A et GILLER, K.E. (1996)** – In search of the elusive “active” fraction of soil organic matter: Three size-density fraction-ation methods for tracing the fate of homogeneously ¹⁴C-labelled plant materials. *Soil Biol. Biochem.* 28:89–99.
115. **MEDINA-LARA, F ; SOUZA-PERERA, R ; MARTÍNEZ-ESTÉVEZ, M ; RAMÍREZ-SUCRE, M.O ; RODRÍGUEZ-BUENFIL, I.M et MACHADO, I.E. (2019)** – Red and brown soils increase the development and content of nutrients in habanero pepper subjected to irrigation water with high electrical conductivity. *Hort Science*, 54(11), 2039-2049.
116. **MEDIOUNI, K. (2000)** – Elaboration d'un bilan et d'une stratégie nationale de développement durable de la diversité biologique. Tome 2 : organisation et potentialité de la diversité biologique Algérienne. Pp : 162-225. 49.
117. **MEDJAHDI, B. (2001)** – Réponse de la végétation du littoral des Monts des Trara aux différents facteurs de dégradation. *Thèse magistère. Foresterie. Univ. Tlemcen*. 107P.
118. **MOKADDEM, H. (2014)** – Contribution à l'étude de la production du Chêne liège dans les parcelles expérimentales de Hafir-Zariffet (Région de Tlemcen).

119. **MOKHTARI, N ; MRABET, R ; LEBAILLY, P ; BOCK, L. (2014)** – spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages devégétation du MAROC. REV. MAR. SCI. AGRON. VET. 2 (1):50-66 52.
120. **MONNIER, G et STENGEL, P. (1982)** – La composition granulométrique des sols : un moyen de prévoir leur fertilité physique. BTI 370/372 : 503-511.
121. **NOUMEUR, S. R. (2008)** –Biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le micro biote tellurique de la région de Hamla (Batna). Mémoire de magister, I.N.A., Alger, 74p.
122. **OZENDA, P. 1954** – Observation sur la végétation d'une région semi-aride : les hauts.
123. **PARLONS, F. (2005)** – Ce document a été réalisé par le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec grâce au Fonds canadien d'adaptation et de développement rural (FCADR) d'Agriculture et Agroalimentaire .Canada.
124. **PAUL THOREZ, J ; DEJEAN, B. (2012)** – Le guide du jardin bio Livre éco-conçu 414p.
125. **PAUL, E.A ; MORRIS, S.J et BÖHM, S. (2001)** – The determination of soil C pool sizes and turnover rates: Biophysical fractionation and tracers. Assessment methods for soil carbon. Lewis Publ., Boca Raton, FL. p. 193–206.
126. **PELLERIN, S ; BAMIÈRE, L ; LAUNAY, C ; MARTIN, R ; SCHIAVO, M ; ANGERS, D ; ... et RECHAUCHÈRE, O. (2020)** – Stocker du carbone dans les sols français. Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût? (Doctoral dissertation, INRA).
127. **PERRY, AS ; PERRY, RY. (1989)** – Effects in arid regions. In: Bourdeau P, Haines JA, Klein W, Krishna Murti CR, editors. Ecotoxicology and climate. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
128. **POUSSET, J. (2002)** – Engrais vert et fertilité des sols, 2^{ème} éd. Agri-décisions, Paris.
129. **QUEZEL, P et MEDAIL, F. (2003)** – Valeur phytoécologique et biologique des ripisylves méditerranéennes. Forêt méditerranéenne, 24(3), 231-248.
130. **QUEZEL, P. (1976)** – Les forêts du pourtour méditerranéen : Ecologie, Conservation et Aménagement. Note. Tech. MAB2 UNESCO. Paris, pp : 9 – 34.
131. **QUEZEL, P. (1981)** – Les forêts du pourtour méditerranéen. Unesco Programme homme et biosphère. Comm. Nat. Fr. MAB. pp 1-53.
132. **QUEZEL, P. (2000)** – Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press. Paris, 117 p.
133. **RUELLAN, A. (1976)** – Morphologie et répartition des sols calcaires dans les régions méditerranéennes et désertiques.
134. **SAIMI, F. (2003)** – Contribution à l'étude de la faune entomologique de trois espèces de chêne : chêne vert, chêne liège et chêne zeen dans les massif forestier Hafir et Zariffet (Tlemcen). Mém.Ing, Dép. Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen, 73 p.
135. **SAUVAGNAC, G. (1956)** – Les forêts domaniales d'Hafir et de Zariéffet. Bull. Amis Soc vieux Tlemcen, Oran : 47-53.
136. **SELTZER, P. (1946)** – Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. Et Phys. Du Globe. Univ. Alger. 219 p + Carte.
137. **SEMADI, A et TAHAR, A. (1995)** – A biological method for detection of global pollution in Annaba area (Algeria) Pollution Atmosphérique N°146
138. **SOLTNER, D. (1992)** – Les bases de la production végétale. Tome 2. 6^{ème} édition. Sci et Tech.Agr. 320p.
139. **SPOSITO, G. (1997)** – The chemical composition Of Soils. The chemesteryof soils. Oxford university press. New-York: 3-27.
140. **STERCKEMAN, T ; DOUAY, F ; BAIZE, D ; FOURRIER, H ; PROIX, N et SCHVARTZ, C. (2004)** – Factors affecting trace element concentrations in soils

- developed on recent marine deposits from northern France. *Applied Geochemistry*, 19(1), 89-103.
- 141. STEVEN, V ; STEVEN, F et BLESSING, M. (2020)** – Manuel d'évaluation de la santé des sols. Projet transversal sur les sols. Communauté de pratique d'Afrique de l'Ouest. Fondation McKnight. Colorado State University.
- 142. THINTOIN. (1946)** – le paysage géographique de l'Oranie. *Bull.Soc.Géo.Prov. Oran.*
- 143. THIOLLAY, J.M. (2004)** – Large bird declines with increasing human pressure in savanna woodlands (Burkina Faso). *Biodiversity and Conservation*, 15 : 2085-2108.
- 144. TINTHOIN, R. (1948)** – Un centre minier moderne à la limite du Sahara oranais. In *Annales de géographie* (Vol. 57, No. 305, pp. 91-92). Persée-Portail des revues scientifiques en SHS.
- 145. TIR, C. (2001)** – Dynamique saisonnière des nappes phréatiques dans la station expérimentale de SEDI MEHDI-TOUGGOURT. Mémoire d'ingénieur, université de BATNA, 63p.
- 146. TOMASSELLI, R. (1976)** – La dégradation du maquis méditerranéen In forêts et maquis méditerranéens. *Ecologie, conservation et aménagement. Note technique MAB. 2. Unesco Paris.* pp 34-75.
- 147. TOUHTOUH, D ; MOUJAHID, Y ; EL FALEH, E.M et EL HALIMI, R. (2015)** – Physical and chemical characterization of three types of soils of Saïs, Morocco) Caractérisations physico-chimiques de trois types de sols du Saïs, Maroc. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(12), 3582-3593.
- 148. Unice, (2008)** – <http://unt.unice.fr/uoh/degsol/fertilite-physique.php>.
- 149. WOLEJKO, E ; Butarewicz, A ; Wydro, U et Łoboda, T. (2015)** – Effects of different kinds of sewage sludge amendment on urban lawn grasses. *Journal of Ecological Engineering*, 16(1), 164-170.