

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 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine: Science de la Nature et de la Vie
Filière : Ecologie et Environnement
Spécialité/Option : Biodiversité Et Environnement
Département : Ecologie et Génie de l'environnement

Thème :

**Contribution à la caractérisation physico-chimique de la litière
forestière Guelma (cas Mahouna)**

Présenté par :

- ❖ Bouyaci Nora
- ❖ Hamouda Djamila

Devant le jury composé de :

Présidente: Mr. Aissaoui. R	M.C.B	Université de Guelma
Promoteur : Mme. Ibncherif. H	M.C.B	Université de Guelma
Examinatrice : Mme. Laouar. H	M.C.B	Université de Guelma

Juillet 2019

Remerciements

Avant tout nous adressons nos remerciements au bon Dieu, le tout puissant pour la volonté, la santé, le courage et la patience qu'il nous a donné durant cette année d'études et pour la réalisation de ce travail que nous espérons être utiles.

*En premier lieu, Nous tenons à remercier notre encadreur **Mme IBNCHERIFE. Hayette** pour l'orientation, la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'elle trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.*

*Nous tenons tout particulièrement à remercier le Professeur **BENSLAMA Mohamed**, Professeur au Département de biologie et Directeur du Laboratoire de Recherche Sol et Développement Durable , pour son aide, Ses nombreux conseils, sa qualité d'écoute durant la période de réalisation de ce travail.*

Nous tenons à remercier tous les membres de jury ;

***Mme LAOUAR Hadia** pour l'intérêt qu'elle porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par ses propositions.*

***Mr. AISSAOUI Riad** d'avoir accepté d'examiner cette modeste contribution.*

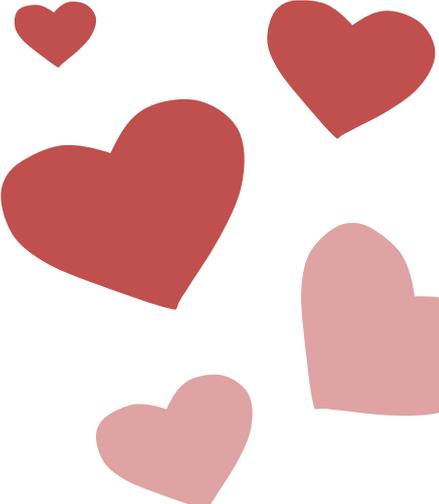
Nous adressons également nos remerciements à tous nos enseignants, qui nous ont donné les bases de la science ;

Merci à nos familles, pour leurs sacrifices et compréhensions qui nous ont toujours soutenus.

Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce mémoire.

A vous tous merci.





Dédicaces



Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, Le respect, la reconnaissance Aussi, c'est tout simplement que Je dédie cette mémoire ;

A la mémoire de mon Père Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A ma chère mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude. Puisse le tout puissant redonner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A mon mari Billele Bouhssane pour son aide sa patience son encouragement pour la réalisation de ce mémoire

A mes familles sans exception

À mes meilleurs amis Rahma ; Bouchra ;kamila pour leur support au quotidien.

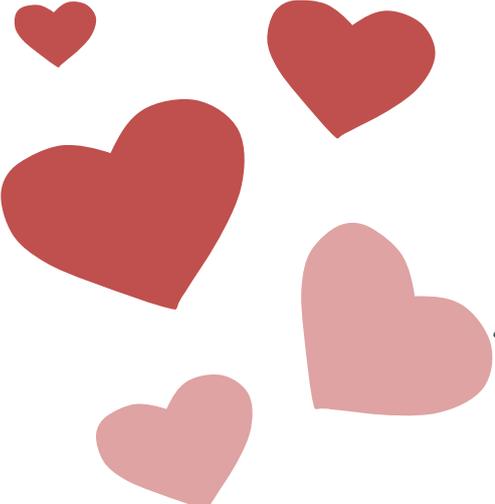
À Toute ma promotion 2ème année master (2018/2019) et à tous mes enseignants.

À toutes les personnes qui m'ont aidé, soutenu et contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



DJAMILA





Dédicaces



Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, Le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que Je dédie cette mémoire ;

Aux êtres les plus chers au monde, mon défunt père Allah yarahmou qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui, pour tous les conseils qu'il m'a donnés. En implorant Dieu tout puissant de l'accueillir en son vaste paradis.

A ma chère mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude. Puisse le tout puissant redonner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A mes chers frères : ABD ELSALAM, ABD EL GHANI, MOHSEN, YACINE, AMINE et leur enfants et ses épouses.

A mes chères sœurs : LAILA, SONIA et FARIDA et son mari et ses filles.

À mes meilleurs amis : Djamila, Loubna, Kamila, Bouchra, Hanane et Amel pour leur support au quotidien.

À Toute ma promotion 2ème année master (2018/2019) et à tous mes enseignants.

À toutes les personnes qui m'ont aidé, soutenu et contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



NOURA

Sommaire
Remerciement**Dédicace****Sommaire****Liste des tableaux****Liste des figures****Introduction****Chapitre 1 : Généralité sur la litière**

I.1. Définitions de la litière	1
I.2. Les retombées de la litière	1
I.2.1. Les apports épigés	1
I.2.2. Les apports hypogés	2
I.3. Les constituants physico-chimiques de la litière	2
I.3.1. Les constituants physique	2
I.3.2. Les constituants biochimiques.....	2
I.4. Décomposition de la litière	3
I.4.1. Les étapes de la décomposition de la litière	3
I.5. Définition et description de la matière organique.....	3
I.5.1. Evolution de la matière organique	4
I.5.2. Les voies de transformation de la matière organique	5
I.5.3. Influence de la matière organique sur les propriétés du sol	7
I.5.4. Mode d'action de la matière organique sur la pédogenèse	8

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude.....	10
2.1.1. Situation géographique	10
2.1.2. Limites administratives.....	10
2.1.3. Relief.....	11
2.1.4. Réseau hydrographique	14
2.1.5. Cadre biotique	15

2.1.5.1. La faune	15
2.1.5.2. La flore	15
2.1.6. Etude climatologique	16
2.1.6.1. Précipitations	16
2.1.6.2. Température	17
2.1.6.2. L'humidité	17
2.2. Présentation du site d'étude	19
2.2.1. Présentation des stations de prélèvements.....	20
2.3. Présentation du matériel végétal	25
2.3.1. Généralités sur le chêne-liège	25
2.3.1.1. Position taxonomique du chêne-liège = <i>Quercus suber</i> L	25
2.3.1. 2. Description botanique	25
2.3.1. 3. Aire de répartition.....	26
2.3.2. Généralités sur le chêne-zeen	27
3.2.1. Position taxonomique du chêne-zeen (<i>Quercus canariensis</i>)	27
2.3.2. 1.Description botanique du chêne zeen (<i>Quercus canariensis</i>)	27
2.3.2.2. Répartition du chêne zeen (<i>Quercus canariensis</i>)	28
2.4. Méthodes d'échantillonnage	29
2.4.1. Méthodologie de fractionnement physique et d'analyse physico-chimique	29
2.4.1.1. Le fractionnement physique.....	30
2.4.1.1 2. L'analyse physico-chimique de la litière et le sol	30

Chapitre3 : Résultats et Discussion

4.1. Description morphologique de la litière	32
4 .1.1. La litière mixte du chêne liège et chêne zen (station 1)	32
4.1.2. La litière du chêne liège (station 2).....	33
4 .2. Analyse quantitative et qualitative de la litière forestière	35
4.2.1. Caractérisation des retombés de la litière	35
4.2.1.1. Quantification de la litière ancienne	35
4.2.1.2. Le suivie des apports mensuels.....	36

4.3. Caractérisation physique de la litière forestière	37
4.3.1. Composition physique de la litière ancienne	37
4.3.2. Composition physique de la litière mensuelle	39
4.4. Les analyses physico-chimiques	40
4.4.1. Les analyses physico-chimiques de la litière.....	40
4.4.2. Les analyses physico-chimiques du sol	43
Conclusion	46

Résumé

Références bibliographique

Annexe

Liste des figures

Numéro des figures	Titre des figures	Numéro des pages
Figure n°01	Schéma de l'évolution de la matière organique fraîche	06
Figure n°02	Situation géographique de la zone d'étude.	10
Figure n°03	Géomorphologie de la région de Guelma.	11
Figure n°04	Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma	15
Figure n°05	Situation géographique du mont de la Mahouna (Guelma, Nord-Est de l'Algérie).	20
Figure n°06	Station n°1 (prise personnelle)	20
Figure n°07	Parcelle n°1 (prise personnelle)	21
Figure n°08	Parcelle n°2 (prise personnelle)	22
Figure n°09	Station n°2 (prise personnelle)	22
Figure n°10	Station n°2 (prise personnelle)	23
Figure n°11	Parcelle n°2 (prise personnelle)	24
Figure n°12	Carte de situation de la site d'étude	24
Figure n°13	le chêne-liège = <i>Quercus suber</i> L	25
Figure n°14	air de répartition du chêne-liège en Algérie	27
Figure n°15	le chêne-zeen (<i>Quercus canariensis</i>).	27
Figure n°16	Répartition de <i>Quercus canariensis</i> en Algérie.	28
Figure n°17	parcelle de ramassage de litière (prise personnelle).	29
Figure n°18	séchage de la litière Au laboratoire (prise personnelle	30
Figure n°19	la séparation physique de la litière (prise personnelle	30
Figure n°20	Couche n° 1 de la litière (prise personnelle	32
Figure n°21	Couche n° 2 de la litière (prise personnelle)	32
Figure n°22	Couche n° 3 de la litière (prise personnelle)	33
Figure n°23	Couche n° 4 de la litière (prise personnelle)	33
Figure n°24	Couche n° 1 de la litière (prise personnelle)	34
Figure n°25	Couche n° 2 de la litière (prise personnelle)	34
Figure n°26	Couche n°3 de la litière (prise personnelle)	35

Numéro des figures	Titre des figures	Numéro des pages
Figure n°27	Représentation graphique de la litière ancienne par parcelle et par station	36
Figure n°28	Variation mensuels des retombées de litière.	37
Figure n°29	Composition physique de la litière forestière.	38
Figure n°30	Composition physique de la litière mensuelle.	39
Figure n°31	L'évolution du PH pour la station 1.	41
Figure n°32	L'évolution du PH pour la station2	41
Figure n°33	L'évolution de la conductivité électrique pour la station 1.	42
Figure n°34	L'évolution de la conductivité électrique pour la station 2.	42
Figure n°35	L'évolution de la conductivité électrique pour la station 2.	42
Figure n°36	L'évolution d`humidité pour la station 2.	42
Figure n°37	L'évolution de la matière organique pour la station 1.	43
Figure n°38	L'évolution de la matière organique pour la station 2	43
Figure n°39	L'évolution du pH du sol.	44
Figure n°40	L'évolution de la conductivité du sol.	44
Figure n°41	L'évolution d`humidité du sol.	45
Figure n°42	L'évolution de la matière organique du sol	45

Liste des tableaux

Numéro des tableaux	Titre des tableaux	Numéro des pages
Tableau n°01	Répartition de précipitations moyennes mensuelles	17
Tableau n°02	Températures moyennes mensuelles la région de Guelma	17
Tableau n°03	l'humidité mensuelle la région de Guelma	18
Tableau n°04	Quantité de litière ancienne dans chaque type de forêt.	36
Tableau n°05	Les apports mensuels de la litière.	37
Tableau n°06	Composition physique de la litière forestière.	38
Tableau n°07	Composition physique de la litière mensuelle.	39
Tableau n°08	Les analyses physico-chimiques de la litière.	40
Tableau n°09	les analyses physico-chimiques du sol.	43

Lise des abréviations

_ S P C : La Station, Le Parcelle, La couche

_ CE : La conductivité électrique

_ H : L humidité

_ C : Le carbone

_pH : potentiel hydrogène

Introduction

L'Algérie de par sa position géographique présente une grande diversité de biotopes occupée par une importante diversité biologique. Les écosystèmes forestiers se caractérisent par une richesse floristique remarquable, certains représentent des paysages d'intérêt mondial (**Benslama, 1993**)

Le massif forestier de la Mahouna (Guelma) fait partie du bassin méditerranéen, et il est constitué d'une richesse floristique très importante notamment une forêt mixte de chêne liège – chêne zeen, oléolentisque, maquis et pelouses comptabilisant d'une superficie totale de 14400 ha. Sur le plan orographique, ces groupements forestiers se répartissent entre 227m et 1411m d'altitude, dans une ambiance bioclimatique de type semi-aride tempéré vers le bas et humide froid, dans des étages allant du thermo méditerranéen au supra méditerranéen.

De nombreuses études ont porté sur la chute des feuilles dans les écosystèmes forestiers (Bray & Gorham; 1964, Leuret *et al.* 2001). La production annuelle de litière varie en fonction d'un grand nombre de facteurs : le climat, l'altitude, la latitude, les espèces présentes, le biome, la fertilité du sol, l'âge de la communauté ou du peuplement, les saisons), *etc.*

La relation sol-végétation est souvent complexe. Elle est basée sur l'existence des échanges mutuels, ou le sol joue le rôle d'un support de végétation et c'est à partir du sol que les plantes puisent les éléments minéraux indispensables pour l'accomplissement de leur cycle vital, à la fin de cycle la plante retourne au sol sous forme de matière organique fraîche appelée litière

L'importance de la décomposition des matières organiques tient au fait qu'elle joue un rôle majeur parmi l'ensemble des processus biogéochimiques. Il est donc important de rappeler brièvement les principaux compartiments et flux de carbone et d'azote dans les écosystèmes (**Tardif, 2014**)

Ce travail a pour objectif l'évaluation et la caractérisation physico-chimique de la litière des deux groupements de chênes (Chêne liège, Chêne zeen).

Par cette étude et afin d'arriver à notre objectif, nous avons développé trois chapitres qui traiteront respectivement: Le premier chapitre présente une généralité sur la litière, suivi d'un deuxième chapitre qui est consacré à la description du site d'étude, le matériel et méthode utilisés. Les résultats de ce travail ainsi que leur discussion sont présentés dans le troisième chapitre. Et nous terminerons ce travail par une conclusion générale et quelques suggestions pour orienter des travaux futures.



Chapitre
un

Généralité sur la litière

Introduction

La litière désigne de manière générale l'ensemble de feuilles mortes et débris végétaux en décomposition qui recouvrent le sol (forêts, jardins, sols plantés de haies, etc.).

En pédologie la litière est la couche superficielle qui couvre le sol et fait partie des horizons dits « holorganiques ». Elle est constituée de matière organique ; résidus végétaux (feuilles, rameaux, brindilles, pollens), fongiques (spores, mycéliums) et animaux (excréments et cadavres d'invertébrés essentiellement) qui se déposent au sol tout au long de l'année, encore inaltérés ou peu altérés. On ne parle généralement de litière qu'en surface le plus souvent pour un sol forestier pour désigner les strates du sol. **(Benslama, 1993)**

1.1. Définitions de la litière

Il existe actuellement deux interprétations pour ce terme :

Les auteurs russes, d'après la définition que donnent Rodin et Bazillevich en 1967 regroupent sous le nom de « opad », généralement traduit par la litière, « la quantité de matière organique contenue dans toutes les parties des plantes, aussi bien aériennes que souterraines, mourant annuellement, ainsi que les individus et parties d'individus morts par vieillissement ou par élimination naturelle ». **(Benslama, 1993)**

Ils utilisent par ailleurs l'expression « litière de feuilles » pour désigner « la matière organique contenue dans les parties perdues par les arbres et les arbustes, c'est-à-dire les feuilles, les fleurs, les écailles enveloppant les fleurs, les fruits, les graines, et les petites branches, à l'exclusion des troncs morts et des grosses branches, ainsi que les parties perdues par les plantes couvrant le sol ». **(Benslama, 1993)**

Les auteurs occidentaux parlent séparément de la « litière de la strate herbacée », mais la négligent le plus souvent, pour ne considérer que sa biomasse. **(Rapp 1971)** restreint encore davantage le terme de « litter-fall » en groupant la fraction ligneuse à part sous le titre « timber-fall » (chute de bois fort).

1.2. Les retombées de la litière

Dans les écosystèmes forestiers, il s'agit d'apports issus des parties aériennes (*épigées*) et souterraines (*endogées*).

1.2.1. Les apports épigés

Correspondent, d'une part, aux *pluiolessivats* entraînés par les eaux de pluie qui amènent au sol plusieurs centaines de kilos de matière organique par hectare et par an et

plusieurs dizaines de kilos d'azote et de cations (Na, K, Ca, Mg) et, d'autre part, aux retombées de feuilles et de débris divers (fleurs, fruits, écailles de bourgeons, écorce, etc.) qui représentent sous climat tempéré de l'ordre de 4 tonnes par hectare et par an. (Anonyme1,2011)

I.2.2. Les apports hypogés

Correspondent, d'une part, aux excréments des racines dans le sol (excréments rhizosphériques), spécifiques de chaque espèce de plante, qui amènent au sol plusieurs centaines de kilos par hectare et par an, de nature surtout polysaccharidique et, d'autre part, aux racines mortes qui apportent au sol de l'ordre de 4 à 6 tonnes par hectare et par an en climat tempéré. (Anonyme1,2011).

I.3. Les constituants physico-chimiques de la litière

I.3.1. Les constituants physique

Les diverses fractions des retombées de la litière constituent la composition physique selon, elle est subdivisée en quatre fractions :

- Les feuilles.
- Le bois : constitué essentiellement de rameaux, de brindilles, jeunes pousses et de nervures de feuilles.
- Matériels difficilement à différencier constitué par les inflorescences, les fruits et nervures feuilles attaquées par les parasites.....etc.
- Une partie dénommée « divers » rassemble tous les produits qui ne proviennent des cadavres des chenilles.

I.3.2. Les constituants biochimiques

La matière végétale sèche est constituée de : C, H, O, P, S, Ca, Mg, Cl, Na (**Benslama, Zanache, 1998**)

Les molécules qu'ils forment sont de plusieurs types dont les proportions varient selon la catégorie de litière

Ce sont les glucides, les lignines, les lipides et les composés azotés (protéines, acides aminés, acides nucléiques, nucléotides). Ces composés sont variables selon plusieurs facteurs :

- L'âge de la végétation.
- Le type de la végétation.
- La richesse en micro-organismes. (**Benslama, Zanache, 1998**)

1.4. Décomposition de la litière

La décomposition de la litière désigne la disparition plus au moins rapide de la matière première végétale qui est le plus souvent divisée mécaniquement, elle correspond à l'aspect de l'humification des feuilles la décomposition de la litière commence avant la chute des feuilles : la majeure partie des éléments constitutifs qui sont redistribués au niveau de la partie ligneuse est importée par pluviolissivats. (Duchaufour, 1980),

Une fois au sol elle va être immobilisée plus au moins longtemps cette immobilisation représente une phase très active au cours de laquelle la litière va subir de transformation (sous l'action de la mésofaune et la microflore du sol) menant en suite à son incorporation au sol (et progressivement remplacé par des produits néosynthétisés pour la microflore par exemple des mycéliums ou des bactéries (Toutain, 1974)

1.4.1. Les étapes de la décomposition de la litière

L'expérience montre que les organes végétaux qui se trouvent mélangés au débris des strates herbacées et muscinales soumis alors à la première phase de colonisation par les microorganismes et de lessivage des substances solubles. C'est se traduit donc par une disparition de la litière qui peut être très rapide (Dimanche, 1967)

La décomposition de la litière peut se réaliser en trois étapes :

_ **1^{ère} étape** : modification biochimique, intervenant dès la phase de « sénescence » (brunification des feuilles), avant même la chute des feuilles, lavage par les pluies d'hydrique de carbone et de composés azotés.

2^{ème} étape : division mécanique et enfouissement des feuilles par les organismes de la mésofaune ou de la macrofaune.

3^{ème} étape : décomposition enzymatique par voie microbienne des molécules complexes : la cellulose est décomposée en premier, les protéines sont plus ou moins complètement intégrées dans la biomasse microbienne, enfin la lignine, très résistante, est biodégradée beaucoup plus lentement (Dimanche, 1967)

1.5. Définition et description de la matière organique

La matière organique est un composant essentiel du sol. En effet, elle stocke et libère des éléments nutritifs assimilables par les végétaux, facilite l'infiltration de l'eau dans le sol, retient le carbone, stabilise le sol, réduit l'érosion et régularise l'action des pesticides

(**Duchaufour, 1989**). Les teneurs optimales en matière organique pour la production végétale varient selon le type de sol.

La matière organique du sol englobe les résidus végétaux et animaux aux divers stades de décomposition, les cellules et les tissus des organismes du sol, ainsi que les substances produites par les microbes du sol. Une fois bien décomposée, la matière organique forme l'humus. La matière organique du sol est composée de chaînes et de noyaux carbonés auxquels se fixent d'autres atomes (**Pinton et al, 1997**).

Les sols organiques des tourbières et des marécages renferment les plus forts taux de matière organique, mais leur superficie est très limitée par rapport aux sols minéraux.

Le climat, la végétation, le matériau parental, la topographie, l'utilisation des terres et les pratiques agricoles sont tous des facteurs qui influent sur la teneur optimale de la matière organique du sol (**Monrozier, et al., 1983**)

1.5.1. Evolution de la matière organique

Selon **Bariuso et al. (1985)**, la matière organique se subdivise en deux groupes, l'un biologique relié au monde vivant ainsi que ses restes et les produits de ses activités, l'autre renferme un groupe de molécules ne se trouvant pas dans le monde vivant et qui sont d'origine biochimique et physico-chimique assez complexe dans leur composition et leur structure, il s'agit des molécules humiques.

La matière organique peut avoir deux origines, une origine exogène (pluiolessivats, déjections de la méso et la macrofaune ainsi que des animaux supérieurs, l'ensemble du matériel végétal, les cadavres d'animaux) et une origine endogène (biomasse microbienne, exsudations racinaires). Le retour au sol et son enrichissement se fait par proportion inégale selon les conditions du milieu (aléas climatiques, type du matériel apporté, rythme et agent intervenant dans les processus de décomposition pédogénétiques). C'est elle qui définit le type d'humus formé en surface (**Puget et al, 2000**).

Les composés organiques sont regroupés dans des structures organisées ou amorphes qui peuvent être simples ou complexes, libres ou formant des associations avec d'autres constituants du sol (**Chevallier et al, 2004**). Ces composés organiques qui sont constitués de 5 types se composent de résidus frais non décomposés, de substances organiques, de la biomasse microbienne, de substances non humiques et de substances humiques qui se répartissent en acides fulviques, acides humiques, humine et en acide hymatomélamique. Les substances humiques regroupent une multitude de groupements fonctionnels qui sont en

interaction avec d'autres groupements de même nature ou de nature différente. Ils peuvent être fixés directement sur le nucleus ou bien portés par les extrémités libres des chaînes liées à la molécule du polycondensat tels que les groupements COOH, OH, CH₃O, C = O, les groupements phénoliques, NH₂ et les fonctions azotées combinées (**Bayer et al, 2002**). Ces fractions qui diffèrent entre elles par la structure, la composition élémentaire, le poids moléculaire, le degré d'encombrement et la capacité à migrer contractent avec la fraction minérale du sol (argile ou éléments métalliques) des liaisons fortes pour former des complexes organo-minéraux (**Bronick. et al, 2005**) Quand elles sont regroupées, ces fractions organiques constituent l'humus du sol qui peut être à l'état libre ou floculé. L'humus peut être subdivisé en 3 groupes distincts (**Delcour,1983**) :

- Le groupe des humus peu actifs : Il est caractérisé par un pH bas et une faible transformation (humification) et incorporation à la fraction organique. On retrouve dans ce groupe, le mor, le dysmoder et le moder.
- Le groupe des humus actifs : Ce groupe caractérise les milieux biologiquement très actifs, le pH ne s'abaisse pas au-dessous de cinq. Cet humus qui se minéralisent rapidement est représenté par les mullseutrophe, mésotrophe, oligotrophe, carbonaté, et calcique.
- Le groupe où la décomposition de la matière organique est bloquée suite à une hydromorphie du milieu ; il comprend la tourbe et l'anmoor. En plus de l'hydromorphie, le pH et l'activité biologiques sont capables de se combiner et donner des sous types d'humus (**Duchaufour, 1995**).

1.5.2. Les voies de transformation de la matière organique

Dans le sol, la matière organique subit des transformations plus ou moins poussées selon les conditions édaphiques (**Figure n°1**). Les divers types d'humus et les proportions des substances humiques issues de la diversification du rythme de l'humification sont dus à plusieurs facteurs (**Duchaufour 2001**) comme le type du matériel existant à la surface du sol, les propriétés physico-chimiques de la roche- mère, les types de végétaux et leurs exigences, l'aération du sol, les facteurs anthropiques et la texture et humidité du sol.

L'action de tous ces facteurs convergent vers l'intensité de l'activité biologique qui est responsable, pour la plus grande part, de la formation de l'humus dans le sol (**Dabin, 1980 ; Duchaufour, 2001**).

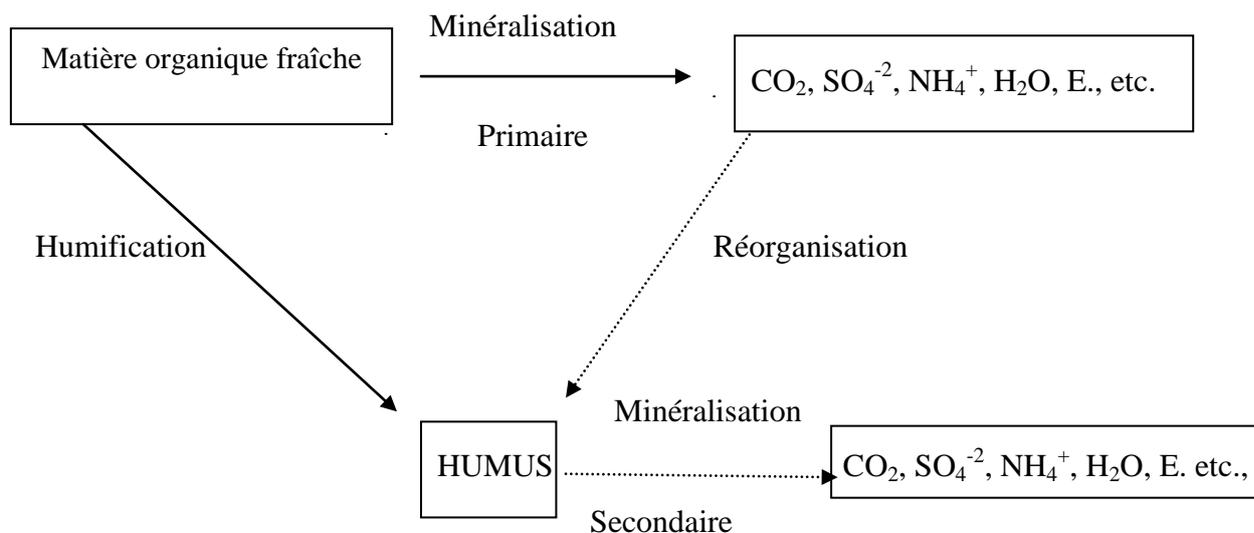


Figure n°1 : Schéma de l'évolution de la matière organique fraîche (Duchaufour, 1995)

La dynamique de la matière organique du sol revête en plus de la signification méthodologique un sens génétique particulièrement intéressant puisque le passage des acides fulviques vers les acides humiques est un accès à des classes de matière organique de plus en plus polycondensées, à poids moléculaire de plus en plus élevé, de moins en moins fonctionnalisées traduisant une maturation ou humification des matières organiques (Six *et al*, 1999).

Les différentes transformations subies par la matière organique permettent sa répartition en plusieurs compartiments qui diffèrent les uns des autres par des propriétés physiques et chimiques. Mais ces différentes fractions peuvent passer d'un compartiment à un autre suivant un type d'évolution du sol et en fonction des conditions du milieu (enrichissement ou appauvrissement du sol, exigences des végétaux, facteurs climatiques) (Pillon, 1986).

La dynamique de la matière organique relève de son pouvoir à migrer qui, lui-même, conditionne pour une grande part sa répartition dans le sol. La répartition de la matière organique ou plus précisément de l'humus nécessite d'abord sa dispersion qui est contrôlée par une multitude de facteurs (Six *et al*, 1999 ; Duchaufour, 1995 ; Benslama, 1993 ; Dabin, 1980 ; Turenne, 1975).

La matière organique peut se retrouver également dans le sol sans être décomposée. Ceci s'observe surtout dans les sols de cultures et en saison sèche particulièrement lors de l'apparition des fentes de retrait dans lesquelles la paille ou autres résidus végétaux peuvent s'y introduire et restés bloqués après fermeture des fentes en saison humide.

La formation d'agrégats organo-minéraux stables indique une bonne incorporation de la matière organique à la matière minérale (**Duchaufour et Toutain, 1986**). Cette association entre la fraction minérale et la fraction organique est établie grâce à différents types de liaisons entre ces deux compartiments, liaisons qui diffèrent selon les conditions du milieu.

Cette association se fait par les liaisons hydrogène, les ponts établis par les cations échangeables et les hydroxydes qui se trouvent à la surface des argiles, les molécules électropositives (acides aminés), les forces de Van Der Waals et les silicates d'Aluminium. Selon (**Duchaufour (2001)**), la formation de complexes organo-minéraux résulte de l'action des organismes vivants sur la matière minérale et se trouve à la base de la pédogenèse.

Cela se traduit dans les différents types de sol où le degré d'incorporation et la stabilité des complexes sont liés à la nature et à l'origine des matières organiques et minérales (**Gobat, et al, 2003**). Ces complexes peuvent former des agrégats et micro agrégats de différentes tailles enveloppés ou pas par un revêtement argilo-humique.

Les matières organiques engagées dans ces agrégats peuvent être elles-mêmes humifiées ou non, d'origine bactérienne ou végétale ; la fraction minérale peut appartenir à différentes classes texturales.

D'autre type de complexe organo-minéraux peuvent se former à base de matières humiques et d'ions métalliques qui peuvent s'insolubiliser et se polymériser pour donner naissance à un horizon d'accumulation dit aliotique.

On peut également noter la formation de complexe organo-minéral représenté par des cocons argileux enrobant des colonies bactériennes ou des vestiges de leur parois ou de débris végétaux ayant pris naissance dans la phyllosphère et ramenés au sol par la pluie ou retrouvés également dans les fèces de la mésofaune (**Gobat, et al., 2003**).

1.5.3. Influence de la matière organique sur les propriétés du sol

La matière organique sous ses différents états confère au sol des propriétés particulières qui jouent généralement en faveur d'un équilibre entre le sol et la végétation. La matière organique est réputée d'être en général de couleur sombre, ce qui permet une absorption plus élevée de chaleur et de rayons solaires ce qui stimulerait l'activité biologique ainsi que les réactions physico-chimiques (**Bernoux, 2005**). La valeur élevée de la C.E.C des ions humates reflètent qu'ils peuvent acquérir un grand nombre de cations ce qui assure une disponibilité en éléments nutritifs ainsi que leur minéralisation (**Bernoux, 2005**).

L'humus peut se trouver sous forme dispersée et maintenir les argiles minérales en conséquence dispersées d'où une bonne répartition de la matière organique à la surface du sol et une amélioration de la structure et de la porosité évitant ainsi le colmatage des pores par tassement des sols. Dans ce cas, l'humus protège l'argile de l'entraînement par lessivage. En revanche, l'argile stabilise l'humus et permet sa floculation en présence de faibles doses d'électrolytes. Cette floculation confère également au sol une meilleure architecture (en grumeaux, cas des rendzines) et une grande stabilité structurale (**Bernoux, 2005**).

Etant de caractère hydrophile, la matière organique assure une économie en eau et baisse les variations du taux d'humidité surtout dans les horizons de profondeur (**Bachelier, 1978 ; Turenne, 1975**.) Cette humidité devient parfois un facteur limitant de la croissance des végétaux, de l'activité biologique et des processus physico-chimiques (**Bernoux, 2005**).

1.5.4. Mode d'action de la matière organique sur la pédogenèse

Le niveau d'activité biologique règle le mode d'humification que ce soit au niveau des horizons superficiels ou profonds. Son influence est déterminante lors de l'humification et se poursuit au cours de la maturation. Lors de ces étapes, les constituants minéraux du sol exercent un rôle fondamental. Il s'agit essentiellement du rôle des argiles par l'intermédiaire du fer et de l'aluminium qui jouent le rôle de cations de liaison pour des agrégats argilo-humiques (**Zanache et Benslama, 2007**).

Quand les conditions sont favorables, la matière organique évolue rapidement. Le sol hérite d'une fraction organique faiblement humifiée mais directement incorporée au milieu minéral (**Souchier, 1971 et 1984 ; Duchaufour, 1995 et 2001**). Les composés solubles sont soumis à une biodégradation active dans l'horizon A et une plus faible proportion s'intègre à la fraction humique puis à l'humine par polymérisation et condensation rapide. Le bilan de ce mode d'humification indirecte s'exprime par une insolubilisation des précurseurs phénoliques et aboutit à la formation sur place d'un complexe argilo-humique stable, construit autour de la fraction argileuse fine. De ce fait, il n'y aura pas de migration profonde du complexe organo-métallique. (**Souchier, 1971 et 1984 ; Duchaufour, 1995 et 2001**)

Dans les conditions défavorables, l'humification est directe par une évolution lente de la matière organique. Ce processus n'intervient de façon importante que dans les milieux où l'activité biologique minéralisatrice est ralentie par un facteur contrariant (forte acidité, forte teneur en calcaire actif, ...etc.) (**Duchaufour, 2001**).

Il est donc clair que les processus d'humification sont étroitement liés à la composition

du milieu minéral. Les composés humiques, au fur et à mesure de leur formation, réagissent avec les silicates et les cations lourds donnant ainsi naissance à des complexes organo-minéraux qui confèrent au sol sa structure et ses propriétés.

L'étude de l'humification constitue une source d'information remarquable. A chaque formation végétale correspond un mode d'humification qui est en équilibre optimum avec l'ensemble des facteurs du milieu (bioclimat et roche mère). Plusieurs travaux ont montré que l'humus est l'élément intégrateur des divers facteurs écologiques d'une part et qu'il joue un rôle essentiel dans la genèse des sols d'autre part en soumettant les horizons minéraux soit à une altération biochimique soit à des mouvements de matière qu'il favorise (**Duchaufour, 1995, 2001**). Dans les milieux acides, la matière organique joue un rôle fondamental et moteur de la pédogenèse acide.

Cette dernière s'exprime par des critères biochimiques simples dont principalement la teneur absolue en acides fulviques dans l'horizon "B". Ce critère apparaît en concordance avec la redistribution de l'aluminium libre pour définir le degré de podzolisation. (**Souchier, 1971 et 1984 ; Duchaufour, 1995 et 2001**).



**Chapitre
deux**

Matériels et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

2.1.1. Situation géographique

La région de Guelma est située au Nord - Est de L'Algérie à 60 Kilomètres au sud de la Méditerranée et à 279 mètres par rapport au niveau de la mer (**Figure n°2**).

Elle regroupe une population estimée à 506 007 habitants dont 25 % sont concentrés au niveau du chef-Lieu de wilaya avec une densité de 135 habitants par km² (**URBACO, 2012**) et s'étend sur une superficie de 3 686,84 km².

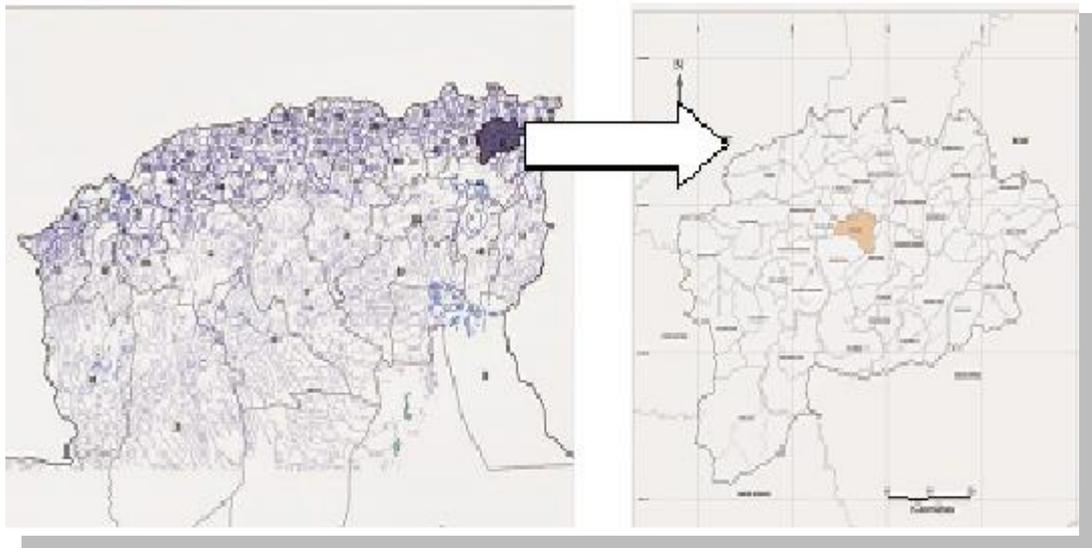


Figure n°2: Situation géographique de la zone d'étude
(URBACO, 2012)

2.1.2. Limites administratives

La wilaya de Guelma constitue un axe stratégique de part sa situation géographique.

Elle est limitrophe des wilayas suivantes :

- La wilaya d'Annaba, au Nord : Avec son port et son aéroport, ainsi qu'une zone industrielle assez importante, distante de quelques 60km.
- La wilaya de Skikda, au Nord - Ouest : Avec son port et son complexe pétrochimique, est à moins de 80km.
- La wilaya de Constantine, à l'Ouest : Son aéroport, ses potentialités de capitale de l'Est du pays sont à 100km.
- La wilaya d'Oum-El-Bouaghi, au Sud: Porte des hauts plateaux, est à 100km.
- La wilaya de Souk-Ahras, à l'Est : Région frontalière à la Tunisie, est à 78km.

- La wilaya d'El-Tarf, au Nord - Est: wilaya agricole et touristique, port de pêche, frontalière à la Tunisie, est à 115km. (URBACO, 2012).

2.1.3. Relief

La géographie de la wilaya se caractérise par un relief diversifié (Figure 03) dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau. Les mouvements tectoniques du Plio-Quaternaire ont joué un rôle important dans la morphogénèse de la région. (in Benmarce, 2007).

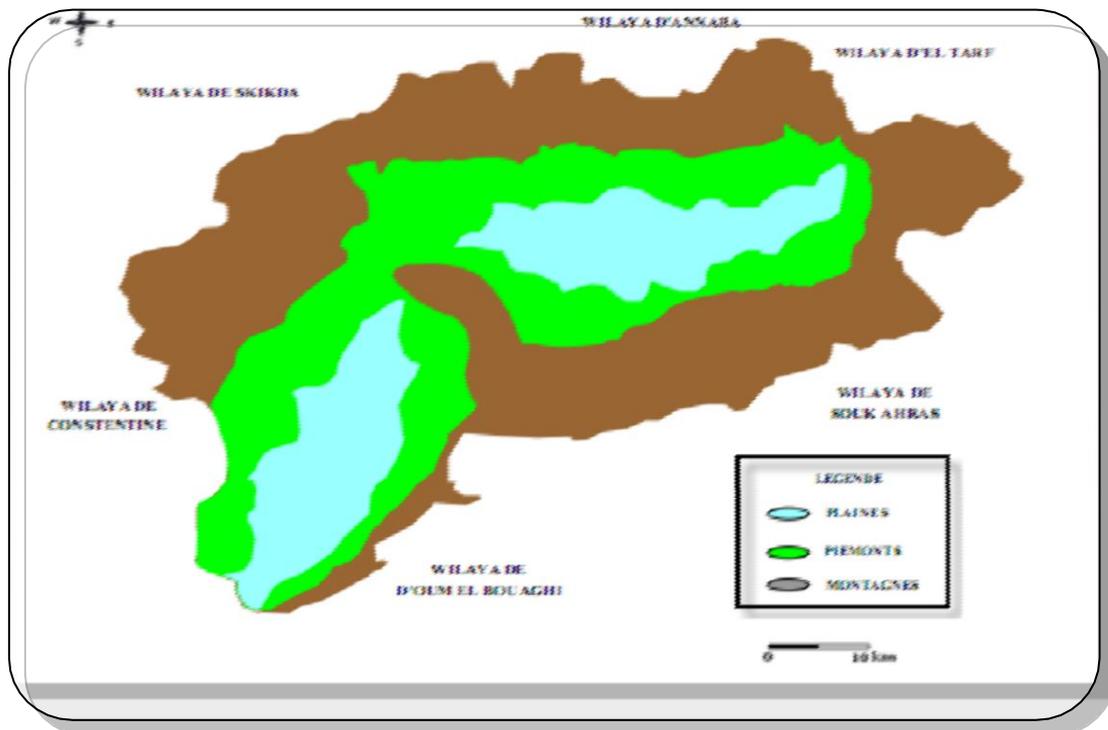


Figure n°3: Géomorphologie de la région de Guelma. (In Benmarce, 2007).

Ce relief est composé de :

- ❖ Montagnes : 37,82 % dont les principales sont:
 - Mahouna (BenDjerrah) : 1 411 m d'altitude;
 - Houara (AinBenBeidha) : 1 292 m d'altitude;
 - Taya(Bouhamdane) : 1 208 m d'altitude;
 - D'bagh (Hammam Debagh) : 1 060 m d'altitude.
- ❖ Plaines et Plateaux : 27,22%
- ❖ Collines et Piémonts : 26,29%

❖ Autres : 8,67%

Le sud de Guelma comporte la chaîne centrale de la Medjerda où s'impose l'important massif du Ras El Alia : série d'entablements de calcaires Eocène, dont les principaux sont le Djebel Bardou (1261 m) et le Djebel Houara (1292 m).

Vers le Sud – Est, la haute chaîne se poursuit par les massifs calcaires sénoniens du Djebel El Arous (1160 m) et les calcaires Eocène du Djebel Safiet, puis par les monts d'Ain Seynour couverts par les grés numidiens. Tout le massif constituant la haute chaîne centrale des monts de la Medjerda s'envoie sous les plaines de Sellaoua au Sud - Ouest de la wilaya.

A l'Est de la wilaya, les montagnes boisées du versant septentrional des monts de la Medjerda s'abaissent rapidement par gradins vers la vallée de l'Oued Seybouse, dont Kef Erramoul (797 m) et Kef Djemmel (812 m). (**in Benmarce, 2007**).

La majeure partie du versant est recouverte par l'épaisse formation gréso-argileuse du Numidien qui caractérise le paysage jusqu'à la frontière algéro-tunisienne.

Les sommets sont arrondis sans alignement net, les formes massives et les vallées peu profondes. Il en est de même pour les formations triasiques d'Ain Seynour-Nador qui s'élèvent en massif sans vigueur au-dessus de la plaine de Bouchegouf.

Au Nord, s'étendent les monts d'Ain Berda qui séparent la dépression de Guelma de celle du lac Fetzara, au-delà des limites septentrionales de la wilaya.

Au Nord - Ouest, les derniers abrupts calcaires du chaînon du Débar (1060 m) viennent s'envoyer dans les formations marneuses ou gréseuses à relief plus mou.

Un autre calcaire, djebel Taya (1208 m) continue vers l'Ouest, séparant le bassin d'Oued Safsaf au Nord de l'Oued Bouhamdane au Sud.

L'Ouest de la région comprend des zones très variées, allant de la large et profonde vallée de l'Oued Cherf qui s'écoule du Sud au Nord, aux plaines élevées de la région de Ras El Agba (700 – 800 m) et des vallées profondes en aval et amont de Bordj Sabath (**in Benmarce, 2007**).

La répartition générale des terres au niveau de la wilaya de Guelma distingue l'importance de la surface agricole totale (SAT) qui représente une superficie totale de 264618 ha soit 70,99% de la superficie totale wilaya, dont (70,80%) surface agricole utile (SAU) soit 187 338 ha.

Les ressources hydriques sont assez importantes pour permettre d'irriguer une superficie totale de 16 150 ha, soit un taux d'irrigation de 8,62% par rapport à la SAU. Les parcours occupent une superficie de 50 875 ha soit 19,23% de la surface agricole totale et 13,65 % de la surface totale de la wilaya. Les terres improductives ne représentent que 7,08% soit 26 405 ha de la surface totale de la wilaya.

Sur les 187 338 ha de surface agricole utile, seulement 15 011,45 ha sont irrigués soit 8.62% de la SAU, répartis comme suivant : **(in Benmarce, 2007).**

- La surface de céréale irriguée est de 1549 ha soit 10,32% de la superficie totale irriguée;
- La surface d'arboricultures irriguées représente de 1 874,45 ha soit 12,49% de la superficie totale irriguée;
- La surface de cultures maraichères irriguées représente 8 464,5 ha soit 56,39% de la superficie totale irriguée;
- La surface de cultures industrielles irriguées dispose 3 123,5 ha soit 20,81% de la superficie totale irriguée;

La surface de céréales est prédominante avec 85 560 ha soit 46% de la surface agricole utile. Pour les jachères, la superficie réservée est de 60 924 ha soit 33% de la SAU. Par contre les autres occupations, les superficies consacrées sont assez significatives comme suivants :

- La superficie consacrée aux fourrages occupe la troisième place dans la SAU avec 17 300 ha soit 09%;
- Les cultures maraichères avec 10 616 ha soit 06% de la SAU ;
- L'arboriculture fruitière représente une surface de 5 166 ha soit 03% de la SAU.
- Les légumes secs et les cultures industrielles occupent la dernière place avec un taux de 02% de la SAU.

On compte une grande variété d'écosystèmes forestiers et la superficie de toutes ces terres forestières couvre plus de 1/3 de la wilaya de Guelma. Elle représente de 116 864,95 ha, avec un taux de couverture 31,70% de la superficie totale de la wilaya et qui se répartissent selon les domaines suivants :

- Les maquis représentent une superficie de 70 384,4 ha soit 60% de la

- couverture forestière totale;
- Les forêts représentent une superficie de 32 588,55 ha soit 28% de la couverture forestière totale;
- Les terrains nus disposent une superficie de 13 982 ha soit 12% de la superficie forestière.

La couverture forestière de la wilaya de Guelma est constituée principalement par le chêne liège *Quercus suber* et le chêne vert *Quercus ilex* avec une superficie de 17 680,5 ha soit 54%, suivie par le pin d'Alep *Pinus halepensis* avec une surface de 5 715,5 ha soit 18%, l'Eucalyptus avec une superficie de 3530 ha soit 11%. Les superficies des autres essences, sont assez significatives (chêne zen 2201 ha, pin maritime *Pinus pinaster* et pin pignon *Pin parasol* 1638 ha, cyprès 1019 ha, et liège privé 804,55 ha) (URBACO, 2012).

2.1.4. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est très dense (**Figure n°4**). Il est composé de trois Oueds majeurs qui sont :

- L'Oued Bouhamdane, qui draine la partie Ouest du territoire, dont l'écoulement général est d'Ouest en Est.
- L'Oued Cherf, qui draine la partie Sud du territoire, dont l'écoulement général est du Sud vers le Nord.
- L'Oued Seybouse, qui draine la partie Nord et Est du territoire, autrement dit presque la totalité de la wilaya de Guelma, avec une superficie de 6 471 km², pour rencontrer la mer Méditerranée à l'Est de la ville d'Annaba. (**in Benmarce, 2007**).

Ces oueds, qui drainent les eaux pluviales vers la mer, sont alimentés par un important chevelu hydrographique composé de petits oueds et de quelques affluents importants. Notamment, en ce qui concerne l'Oued Seybouse (57,15 km), ses principaux affluents sont d'amont en aval : l'Oued Bouhamdane (45,37 km), l'Oued Cherf (36,46 km), l'Oued Boussora, l'Oued Mellah, l'Oued Halia et l'Oued Cheham.

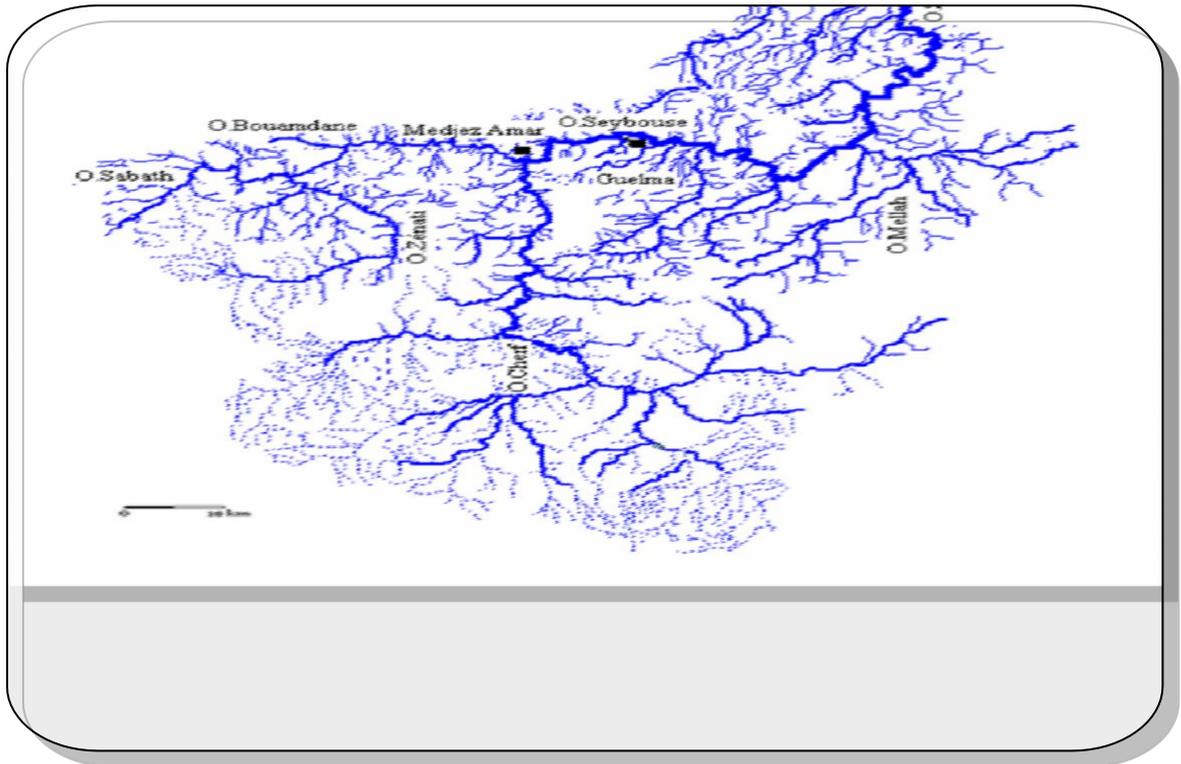


Figure n° 4 : Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma. (In Benmarce, 2007).

2.1.5. Cadre biotique

La région de Guelma recèle des écosystèmes différents (Forêt, Oueds, couvert végétal,...), on y trouve une biodiversité significative. (URBACO, 2012).

2.1.5.1. La faune

La faune dans cette région est très diversifiée. Parmi les espèces existantes, on peut citer :

- ♣ Les mammifères : le Sanglier, le Chacal, le Renard, le Lièvre, le Lapin, le Gerboise, le Cerf de Barbarie qui est une espèce protégée dans la réserve national de Béni Salah.
- ♣ Les oiseaux
- ♣ Les reptiles : la Tortue, le Lézards et la Couleuvre (URBACO, 2012).

2.1.5.2. La flore

La couverture végétale est représentée par une dominance de peuplements forestiers qui occupent une superficie de 107 704 ha avec un pourcentage de 28% de la superficie de la wilaya (URBACO, 2012).

2.1.6. Etude climatologique

Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau, et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines (**Soltner, 1999**).

L'Algérie fait partie de « l'aire isoclimatique méditerranéenne », puisque son climat est partout caractérisé par l'existence d'une période de sécheresse axée sur la période chaude et imposant à la végétation en place un stress hydrique de durée variable. D'après la récente classification de Rivas-Martinez (2005), l'Algérie fait partie intégrante du « macroclimat méditerranéen ».

2.1.6.1. Précipitations

Les précipitations désignent tout type d'eau qui tombe de ciel, sous forme liquide ou solide. Elle représente un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau (**Dajoz, 2000**).

Les pluies qui tombent en Algérie sont orographiques et torrentielles. Elles varient selon l'altitude.

Divers facteurs contribuent à déterminer les zones de précipitations en Algérie, en particulier l'orientation des chaînes de montagnes et la direction des vents dominants porteurs d'humidité. Sur tout le littoral et le Tell, la direction des vents, pendant la saison pluvieuse, est franchement Nord - Ouest Avec une fréquence moyenne de 50 fois par an, ce sont les vents du Nord - Ouest qui apportent les précipitations hivernales (**Meddour, 2010**).

En plus de l'orientation des versants, la pluviosité varie en Algérie sous l'influence de plusieurs paramètres géographiques, altitude, latitude, longitude et distance à la mer

- ♣ La quantité de pluie augmente avec l'altitude. Elle est plus abondante sur les reliefs qu'en plaine ; mais, elle est plus élevée sur les versants bien orientés face aux vents pluvieux du Nord - Ouest, que sur les autres.
- ♣ La pluviométrie est plus importante sur le littoral, que dans les régions situées plus au sud.

- ♣ A cette décroissance des pluies du Nord au Sud se superpose une décroissance de l'Est à l'Ouest (selon la longitude) ; cette caractéristique étant particulière à l'Algérie (**Meddour, 2010**).
(Tableau n°1)

Tableau n°1 : Répartition de précipitations moyennes mensuelles (Station météorologique de Guelma, (2002à 2017).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	15,98	24,61	19,61	21,6	27,59	33,03	34,35	36,61	29,55	27,91	21,2	17,03

2.1.6.2. Température

La température est l'un des facteurs les plus importants du climat. Elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration.

Les données de températures moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma (2002_ 2017), sont consignées dans le tableau n°2.

Tableau n° 2 : Températures moyennes mensuelles la région de Guelma (2002_ 2017)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
T (°C)	9,65	10,16	12,48	15,58	19,32	21,18	27,48	27,35	23,58	20,13	14,63	10,86

Les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de juin à octobre, avec des températures variant de 20 à 27,35°C. Par contre les températures les plus basses (9 à 10,86°C) sont observées pendant la période hivernale (décembre à mars) avec un minimum enregistré pendant le mois de janvier 9,65°C.

2.1.6.2. L'humidité

Les données d'humidités moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma (2002_ 2017), sont consignées dans le **tableau n°3**.

Tableau n°3 : l'humidité mensuelles la région de Guelma (2002_ 2017)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
H%	77,65	74,1	74,79	72,85	68,79	60,41	55,55	57,26	63,12	70,3	69,24	77,68

L'humidité relative mensuelle les plus élevées sont observées pendant la période allant de Décembre à Avril. Par contre les plus basses sont observées pendant la période allant de Mai à Novembre.

2.2. Présentation du site d'étude

La montagne de Mahouna ou "Djebel" Mahouna (36° 22' 03" Nord, 7° 23' 30" Est) est un massif forestier situé au sud de la ville de Guelma (Nord-est de l'Algérie).

Il fait partie des chaînes montagneuses de l'Atlas Tellien (**Figure n°5**). L'étude hypsographique a montré que la montagne de la Mahouna fait partie des catégories de montagnes de classe T. S'étalant sur une superficie de 1035 Ha avec une altitude de 1411m par rapport au niveau de la Méditerranée, elle est à vocation récréative (**Zouaidia, 2006**).

Le climat qui domine cette région est de type semi- aride à hiver pluvieux et très froid. Les monts de la Mahouna sont couverts de neige durant toute la période hivernale (de décembre à mars).

La végétation qui couvre ce massif est dominée par le chêne-liège *Quercus suber* qui occupe 20 % des terres suivi par le chêne Zéen *Quercus canariensis*.

Au niveau du secteur sud-ouest de cette montagne, près des hauts plateaux du Constantinois, nous rencontrons des pinèdes au Pin d'Alep *Pinus halepensis* et le chêne vert *Quercus ilex*. De plus, d'autres espèces végétales colonisent la Maouna : le Laurier rose *Nerium oleander* (Apocynacées), le Pistachier *Pistacia lentiscus* (Anacardiacees), l'olivier sauvage ou oléastre *Olea europea sylvestris* (Oléacées), la Lavande *Lavandula angustifolia* (Lamiacées), l'Asphodèle *Asphodelus albus* (Liliacées) et l'Arbousier commun *Arbutus unedo* (Ericacées). (**Zouaidia, 2006**).

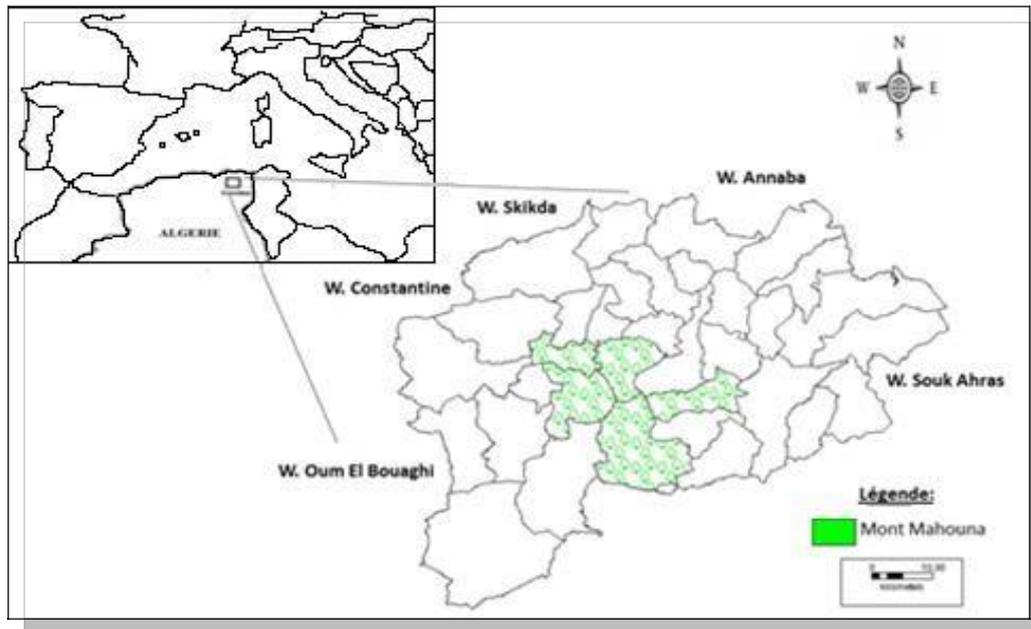


Figure n° 5 : Situation géographique du mont de la Mahoua (Guelma, Nord-Est de l'Algérie).

2.2.1. Présentation des stations de prélèvements

Nous avons effectué une sortie pour la mise en place du protocole expérimentale de prélèvement et de suivi mensuelle des retombées de la litière forestière et caractérisation de la première couche du sol.

Les dates de sortie sont les suivantes : le 18/02/2019, 18/03/2019, 18/04/2019.

Station 1 :



Figure n°6 : Station n°1(prise personnelle)

Située sur la route non classé qui mène au sommet de la montagne de Mahouna Guelma, (**Figure n°12**)

- ✓ **Géologie** : Grès et argiles de Numidie.
- ✓ **Géomorphologie** : Pente moyenne, exposition Nord-Est
- ✓ **Climat** : climat méditerranéen, les précipitations sont de 1400mm par an et 22°C de température moyenne. Par ailleurs, il neige souvent dans cette région.
- ✓ **Végétations** : Elles sont formées essentiellement de :
 - Strate arborescent** : *Quercus fagenia*. *Quercus suber*
 - Strate arbustive** : *Arbitus unédo*. *Hedera helix*. *Phylleria angustifolia*, *Callicotum villosa*, *Lavendula stoechas*. *Myrtus comminus*, *Asphodelus microcarpus*, *Genista sp*,
 - Strate herbacée** dominée par des annuelles dont des poacées, fabacées etc...

❖ **Parcelle N°1** ses coordonnées géographiques (GPS) sont :

Longitudes : 07°22'8580E

Latitude : 36°23'30 N

L'altitude : 1079m



Figure n°7 : Parcelle n°1(prise personnelle)

❖ **Parcelle n°2** ses coordonnées géographiques (GPS) sont :

Longitudes : 07°23'20E

Latitude : 36°23'29 N

L'altitude : 1090



Figure n°8 : Parcelle n°2 (prise personnelle)

• **Station 2 :**



Figure n°9 : Station n°2 (prise personnelle)

Située sur la route non classé qui mène au sommet de la montagne de Mahouna Guelma, au niveau de la source près du campement de colonie de vacance.(**Figure n°12**)

- ✓ **Géologie** : Grès et argiles de Numidie.
- ✓ **Géomorphologie** : Pente forte, exposition Nord-Est
- ✓ **Climat** : climat méditerranéen, les précipitations sont de 1400mm par an et 22°C de température moyenne. Par ailleurs, il neige souvent dans cette région.
- ✓ **Végétations** : Forêt de chêne liège dont le cortège floristique est formé essentiellement de :

Strate arborescent : *Quercus suber*

-Strate arbustive : *Arbitus unédo*, *Hedera helix*, *Phylleria angustifolia*, *Callicotum villosa*, *Lavendula stoechas*, *Myrtus comminus*, *Asphodelus microcarpus*, *Genista sp.*

-Strate herbacée dominée par des annules dont des poacées, fabacées etc...

- ❖ **Parcelle N°1** ses coordonnées géographiques (GPS) sont :

Longitudes : 07°22'8580E

Latitude : 36°23'30 N

L'altitude : 1059 m



Figure n°10 : Parcelle n°1 (prise personnelle)

Parcelle n°2 ses coordonnées géographiques (GPS) sont :

Longitudes : 07°22'50''E

Latitude : 36°23'16' N

L'altitude : 1055 m



Figure n°11 : Parcelle n°2 (prise personnelle)

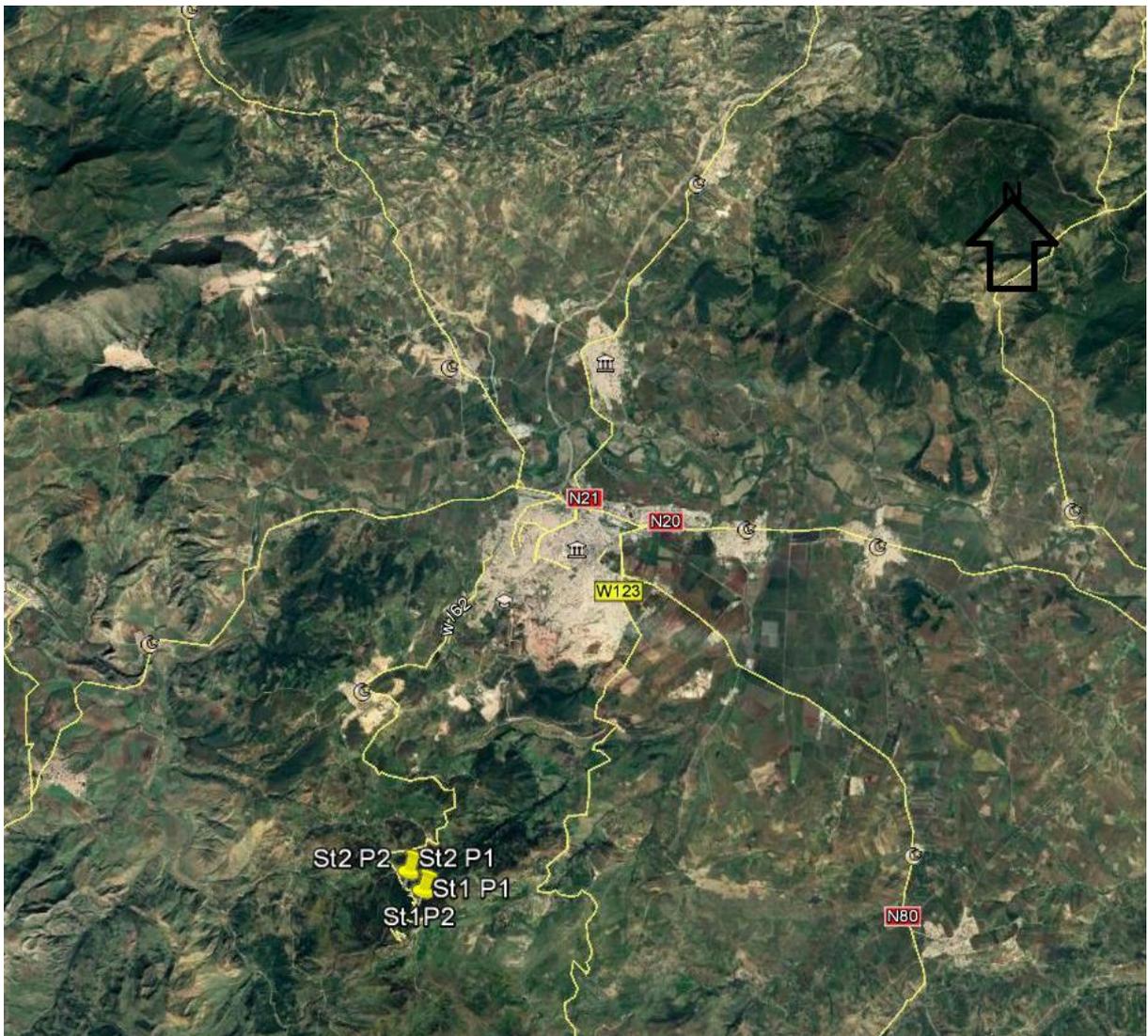


Figure n°12 : Carte de situation de la site d'étude (Google earth.2019)

2.3. Présentation du matériel végétal

2.3.1. Généralités sur le chêne-liège

2.3.1.1. Position taxonomique du chêne-liège = *Quercus suber* L.

Le genre *Quercus* regroupe tous les arbres producteurs de glands. Il compte un grand nombre d'espèces, soit environ 550 (Natividade, 1956). (Belahbib *et al*, 2005) et (Machouri, 2009), signalent la présence de 450 espèces dont 6 existent en Afrique du Nord. Les hauts niveaux morphologiques et la diversité phénotypique proviennent essentiellement de l'hybridation naturelle du chêne-liège avec d'autres chênes en particulier le chêne vert ((Mathey, 1908) et (Seigue, 1985)). (Figure n°13).

Selon la troisième version de classification botanique des Angiospermes établie par AngiospermPhylogeny Group (APG III, 2009), *Quercus suber* L. présente la taxonomie suivante :

Règne *Plantae*

Sous-règne *Tracheobiont*

Division *Magnoliophyta*

Classe *Magnoliopsida*

Sous-classe *Hamamelidae*

Ordre *Fagales*

Famille *Fagaceae*

Genre *Quercus*

Espèce *Quercus suber* L



Figure n°13: le chêne-liège = *Quercus suber* L

2.3.1. 2. Description botanique

Le chêne-liège est un arbre de moyenne grandeur pouvant atteindre 25 mètres de hauteur mais le plus souvent ne dépassant pas les 15 mètres (Ghouil, 2004).

Il présente un port variable en fonction de la densité du peuplement. La longévité de l'arbre est de 80 à 100ans dans l'étage bioclimatique semi-aride et 200 ans et plus dans l'humide (Bouchafra et raval, 1991).

Selon (**Gil et Varela, 2008**), le chêne-liège peut vivre plus longtemps de 250 à 300 ans. Il fructifie à partir de 15 à 20 ans et se poursuit au-delà de 100 ans. Il se reproduit naturellement par glands ou par rejets.

Les feuilles du chêne-liège présentent un polymorphisme très marqué. Elles sont glabres sur leurs parties supérieures et peu pubescentes sur la face inférieure, de formes ovales et légèrement dentées (4-7 paires de dents aiguës) (Gil et Varela, 2008). Le pétiole peut atteindre 2 cm, leur taille varie de 3 à 6 cm en longueur et de 2 à 4 cm en largeur (Aime, 1976). Elles sont persistantes pouvant passer de 2 à 3 ans sur l'arbre avant de tomber

Toutefois, **Gil et Varela (2008)** rapportent que les feuilles de chêne-liège tombent généralement au cours de la deuxième année (13-23 mois après leur pousse).

Les feuilles de chêne-liège sont bien conçues pour faire face à un climat imprévisible. Elles sont sclérophylles, ce qui signifie qu'elles sont raides, épaisses et cireuses. Ceci est typique de nombreux arbres et arbustes qui poussent dans des régions présentant de forts déficits hydriques saisonniers, comme la Méditerranée (**Pausa et al, 2009**).

Le chêne-liège est une espèce monoïque mais allogame. Les inflorescences mâles (chatons), en grappes de 4 à 8 cm sont longues, pédonculées et proviennent des bourgeons axillaires des branches de l'année précédente.

2.3.1. 3. Aire de répartition

Le chêne-liège est une espèce forestière principale en Algérie, tant en raison des superficies occupées, que de son importance économique. Il est présent sur 440 000 ha, mais ne constitue de véritables subéraies que sur 150 000 ha.

Ces dernières se situent entre les frontières Marocaines et Tunisienne et s'étendant du littoral méditerranéen au nord aux chaînes telliennes au sud, sur une largeur ne dépassant pas les 100 km (**Bouhraoua, 2003**).

Les principales subéraies algériennes sont situées essentiellement en zone subhumide et humide au nord, et entre l'algérois et la frontière Tunisienne, ou elles s'étendent de la mer jusqu'à 1200 m d'altitude (**Zeraia, 1981**).

En Algérie, la forêt du chêne liège est localisée en littoral sur une ligne passant approximativement par Tizi-Ouzou, Kherrata, Guelma et Souk Ahras. Elle est également représentée à l'ouest dans la région de Tlemcen et Mascara (**Karoune, 2008**). Il s'étend d'une manière assez continue le long de zone littorale et le reste est disséminé sous forme d'îlots de moindre importance dans la partie Ouest. Elles se répartissent à travers 22 wilayas (**Figure n°14**).



Figure n°14 : aire de répartition du chêne-liège en Algérie (D.G.F, 2003)

2.3.2. Généralités sur le chêne-zeen

3.2.1. Position taxonomique du chêne-zeen (*Quercus canariensis*)

Du point de vue systématique le chêne zeen **Figure n°15** appartient à :

Embranchement Spermaphytes

Sous –embranchement Angiospermes

Classe Dicotylédones

Ordre Fagales

Famille Fagacées

Genre *Quercus*. L

Espèce *Quercus canariensis*



Figure n°15 : le chêne-zeen (*Quercus canariensis*).

2.3.2. 1. Description botanique du chêne zeen (*Quercus canariensis*)

Quercus canariensis est une espèce monoïque pouvant atteindre plus de 30m de hauteur et un diamètre de 2m à 1,30m du sol, avec un fût très élancé et un houppier étalé en peuplements clairs et fastigié dans le des formations très denses.

Son écorce est profondément fissurée de couleur brun foncé. Ces jeunes rameaux sont tomenteux. Ces feuilles sont obovales ou lancéolées et plus ou moins auriculées à la base. Le limbe forme 10 à 12 paires de lobes mucronées, régulières, arrondies ou obtuse. A nervure principale saillante à la face inférieure, elles ont une longueur de 5 à 20cm et une largeur de 4 à 12cm, caduque début printemps (partiellement, certaines feuilles le sont en hiver).

Les glands subsessiles à maturité annuelle sont inclus pour un tiers environ dans une cupule recouverte d'écailles lancéolées, planes, imbriquées et longues tout au plus de 5-6mm. Sa longueur varie de 20 à 40mm et son diamètre de 10 à 15mm. (Messaoudene, 1996

2.3.2.2. Répartition du chêne zeen (*Quercus canariensis*)

En Algérie l'aire de répartition du chêne zeen, couvre presque les massifs montagneux septentrionaux. Les plus importants peuplements se rencontrent principalement dans la région numidienne (BOUDY, 1952), notamment :

- en petite Kabylie (massif des Babors, tamsguida, Kefrida, de Guerouch, et d'Alma el bared)
- la portion orientale de la grande Kabylie (forêt d'Ath ghobri et d'Akfadou).
- monts de Medjerda (djebel el Ghora en continuité avec la Kroumerie en Tunisie).

Des boisements de moindre importance s'observent à El Koll et dans l'Edough. D'autres très réduits sont éparpillés sur presque tous les massifs montagneux Algériens (Quezel, 1956).

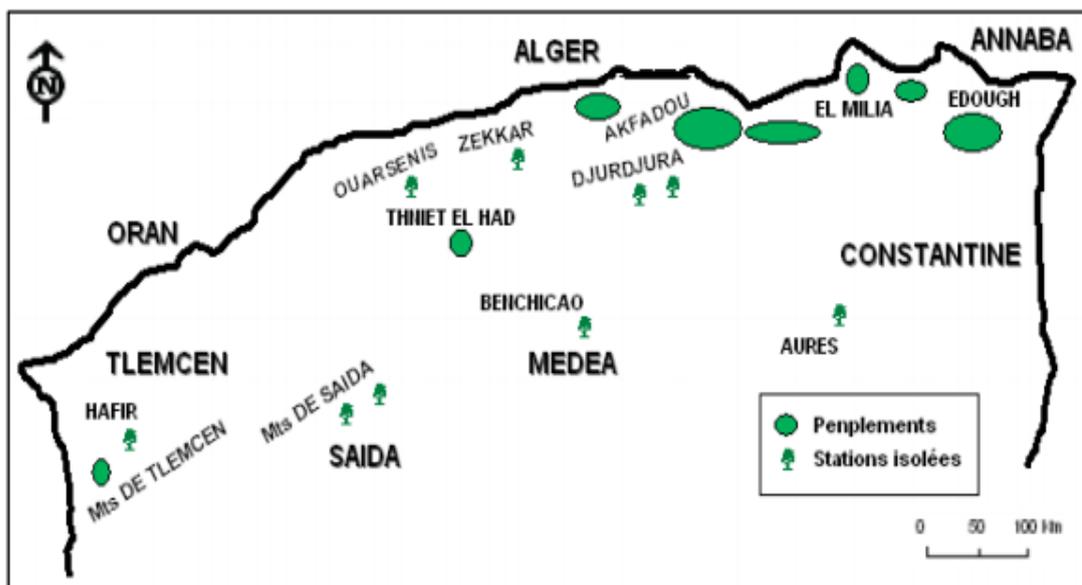


Figure n°16 : Répartition de *Quercus canariensis* en Algérie.

2.4. Méthodes d'échantillonnage

Le prélèvement d'une parcelle de 1 m² de surface a été déterminé au hasard, délimités puis échantillonnés.

Les échantillons ainsi récoltés sont mis dans des sachets fermés hermétiquement et sur les quelles sont mentionnées les informations nécessaires, correspondantes à l'échantillon en question.

La distinction des couches a été faite sur la base du degré de décomposition du matériel végétal.

La récolte de la litière a été réalisée selon le protocole suivant :

La parcelle N°1 a fait l'objet d'un ramassage au début l'expérimentation puis un suivi mensuel (évaluation des retombés mensuelle).

La parcelle N°2 a fait l'objet d'un ramassage au début et à la fin de l'expérimentation (évaluation des retombées durant la période expérimentale).



Photo n°17: parcelle de ramassage de litière (prise personnelle).

2.4.1. Méthodologie de fractionnement physique et d'analyse physico-chimique

Au laboratoire, les échantillons sont séchés à une température ambiante au laboratoire pendant une à deux semaines et serviront au fractionnement physique et l'analyse physico-chimique.



Photo n°18 : séchage de la litière Au laboratoire (prise personnelle).

2.4.1.1. Le fractionnement physique

Le tri de la litière permet la reconnaissance de quatre fractions (Feuilles, tiges, fruits et écorces et une fraction dénommée divers rassemble les différentes parties de la litière non reconnues), cette opération se fait à la main. (**Benslama, 1993**)



Photo n°19 : la séparation physique de la litière(prise personnelle)

2.4.1.1 2. L'analyse physico-chimique de la litière et le sol

La litière séchée sera broyée et tamisée à 2 mm. Les analyses physico-chimiques suivantes ont été réalisées selon le protocole correspondant. (**Duchaufour, 1995**)

- ❖ **L'humidité hygroscopique:** Elle est obtenue par différence de poids d'une quantité de litière avant et après séchage à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures exprimée en pourcent.
- ❖ **Le pH eau (potentiel hydrogène norme AFNOR X 31- 103):** Le pH a été mesuré à l'aide pH-mètre de type Anna-instrument muni d'une électrode en verre combinée. L'acidité réelle ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) a été mesurée en suspension litière-eau de rapport (2.5/ 25 d'eau distillée).
- ❖ **La conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) :** la salinité su sol a été mesuré à l'aide d'un conductivimètre de type Anna-instrument muni d'une électrode combinée. de rapport (2.5/ 25 d'eau distillée).
- ❖ **La matière organique % :** Elle est obtenue par différence de poids d'une quantité de poudre végétal avant et après l'incinération au four à moufle à 480 °C, pendant 4 heures



**Chapitre
trois :**

Résultats et Discussion

L'évaluation et la caractérisation de la litière du chêne liège, chêne zeen ont été abordées par une séparation physique et une caractérisation physico-chimique de chaque parcelle.

4.1. Description morphologique de la litière

4.1.1. La litière mixte du chêne liège et chêne zen (station 1)

Couche 1 : Les feuilles entières de différentes tailles de couleur brune jaûne et brune claire mélangées avec des tiges, ces deux fractions représentent plus de 50% de la litière alors qu'il y a très peu de fruits et des portes fruits bien conservé (**Figure n°20**).



Figure n°20 : Couche n° 1 de la litière (prise personnelle)

Couche 2 : Dans cette couche il y a une diminution importante des feuilles qui sont de couleur brune et brune claire de petites tailles peu décomposées, et des différents débris organiques (feuille dégradées, fragments des rameaux et des fruits dégradés et autres...). (**Figure n°21**).



Figure n°21 : Couche n° 2 de la litière (prise personnelle)

Couche 3 : Quelques feuilles de couleur brune avec débris très décomposés, et des fragments de rameaux et fruits très dégradés et peu reconnaissables. **(Figure n°22).**



Figure n°22 : Couche n° 3 de la litière (prise personnelle)

Couche 4 : cette couche constitue l'intégration de la litière avec la fraction minérale du sol, on observe une forte diminution des fractions reconnaissables. Cette couche donne le taux le plus élevé des fragments décomposés. **(Figure n°23).**



Figure n°23 : Couche n° 4 de la litière (prise personnelle)

4.1.2. La litière du chêne liège (station 2)

Couche 1 : Les feuilles de petite taille de couleur brune ou marron mélangées avec quelques rameaux, des tiges et des fruits facilement reconnaissables. **(Figure n°24).**



Figure n°24 : Couche n° 1 de la litière (prise personnelle)

Couche 2 : Les feuilles de couleur brune noir peu décomposées avec des débris organiques constituée de fragments de rameaux et des fruits. Cette couche se caractérise par une forte activité biologique et elle est le siège de la transformation de la litière (**Figure n°25**).



Figure n°25 : Couche n° 2 de la litière (prise personnelle)

Couche 3 : les produits de la litière ne sont plus reconnaissables, le processus de décomposition a atteint son maximum car, on observe une forte diminution des fractions non reconnaissables. Cette couche donne le taux le plus élevé des fragments décomposés donc c'est la couche minéralisée ou au contact du sol. (**Figure n°26**).



Figure n°26 : Couche n°3 de la litière (prise personnelle)

La description morphologique de différentes couches de litière observée au niveau des deux stations montre l'importance du couvert végétal dans l'approvisionnement du sol en éléments minéraux.

La stratification en couches fait ressortir l'importance des conditions du milieu physique d'une part et de l'activité biologique d'autre part sans négligé la nature et la composition chimique du produit qui retourne au sol.

4.2. Analyse quantitative et qualitative de la litière forestière

4.2.1. Caractérisation des retombés de la litière

Le ramassage, et le tri de la litière provenant de deux parcelles de 1m² de surface chacune dans deux groupements forestiers (Subéraie mixte et subéraie pure) de la région de Mahouna Guelma a permis de dresser **le tableau n°4**

4.2.1.1. Quantification de la litière ancienne

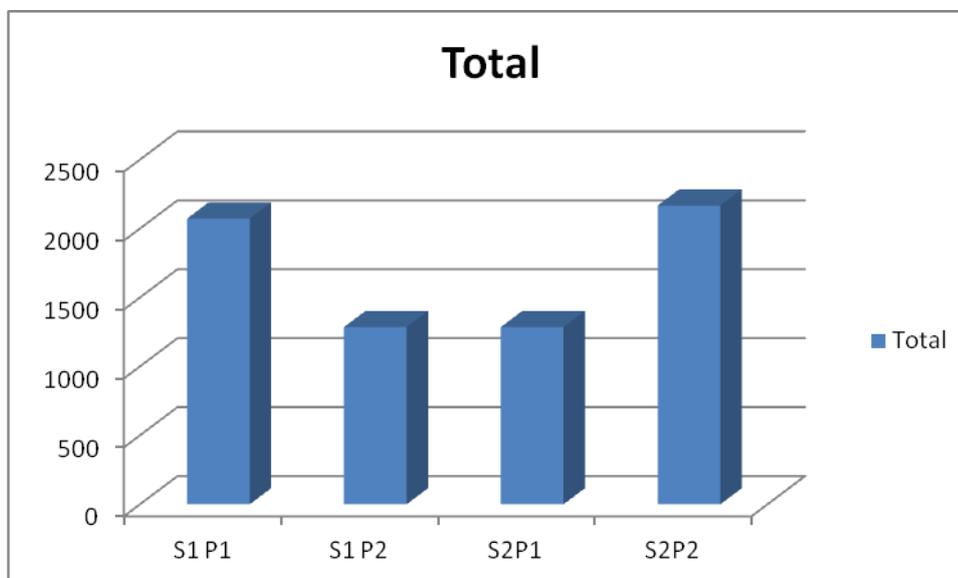
Lors de la première sortie nous avons délimité deux parcelles de 1m² de chaque. Un ramassage selon la stratification du degré de décomposition de la litière a permis de mettre en évidence trois couches.

La somme de la litière présente sur site par parcelle a permis de tracer **le Tableau n°4**

Tableau n°4 : Quantité de litière ancienne dans chaque type de forêt.

	Station 1 Forêt Mixte (CL/ CZ)		Station2 : Forêt de chêne liège	
	Parcelle P1	Parcelle P ₂	Parcelle P1	Parcelle P2
Total en (g/m²)	2072,33	1285,11	1285,09	2167,02
Total en (T/ha)	2,07	1,28	1,28	2,17
Moyenne (T/Ha)	1,67		1,72	

L'examen de ces valeurs montre que la litière sous chêne liège est plus importante que sous forêt mixte (Chêne liège/ chêne Zeen) ; cette différence est peut être dûe la qualité des débris qui retournent au sol notamment la nature des feuilles car les feuilles de chêne liège sont plus résistante à la biodégradation que celle du chêne Zeen vue leur épaisseur (**Figure n°27**).

**Figure n°27 : Représentation graphique de la litière ancienne par parcelle et par station**

4.2.1.2. Le suivi des apports mensuels

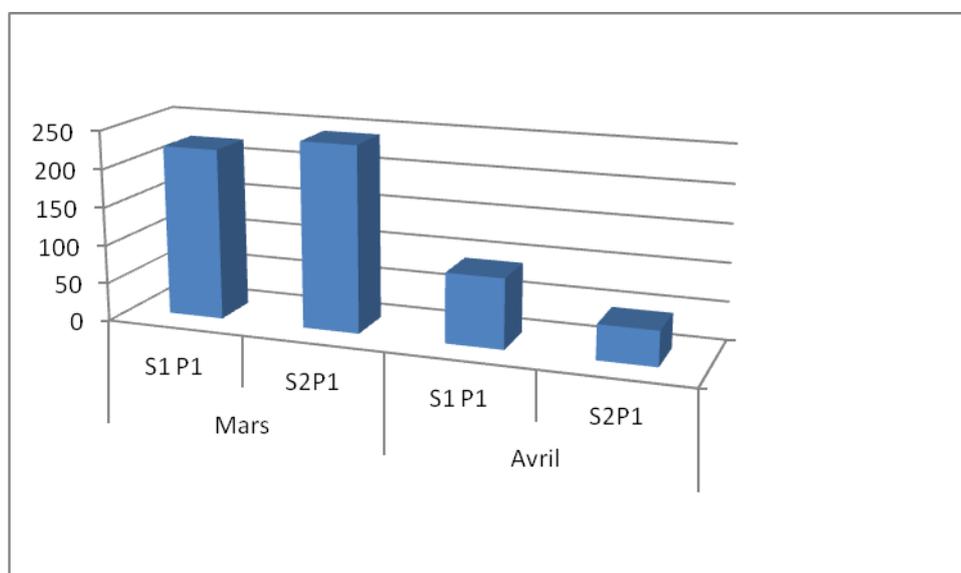
Nous avons retenus une parcelle de chaque station pour un suivi de retombées mensuelles de la litière dans chaque formation forestière. Malheureusement la disponibilité du temps et d'autres contraintes ont limité notre observation à deux mois (Mars et Avril). Les résultats obtenus figurent dans le **Tableau n°5**

Tableau n°5 : Les apports mensuel de la litière.

	Station 1 Forêt Mixte (CL/ CZ)		Station2 : Forêt de chêne liège	
	Mars	Avril	Mars	Avril
Total en (g/m²)	223,98	91,4	242,99	45,7
Total en (T/ha)	2,24	0,91	2,43	0,46
Moyenne (T/Ha)	1.57		1.45	

La lecture des résultats montrent que l'apport mensuel varie d'un mois à l'autre. Les quantités enregistrées durant le mois de Mars semble plus importante qu'en mois d'Avril. Cela peut être expliqué par le démarrage de végétation et renouvellement du feuillage du chêne liège

La représentation graphique des retombées **Figure n°28** illustre cette variation.

**Figure n°28 : Variation mensuels des retombées de litière.**

4.3. Caractérisation physique de la litière forestière

4.3.1. Composition physique de la litière ancienne

La séparation des différents constituants de la litière ancienne a permis d'identifier cinq fractions à savoir les Feuilles, les Tiges, les Fruits et porte fruits Divers et la Fraction <2 mm. Les résultats figurent dans le **Tableau n°6**

Tableau n°6: Composition physique de la litière forestière.

Stations	Parcelles	Feuilles	Tiges	Divers	Fruits et porte fruits	Fraction <2 mm	Total
1 ^{ère} Sortie	S ₁ P ₁	206,64	695,16	291,26	36,87	842,40	2072,33
	S ₁ P ₂	240,70	475,83	321,40	11,66	1009,61	1285,11
	S2P1	57,10	280,98	372,24	68,79	505,98	1285,09
	S2P2	137,36	403,12	529,56	67,57	1029,41	2167,02

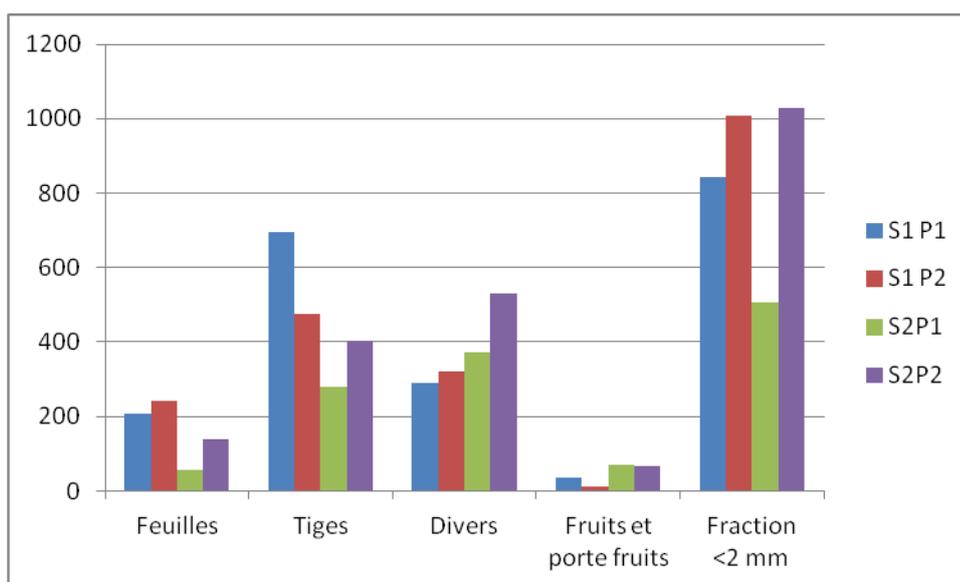


Figure n°29 : Composition physique de la litière forestière.

L'examen de ces résultats montre que la fraction inférieure à 2 mm domine dans l'ensemble des stations suivie par les tiges qui résistent à la biodégradation. Les feuilles et les divers sont faiblement représentés vu leur biodégradation rapide et en dernière position se place les fruits et les portes fruits car ces derniers sont souvent consommés par la faune sauvage et domestique.

4.3.2. Composition physique de la litière mensuelle

Tableau n°7 : Composition physique de la litière mensuelle.

Stations	Parcelles	Feuilles	Tiges	Divers	Fruits et porte fruits	Fraction <2 mm	Total
2 ^{ème} Sortie	S ₁ P ₁	98,03	67,96	16,97	4,38	36,04	223,98
	S2P1	19,14	61,18	38,13	12,25	112,29	242,99
3 ^{ème} Sortie	S ₁ P ₁	41,1	27,8	3,4	4,2	12,9	91,4
	S2P1	18,1	19,5	2,5	2	3,6	45,7

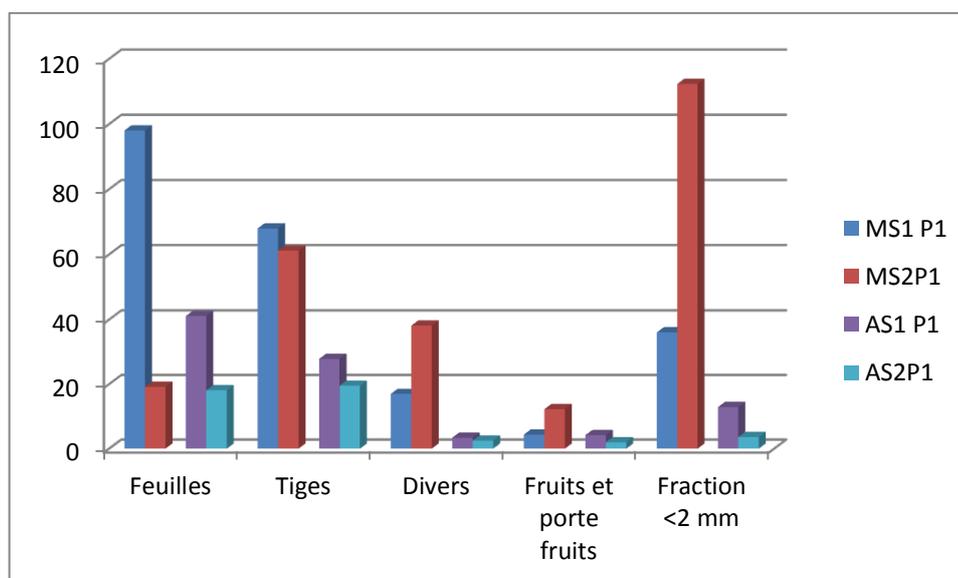


Figure n°30 : Composition physique de la litière mensuelle.

Le suivi des retombés mensuels montre que durant le mois de mars, les apports sont dominés par les feuilles suivies par les tiges dans la station mixte, alors dans la station de chêne liège se sont les tiges et la fraction inférieure à 2mm qui enregistrent les plus hautes valeurs. Les autres fractions sont faiblement représentées.

Durant le mois d'Avril les apports restent dominés par les feuilles et les tiges les autres fractions sont faiblement représentées.

Cette répartition traduit l'état de conservation de la litière fraîche avant toute attaque biologique, c'est-à-dire que la décomposition de la matière organique passe par une phase de préparation ou de maturation des débris organique.

4.4. Les analyses physico-chimiques

4.4.1. Les analyses physico-chimiques de la litière

Les résultats physico-chimiques de la litière montrent que : (Tableau n°8)

Tableau n°8 : Les analyses physico-chimiques de la litière.

Stations	Parcelles	Couches	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)	H %	M.O %
S ₁	P ₁	C ₁	5,57	763	11,33	77,30
		C ₂	5,60	787	11,75	72,99
		C ₃	6,08	913	13,13	48,99
	P ₂	C ₁	5,72	555	11,78	70,71
		C ₂	5,82	1060	9,65	66,51
		C ₃	6,25	956	12,37	49,64
S ₂	P ₁	C ₁	6,17	992	10,95	74,30
		C ₂	6,25	1018	9,80	42,40
	P ₂	C ₁	6,32	1354	10,45	62,55
		C ₂	6,50	1056	11,58	45,26

La caractérisation physico-chimique de la litière récoltée permet de suivre les paramètres suivants :

- **Le PH :**

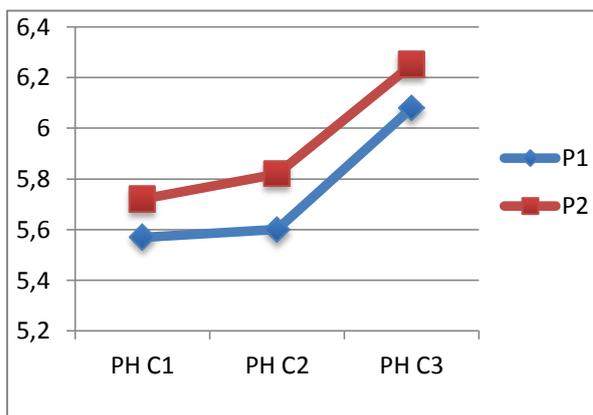


Figure n°31 : L'évolution du PH pour la station 1.

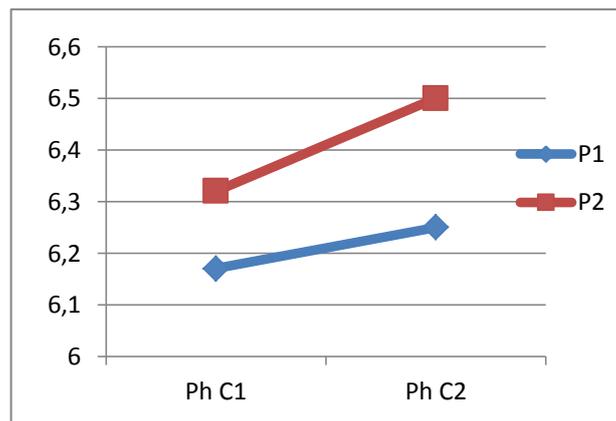


Figure n°32 : L'évolution du PH pour la station 2.

Le potentiel hydrogène du milieu indique l'ambiance anionique qui règne dans le milieu est acide quand le $pH < 7$, basique si le $pH > 7$, alors quand on parle d'un milieu neutre favorable à toute activité biologique lorsque les valeurs sont proche de 7.

Dans notre cas, la lecture **du tableau n°7** : montre que les valeurs du pH varie de 5,57 dans la couche supérieur de la litière montre que la matière organique est encore fraîche riche en acide organique, puis l'acidité diminue légèrement dans la couche intermédiaire à 5,60 pour atteindre 6,80 au contact de la partie minérale.

La même évolution a été enregistré au niveau de la deuxième parcelle avec des valeurs du pH qui prennent la même allure 5,72 en surface ; 5,82 dans la second couche et 5,25 dans la zone de contact avec le sol minéral.

Cette dynamique observée sous forêt mixte prouve que plus la litière est évolué plus en aura un milieu proche de la neutralité propice à toute activité biologique.

Sous chêne liège, l'apport de la litière est observé le long de l'année. Cet apport offre l'occasion à la quantité qui tombe d'évaluer avec des valeurs de pH qui passe d'u milieu acide en surface puis évolue vers un milieu proche de la neutralité au contact du support minéral.

La comparaison entre ces deux milieux permet de die qu'en forêt mixte la tendance est relativement peu acide que sous peuplement de chêne liège pure cela est peut être lié à la nature et la vitesse de décomposition.

• **La conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) :**

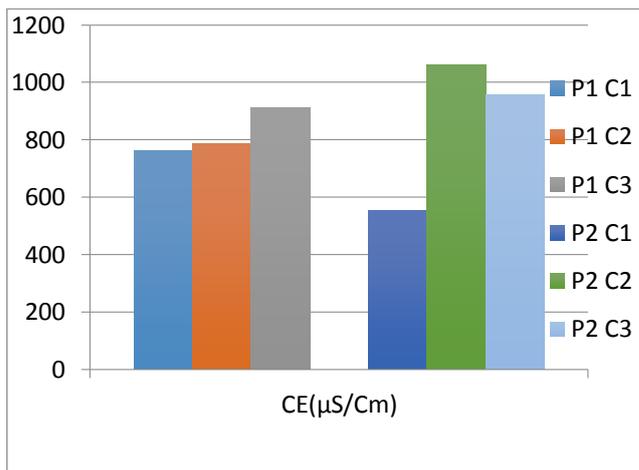


Figure n°33 : L'évolution de la conductivité électrique pour la station 1.

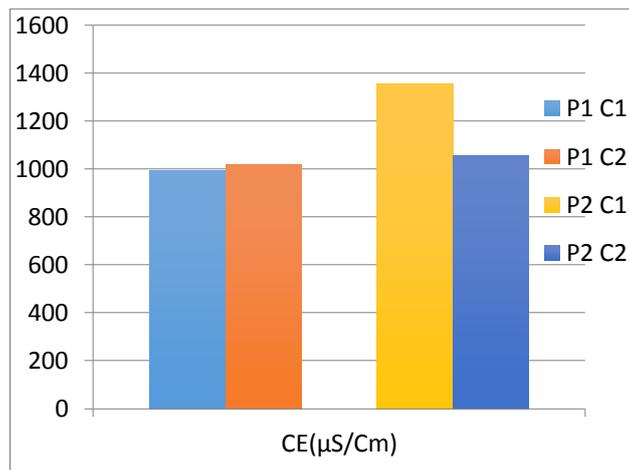


Figure n°34 : L'évolution de la conductivité électrique pour la station 2.

La conductivité électrique est très faible d'une manière générale indique qu'il n'existe pas de contrainte de salinité des sols.

L'étude comparative entre les deux formations forestières révèle que sous chêne liège les valeurs de la CE sont plus fortes et surtout dans la zone de contact avec le sol.

• **L'humidité :**

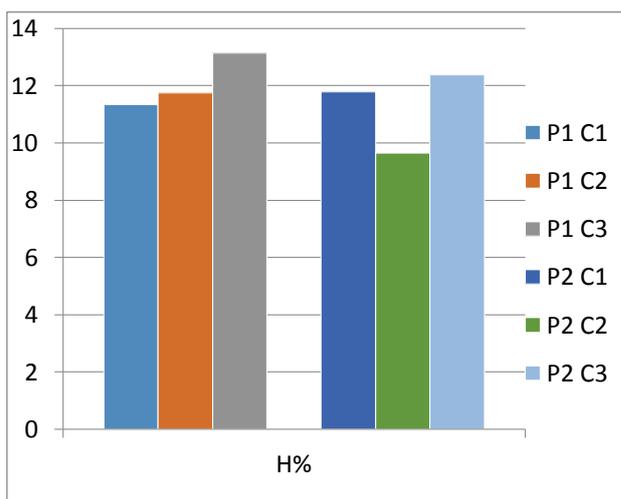


Figure n°35 : L'évolution d'humidité pour la station 1.

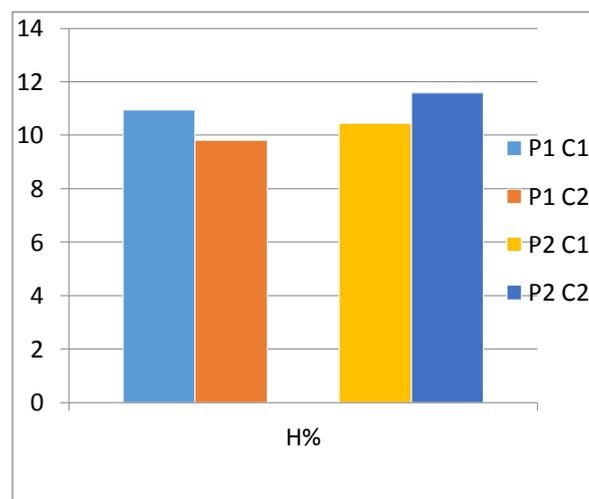


Figure n°36 : L'évolution d'humidité pour la station 2.

L'humidité traduit l'état de la saturation de l'atmosphère qui régit dans les différentes couches de cette litière et l'aptitude des constituants de la litière à maintenir une ambiance humide favorable à toute activité biologique, les valeurs obtenues sont proches de 10%, il traduit le rôle de la matière organique qui retient plus d'eau pour préparer un milieu très

favorable à toute activité réactionnelle ou biologique ou physico-chimique (les réactions d’oxydo-réductions).

• **La matière organique :**

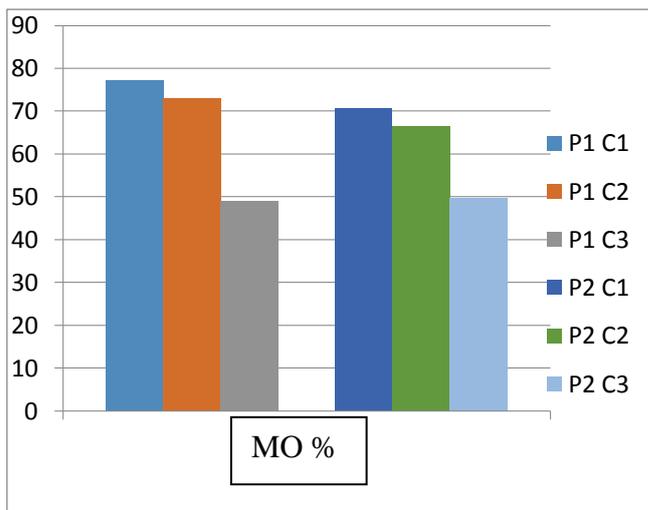


Figure n°37: L'évolution de la matière organique pour la station 1.

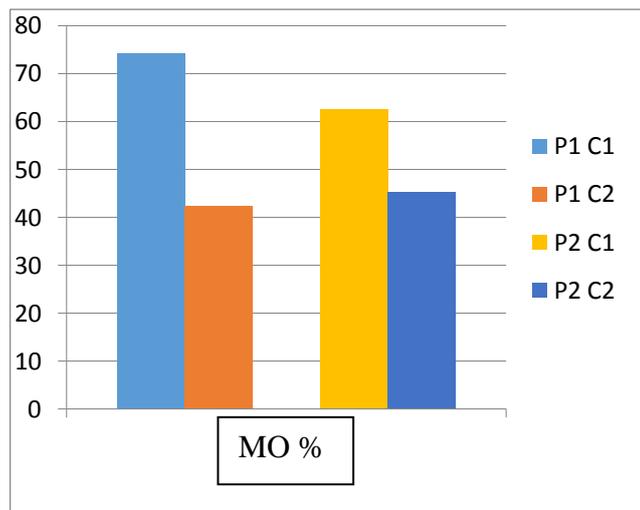


Figure n°38 : L'évolution de la matière organique pour la station 2

La caractérisation de la matière organique au niveau de la litière qu'en surface la MO dose plus de 70%, ce taux subit une forte réduction pour devenir proche de 50 % dans les couches de profondeur toute en sachant que l'épaisseur de la litière ne dépasse pas 8 cm. La baisse brutale du taux de la MO ne peut être expliqué que par l'action biologique notamment le rôle de la faune du sol que se nourries de cette litière ajouté à cela l'action de microflore (bactérie et champignons) qui intervient dans la minéralisation et l'humification de la matière organique.

4.5.2. Les analyses physico-chimiques du sol

Les résultats physico-chimiques du sol montrent que :(**Tableau n°9**)

Tableau n°9 : les analyses physico-chimiques du sol.

	pH	CE (µS/Cm)	H %	M.O %
S1P1	6,61	278	6	17
S1P2	6,30	195,5	4	80
S2P1	6,52	233	4	80
S2P2	6,67	285	10	70

_ La caractérisation physico-chimique du sol surtout dans sa partie supérieure au contact de la litière montre qu'il y a une continuité dans l'expression des paramètres analysés :

✚ L'acidité

Le pH est proche de la neutralité quelle que soit la nature de la litière et le type de végétation, il suit la même logique évolutive de la litière (plus la litière est évoluée plus le milieu est proche de la neutralité (**Figure n°39**).

✚ La conductivité électrique

L'évaluation de la conductivité électrique du sol traduit par de faibles valeurs que le milieu est doux non salin favorable à l'installation et à l'entretien de ce type de couvert (**Figure n° 40**).

✚ L'humidité

Le couvert végétal dense et diversifié produit une litière capable de retenir une forte quantité d'eau à hauteur de 8% à 10% à toute activité biologique. (**Figure n° 41**).

✚ La matière

L'effet combiné de la présence d'une couche épaisse de débris organiques provenant du couvert végétal dense et diversifié d'une part et la présence de conditions favorables pour l'activité biologique d'autre part oriente l'évolution de la matière organique vers l'enrichissement du sol en matière organique en premier lieu (plus 70% dans notre cas) puis la transformation par minéralisation des composés libérant ainsi des éléments minéraux intervenant dans l'augmentation de la fertilité du sol en place (**Figure n°42**).

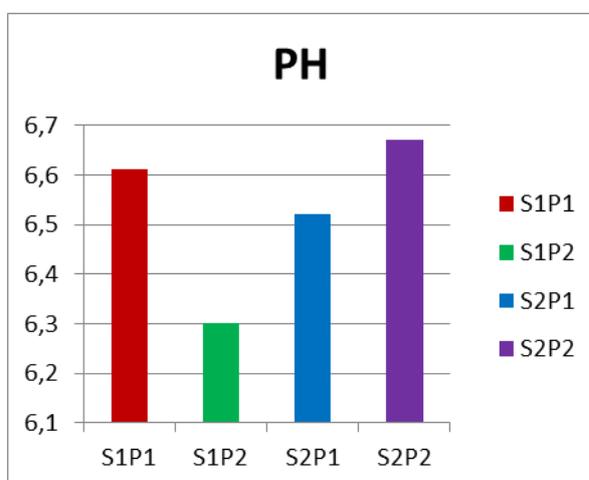


Figure n°39: L'évolution du pH du sol.

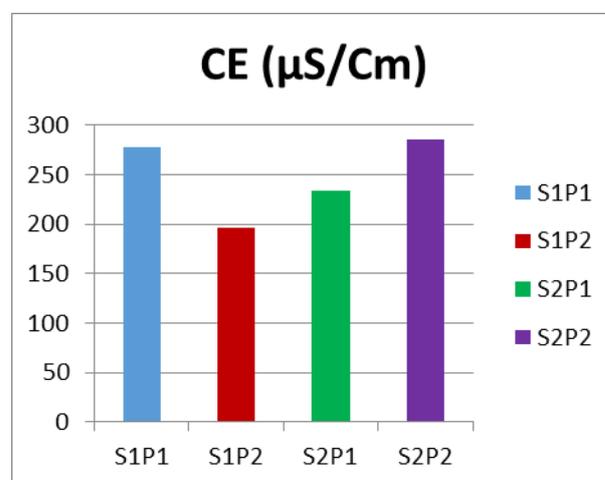


Figure n°40 : L'évolution de la conductivité du sol.

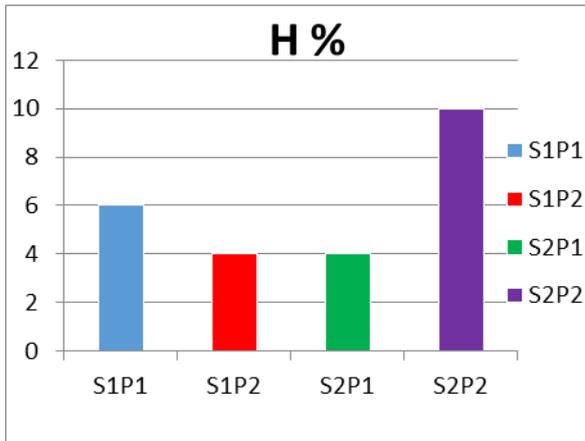


Figure n°41 : L'évolution d`humidité du sol.

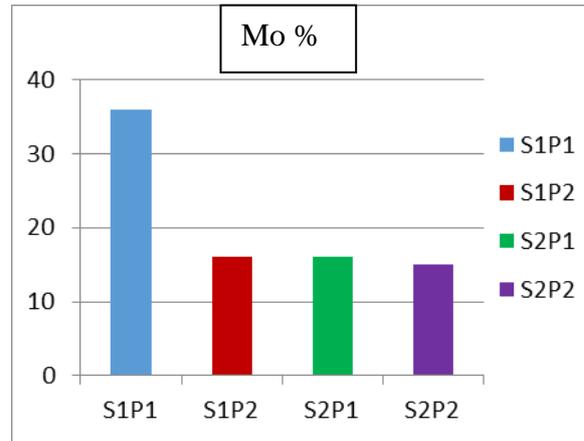


Figure n°42 : L'évolution de la matière organique du sol

Conclusion

L'évaluation et la caractérisation des retombés de litière provenant de deux groupements forestiers du massif de Mahouna. Ont montre que la quantité de la litière présenté sur site avant son ramassage représente des quantités très importante domine par la fraction < 2 mm.

Cette dominance prouve que l'écosystème est dynamique et que la quantité de litière qui arrive au sol subit une phase de décomposition, mais le suivie mensuelle montre que l'apport varie d'un mois à un autre et que la décomposition ne démarre pas des que la litière tombe, nous enregistrons un temps de maturation qui peut être utile pour préparer cette litière à l'attaque par la pédofaune.

Les analyses physico-chimiques montrent que le milieu est favorable voir propice pour la bonne activité biologique.

Le stock de matières organiques observé dans ces milieux, suggère que les sols forestières accumulent et stockent le carbone organique, intervenant ainsi au processus de séquestration du carbone, élément de base dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Ce travail est une contribution à la connaissance du cycle de la matière organique dans les écosystèmes d'une part et peut être une ébauche pour l'évaluation du stocke du carbone du sol forestier.

Qui peut être une base pour d'autre travaux ayant une relation avec le réchauffement climatique d'où l'importance de protéger ces écosystèmes.

Résumé

L'étude du cycle de la matière organique dans les écosystèmes forestiers a été abordés dans le massif forestier du Mahouna (Guelma) pour une évolution de la litière ancienne et un suivi mensuel des retombés d'une part et par une caractérisation physique et physico-chimique de ce matériel biologique.

Les résultats obtenus montrent que dans cette région il y avait une forte accumulation de la matière organique sous forme de débris organique plus ou moins dégradé.

L'ambiance chimique qui règne est souvent favorable à la bonne activité biologique participant ainsi au stockage du carbone ; participant ainsi au stockage du carbone organique dans le sol et augmente la fertilité du sol et luttant contre l'effet de serre.

Les mots clés : Mahouna, Litière, Physico chimique, Matière organique.

المخلص

إن دراسة دورة المادة العضوية في النظام البيئي "الغابي" التي قمنا بها في جبال "ماونة" (قالمة) من اجل دراسة تطور الاوراق المتساقطة وبقايا النباتات القديمة وكذا المتابعة الشهرية للتساقط من أجل تحديد الخصائص الفيزيائية والفيزيو كيميائية لهذه المادة العضوية.

النتائج المتحصل عليها قد أثبتت أنه في هذه المنطقة كان هناك تراكم متباين للمادة العضوية في شكل حطام

عضوي.

الوسط الكيميائي الذي يسود يؤكد النشاط البيولوجي الجيد المشارك في تخزين الكربون العضوي في التربة والذي يزيد من خصوبتها ويقاوم تأثير الاحتباس الحراري.

الكلمات المفتاحية: ماونة _ أوراق متساقطة _ فيزيو كيميائي _ مادة عضوية.

Summary

To study the development of the fallen leaves and remnants of the old plants as well as the monthly follow-up of the fall in order to determine the physical and physiochemical properties of this organic matter, we conducted the study of the cycle of the organic substance in the forest ecosystem which we conducted in the mountains of "Mahouna" (Guelma).

The final results showed that in this region there was a disparate accumulation of organic substance in the form of an organic system.

The prevailing chemical medium confirms the good biological activity involved in the storage of organic carbon in the soil, which increases its fertility and resists the effect of the global warming.

Keywords: Mahouna - falling leaves - physiochemical - organic substance

Références bibliographique

AIME, S. 1976. Contribution à l'étude écologique du chêne-liège. Etude de quelques limites. Thèse Doctorat de spécialité, univ. NICE, France, **180 p**

ANONYME1, 2011. Le sol forestier FOGÉ FOR, du limousine formation gestion forestière.

APG III, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* **161**: 105–121

BAYER, C, MIELNICZUK J., MARTIN-NETO L. ET ERNANI P. R., 2002. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant and Soil*, 238, 133-140.

BELAIDI, A. 2010. Etude comparative de trois provenances de chêne liège (*Quercus suber-L*) élevées sur différents substrats en pépinière hors-sol de Guerbes (Wilaya de Skikda), thèse de Magister en agro.Univ.Batna.78 p.

BELAHBIB , N. OUASSOU O., DAHMANI J., DOUIRA A., 2005. Contribution à l'étude de l'introgession génétique entre *Quercus suber* et *Q. rotundifolia* (Lamk.) Trabut au Maroc par l'utilisation des marqueurs microsatellites. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie.* **26** : 27, 31-34

BELHOUCINE, L. 2013. Les champignons associés au *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera, Curculionidae, Platypodinae) dans un jeune peuplement de chêne-liège de la forêt de M'Sila (Oran, nord-ouest d'Algérie) Etude particulière de la biologie et l'épidémiologie de l'insecte. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, **201 p**.

BENMARCE, K. 2007. Caractéristiques Physico-chimiques Et Isotopiques Des Eaux Souterraines Dans La Région De Guelma (NE algérien). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba.

BENSLAMA, M. 1993. Contribution à l'étude de la couverture Eco-pédologique et de la matière organique dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier (Bassin version du lac Tonga P.N.E.K) extrême Est Algérien Th. Mag Agro INA 152p

BENSLAMA, M. 1993. Contribution à l'étude de la couverture Eco-pédologique et de la matière organique dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier (Bassin version du lac Tonga P.N.E.K) extrême Est Algérien Th. Mag Agro INA 152p

BENSLAMA-ZANACHE, H. 1998. Contribution à l'étude de la diversité des micro-organismes (champignons Saprophytes) des sols du complexe humide d'El-Kala (Nord algérien). Cas des stations d'El-koubsi, Righia et du Lac Noir. Thèse de Magistère. Université d'Annaba. 66p.

BENSLAMA-ZANACHE, H. 2007. Evolution régressive des sols des zones humides de l'Algérie Nord Orientale (Cas de la Nechaa Righia W. El-Taref). 9^{ème} Journée nationale de l'étude des sols. (afes). 3-5 avril. 2007 Angers France.

BERNOUX M., 2005. Impacts des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) sur la dynamique de l'eau, de l'azote minéral et du carbone du sol dans les cerrados brésiliens. Cahiers Agricultures, 14, 71-75.

BOAVIDA, L.C. VARELA M.C., 1999 – Sexual reproduction in the cork oak (*Quercus suber*

L.).I. The programic phase. Sexual Plant Reproduction. **11**: 347-353.

BOUCHAFRA, A. FRAVAL A., 1991– Présentation du chêne liège et de la subéraie .In Villement

C. et Fraval A. : La faune du chêne liège. Actes Editions, Rabat. **26** p

BOUDY, P. 1952. – Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison. Paris. 505 P.

BOUHRAOUA, R.T. ,2003- Situation sanitaire de quelques forêts de chêne- liège de l'ouest algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse. Doct.Dept. Forest. Fac. Sci., Univ.Tlemcen, 267p

BRONICK, C. J. ET LAL, R. 2005. Soil structure and management: a review. Geoderma, 124, 3-22.

CHEVALLIER, T. BLANCHART E., ALBRECHT A. ET FELLER C. 2004. The physical protection of soil organic carbon in aggregates: a mechanism of carbon storage in a Vertisol underpasture and market gardening (Martinique, West Indies). Agriculture, Ecosystems & Environment, 103, 375-387.

DABIN, B. 1980. Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. Journée Georges Aubert Cah. ORSTOM. Ser. Pédo - Vol XVIII. N°3 - 4 pp 197 – 215.

DAJOZ, R. 2000. Précis d'écologie: Cours Et Exercices Résolus. 7^{ème} édition. Paris: Dunod

- DELCOUR , F. 1983.** Les formes d'humus : identification et description. Les naturalistes Belges, 1983, pp 64 -73 .
- DIMANCHE,P.1967.** Etude pédologique du périmètre forestier d'Oum Djeddour S.O.G.E.T.H.A étude N° 302, 32 p.
- DUCHAUFOR, PH. 1980.** Ecologie de l'humification et pédogénèse des sols forestiers. Actualités d'écologie forestières. Sol. Faune. Flore. Ed. Gauthier-Villars pp 177 - 202.
- DUCHAUFOR,PH. ET TOUTAIN,F.,1986.** Apport de la pédologie à l'étude des écosystèmes Bull. Ecol. T.17 (1), pp. 1-9.
- DUCHAUFOR, PH.1989.** Pédologie et groupe écologique I : Rôle du type d'humus, et du pH., Bull Ecol , t 20 ; 1 , pp 1-6.
- DUCHAUFOR , PH. 1995.** Pédologie : sol, végétation et environnement, Ed Masson 309p.
- DUCHAUFOR, PH.1995.** Pédologie : sol, végétation et environnement, Ed Masson 309p.
- DUCHAUFOR, PH. 2001.** Introduction à la science du sol, végétation, environnement, 6^{ème} édition
- GHOUIL,A.H. 2004 .** Réponse du chêne-liège aux contraintes environnementales (température, lumière et manque d'eau) : Application aux problèmes de régénération de la subéraie. Doctorantes sciences, Université Tunis El Manar, Tunis. **129** p.
- GIL L, VARELA M.C. 2008.** Euforgen Technical Guidelines for genetic conservation and use for cork oak (*Quercus suber*). Bioersivity International, Rome, Italy. **6** p
- GOBAT, J.M. ARAGNO, M. ET MATTHEY, W. 2003.** Le sol vivant. 2^{ème} Ed. Presses polytechn. univ. romandes, Lausanne.
- KAROUNE ,S. 2008**-Effets des boues résiduairees sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus suber* L.).thèse.mag.dép.Bioiogie et Ecologie.fac sci.Univ. Constantine.2 l'7p.
- MACHOURI ,N. 2009 .** Changement de mode de vie de la population et conséquences sur la durabilité desressources forestières, le cas des communes rurales de sidi Bettache et Bir Ennasr (province deBenslimane). Revue de Géographie du Maroc N°1-2, **25** : 131-146.
- MATHEY ,A. 1908 .** Traité d'exploitation commerciale des bois. Ed. Lucien laveur, **729** p.
- MEDDOUR, R. 2010.** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Thèse doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
- MESSAOUDENE ,M. 1996 .** Chêne zéen et chêne afares. *La forêt algérienne* (N°1 fév.-mars), INRF, Bainem, Alger, pp. 18-25

MONROZIER, L.J., BENJOLY M., PILLON P., ANDREUX F. SOUCHIER B. ET PELET R. 1983. Distribution of organic matter in grain - Size fractions of some recent sediments. *Organic Geochemistry* pp 323 – 327

PAUSAS, J.G. PEREIRA J.S. ARONSON J. 2009 . The tree. pp: **11- 21**, In: Aronson J., Pereira J.S., Pausas J.G., (eds). *Cork oak woodlands on the edge. Ecology, adaptive management and restoration.* Island Press, Abingdon, Oxfordshire, UK.

PILLON, P. 1986. étude de la diagenèse organique dans un système deltaïque actuel. Le delta de la Mahakan (Indonésie), caractéristiques organo-minérales et évolution précoces des formes azotées du Kérogène. Th. Doct. Uni Nancy I 172p.

PINTON, R., CESCO S., SANTI S. ET VARANINI Z. 1997. "Soil humic substances stimulate proton release by intact oat seedlings roots." *Journal of Plant Nutrition* 20 (7-8): 857-869.

POTTIER-ALAPETITE, 1979-1981 – Flore de Tunisie. Angiospermes, Dicotylédones, Apétales
Powledge F., 2002 : A Look Back at the International Biodiversity Observation Year. *BioScience*. **52**: 1070-1079.

PUGET , P. CHENU C. ET BALESSENT J. 2000. Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. *Eur. Jour..Soil Sci*, 51, pp 595-605.

QUEZEL , P. 1956 . contribution à l'étude des forêts de chênes caduques d'Algérie. *Mem. Soc. Hist. Nat. de l'Afrique du Nord.*, Nouvelle série, n°1, Alger, pp. 57

QUEZEL, P. SANTA S. 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1. CNRS, Paris, **565** p.

QUEZEL, P. 1976. Les forêts du pourtour méditerranéen. In *Forêts et Maquis méditerranéens*
: écologie, conservation et aménagement. Note technique MAB, **2** :9-33. UNESCO, Paris.

RAPP, 1971 . Cycle de la matière organique et des éléments minéraux dans quelques écosystèmes méditerranéens. C.H. du C.N.R.S (253p).

SEIGUE , A. 1985 . La forêt circum- méditerranéenne et ses problèmes. *Techniques agricoles et productions méditerranéennes.* G.-P. Maisonneuve et Larose. **502** p.

SIX J, ELLIOTT E. T. ET PAUSTIAN K., 1999. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. Soil Science Society of American Journal, 63, 1350- 1358.

SOLTNER , D. 1999. Les Bases De La Production Végétale. Edition. Sciences & Techniques Agricoles, Tome 2.

SOUCHIER, B.1971. Evolution des sols sur roches cristallines à l'étage montagnard (vosges). Thèse doct. Etat Univ. Nancy I. 134 p

SOUCHIER, B. 1984. La pédologie dans ses rapports avec l'écologie. Evolution des concepts et applications. Bull A.F.E.S., 2 pp 149 - 165.

TOUTAIN, F. 1974. Etude écologique de l'humification dans les Hêtraies acidophiles Thèse doct. Etat. Univ. Nancy I. 114 p.

TURENNE, J, F. 1975. Mode d'humification et différenciation podzolique dans deux toposéquences guyanaise. Th. Doct. Uni. Nancy 157p.

URBACO, 2012. Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Guelma, Direction de programmation et de suivi budjitaire de la wilaya de Guelma. 187p.

ZERAIA, L. 1981 . Essai d'interprétation comparative des données écologique, - phréologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chênes liège de provenance cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse Doc. Es. SCI., Aix-Marseille,367p.

ZOUAIDIA , H. 2006. *Bilan des incendies de forêt dans l'Est algérien, cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk Ahras.* Thèse de Magister. University of Constantin, 12-15.

Températures moyennes (°C)

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	8,6	10,7	13	15,8	20	25,6	26,9	26,7	23,3	19,7	15,5	11,9
2003	10,1	9,1	12,3	15,6	19	26,6	29,7	29,7	23,5	21,2	14,6	10,1
2004	9,9	11,6	12,8	14,2	16,3	22,5	26,1	27,6	23,3	21,2	12,8	11,1
2005	7,7	7,8	12,4	15,5	20,2	2,7	27,3	25,7	23	20	14,8	9,8
2006	8,6	9,9	13,2	17,2	21,6	25,3	27,8	26,2	23,3	21,1	15,3	11,1
2007	10,2	11,6	11,4	15,4	18,9	24	26,9	26,8	23,2	19	12,6	9,7
2008	9	10	11,7	15,4	19,8	23	27,7	27,5	23,8	19,8	13,7	10,1
2009	10	9,9	11,8	13,8	19,9	23,9	28,5	27,5	22,5	18,2	14,2	12,8
2010	10,5	11,8	12,6	16,1	18	22,4	27,1	26,6	23	19,2	15	11,8
2011	10	9,6	12,5	16,4	19,1	22,7	26,8	27,3	24,2	18,6	15,2	10,8
2012	9,1	7,2	12,5	15,4	19,2	26,4	28,2	29,1	24	20,5	16	10,9
2013	9,8	9,1	13,9	15,6	18,2	21,9	27	26,2	23,4	22,3	14,4	10
2014	11,1	11,1	11,4	15,5	18,7	24,1	26,4	27,4	26,2	21,4	17,2	11
2015	10,1	9,2	12,7	15,5	20	24	28	28,1	24,3	20,3	14,6	10
2016	11,2	12,2	12,1	16,7	19,2	23,8	26,6	25,8	23,1	21	15,1	12,4
2017	8,6	11,9	13,5	15,3	21,1	26	28,7	29,4	23,2	18,6	13,1	10,3
Total	154,5	162,7	199,8	249,4	309,2	338,9	439,7	437,6	377,3	322,1	234,1	173,8
Moyenne	9,65	10,16	12,48	15,58	19,32	21,18	27,48	27,35	23,58	20,13	14,63	10,86

Températures minimales (° C)

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	2,6	4,5	6,2	8,1	11,2	15,4	19	19,9	16,8	12,8	10,8	7,1
2003	5,6	4,2	5,7	9,1	11,8	17	20,8	20,9	17,9	16	9,3	5,4
2004	5,1	5,1	7,1	8,1	9,8	14,5	17,3	19,4	16,1	13,6	8,2	7,4
2005	2,8	3,4	6,7	9,7	11,3	16,3	18,9	18,1	16	13,4	9	5,3
2006	4,7	5	6	9,9	14,5	16,2	18,8	19,2	16	13,8	9,1	6,8
2007	4,4	6,1	6	9,8	10,9	16,7	17,2	18,5	17	14,3	7,4	5,3
2008	3,4	3,3	5,3	7,6	12,8	14,9	19,3	19,4	17,8	13,8	8,1	5,5
2009	5	5,2	5,6	8,4	11,9	14	18,9	19,3	16,7	12,9	8,7	7,5
2010	6	6,1	6,1	9,9	10,4	14	17,7	18,5	16,5	12,7	10,1	6,1
2011	5,2	4,5	6,5	9,3	11,4	14,5	18,6	18,2	17,2	12,8	10,6	6,1
2012	3,8	2,5	6	8,7	10,3	17	19,6	19,5	17,4	14,5	10,8	5,2
2013	4,7	4,1	7,9	8,7	10,9	16,7	18,2	18,4	18,7	15,6	10,2	4,9
2014	6,2	4,8	6,6	7,5	10,6	14,9	17,1	19,3	18,2	14,7	10,8	7,1
2015	5,1	5,1	6,9	9,5	11,5	11,5	18,2	20,1	18,4	14,9	10,1	3,7
2016	5,5	6	5,8	10,1	11	14,9	17,4	17,6	16,9	14,9	9,3	7,5
2017	3,9	5,3	5,8	7,6	11,5	16,9	19,4	20,4	15,5	12,1	7,4	5,7

Températures maximales (C°)

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	16	18,5	20,4	23,8	28,7	35,2	35,1	35,1	30,8	28	20,5	17,5
2003	14,6	14,3	19,3	22,2	26,4	35,4	38,6	38,9	30,6	27,5	21,1	15,7
2004	15,9	18,9	19,4	20,2	23,3	30,4	35,1	37,2	31,5	30,6	18,5	15,5
2005	13,2	12,8	19,4	22,2	29,1	32,9	36,3	34,2	31,1	28,5	22,1	15,5
2006	13,6	15,6	21,1	25,1	29,7	34,8	36,6	34,5	32	30	22,8	17
2007	18,4	17,9	18,1	22	27,1	32,5	36,8	36,4	31,7	25,6	19,3	15,5
2008	17,5	18,2	19,2	23,8	28	31,4	36,7	37,1	31,9	27,7	20,6	15,9
2009	15,4	15	18,9	19,6	28	33	38,4	36,8	29,5	24,5	21,4	19,2
2010	16,2	18,4	20,5	23,1	25,8	31,1	36,6	36,1	31,2	27,6	20,8	18,6
2011	16,9	15,7	19,4	24,3	26,6	31,1	36	37,2	32,5	25,8	21,3	17,2
2012	15,5	13,1	20,1	22,6	28,4	36,2	37,2	39,6	32,3	27,9	23,1	17,8
2013	16,1	15,4	20,8	23,6	26	30,6	36,4	35	30,3	31,1	19,7	16,9
2014	17,2	18,8	16,9	24,4	27,3	33,3	35,6	36,8	35,1	29,6	25	16,4
2015	16,2	13,8	19	24,3	28,9	32,6	37,8	36,9	31,7	27,3	20,4	19,9
2016	18,8	19,4	19,4	24,4	27,8	32,8	36,4	35	30,7	28,8	22,6	18,4
2017	14,3	19,3	22	23,8	30,4	35,2	38,1	39,1	32,7	26,1	20	15,5

Précipitations moyennes mensuelles (mm) :

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	16	18,5	20,4	23,8	28,7	35,2	35,1	35,1	30,8	28	20,5	17,5
2003	14,6	14,3	19,3	22,2	26,4	35,4	38,6	38,9	30,6	27,5	21,1	15,7
2004	15,9	18,9	19,4	20,2	23,3	30,4	35,1	37,2	31,5	30,6	18,5	15,5
2005	13,2	12,8	19,4	22,2	29,1	32,9	36,3	34,2	31,1	28,5	22,1	15,5
2006	13,6	15,6	21,1	25,1	29,7	34,8	36,6	34,5	32	30	22,8	17
2007	18,4	17,9	18,1	22	27,1	32,5	36,8	36,4	31,7	25,6	19,3	15,5
2008	17,5	18,2	19,2	23,8	28	31,4	36,7	37,1	31,9	27,7	20,6	15,9
2009	15,4	15	18,9	19,6	28	33	38,4	36,8	29,5	24,5	21,4	19,2
2010	16,2	18,4	20,5	23,1	25,8	31,1	36,6	36,1	31,2	27,6	20,8	18,6
2011	16,9	15,7	19,4	24,3	26,6	31,1	36	37,2	32,5	25,8	21,3	17,2
2012	15,5	13,1	20,1	22,6	28,4	36,2	37,2	39,6	32,3	27,9	23,1	17,8
2013	16,1	15,4	20,8	23,6	26	30,6	36,4	35	30,3	31,1	19,7	16,9
2014	17,2	18,8	16,9	24,4	27,3	33,3	35,6	36,8	35,1	29,6	25	16,4
2015	16,2	13,8	19	24,3	28,9	32,6	37,8	36,9	31,7	27,3	20,4	19,9
2016	18,8	19,4	19,4	24,4	27,8	32,8	36,4	35	30,7	28,8	22,6	18,4
2017	14,3	19,3	22	23,8	30,4	35,2	38,1	39,1	32,7	26,1	20	15,5
Total	255,8	393,8	313,9	345,6	441,5	528,5	549,6	585,9	472,9	446,6	339,2	272,5
Moyenne	15,98	24,61	19,61	21,6	27,59	33,03	34,35	36,61	29,55	27,91	21,2	17,03

L'humidité relative (%)

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	75,6	75	72,6	66	57,9	48,7	56,8	62,4	62,5	68,9	72,6	76,7
2003	76,5	75,7	73,7	75,1	72,4	56,7	49,4	47,4	69,8	67,8	73,3	75,6
2004	79,5	73,2	78,3	76,6	73,1	70,1	61,3	58,7	65,7	63	82	79,8
2005	78,4	78,7	76,7	76	67,8	62,8	58,5	61,1	69,4	74,4	68,5	79
2006	79,2	77	70,3	69,5	69,8	53,5	53,1	66	63,7	63,1	72,2	81,1
2007	78,4	76,3	80,3	78,8	71,2	66,9	55,9	58,2	64,4	78,7	78,9	80,1
2008	77,9	75,9	73,1	66,3	67,8	61,6	54,4	56,7	66,3	70	67,5	75,3
2009	78,9	71,4	73,1	77,6	72,8	56,9	52,7	60,5	75,8	76,5	76,8	75,5
2010	75,4	72,8	77,7	74,3	76,5	63,5	56,5	59,5	67,6	65,8	70,3	65
2011	79,9	77,3	74,4	72,1	69,8	68	58,1	54,3	67,2	75,4	76,5	79
2012	80,4	79,2	77,5	73,6	67	58,8	55,6	47,4	66,7	71,3	75,5	75,7
2013	76,5	73,8	70,9	72,2	68,6	58,4	59,6	62,4	73,7	69,4	73,2	81,1
2014	73	74,3	79	71	69,3	61,9	56,5	58,1	58,7	64,3	62,4	77,3
2015	74,4	57,9	73,3	71,8	67	59,4	57,3	61	67,4	71,5	81	79,4
2016	77,7	70,7	73,9	75,7	68,2	61,5	55,2	57,9	71,1	76,3	77,2	81,6
2017	80,8	76,4	71,9	69	61,5	57,9	48	44,7	58	68,4	70,7	80,7
Total	1242,5	1185,6	1196,7	1165,6	1100,7	966,6	888,9	916,3	1010	1124,8	1107,9	1242,9
Moyenne	77,65	74,1	74,79	72,85	68,79	60,41	55,55	57,26	63,12	70,3	69,24	77,68

Station de la méthodologie 2018 Guelma