

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE DE BLIDA 1



Mémoire en vue de l'Obtention du diplôme de Master II

**Domaine:** Science de la Nature et de la Vie

**Département :** Biotechnologie

**Filière :** Sciences Agronomiques **Spécialité/Option :** Sciences Foresterie

## Etude de l'apport annuel du carbone organique par la litière sous feuillus et résineux dans la forêt de Bainem (Alger)

**Présenté par :**

Mlle.Djemmal Nesma

Mr . Guennaz Lotfi

**Devant le jury composé de :**

**Président:** Mr. Ouelmouhoub. S (M.A.A)

**Promotrice :** Mme Zemouri. S (M.A.A)

**Co-promotrice :** Mme Dilmi. A attaché de recherche

**Examineur :** Mr. Akli. A (M.A.A)

Année Universitaire : 2019 – 2020

## **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.*

*Nous tenons à remercier vivement notre encadreur **Mme Zemouri. S.**, pour son entière disponibilité, ses conseils judicieux et la pertinence de ses corrections, ce qui nous a permis d'achever à bien ce travail.*

*Nous tenons à remercier notre Co-promotrice **Mme Dilmi.A ; et Mr Chekired.Z** De nous avoir aidé et assisté pendant la réalisation de notre travail .*

*Nous tenons à remercier tous les membres de jury ;*

***Mr OUELMOUHOUB. S** d'avoir accepté de faire honneur de présider le jury de notre Soutenance*

***Mr AKLI. A** pour l'intérêt qu'elle porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail*

*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.*



## *Dédicaces*



*Je profite de cette honorable occasion pour dédier ce mémoire à mes parents; ma mère qui a fortement participé à ma réussite et mon père qui m'a toujours encouragé.*

*A mes frères :Alaa eddine ;Amine ;abderrahmene et younes .*

*A mes meilleurs amis :Zineb ,Noura, Asma ,Wafa, Nesrine, yasmine , zoubida et Lina.*

*A Toute ma promotion 2<sup>ème</sup> année master (2019/2020) 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.*

*Nesma*

## **Sommaire**

### **Liste des tableaux**

### **Liste des figures**

### **Introduction générale**

## **Partie 1: Synthèse bibliographique**

### **Chapitre 1 : La matière organique du sol**

Introduction .....	3
1. Définition .....	3
2. Typologie des matières organiques .....	4
3. le Rôle de la matière organique .....	5
4. La Dynamique de la matière organique .....	6
5. La Teneur des sols en matière organique .....	7

### **Chapitre 2 : La Litière du sol**

Généralités .....	8
1. Les retombées de la litière .....	9
2. Les constituants physico-chimiques de la litière .....	10
3. Dynamique des litières forestières .....	10
4. Décomposition de la litière .....	11
5. Les étapes de la décomposition de la litière .....	11
6. Les principaux processus évolutifs des litières .....	12

### **Chapitre 3 : Le Carbone organique du sol**

Généralités .....	15
1. Le cycle global du carbone .....	17
2. Litière et cycle du carbone organique .....	19
3. stockage du carbone organique du sol .....	20
4. le carbone dans les sols forestiers .....	21

## **Partie 2 : présentation de la zone d'étude**

### **Chapitre1 : Description de la zone d'étude**

1. Localisation géographique .....	22
2. Historique .....	23
3. Aspect géologique, pédologique et hydrologique de la forêt .....	23
4. Cadre biotique .....	24
4.1. La forêt .....	25
4.2. La faune .....	27

### **Chapitre 2 : Etude climatique**

Généralités .....	28
1. Les Précipitations .....	28
2. Température .....	29
3. L' humidités .....	31
4. Synthèse climatique .....	32
• Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN .....	32
• Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger.....	34
Conclusion .....	36

## **Partie 3 : Matériel et Méthode**

1. Présentation du matériel végétal .....	37
• Généralité sur le Pin d'Alep .....	37
1. Classification dans la systématique botanique .....	38
2. Aire de répartition .....	39
3. Description botanique .....	39
4. Ecologie du pin d'Alep .....	40

2. Présentation des stations de prélèvements .....	42
3. Méthode des échantillonnage .....	43
3.1 La litière	
a) Sur le terrain .....	43
b) Au laboratoire .....	44
• Préparation de litière .....	45
• Analyse physico-chimique de la litière .....	45
3.2 Le sol	
• Préparation de sol .....	49
• Analyse physico-chimique de sol .....	51

## **Partie 4 : Résultats et Interprétation**

Comparaison des paramètres physico-chimique entre sol et litière

Parcelle de pin d'Alep

1. Le PH .....	53
2.La Conductivité électrique .....	54
3.La Matière organique .....	56
4 .Le Carbone organique .....	58
5.L'Azote .....	59
6.La Minéralisation (rapport C/N) .....	60
7.L'Humidité .....	62

<b>Conclusion générale</b> .....	64
----------------------------------	----

<b>Résumé</b> .....	65
---------------------	----

**Références bibliographique**

**Annexes**

## Liste des figures

<b>Numéro des figures</b>	<b>Titre des figures</b>	<b>Numéro des pages</b>
<b>Figure n°01</b>	<b>Le rôle de la matière organique dans le sol(DUCHAUFOUR 1984)</b>	5
<b>Figure n°02</b>	<b>Humification de la matière organique(DUCIHAUFOUR, 1983 et MOREL, 1996).</b>	6
<b>Figure n°03</b>	<b>l'évolution de la matière organique (Duchaufour, 1995)</b>	14
<b>Figure n°04</b>	<b>Le Cycle global du carbone</b>	17
<b>Figure n°05</b>	<b>Cycle du carbone dans le sol, (GEORGES, 2011)</b>	18
<b>Figure n°06</b>	<b>situation géographique de la zone d'étude ( Google earth2020)</b>	22
<b>Figure n°07</b>	<b>Variation de la pluviométrie de la forêt de Bainem (2006-2015) selon l'ONM</b>	29
<b>Figure n°08</b>	<b>Variation des températures de la forêt de Bainem (2006-2015) selon l'ONM</b>	30
<b>Figure n°09</b>	<b>Variation de L'humidité de la forêt de Bainem (2006-2015) selon l'ONM</b>	32
<b>Figure n°10</b>	<b>Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de bainem</b>	33
<b>Figure n°11</b>	<b>Situation de la forêt domaniale de Bainem sur le climagramme d`EMBERGER</b>	35
<b>Figure n°12</b>	<b>Air de répartition de pin d'Alep dans la région méditerranéenne (QUEZEL, 1986 ; in BOUCEDDI, 2016).</b>	38
<b>Figure n°13</b>	<b>Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (BENTOUATI, 2006 ; in MEZERAI, 2014).</b>	39
<b>Figure n°14</b>	<b>Les aiguilles et le cône de pin d'Alep( a l'origine)</b>	40
<b>Figure n°15</b>	<b>Parcelle de Pin d'Alep (a l'origine)</b>	42
<b>Figure n°16</b>	<b>Le séchage de la litière à l'étuve (a l'origine 2020)</b>	44
<b>Figure n°17</b>	<b>Le tamisage de la litière (a l'origine 2020)</b>	45

<b>Figure n°18</b>	<b>Photo de four a moufle</b>	46
<b>Figure n°19</b>	<b>La filtration des solutions a l'origine 2020</b>	47
<b>Figure n°20</b>	<b>Analyse du PH par le pH mètre</b>	47
<b>Figure n°21</b>	<b>Les matras dans la rompe d'attaque</b>	48
<b>Figure n°22</b>	<b>La distillation de L'Azote (a l'origine)</b>	48
<b>Figure n°23</b>	<b>Echantillon de sol (a l'origine)</b>	49
<b>Figure n°24</b>	<b>Séchage de sol (a l'origine )</b>	50
<b>Figure n°25</b>	<b>Analyse du la conductivité électrique par le conductivimètre (Sol)</b>	52
<b>Figure n°26</b>	<b>La variation du pH de la litière</b>	53
<b>Figure n°27</b>	<b>La variation du pH de sol</b>	53
<b>Figure n°28</b>	<b>La variation de la conductivité électrique de la litière en (s/cm)</b>	54
<b>Figure n°29</b>	<b>La variation de la conductivité électrique de sol en (s/cm)</b>	55
<b>Figure n° 30</b>	<b>La variation de la matière organique en (%)</b>	56
<b>Figure n° 31</b>	<b>La variation de la matière organique de sol en (%)</b>	56
<b>Figure n° 32</b>	<b>La variation du Carbone organique de la litière</b>	57
<b>Figure n° 33</b>	<b>La variation du Carbone organique de sol</b>	58
<b>Figure n° 34</b>	<b>La variation d'azote de la litière</b>	59
<b>Figure n° 35</b>	<b>La variation d'azote de sol</b>	59
<b>Figure n° 36</b>	<b>La variation du taux de la minéralisation (rapport C/N) de la litière</b>	60
<b>Figure n° 37</b>	<b>La variation du taux de la minéralisation (rapport C/N) de sol</b>	61
<b>Figure n° 38</b>	<b>La variation du l'humidité de la litière en (%)</b>	62
<b>Figure n° 39</b>	<b>La variation du l'humidité de sol en (%)</b>	62



## Liste des tableaux

Numéro des tableaux	Titre des tableaux	Numéro des pages
Tableau n°01	La répartition des précipitations moyennes mensuelles (Station météorologique de Bouzaréah (2006-2015))	28
Tableau n°02	Températures moyennes mensuelles de la région de Bainem	30
Tableau n°03	Humidités mensuelles moyennes la région de Bainem (2006-2015)	31
Tableau n°04	les précipitations et les températures moyennes mensuelles	33

## Liste des abréviations

- ✚ MO : Matière Organique
- ✚ C : Le carbone
- ✚ pH : potentiel hydrogène
- ✚ CE : La conductivité électrique
- ✚ I.N.R.F : Institut national de recherche forestière
- ✚ P T L : parcelle transect ligne
- ✚ O.N.M: Office national de la météorologie
- ✚ COS : carbone Organique de Sol
- ✚ FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

## Introduction générale

Le changement climatique est un problème environnemental majeur pour le XXI<sup>e</sup> siècle. Cependant les préoccupations sur le réchauffement global et l'augmentation des teneurs en gaz à effet de serre (GES, en particulier CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) de l'atmosphère conduisent à s'interroger sur le rôle des sols en termes de source ou de puits de carbone (**Bernoux et al., 2002**).

Avec le changement climatique, la dégradation des terres et la perte de biodiversité, les sols sont devenus l'une des ressources les plus vulnérables du monde. Les sols sont un réservoir majeur de carbone. Ils contiennent plus de carbone que l'atmosphère et la végétation terrestre réunis. Cependant, le carbone organique du sol (COS) est dynamique et les actions anthropogéniques sur le sol peuvent en faire un puits ou une source nette de gaz à effet de serre (GES), (**FAO , 2017**)

Le sol contient près de 680 milliards de tonnes de carbone dans ses premiers 30 centimètres- soit le double de ce qui est présent dans notre atmosphère. Il s'agit d'une quantité importante par rapport au carbone stocké dans l'ensemble de la végétation (560 milliards de tonnes). (**FAO ,2017**)

Par ailleurs de nombreuses études ont porté sur la chute des feuilles dans les écosystèmes forestiers **Bray ;Gorham (1964) , Lebret 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. D'où il est important de rappeler brièvement les principaux compartiments et flux de carbone et d'azote dans les écosystèmes **(Tardif, 2014)**.

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)**.

Dans ce contexte les résultats de nombreuses études scientifiques pourraient permettre d'apaiser l'incertitude et les doutes de la taille du réservoir du carbone des écosystèmes forestiers.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail de mémoire de fin d'étude. Il porte sur la comparaison des paramètres physico-chimiques du sol et la litières sous une essence forestières : Pin d'Alep (*pinus halepensis*) dans la forêt de Bainem .

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

- ❖ Aperçu bibliographique
- ❖ présentation de la zone d'étude
- ❖ Matériel et méthodes
- ❖ Résultats et discussion

Et nous terminerons ce travail par une conclusion générale

**Partie 1**

**Synthèse bibliographique**

## Introduction

La matière organique peut être définie comme étant une matière carbonée provenant d'êtres vivants végétaux et animaux. **Morel, (1996) ; Duchaufour (1977)** avait désigné sous le terme de matière organique, les débris végétaux de toute nature qui arrivent au sol (feuilles, écorces, fleurs, Fruits); l'ensemble constitue la litière (**Mangenot, 1980**), ou la matière organique fraîche (**Bertelin ; Toutain, 1979**).

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).

### 1. Définition

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.

Les principaux facteurs jouant sur l'évolution de la matière organique concernent la végétation (apport de résidus, composition de la plante), puis les facteurs climatiques (température/conditions d'humidité) et les propriétés des sols (texture, teneur en argile, minéralogie, acidité).

Les autres facteurs, relatifs à la fertilisation du sol (N, P, S), ou l'irrigation, ont un effet sur la production de la plante et donc sur la teneur en matière organique ( **Kareb ; Hassani ,2016**)

- **Matière organique fraîche**

C'est l'ensemble de débris végétaux qui arrivent au sol. Elle est constituée par des éléments peu décomposés que l'on peut individualiser facilement **Morel (1996) ; Prevost (1990)**.

D'après (**Toutain,1984**), les résidus animaux (déjections et cadavres) constituent une autre forme de matière organique fraîche, car ils contiennent des substances chimiques (sucres, amidons, protéines) facilement biodégradables par les micro-organismes et d'autres (lignines, polyphénols) difficilement décomposables.

## **2. Typologie des matières organiques**

Elles se répartissent en trois groupes :

**2-1 -Les matières organiques vivantes (MOV)**, animale, végétale, fongique et microbienne, englobent la totalité de la biomasse en activité (racines, vers de terres, microflore du sol...).

**2-2 -Les débris d'origine végétale** (résidus végétaux, exsudats), animale (déjections, cadavres), fongique et microbienne (cadavres, exsudats) appelés «Matières Organiques fraîches».

**2-3 -Les composés organiques stabilisés** (« MO stable»), les matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes. La partie humus représente 70 à 90 % du total. (**Beauchamp j, 2003**).

## **3. le Rôle de la matière organique**

La matière organique joue un rôle important dans le fonctionnement de l'écosystème forestier, car elle participe à la cohésion physique, ainsi qu'à l'équilibre biologique et nutritionnel des plantes (**Morel, 1996**).

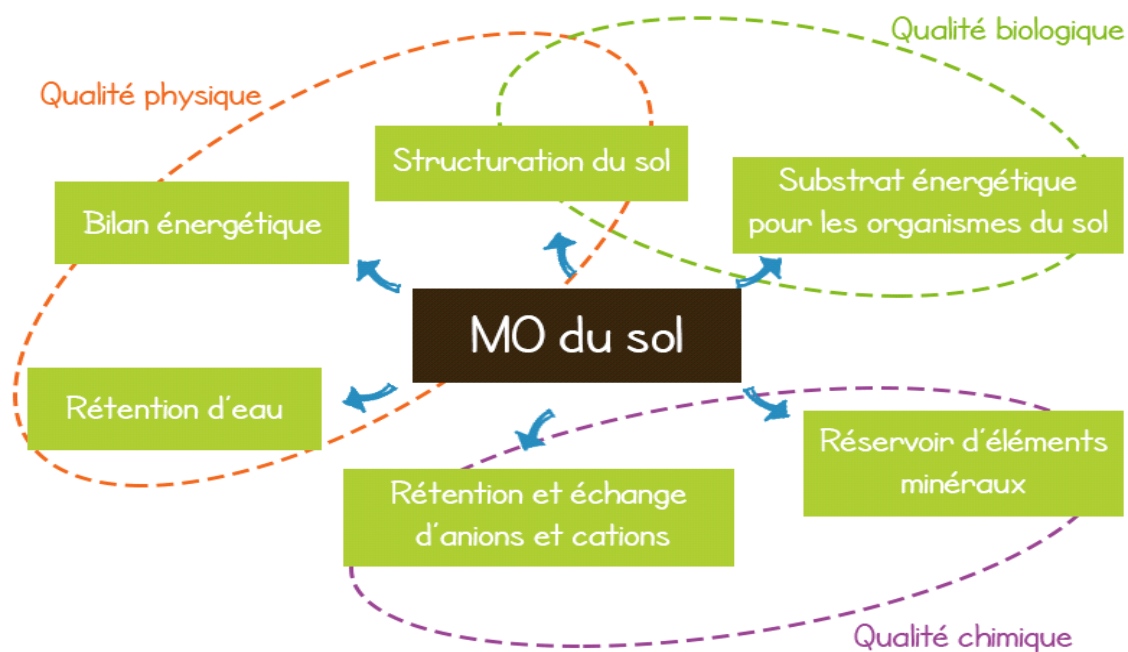
D'après **Duchaufour (1984)**, la matière organique joue un rôle triple dans le sol :

- Stimulation de l'activité microbienne du sol et en grande partie le pH et le cycle des éléments.
- L'altération des substances minérales.
- Les mouvements des éléments minéraux au sens du profil (perte par drainage).

**Denis Baise et Djabiol (1995)** ont attribués à cette matière organique plusieurs rôles, parmi lesquels :

- La formation des agrégats aboutissants à la création de complexe, organo-minéraux.
- Elle est considérée comme un réservoir d'éléments minéraux plus particulièrement l'azote.
- L'élaboration d'une meilleure structure des sols, de la porosité, et de ce fait une bonne aération.
- La cohésion (ciment) entre les constituants de sol (sable- limon- argile).

Les teneurs optimales en matière organique pour la production végétale varient selon le type de sol



**Figure 01 : Le rôle de la matière organique dans le sol(Duchaufour,1984)**



#### 4. La Dynamique de la matière organique

La végétation fournit des débris végétaux qui sont la source principale de la matière organique. Ces derniers subissent des transformations en humus et en composés minéraux sous l'influence de la microfaune et la microflore. Cette transformation d'origine biologique prend le nom d'Humification. (Benhizia, 2010)

La vitesse de l'humification dépend de l'activité biologique conditionnée par la température.

En effet :

- En milieu biologiquement peu actif, la décomposition des litières est lente (nécessite jusqu'à 20 ans pour qu'elle soit complète). Dans ces conditions, l'horizon organique A<sub>0</sub> brun noir, fibreux et acide est bien distinct. Le type d'humus qui résulte est de type "MOR".
- En milieu plus actif, l'horizon A<sub>0</sub> est moins épais. L'humus qui évolue est de type "MODER"
- En milieu très actif, la décomposition est très rapide. L'horizon A<sub>0</sub> disparaît et l'humus est incorporé dans la fraction minérale en complexe organo-minéral il est de type "MULL"

Ducihaufour, (1983) et Morel, (1996).

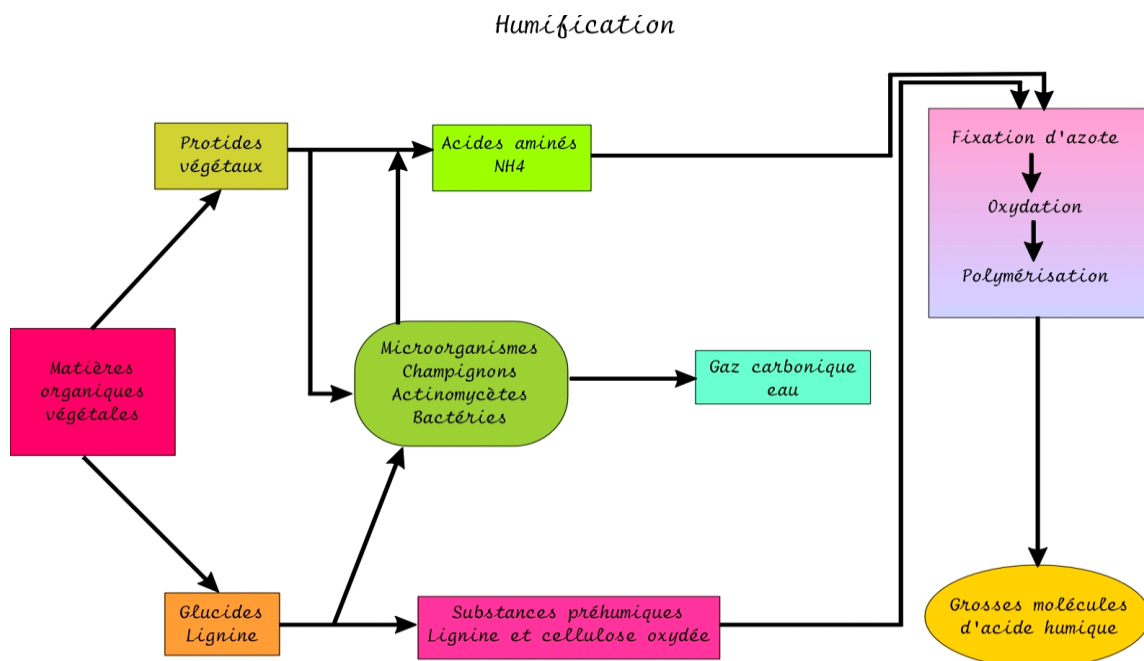


Figure 02 : Humification de la matière organique (Ducihaufour, 1983 et Morel, 1996).

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, CH<sub>3</sub>O, C = O, les groupements phénoliques, NH<sub>2</sub> 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.

## 5 .La Teneur des sols en matière organique

Dans un écosystème équilibré, les apports en matière organique au sol sont équivalentes aux pertes, puisque la biomasse doit rester constante (les pertes doivent être exactement balancées par les apports) (**Dommergues et Mangenots, 1970**).

Les matières circulent dans le sol dans le sens descendant, par infiltration des solutions, et dans le sens ascendant, par remontée capillaire et biologique (lombric, termites en climat tropical, racines) (**Morel, 1996**).

Pour **Davet, (1996)** l'apport de la matière organique au sol dans une forêt tempérée atteint plusieurs tonnes par hectare.

La teneur du sol en matière organique varie en fonction de l'espèce, du climat et la profondeur, car les horizons de surface représentent une teneur plus élevée en matière organique comparativement aux horizons de profondeur. (**Benhizia , 2009**)

### Généralités

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)**

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)**

### 1. Les retombées de la litière

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

**a- Les apports épigés :**

Correspondent, d'une part, aux *pluviollessivats* 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).

**b-Les apports hypogés**

Correspondent, d'une part, aux *excrétions* des racines dans le sol (excrétions 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) .

**2. Les constituants physico-chimiques de la litière****❖ Les constituants physiques**

Les diverses fractions des retombées de la litière constituent la composition physique, 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. (Benslama ; Zanache, 1998)

### ❖ 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)

### 3 .Dynamique des litières forestières

Les végétaux (producteurs), organismes majoritairement autotrophes font la synthèse de la matière vivante à partir du CO<sub>2</sub> et des éléments biogènes (N, P, K, ...). Cette matière vivante, selon une échelle de temps variable, retourne au sol sous forme d'exsudats et de débris végétaux et animaux (Mangenot, 1980). Ces résidus vont subir dans les conditions pédoclimatiques spécifiques, des phénomènes de transformation et de biodégradation (Olah et al ; 1978).

#### 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 lentement cette immobilisation représente une phase très active au cours de laquelle la litière va subir de transformation (sous l'action de la mésofaune, microflore du sol) menant en suite à son incorporation au sol (et progressivement remplacer par des produits néosynthétisés pour la microflore par exemple des mycéliums ou des bactéries (**Toutain, 1974**)).

Le taux de décomposition des litières dépend de la composition chimique des espèces, de l'activité biologique, du climat (**Stamon, (1994) ; Leonardi, (1996) ; Orgeas et al ;1998**) et des propriétés du sol (pH, température, humidité) (**Rosel et Chassin, 1998**). Ces facteurs agissent directement sur le recyclage et la décomposition de la matière organique.

#### 5. 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<sup>ère</sup> 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<sup>ème</sup> étape** : division mécanique et enfouissement des feuilles par les organismes de la mésofaune ou de la macrofaune.

**3<sup>ème</sup> 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**)

### **6. Les principaux processus évolutifs des litières**

D'après **Dommergues et Mangenot (1970)** une partie de la matière organique qui arrive au sol est incorporée à la biomasse du sol, une autre est minéralisée et une troisième partie est humifiées, ce qui donne naissance à une matière organique relativement stable. Une partie de cette dernière est à son tour partiellement minéralisée.

#### **6.1. La minéralisation**

Dans l'écosystème forestier, la minéralisation est un processus fondamental dans la dynamique des bio-éléments. Elle se produit sous l'action des micro-organismes du sol.

(**Benslama, 1997**) et permet le retour du carbone et des autres éléments sous forme inorganiques et donc à nouveau utilisable par les végétaux (**Tissaux, 1996**).

Selon **Duchauffour (1983)**, il y aurait une minéralisation primaire et une autre secondaire, qui affectent surtout les substances humiques.

**a) La minéralisation primaire**

C'est la transformation des composés simples qui proviennent de la décomposition microbienne des molécules complexes de la matière organique fraîche, aboutissant à la formation de composés minéraux solubles ou gazeux (**Duchaufour, 1988**).

La dégradation de la matière organique conduit à la formation d'un certain nombre de composés solubles ou insolubles, résultant du métabolisme des sucres simples (glucose, fructose, lactose, amidon, etc....) ou complexe (Cellulose, lignines, etc....) et celui des matières organiques (**Tissaux, 1996**).

**b) La minéralisation secondaire**

Cette minéralisation est très lente à cause de la forte association entre les minéraux et les composés humiques (**Duchaufour, 1983**).

Le taux de la minéralisation secondaire varie avec la nature des liens organo-minéraux (**Duchaufour, 1988**).

**6.2 L'humification**

La synthèse des substances nouvelles à partir des débris végétaux et animaux est appelée *Humification*. C'est un processus indispensable à la fertilité du sol. Il a un effet sur la formation de complexe adsorbant et sur l'amélioration de sa structure (**Mangenot, 1980**).

**Benslama, (1997)** signale que les constituants cellulaires et une fraction des produits de métabolisme sont difficilement biodégradables, en raison de leurs polycondensation ou de leurs liaisons organo-métaboliques, beaucoup plus résistantes (liaison avec les ions métabolique). Ces constituants représentent l'humus au sens strict. A chaque formation végétale correspond un mode d'humification qui est en équilibre optimum avec des facteurs du milieu (bioclimat et roche mère) (**Selmi, 1985**).



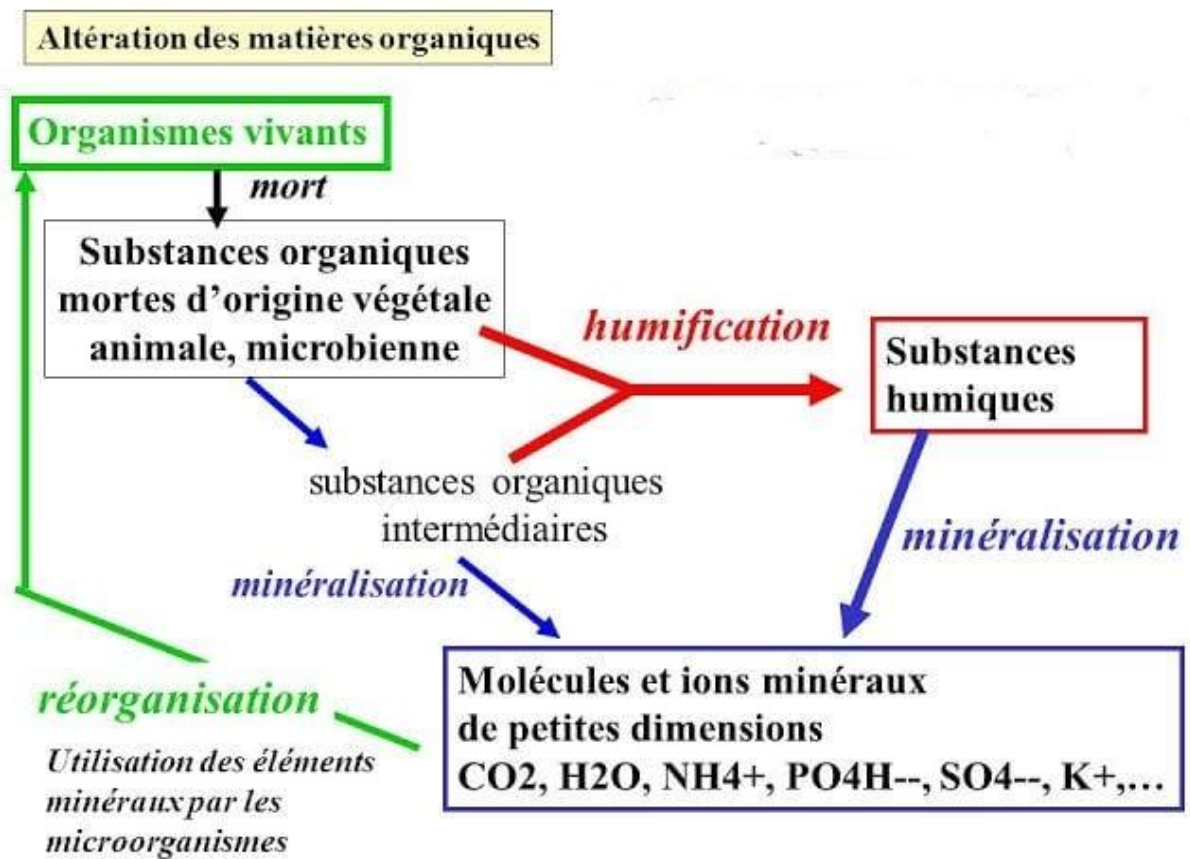


Figure03 : l'évolution de la matière organique (Duchaufour, 1995)

## Généralités

Dans la nature, le carbone se retrouve sous deux formes, Le carbone organique (C org) Et le carbone inorganique (C inorg). (Anonyme2, 2005 )

Le C organique est produit par des organismes vivants, il est lié à d'autres carbones ou à des éléments comme l'hydrogène(H), l'azote(N) ou le phosphore(P) dans les molécules organique (les hydrocarbures sont un cas particulier contenant seulement des atomes de carbone et d'hydrogène). (Anonyme2, 2005)

Le C inorganique est associé à des composés qui ne sont pas liés au vivant, par exemple le carbone du Co2atmosphirique ou celui des carbones comme le calcaire CaCo3. (Anonyme2,2005)

Les écosystèmes forestiers jouent un rôle majeur dans le cycle global du carbone et la régulation du climat, le carbone est échangé naturellement, et en permanence, entre les forêts, les sols et l'atmosphère grâce à la photosynthèse, la respiration, la décomposition et la combustion.

De tous les types d'utilisation des terres, les forêts ont la plus grande capacité de stockage du carbone.

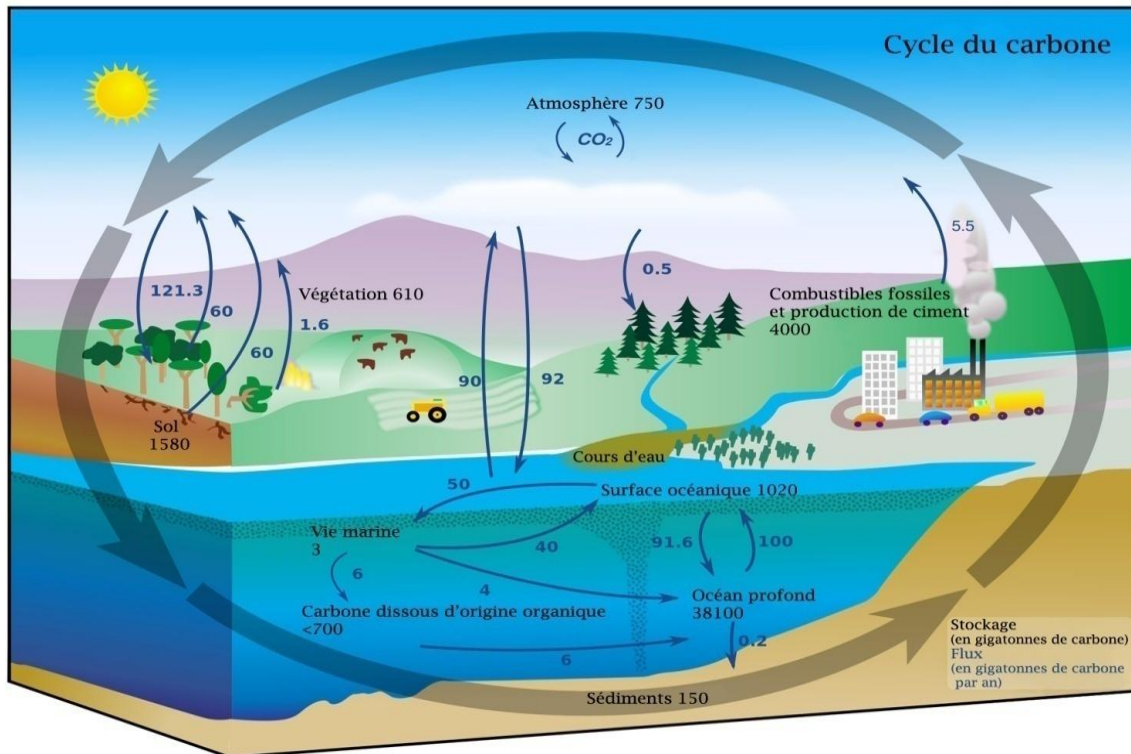
Le carbone est stocké à la fois dans la biomasse aérienne (bois, feuilles et les déchets) et la biomasse souterraine (racines) ainsi que dans les sols (par exemple sous la forme de carbone organique du sol) (Bolin et al., 2000; Giec, 2007a).

La capacité de stockage du carbone dépend de multiples facteurs comme : la superficie forestière, le volume des arbres, l'âge des arbres, la structure et la diversité de la végétation, la composition et les interactions ainsi que la croissance des arbustes et de la végétation des étages inférieurs (croissance étroitement contrôlée par la disponibilité en eau, en nutriments et en lumière), la température, les parasites et autres ravageurs, les feux de forêts ainsi que le type de gestion forestière **Dixon *et al.*, (1993); FAO, (2011); Vayreda *et al.*, (2012).**

### 1. Le cycle global du carbone

Le cycle du carbone (C) désigne l'ensemble des réservoirs et des flux de (C) organique et minéral. Ce cycle comprend quatre grands réservoirs : l'hydrosphère, la lithosphère, l'atmosphère et la biosphère (**Figure4**). A des pas de temps géologiques courts (de l'ordre de l'an au siècle), l'essentiel des échanges de (C) a lieu entre la biosphère et l'atmosphère, à travers la photosynthèse et la respiration et, entre l'atmosphère et l'hydrosphère, à travers l'équilibre de dissolution des carbonates marins et entre les couches profondes et superficielles des océans. En effet, 8.9 Gt C an<sup>-1</sup> dans l'atmosphère provient de l'utilisation de carbone fossile, et rentre en grande partie dans les émissions de gaz à effet de serre (**Figure4**) (**Quere *et al.* 2014**).

A l'échelle planétaire, ces émissions représentent environ 4 % du stock de carbone organique. Ainsi, une faible variation des stocks de carbone du sol peut avoir un impact majeur sur les émissions de (GES) et l'atténuation du changement climatique. Actuellement, les écosystèmes terrestres (sols + végétations) compensent un peu plus de 30% des émissions de (GES) anthropiques (**Cardinal, 2015**).



**Figure 04 : Le Cycle global du carbone**

[[http://www.nasa.gov/centers/langley/news/researchernews/rn\\_carboncycle\\_prt.htm](http://www.nasa.gov/centers/langley/news/researchernews/rn_carboncycle_prt.htm)]

Pour parler de « puits » de carbone, il est indispensable de parler de bilan du carbone. En effet, la végétation et le sol sont considérés comme puits de carbone s'ils fixent plus de carbone qu'ils n'en libèrent. La quantité de C stocké dans le premier mètre des sols est considérable, elle est d'environ 1500 Gt C (gigatonnes de carbone, 1Gt=109t) ; cela représente trois fois la quantité estimée dans la biomasse continentale (650 à 680 Gt C essentiellement le bois des arbres), et le double du C présent dans l'atmosphère sous forme de  $CO_2$  (750 à 850 Gt C). (Batjes 1996 ; IPCC, 2007).

## Le cycle du carbone organique

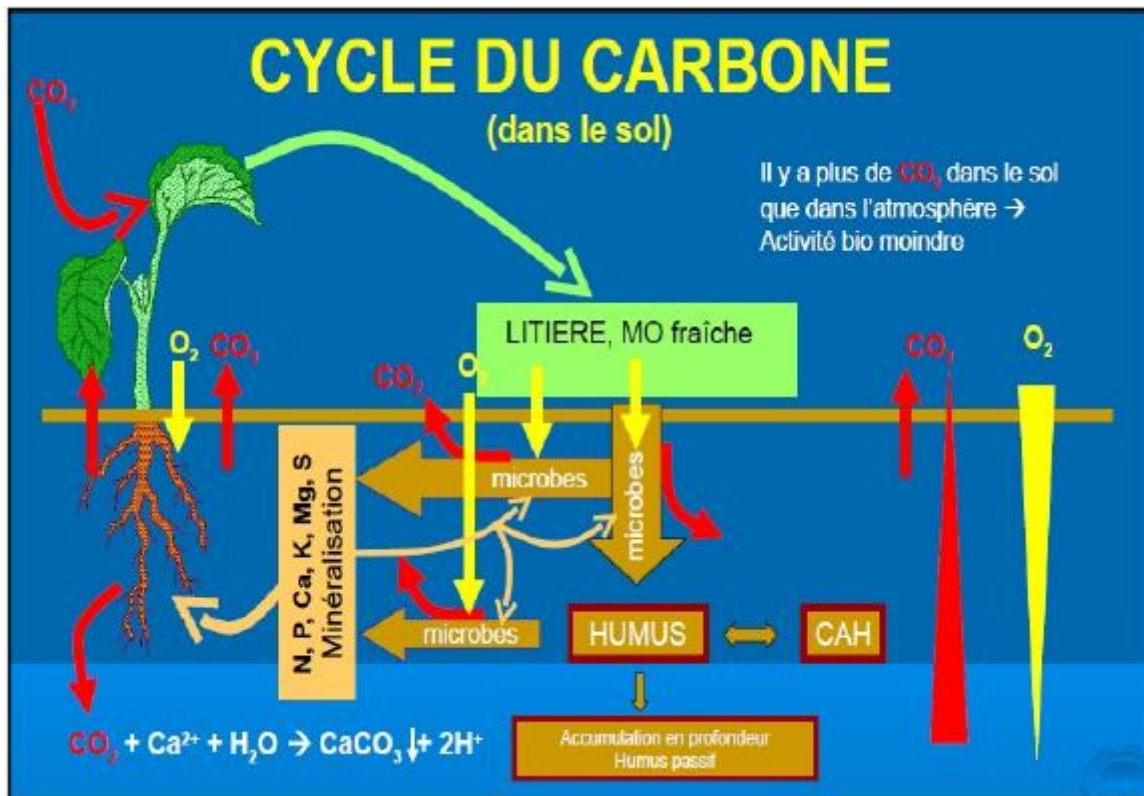


Figure 05 : Cycle du carbone dans le sol, (Georges, 2011)

Le carbone est le principal élément de la matière organique du sol et sa présence est un facteur déterminant de la qualité du sol. La perte de la matière organique, donc du carbone organique, se traduit par la dégradation de la structure du sol, par une grande vulnérabilité à l'érosion et par une réduction de fertilité (Smith *et al.* 1995).

Le cycle complexe du carbone (figure 5) mène à un équilibre naturel entre les sources et les puits de C terrestre, autant sous forme minérale et organique que gazeuse. Les formes gazeuses se retrouvent dans l'atmosphère et dans la partie superficielle des sols et des océans et ont un rythme d'échange très rapide de moins de cinq ans.

Le C atmosphérique peut également être absorbé par la biomasse terrestre et ainsi être séquestré dans les tissus des plantes. Celles-ci seront par la suite en partie consommées par des organismes hétérotrophes et le C sera ensuite rejeté sous forme gazeuse dans l'atmosphère ou minéralisé dans les sols (**Alexandrov, 2008**).

La vie sur terre influence profondément la composition de l'atmosphère en libérant du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et du méthane (CH<sub>4</sub>). Les processus de respiration et de fermentation fabriquent la plus grande partie de ces émanations. La photosynthèse et la respiration sont les deux réactions chimiques de base du recyclage du carbone (**Anonyme3**).

## 2 .Litière et cycle du carbone organique

La dynamique des litières foliaires a aussi un rôle clé dans le cycle du carbone.

Au cours de leur décomposition, les retombées foliaires sont soit minéralisées avec dégagement de CO<sub>2</sub> soit solubilisées et intégrées au sol ou bien transformées en substances humiques relativement stables qui sont progressivement incorporées au sol minéral par la pédofaune (**Duchaufour, 1980**). La matière organique fraîche et humifiée accumulée à la surface du sol et dans celui-ci constituent un réservoir de carbone équivalent à deux fois celui de l'atmosphère.

La matière organique fraîche et humifiée accumulée à la surface du sol et dans celui-ci constituent un réservoir de carbone équivalent à deux fois celui de l'atmosphère. D'autre part, le dégagement de CO<sub>2</sub> à partir du sol dont une fraction est liée à l'activité des hétérotrophes est le flux de carbone vers l'atmosphère le plus important après les émissions de CO<sub>2</sub> en provenance des océans. Il est d'ailleurs un ordre de grandeur plus élevé que les émissions d'origine anthropique. (**Schlesinger W.H., Andrews J.A. 2000**)

### 3. stockage du carbone organique du sol

Selon le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental de l'évolution du climat (**GIEC, 2001**), les océans stockent 93% du carbone de la planète, soit environ 39 200 Gt C, les 7% restants se répartissant entre la biomasse épigée, les sols et l'atmosphère. La végétation et les animaux terrestres constituent un stock de 610 Gt C. Les sols contiennent deux fois plus de carbone que l'atmosphère qui, avec 750 Gt C, représente moins de 2% du carbone de la planète. Les forêts stockent plus que la moitié du carbone organique des terres émergées (1120 Gt C) et le carbone emmagasiné dans les sols des forêts représente 35% du total du carbone présent dans les réservoirs du sol (**Robert, 2002**). Les forêts jouent donc un rôle déterminant dans la régulation du niveau du CO<sub>2</sub> atmosphérique, dont l'augmentation d'origine anthropique est considérée comme majoritairement responsable du réchauffement climatique (**GIEC, 2001, 2007**).

Le stock de carbone organique est en perpétuel renouvellement dans le sol et détermine de nombreuses propriétés édaphiques : la fertilité du sol, sa structure et la biodiversité qui l'habite. Le stock de carbone organique peut aussi constituer un puits de gaz à effet de serre selon les conditions de climat, d'occupation et de gestion des terres. La compréhension des mécanismes de stockage et de déstockage des matières organiques des sols est donc une question cruciale, tant pour des objectifs de durabilité des systèmes de culture que pour des objectifs environnementaux. (**Chevallier, 2015**).

#### 4. le carbone dans les sols forestiers

La quantité de C organique dans un sol forestier est le résultat de l'équilibre entre la production primaire nette de la végétation et la décomposition de la matière organique (**Liski & Westman, 1997a,b**). Ces deux processus dépendent à leur tour des conditions climatiques, principalement la température et l'humidité. Toutefois, les sols forestiers peuvent devenir une source importante de CO<sub>2</sub> suite à un réchauffement climatique, car ce dernier pourrait entraîner une minéralisation de la matière organique supérieure à la production primaire nette de la végétation (**Liski, 1999 ; Bernoux *et al.*, 2005**). Même de petits changements du réservoir du carbone organique dans le sol peuvent affecter significativement la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, puisque le sol contient deux fois plus de C que celle-ci (**Schlesinger, 1977 ; Post *et al.*, 1982 ; Watson *et al.*, 1990**).



Partie 2

Présentation de la zone d'étude

## 1. Localisation géographique

La forêt de Bainem est localisée sur la chaîne montagneuse nord ouest de la wilaya d'Alger, au niveau du massif de Bouzareah, qui domine le littoral algérois ouest. La forêt occupe une superficie de 500 ha (Queney, 1938). Située entre  $02^{\circ}59'$  de longitude Est et  $36^{\circ}, 49'$  latitude Nord. Le point culminant de la forêt atteint 320 m, la topographie est assez accidentée notamment sur le versant nord qui domine la bande littorale ; la partie centrale présente un relief moins accidenté.

Sur le plan administratif la forêt de Bainem est délimitée par les communes suivantes (figure.4) :

- ✚ Au nord par la mer méditerranée et la commune de Hammamet
- ✚ Au sud par la commune de Béni Messous et au sud-est par la commune de Bouzareah
- ✚ A l'est par la commune de Rais Hamidou
- ✚ A l'ouest par la commune d'Ain Bénian



Figure 06 : Situation géographique de la zone d'étude ( Google earth2020)

## 2. Historique

L'origine de la forêt de Bainem remonte à 1851, la forêt qui appartenait à des particuliers a fait l'objet d'une loi ( 16 janvier 1848) pour la création d'une réserve forestière destinée à satisfaire les besoins de la population algéroise en bois .

Selon (**Body, 1995**), la forêt domaniale de Bainem était constituées de chêne liège et de Pin d'Alep

En 1922, un premier arboretum a été créé sur une superficie de 50 ha, pour des essais sur l'introduction des différentes espèces d'Eucalyptus ; entre 1868 et 1956, la forêt a connu une succession d'incendies, plus de 41 sinistres ont été recensés, en 1956 la totalité de la forêt a presque été ravagée par le feu. ( **Bechkok ,1978**)

A l'indépendance, la forêt domaniale de Bainem est intégrée au domaine forestier national, le secteur poursuit la gestion et le développement du patrimoine avec l'entretien des plantations et l'installation en 1965 d'un arboretum de 81 parcelles. ( **Khireche, 2015** )

Entre l'an 2000 et l'an 2005, un important programme a été lancé pour réhabiliter la forêt et relancer les différentes activités récréatives ; ces efforts ont permis de reconstituer le cadre général de la forêt. Aujourd'hui elle est dans son ensemble bien entretenue.(**Khireche, 2015** )

## 3. Aspect géologique, pédologique et hydrologique de la forêt

La forêt de Bainem repose sur des terrains sédimentaires et métamorphiques ; les roches métamorphiques sont dominantes et sont représentées par des schistes, des micaschistes, des calcaires et des quartzites.

Plusieurs Oueds prennent naissance dans le massif de Bainem, mais la plupart sont intermittents et ne coulent pas toute l'année à cause du régime des pluies. L'implantation importante des Eucalyptus (*E.camadulensis*, *E.gomphocephala*, *E.cladocalyx* et *E.leucoxydon*) sur le site est un excellent moyen de juguler et de freiner la force des eaux de ruissellement.

Les principaux Oueds sont : Oued de Bainem d'une longueur de 1.15 km et oued Afron d'une longueur de 1.97 km. Les autres cours d'eau sont oued Djerdah, oued Melah, oued Dratguiss et oued Beni messous d'une longueur de 2.86 km . ( **Khireche , 2015** )

## **4. Cadre biotique**

### **4.1. La forêt**

La végétation naturelle de la forêt de Bainem a été complètement modifiée suite aux différents incendies, coupes, et reboisements effectués le plus souvent avec des essences exotiques.

Des vestiges d'une ancienne forêt de chêne liège subsistent encore dans certains endroits du versant nord de la forêt, sur les parcelles les plus escarpées ; ce sont les résineux (Pin d'Alep, Pin Maritime) et divers espèces d'Eucalyptus qui constituent les principales essences de la forêt.

#### **4.1.1. Les peuplements forestiers**

La composition de la forêt de Bainem est caractérisée par un grand mélange d'essences forestières, c'est une véritable mosaïque.

##### **a) Strate arborescente**

- **Les Eucalyptus**

C'est la principale essence forestière, son implantation est ancienne, l'Eucalyptus s'est maintenu, son état général est bon malgré les problèmes que la forêt a connu pendant les années 1990. Prés de 4 variétés différentes ont été implantées citons : *E.camadulensis*, *E.gomphocephala*, *E.cladocalyx* et *E.leucoxydon*.

- **Les peuplements en mélanges**

Il s'agit le plus souvent de 2 à 3 essences qui se partagent la même sous parcelle, le plus souvent on distingue le chêne liège et différents types de Pin (Alep, Maritime, Pignon) avec le cyprès.

Les peuplements en mélange sont surtout issus de reboisements, de repeuplements sur des parcelles où existaient déjà des peuplements touchés par les feux de forêts, ils sont généralement denses à moyennement denses ( **Khireche, 2015** ).

- **Les peuplements de Pin**

Généralement issus des anciens reboisements, les peuplements de Pin d'Alep (*Pinus halepensis* ) ne sont pas très importants, la densité des peuplements est dense à moyennement dense (**Khireche , 2015** ) .

- **Les peuplements de chêne liège**

Il n'existe qu'un seul peuplement homogène bien que le chêne liège (*Quercus suber* ) soit le peuplement initial de la forêt. Le peuplement de chêne liège est au stade de jeune futaie (**Khireche, 2015** ) .

- **Les reboisements**

Ils sont importants et ont été généralement réalisés avec des espèces de Pin (Pin Maritime, Pin Pignon). Les reboisements ont également concerné des associations d'espèces notamment le Cyprès. La densité est moyenne à claire.

Il faut relever qu'un seul reboisement a concerné le chêne liège sur 29 ha, les reboisements tendent à favoriser la dominance des résineux dans la forêt (**Khireche ,2015**)

**b) Strate arbustive**

Le sous-bois est plus au moins dense en fonction de la topographie, il est constitué principalement par :

- *Ampelodesmos mauritanicus* ( lediss)
- *Pistacia lentiscus* (lentisques).
- *Olea europaea* (l'olivier ).
- *Erica arborea*\_(La bruyère arborescente).
- *Lavandula stoechas* (La lavande )
- *Rubus ulmifolius* (les ronces).
- *Phyllaria angustifolia* (phyllaire).
- *Calicotom spinosa* (le calycotome )
- *Quercus coccifera* ( le chene kermès )
- *Cistus monspeliensis* ( le ciste de montpellier)

## 4.2. La faune

La faune de la région est très diversifiée. Avec près de 100 espèces inventoriées, l'avifaune est la plus étudiée grâce à de nombreux travaux ( **Chebini, 1983 ; Ben messaoud,1989 ;**

**Belhadj, 1996 ; Hamaidi, 1996** ) Parmi les espèces existantes, on peut citer :

- ❖ Les rapaces diurnes et nocturnes dont le Circaète jean-le-blanc ( *Circaetus gallicus* ) , le Milan noir ( *Milvus migrans*), le Faucon pèlerin ( *Falco peregrinus*), le Faucon crécerelle ( *Falco tinnunculus*), la Buse féroce ( *Buteo rufinus*) et l'Aigle royal ( *Aquila chrysaetos*).
  
- ❖ De nombreux passereaux sont à citer notamment l'Alouette des champs ( *Alauda arvensis*), l'Alouette lulu ( *Lullula arborea* ) , la Rubiette de Moussier ( *Phoenicurus moussieri* ) , le Rouge-gorge ( *Erithacus rubecula*), le Merle noir ( *Turdus merula* ) , la Grive musicienne ( *Turdus philomelos* ) , la Mésange charbonnière ( *Parus major* ) , la Mésange noire ( *Periparus ater* ) , la Mésange bleue ( *Cyanistes caeruleus*)

Les mammifères sont assez bien représentés avec le Chacal doré ( *Canis aureus*), le Renard roux ( *Vulpes vulpes* ), le Lièvre du Cap ( *Lepus capensis* ) , le Lapin de garenne ( *Oryctolagus cuniculus* ) , le Hérisson d'Algérie ( *Atelerix algirus*) et le Porc-épic ( *Hystrix indica*) (**Korso,2018**)

## Généralités

Le climat, à travers ses facteurs abiotiques pluvio-thermiques, est considéré comme étant un élément déterminant et dont l'influence est prépondérante sur la production et la distribution de la végétation.

Le climat de la zone d'étude est de type méditerranéen, la forêt de Bainem, située à moins de 2 km de la mer méditerranée, est sous l'influence de son rôle de régulateur et adoucissant thermique. (Korso,2018)

L'Office National de la Météorologie (ONM) dispose d'une station météorologique opérationnelle au niveau de Bouzaréah dont la disponibilité des données concerne la pluviométrie et les températures de la dernière décennie (2006-2015)

Les principaux facteurs climatiques retenus dans notre étude sont les précipitations et les températures. Le rôle écologique de ces deux facteurs est bien connu et développé par de nombreux auteurs (Ozenda ,1982).

### 1. Les 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.

**Tableau n°1 : La répartition des précipitations moyennes mensuelles (Station météorologique de Bouzaréah, (2006- 2015).**

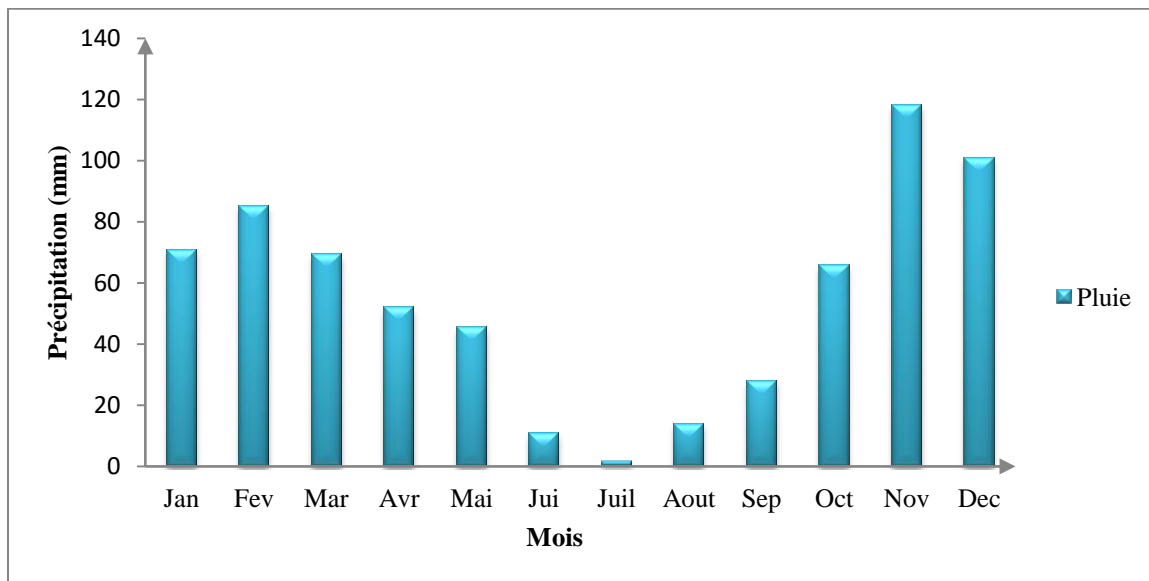
Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Précipitation (mm)	70,8	85,1	69,3	52	45,5	10,8	1,6	13,9	28,1	65,5	118	100,8

Source (O.N.M ,2015)



A partir de tableau ci-dessus nous remarquons que les valeurs des précipitations montrent que le mois de Novembre est le plus pluvieux avec 118 mm ,alors que le mois le plus secs est Juillet avec 1,6 mm .

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la région de Bainem enregistrées durant la période 2006-2015 (ONM) sont réunies sur la( **figure 4**)



**Figure 07 : Variation de la pluviométrie de la forêt de Bainem (2006-2015) selon l’ONM**

Les précipitations moyennes annuelles atteignent 661.6 mm. la figure2 indiquent deux périodes pluviométriques bien distinctes :

- Une période humide et relativement froide, l’intervalle des précipitations se concentre entre le mois d’Octobre (65,5 mm ) et le mois d’Avril( 52 mm ).
- Une période sèche et chaude s’étendant du mois de Juin (10,8mm) jusqu’au mois de Septembre (28,1mm)

## 2 .Température

La température joue un rôle important dans la répartition des espèces végétales et dans leur mode de vie. Elle intervient dans toutes les fonctions physiologiques principales des plantes, germination, croissance, floraison et fructification (**Emberger, 1930**).

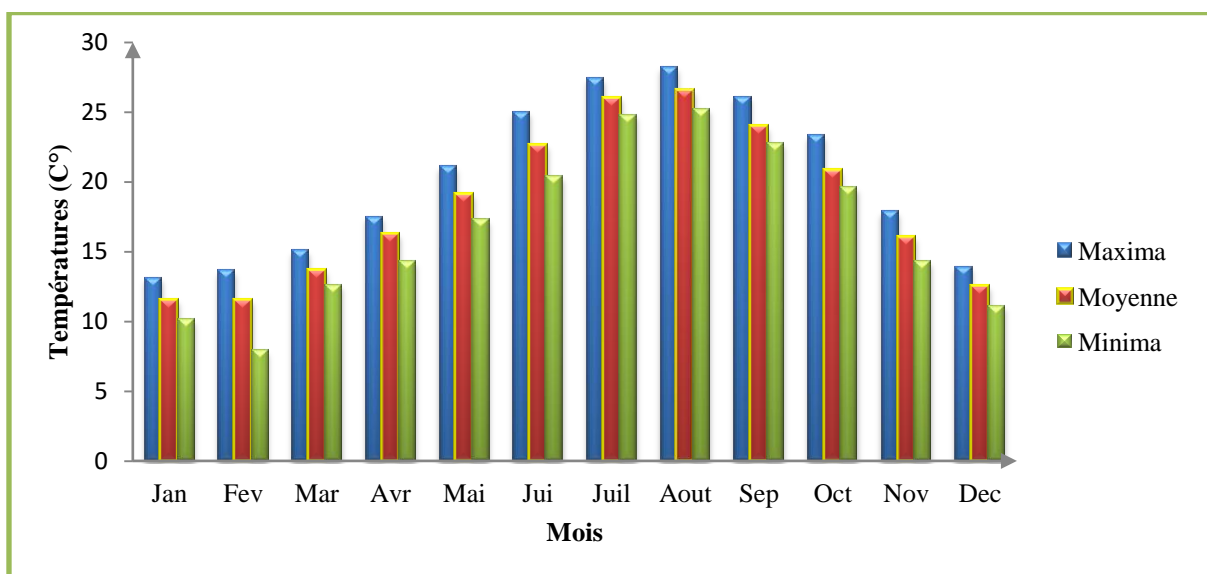
Les données de températures moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Bouzaréah (2006-2015 ), sont portées sur le (**Tableau n°2**).

**Tableau n°2 :**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>Température max (c °)</b>	13,1	13,6	15 ,1	17,5	21,1	25,0	27,4	28,2	26,1	23,3	17,9	13,9
<b>Température min (c °)</b>	11 ,5	11,5	13,6	16,2	19,1	22,6	26,0	26,5	23,9	20,8	16,0	12,5
<b>Température moyenne (c °)</b>	10,1	7,9	12,6	14,3	17,3	20,4	24,8	25,2	22,8	19,6	14,3	11,1

Source (O.N.M,2015)

D’après les données du tableau ci-dessus nous remarquons que le mois le plus froid est Février avec 7.9°C et le mois le plus chaud est Aout avec 25,2 °C.



**Figure 08 : Variation des températures de la forêt de Bainem (2006-2015) selon l’ONM**

La lecture de la figure 5 montrent que Les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de Juin à Octobre, avec des températures variant de 19.6 C° à 25, 2°C. Par contre les températures les plus basses (7.9 à12.6°C) sont observées pendant la période hivernale (Décembre à Mars) avec un minimum enregistré pendant le mois de Février 7.9°C. et la valeur maximal est relevé en mois de Aout 28.2C° .

**3 .L' humidités :**

D'après **Janlou (2001)**, l'humidité correspond à la quantité de vapeur d'eau dans l'air par rapport à la capacité maximale que ce dernier peut en contenir. L'humidité s'exprime en pourcentage (%) et dépend de la température et de la pression.

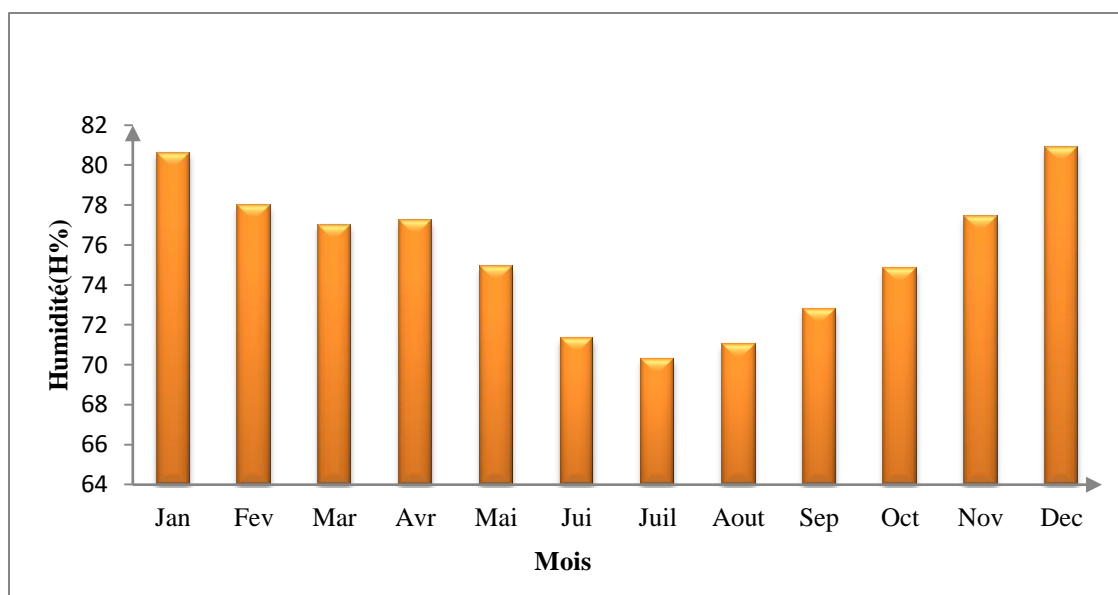
Les données d'humidités moyennes mensuelles de la région de Bainem enregistrées durant la période 2006-2015 (ONM) sont portées sur le tableau ci dessous:

**Tableau n°3 : Humidités mensuelles moyennes la région de Bainem (2006-2015)**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>H(%)</b>	80,6	78	77	77,2	74,9	71,3	70,3	71	72 ,8	74,8	77,4	80,9

**Source (O.N.M,2015)**

D'après le Tableau ci-dessus, nous constatons que la valeur moyenne la plus élevée de cette humidité est notée au mois de Décembre (80,9 %), alors que la valeur moyenne la plus basse est au mois de Juillet (70,3%) .



**Figure 09 : Variation de L’humidité de la forêt de Bainem (2006-2015) selon l’ONM .**

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

#### 4. Synthèse climatique

Pour rendre les données climatiques plus significatives, plusieurs auteurs ont proposé des indices climatiques qui sont des combinaisons des moyennes des différentes composantes du climat notamment la température et les précipitations (Emberger ,1955).

##### • Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Pour connaître la durée de la période sèche, Bagnouls et Gausse,(1953) ont établi un diagramme dit ombrothermique (figure 8 ) où figure en abscisses les mois, en ordonnées à gauche, les précipitations mensuelles P (mm) et à droite les températures moyennes mensuelles T (°C) avec une échelle double à celle des précipitations.

Selon ces deux auteurs une période est considérée sèche lorsque le total des précipitations P (mm) est inférieur ou égale au double du total des températures :

$$T (\text{°C}) P \leq 2 T$$

Avec :

P : précipitations mensuelles (mm) ;

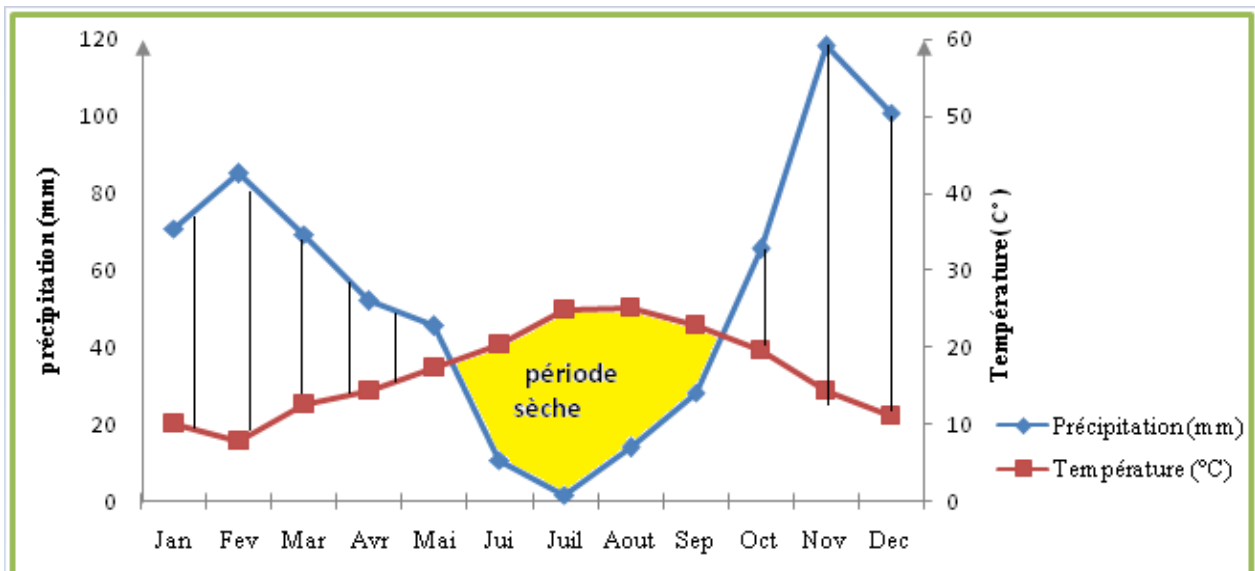
T : températures moyennes mensuelles (°C).

La période sèche est nettement distinguée sur le graphique lorsque la courbe des précipitations se situe au dessous de celle des températures et l'autre partie du graphique correspond à la période humide.

**Le tableau n°4 : les précipitations et les températures moyennes mensuelles de la région de Bainem .**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Précipitation (mm)	70,8	85,1	69,3	52	45,5	10,8	1,6	13,9	28,1	65,5	118	100,8
Température (°C)	10,1	7,9	12,6	14,3	17,3	20,4	24,8	25,2	22,8	19,6	14,3	11,1

Source (O.N.M,2015)



**Figure 10 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Bainem**

La lecture du diagramme ombrothermique de la région de Bainem révèle l'existence de deux périodes la période humides s'étale sur les mois Janvier jusqu'à la fin de Mai et de Octobre jusqu' à Décembre .la période sèche s'étale sur 4 mois, elle débute de la fin de Mai jusqu'à la fin du mois de Septembre.

• **Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger**

La détermination des différents étages bioclimatiques est réalisée grâce à un coefficient établi par Emberger (1955). Pour le calculer la formule de **Stewart (1969)** tient en compte deux paramètres climatiques à savoir :

- Les précipitations en mm ;
- Les températures en C°.

Sa formule est suivante:

$$Q_2 = k * p / (M - m)$$

Avec :

- K : constante qui est égale à 3,43 ;
- P : précipitation moyenne annuelle en mm ;
- M : moyenne des températures maxima du mois le plus chaud en °C ;
- m : moyenne des températures minima du mois le plus froid en °C.

$$\left. \begin{array}{l} P = 661,6 \text{ mm} \\ M = 28,2 \text{ C}^\circ \\ m = 7,9 \text{ C}^\circ \end{array} \right\} Q_2 = 111,7$$

Après calculs, le quotient pluviométrique classe la forêt de Bainem sur l'**étage bioclimatique subhumide** à hiver chaude avec un coefficient **Q2 =111,7 . (Figure.9).**

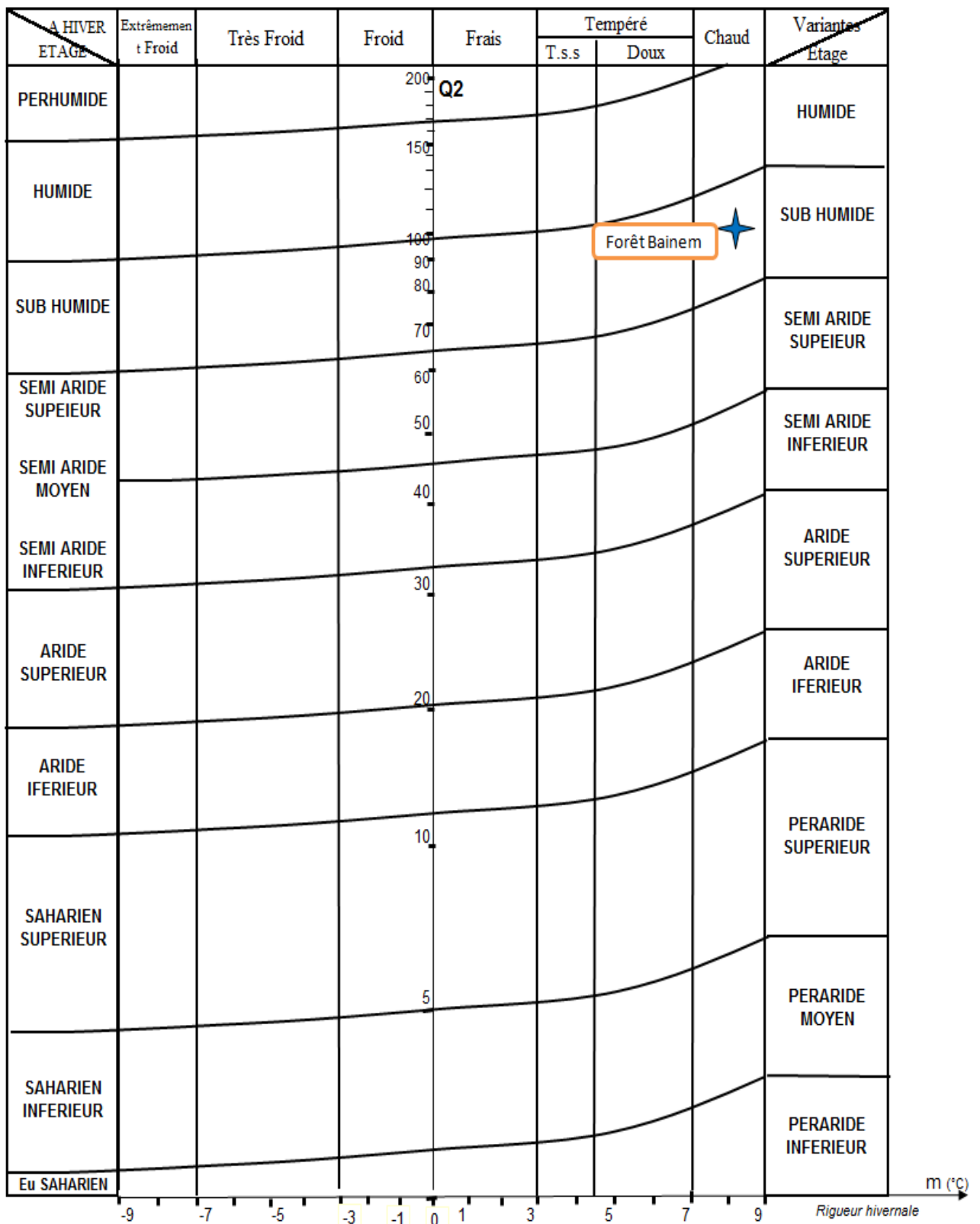


Figure 11 : Situation de la forêt domaniale de Bainem sur le climagramme d'Emberger.

**Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons essayé de étudier les données climatiques de la région de Bainem (2006-2015) .

L'examen des diagrammes ombrothermiques montre que la période sèche s'étale de la fin du mois de Mai jusqu'à la fin du mois de Septembre. ce qui fait une période qui dure environ 4 mois.

Le quotient pluviométrique du climagramme d'EMBERGER positionne la forêt de Bainem sur l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud . cette étage bioclimatique est caractérisé par une moyenne pluviométrique annuelle comprise entre ( 600-900mm) et une température minimale 7,5 °C et une température maximale 33,6°C et la température moyenne annuelle est 18,6°C

Le climat modifie de façon marquée la nature et la rapidité de décomposition des débris végétaux à la surface du sol, et exerce de ce fait une forte influence sur le caractère et l'abondance de la matière organique. L'humidité et la température sont parmi les variables les plus déterminantes **Brinson, (1977); Singh, (1969)** .



**Partie 3**

**Matériel et Méthode**

## 1. Présentation du matériel végétal

### a) Généralité sur le Pin d'Alep

#### a .1 Systématique

Le Pin d'Alep "*Pinus halepensis* Mill ", il appartient à :

\* **Embranchement** : Gymnospermes.

\* **Classe** : Conifères.

\* **Famille** : Pinacées.

\* **Genre** : Pinus .

\* **Espèce** : *Pinus halepensis*.

\* **Nom scientifique** : *Pinus halepensis*.

\* **Nom commun**: pin d'Alep

#### a.2 Aire de répartition

**Dans le monde :**

*Pinus halepensis* se trouve à l'état spontané autour du bassin méditerranéen, sauf en Egypte.

Il est très répandu en Afrique du Nord surtout en Algérie et Tunisie où il constitue les massifs

les plus importants (Nahal, 1986). Ses forêts occupent plus de 2.5 millions d'hectares

(Quézel, 2000) réparties dans certains pays situés sur le pourtour de la méditerranée

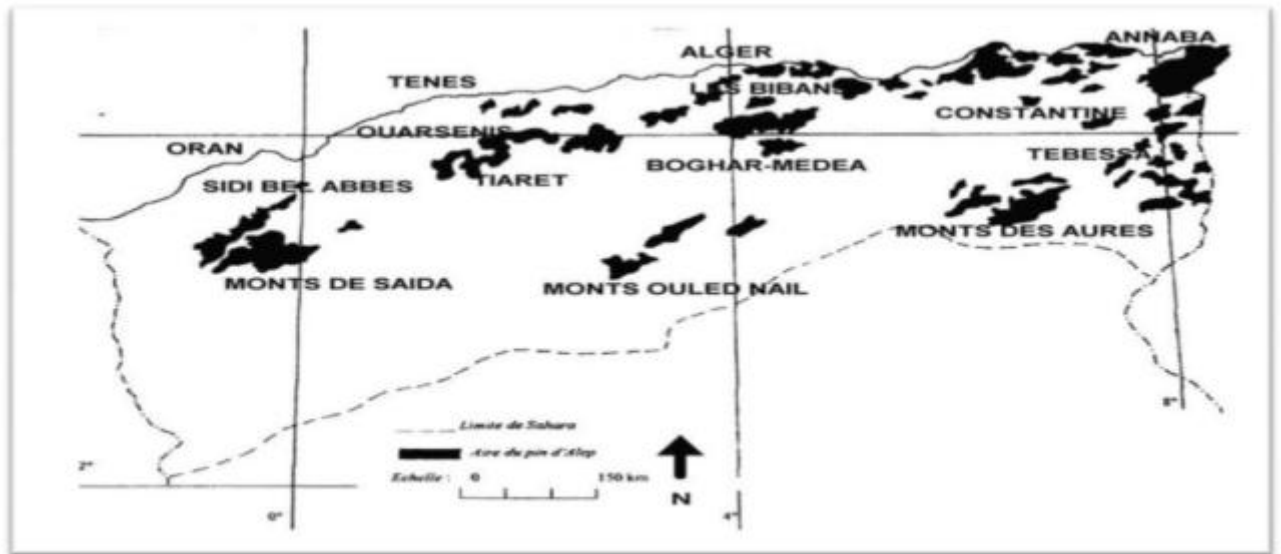
(Figure 12) :



**Figure 12 : Aire de répartition de pin d'Alep dans la région méditerranéenne (Quezel, 1986) ; in Bouceddi, (2016).**

**En Algérie :**

D'après **Zenzen (2016)**, le pin d'Alep est fréquent surtout sur les massifs du tell littoral et l'Atlas saharien, Il s'étend à lui seul sur près de 850.000 ha, il occupe 37% de la surface effectivement boisée de l'Algérie (Figure 13 ) Il forme des peuplements dans la région de Tébessa, les plateaux constantinois et les Aurès, la région d'Alger (forets de Médéa), à Bel Abbas, à Saida et dans l'Ouarsenis, l'atlas saharien et dans la région de Djelfa, les monts des **Ouled-Nail (Mezali in Bentouati, 2006)** .



**Figure 13 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Bentouati, 2006 ; in Mezerai, 2014).**

### **a .3 Caractéristiques botaniques du pin d'Alep**

C'est un arbre forestier résineux de deuxième grandeur qui peut parfois atteindre les 30 mètres de hauteur est souvent penché et peu droit avec une cime écrasée, irrégulière et claire mais ses branches sont assez étalées **Beker et al.,(1982) ; in Boutchiche et Boutrigue, (2016).**

Les aiguilles fines et souples et réunies par deux, mesurent 5 à 10 cm de long, de couleur vert jaunâtre. Le pin d'Alep est une plante à fleurs mâles et femelles séparées (monoïque) situées sur le même individu ; elles sont groupées en épis.

Les fruits sont des cônes verticillés apparaissant à l'automne sur les arbres adultes.

Les écailles s'écartent à maturité, libérant des graines environ 7 mm, mates, munies d'une aile 4 fois plus longue qu'elles, persistante qui permet leur dissémination rapide.



**Figure 14 : Les aiguilles et le cône de pin d'Alep (originale)**

#### **a.4 Ecologie du pin d'Alep**

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) est une essence méditerranéenne à caractère continental de tempérament robuste et très plastique puisqu'elle s'adapte à des conditions écologiques difficiles. C'est une essence aussi xérophile, thermophile et héliophile (**Letreuch, 1991**)

Le pin d'Alep peut se rencontrer de la basse altitude jusqu'à 2200 m. C'est une essence qui se rencontre dans la tranche altitudinale qui va depuis le littoral jusqu'au niveau de l'Atlas Saharien (**Soltani, 2016**).

En Algérie, selon **Kadik, (1983)** ; in **Bouceddi, (2016)**, il prospère dans les tranches altitudinales suivantes :

- 1300-1400m : dans l'Atlas Tellien,
- 1600m : dans les Aurès,
- 2100-2200m : dans l'Atlas Saharien.

On peut le pin d'Alep trouver dans tous les étages bioclimatiques, les grandes forêts de pin d'Alep se trouvent principalement dans la zone semi-aride caractérisée par une tranche pluviométrique de 300 à 600 mm. Le pin d'Alep demande une tranche pluviométrique annuelle de 400 mm et une température moyenne de 14°C. Il peut supporter des amplitudes thermiques très élevées et une forte sécheresse atmosphérique. Il résiste au froid, et supporte rarement des températures inférieures à 10°C. Le pin d'Alep est une essence indifférente à la nature de la roche mère et au pH, **(Boudy, 1955)**.

Le pin d'Alep supporte un taux élevé de calcaire actif surtout dans les substrats chauds et bien drainés, en particulier les sols squelettiques. Elle préfère les sols calcaires ou argilo-calcaires. Il ne tolère ni les sols sablonneux dont la perméabilité ne permet pas de retenir de l'eau, ni les bas fonds limoneux et il comporte très mal sur les schistes et les micaschistes **Seigue, (1985) ; in Soltani, (2016)**.

En Algérie, le pin d'Alep s'observe surtout sur les roches mères carbonatées à pH basique, il colonise les sols de texture sablo-limoneuse à limono-sableuse **(Kadik, 1984)**.

## 2. Présentation des stations de prélèvements

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



**Figure 15 : Parcelle de Pin d'Alep (original, 2020 )**

## **2. Méthode d'échantillonnage**

### **3.1 La litière**

#### **a) Sur le terrain :**

##### **1.1 Choix du site**

L'échantillonnage du litières à été effectué durant le mois de décembre 2019 , on a choisi 2 parcelle 0.5ha de superficie la première d'eucalyptus et la seconde du pin d'Alep, on a choisi deux transect au hasard dans chaque transect nous avons échantillonné la litière dans une surface d'une 1m

Le transect est composé de 4 carré espacés de 10 m donc 8 échantillons par parcelle , nous avons procédé le prélèvement sur 2 couche litières et fermenté

Les dates de sortie sont les suivantes : le 05/12 /2019, 19/ 12 /2019, 21/12/2019

##### **1.2 Matériels utilisés**

- GPS
- Une tarière
- Des sachets en plastique pour conserver les échantillons
- Des étiquettes

##### **1.3 Prélèvement des échantillons**

Au cour du prélèvement, les échantillons étaient mis dans des sachets en plastique avec étiquette, chaque échantillon droit être clairement identifie par une référence.



## b) Au laboratoire

### 2.1 Préparation et analyse de litière

#### 2.1 Préparation de litière

Les échantillons ont été prélevés et acheminés rapidement au laboratoire pour effectuer 3 étapes d'analyse : Physiques, chimique et biologique.

##### ❖ Le séchage :

A l'étuve à 65 C° pendant 48h



Figure 16 : Le séchage de la litière à l'étuve ( original,2020 )

##### ❖ Le broyage :

Une fois les échantillons sont secs. Ils sont broyés

##### ❖ Le tamisage :

Les échantillons sont passés au le tamis de 0.5mm , avant l'analyses , ils sont par la suite conservés dans un endroit sec



**Figure 17: Le tamisage de la litière (original, 2020 )**

### 2.2 Les Analyses physiques et chimiques

#### ➤ Analyses physiques

##### ❖ L'humidité ( séchage à l'étuve 150 c° )

La méthode gravimétrique, ou méthode par séchage à l'étuve à 150 c° , consiste à prélever un échantillon du litière et fermenté à étudier, à peser sa masse à l'état humide puis à l'état sec après passage à l'étuve à 150 c et d'en déduire la masse ou le volume d'eau contenu dans l'échantillon

##### ❖ La matière organique ( méthode perte en feu )

On peut déterminer le taux de MO par introduire 5g de substrat végétal tamisé à malle de 0.5 mm dans des capsules , on mettre les capsules dans le four a moufle à 600 C° pendant 4h .



**Figure 18 : Photo de four a moufle (original,2020)**

❖ **Le carbone organique :**

On déduit le carbone à partir de matière organique par la formule :

$$\text{MO \%} = 1.72 \text{ C\%}$$

Donc le carbone = matière organique/ 1.72

➤ **Analyse chimiques :**

D'après **M.A.DOGAR (1994)** , il y a deux buts à atteindre dans l'analyse chimique ,un pédologique et l'autre organique .

❖ **Mesure du PH**

Le PH est la quantité d'ions h+dissociés présents dans une solution à un instant donné.

Par l'utilisation de la méthode électrométrique qui est basé sur la loi de NERNST ; consiste à mesurer la concentration des H<sup>+</sup> présents dans la solution à l'aide d'un PH-mètre à électrodes



**Figure 19: La filtration des solutions (original ,2020)**



**Figure 20 : Analyse du PH par le pH mètre ( Rahmani ;Sellah,2019)**

❖ **La Conductivité électrique ( Mesure au conductimètre )**

On mesure donc la conductivité électrique C.E à l'aide d'un appareil appelé conductimètre sur extrait obtenu à partir d'un échantillon de litière (10g) sec puis dilué dans 50 ml de l'eau distillée et dont la valeur dépend de la concentration en sels des solutions du litière (Zerami.G.1993)

❖ Dosage de l'azote total ( Méthode KJELDAHL)

L'Azote est dosé par la méthode KJELDAHL , méthode classique dosant l'azote après minéralisation de l'azote organique( à chaud par l'acide sulfurique) et distillation en milieu basique .



**Figure 21: Les matras dans la rompe d'attaque (original,2020)**



**Figure 22 : La distillation de l'Azote (original,2020 )**

## 1.2 Le sol

### a) Échantillonnage

Les échantillons ont été prélevés à partir de trois horizons des sols (0-10, 10-20, 20-30, cm). Comme le sol est très dure, on s'est limité à cinq profils de prélèvements pour chaque parcelle (quatre au sommet et un en milieu de parcelle). Après séchage à l'aire, en salle, est préférable (2 à 4 jours) séchage lent qui seul peut conserver au sol ses propriétés et broyage et tamisage à 2 mm des échantillons de sol.

Les dates de sortie sont les suivantes : 28 / 11/ 2019 , 19/12/2019 , 23 /12/2019



**Figure 23 : Echantillon de sol (original,2020 )**

### a) Analyses au laboratoire

Les Analyses de laboratoire permettent de mesurer, de déterminer ou de préciser les caractères des sols observés sur le terrain.

Par l'analyse chimique , deux buts peuvent être atteints, l'un pédologique et l'autre agronomique sont néanmoins reliés entre eux. Au point de vue pédologique, les analyse de sols au laboratoire constituent une aide indispensable pour préciser les observations faites sur

le terrain dans le but d'apprécier le degré d'évolution du sol. Du point de vu agronomique ; les analyses de sol permettent de déterminer le potentiel alimentaire d'un sol ; c'est-à-dire la réserve du sol en éléments minéraux assimilables.

---

### ❖ L'humidité (séchage à l'étuve 105°C).

La méthode gravimétrique, ou méthode par séchage à l'étuve à 105°C, consiste à prélever un échantillon du sol à étudier, à peser sa masse à l'état humide puis à l'état sec après passage à l'étuve à 105°C et d'en déduire la masse ou le volume d'eau contenu dans l'échantillon.

Cette détermination est souvent utilisée soit dans le but de connaître la valeur en eau d'un sol dans un état particulier, soit pour permettre d'exprimer les résultats d'analyse en poids de terre séché,



**Figure 24 : Séchage de sol ( original,2020 )**

❖ **La matière organique (méthode d'ANNE) :**

En utilisant la méthode ANNE on peut déterminer le taux de MO, cette dernière consiste à oxyder à chaud le carbone de la matière organique contenu dans un échantillon de sol en utilisant un oxydant puissant : le bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ) en milieu sulfurique, on admet que l'oxygène consommé est proportionnel au carbone que l'on veut doser.

Le bichromate en excès est dosé par un réducteur : Sel de Mohr.

$$MO\% = 1.72 * C\%$$

➤ **Les méthodes d'analyse chimique :**

• **Le Ph :**

Par la méthode électrométrique. cette méthode consiste à mesurer :

-L acidité actuelle ou pH eau

-L acidité d échange ou Ph KCl

A l'aide d'un pH mètre dans des conditions déterminées )dans l'eau ou dans une solution KCl suivant le rapport sol/eau KCl=(1/2.5)

• **Conductivité électrique**

La Conductivité électrique (CE) est mesurée à l'aide d'un appareil appelé conductimètre sur une aliquote de l'extrait à une température (t) obtenu à partir d'un échantillon de sol séché puis saturé d'eau et dont la valeur dépend de la concentration en sels des solutions du sol.





**Figure 25 : Analyse de la conductivité électrique par le conductivimètre (original, 2020)**

- **Dosage de l'azote total (méthode KJELDAHL)**

L'azote est dosé par la méthode KJELDAHL, méthode classique dosant l'azote après minéralisation de l'azote organique (à chaud par l'acide sulfurique) et distillation en milieu basique.

L'azote total correspond sensiblement à l'azote organique du sol (**Prevost,1990**).selon **Soltner (1988)**, une teneur de 0.2% d'azote dans le sol est suffisante

- **Le carbone organique :**

La méthode de **Walkley ; Black (1934)** consiste à extraire le carbone du sol à froid, contrairement à la méthode Anne, par le bichromate de potassium en milieu sulfurique.

Le dosage du carbone extrait est réalisé par colorimétrie (couleur verte des ions Cr  $+++$ ) à 590-600 nm. Alors que dans la méthode Anne, l'excès de bichromate est dosé par solution de sel de MOHR et détermination par différence du volume ayant réagi avec le carbone du sol. Le taux de matière organique du sol a été déterminé en multipliant le taux de carbone organique par le facteur 2.

**Partie 4**

**Résultats et Interprétation**

❖ Comparaison des paramètres physico-chimique entre sol et litière

Parcelle de pin d'Alep

1- Le pH

a) La litière

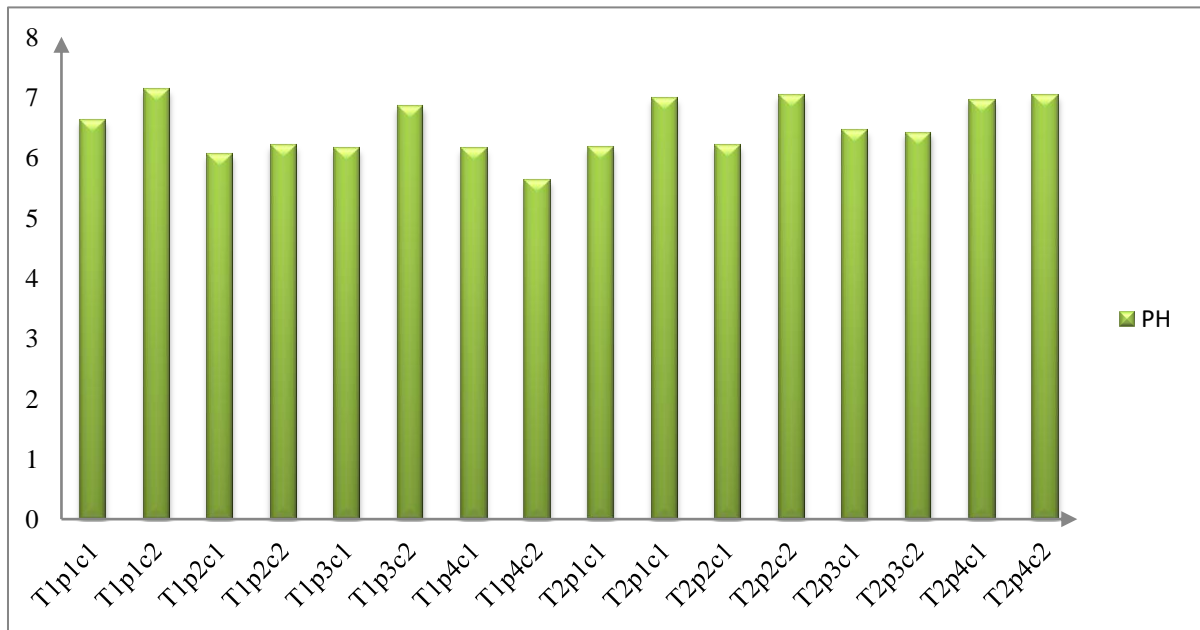


Figure 26 : La variation du pH de la litière des parcelles

b) Le Sol

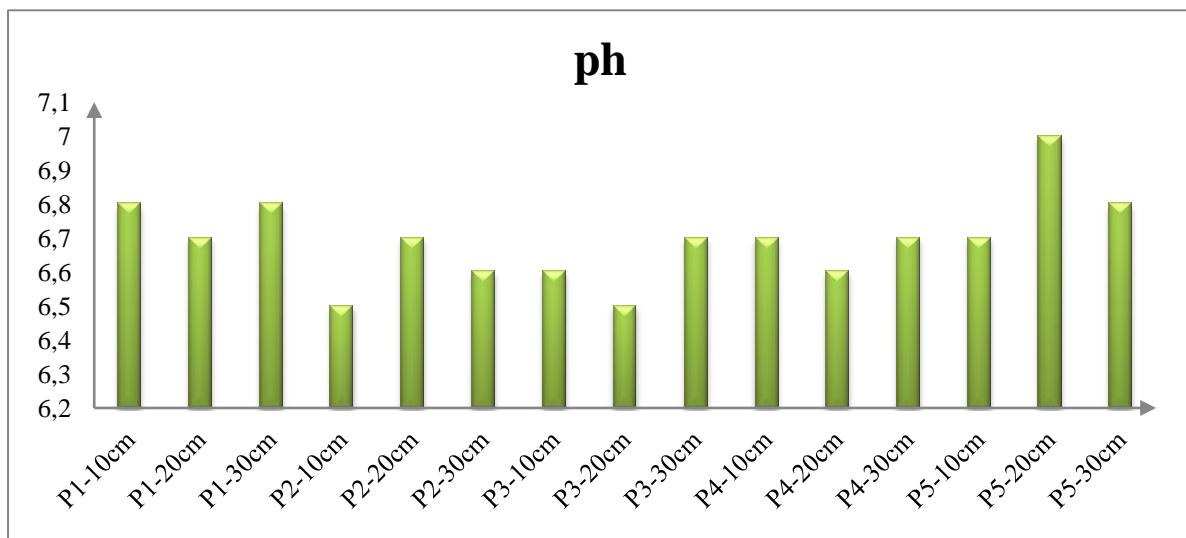


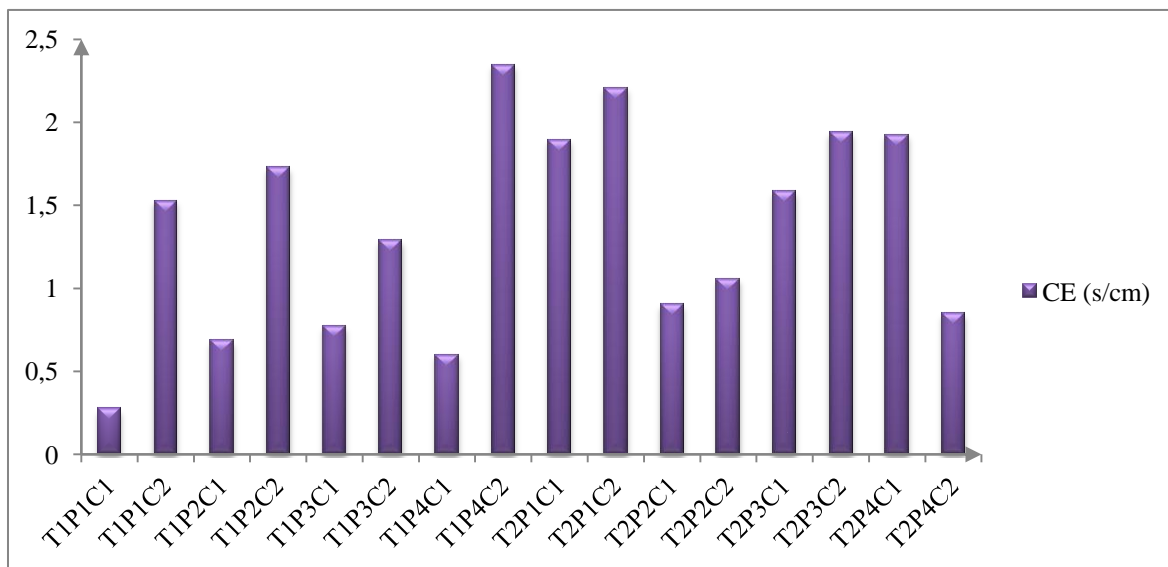
Figure 27 : La variation du pH du sol des parcelles

A partir des **figures (26 et 27)** ; nous constatons clairement que le pH des litières est supérieur à celui des sols ; cependant il varie respectivement de 6,5 à 7, pour le sol et de 6,05 à 7,12 pour la litière.

Le pH est un paramètre très important de la dynamique du sol car le degré d'acidité ou de basicité, joue un rôle très important sur l'assimilation des éléments dans le sol. Il a une influence sur trois des processus importants dans le sol : la biodisponibilité des nutriments, l'activité biologique. La variation du pH dépend des variations saisonnières et du pouvoir tampon du sol (le nombre d'ions en réserve dans le complexe argilo-humique), de l'état hydrique du sol, de sa température et de la présence ou non d'une culture en période de croissance active (**Baize, 2000**).

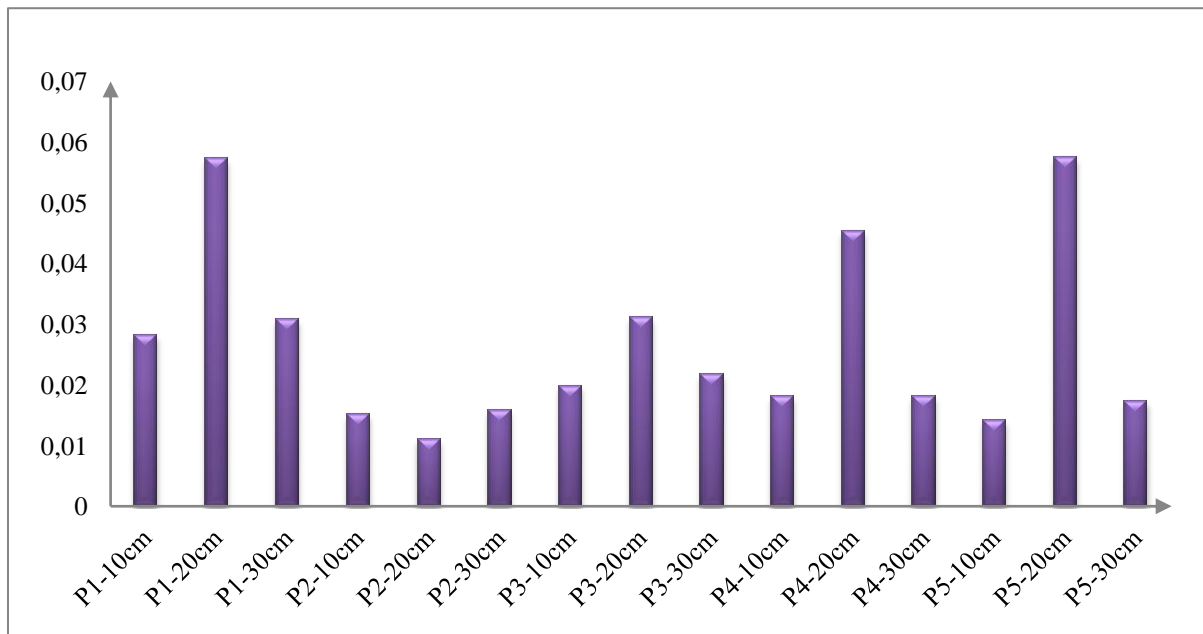
## 2- La Conductivité électrique (CE)

### a) La litière :



**Figure 28 : La variation de la conductivité électrique de la litière en (s/cm)**

b) Le Sol



**Figure 29 : La variation de la conductivité électrique de sol en (s/cm)**

A partir des résultats obtenus nous constatons que le sol présente des valeurs faibles de conductivité électrique , cependant valeur de la CE la plus élevés est enregistrée au niveau de la litière(2,34 (s/cm) .

La conductivité électrique permet de déterminer le degré de la salinité du sol. Elle définit la quantité totale en sels solubles correspondant à la salinité globale du sol, elle dépend de la teneur et de la nature des sels solubles présents dans ce sol (Guessoum, 2001).

### 3- La Matière organique (MO)

#### a) La litière :

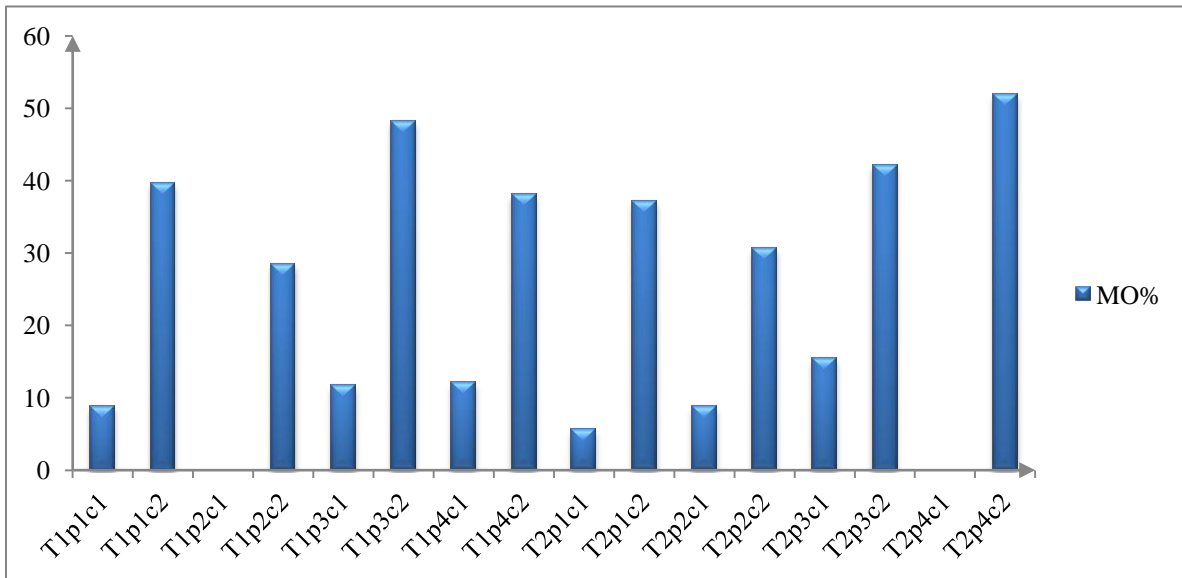


Figure 30 : La variation de la matière organique en (%) dans la litière

#### b) Le Sol :

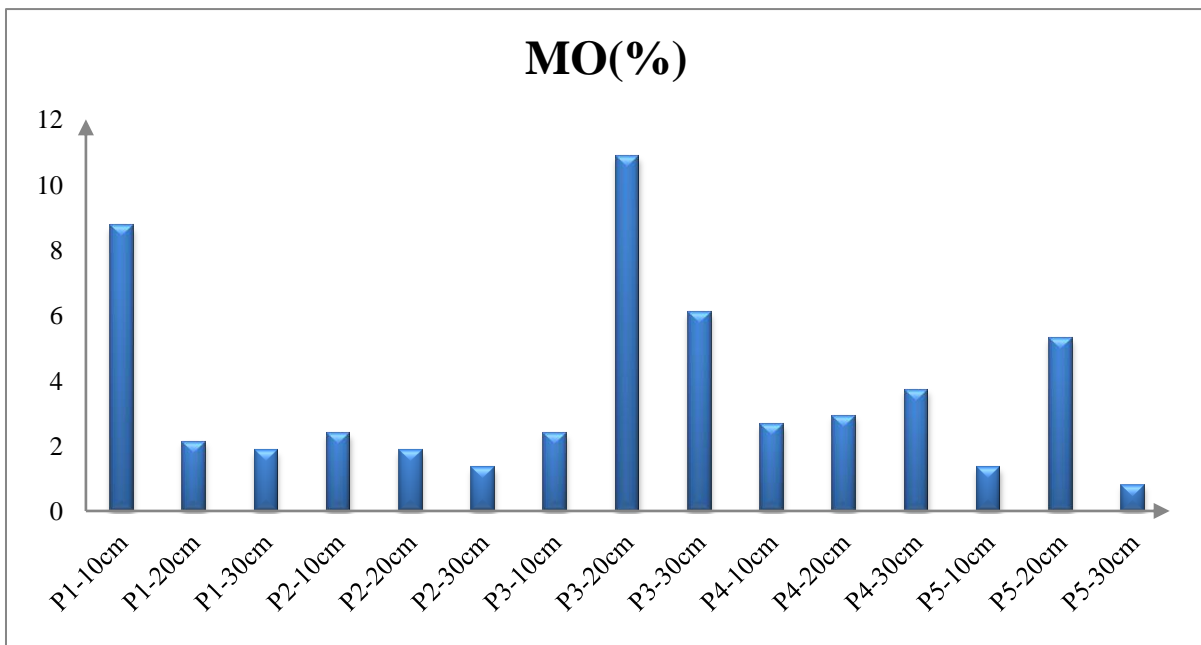


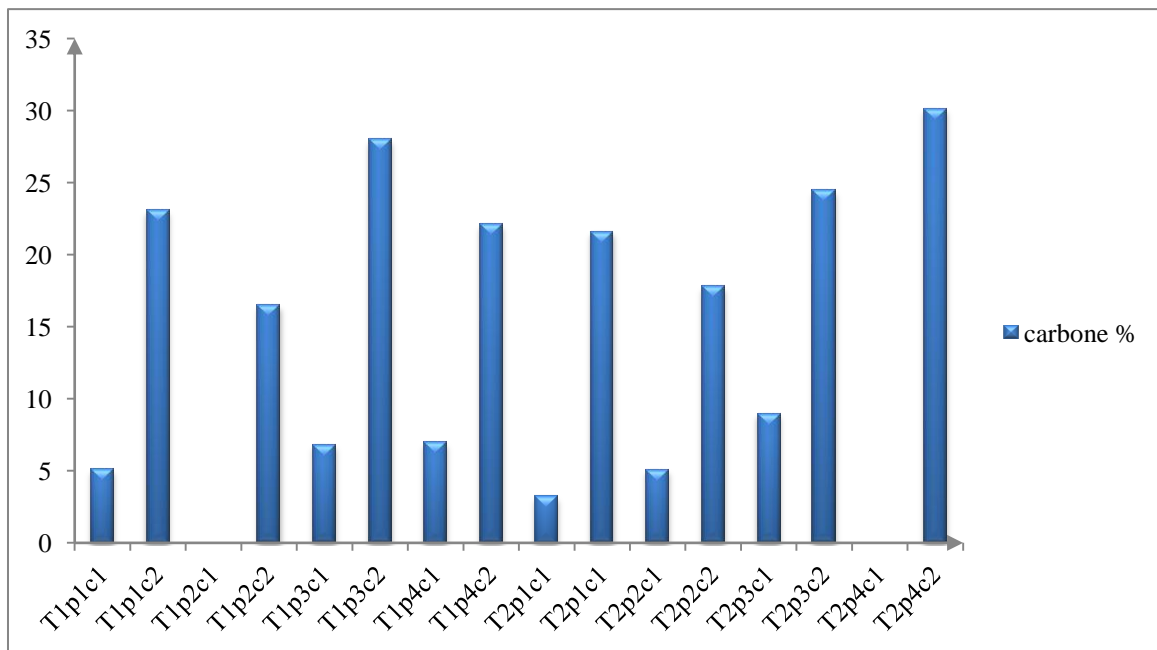
Figure31 : La variation de la matière organique de sol en (%)

A partir des figures ci-dessus nous remarquons que le taux élevé de la MO est enregistré dans la litière avec une valeur de 51,83 % par contre le sol montre une valeur de 10,84 %.

Le contenu en matière organique des sols est influencé globalement par les facteurs climatiques, la végétation, la texture du sol, les conditions topographiques, influençant le microclimat, le drainage et les pratiques culturales (**Drouet, 2010**). Elle représente ainsi un indicateur important de la dégradation de la qualité des sols.

### 4- Le carbone organique

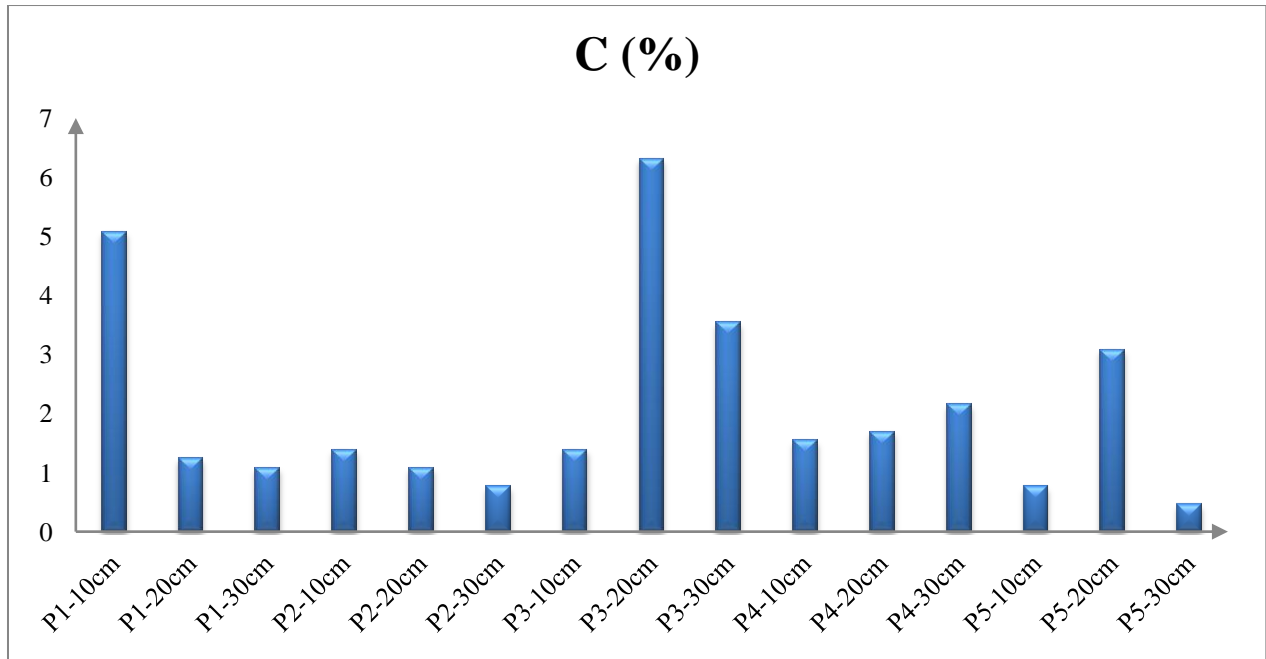
#### a) La litière



**Figure 32 : La variation du Carbone organique de la litière**



b) Le Sol



**Figure 33 : La variation du Carbone organique de sol**

Les résultats obtenus ci-dessus (Figure 32 et 33), nous permettent de déduire que le taux de carbone est élevé dans la litière avec une valeur de 30,13% contre 16,30% dans le sol.

La teneur en carbone organique dans les sols est liée à la production de biomasse. Les facteurs qui influencent le taux de carbone organique dans le sol les plus importants sont : le climat, le type de roches mère, la couverture végétale, le type de végétation, et la topographie. (Van Wesemael, 2006).

5- L'Azote

a) La litière :

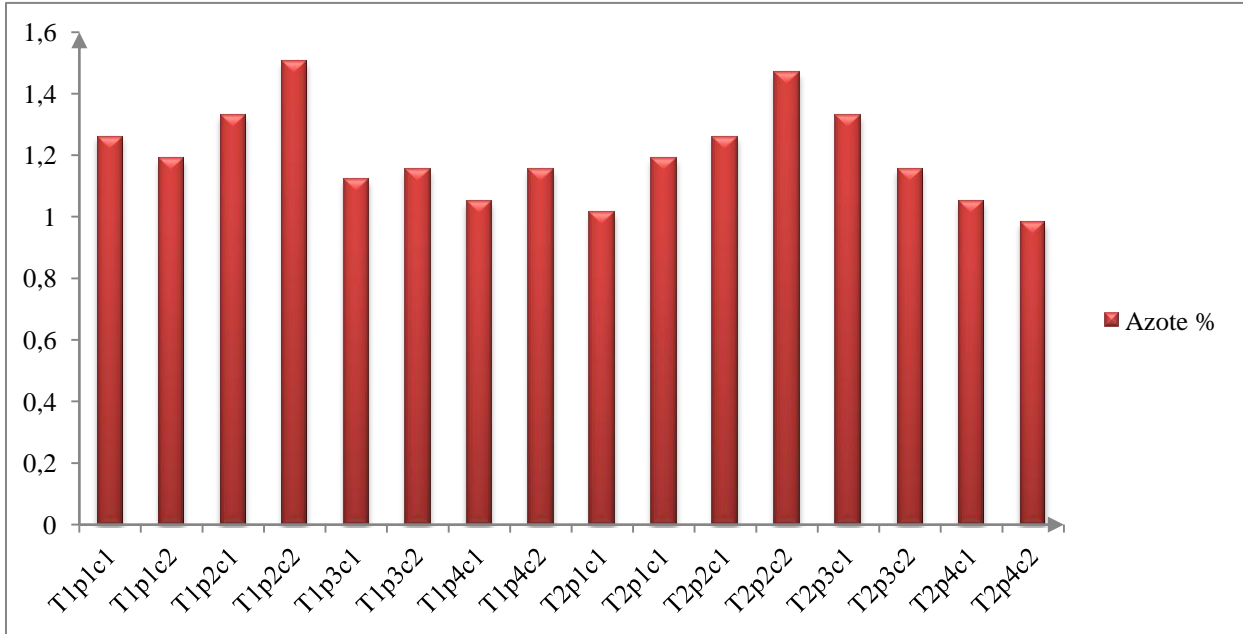


Figure 34 : La variation d'azote de la litière

b) Le Sol

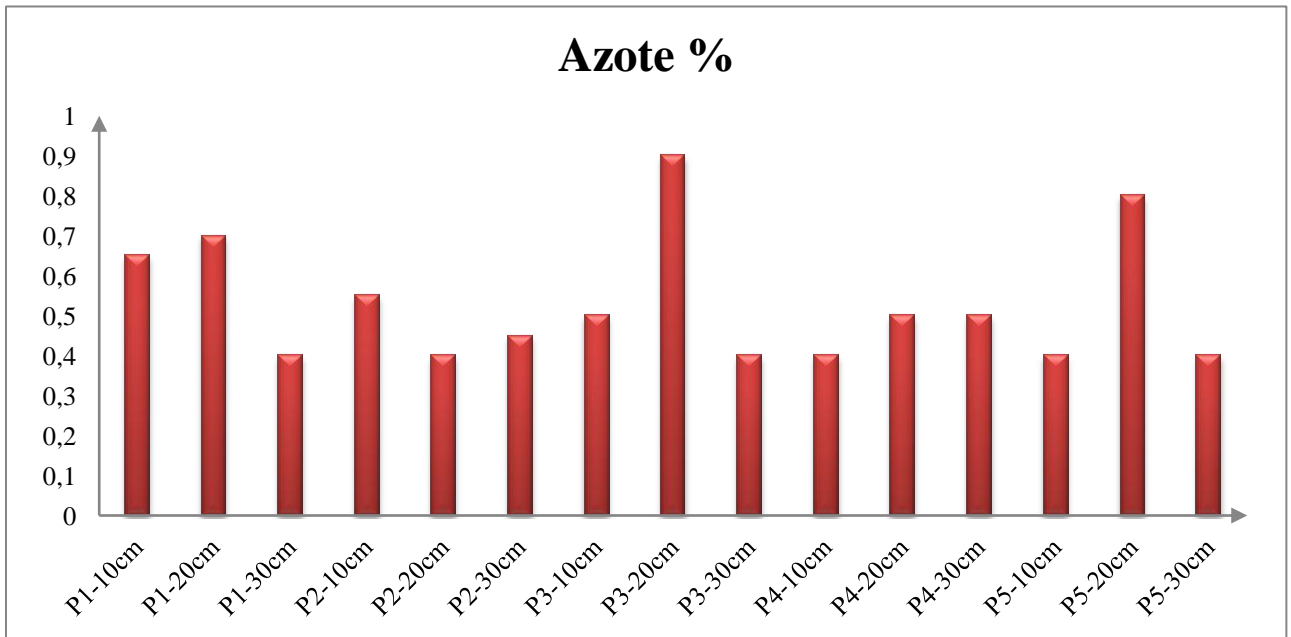


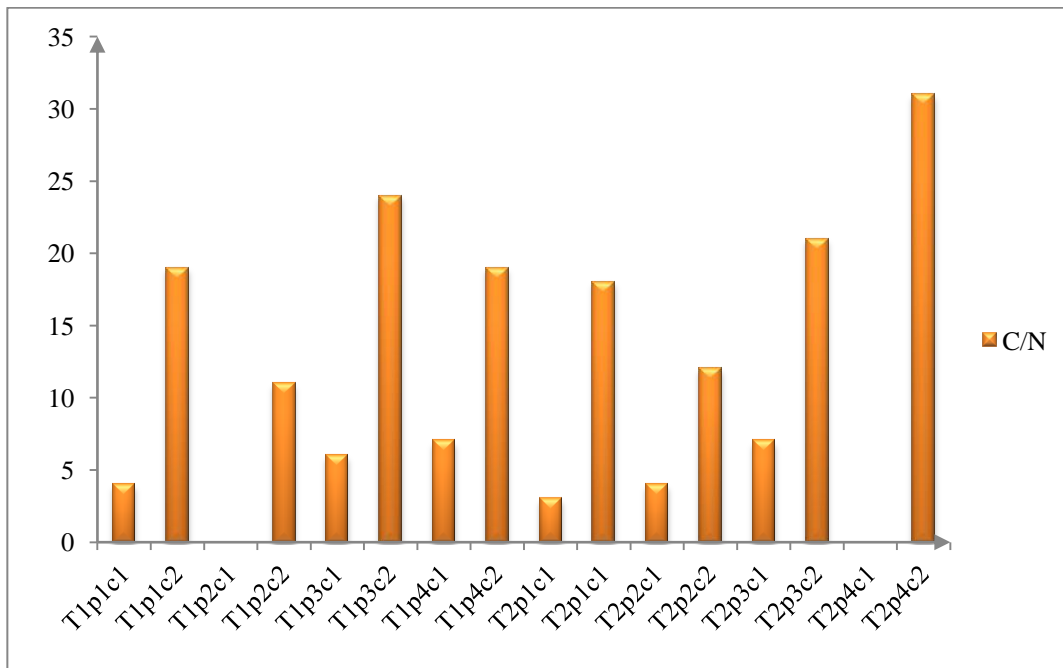
Figure35 : La variation d'azote dans le sol

A partir des résultats obtenus, nous avons enregistré un taux d'Azote élevé dans la litière avec une valeur moyenne qui varie entre 1,01 et 1,5% par contre le taux de concentration de l'azote dans le sol varie entre 0,3 et 0,9 %.

Des études récentes ont montré que l'occupation ancienne d'une parcelle pouvait avoir une influence "positive" significative sur le tau actuel du sol en azote (**Koerner et al, 1997**). L'impact des essences est surtout significatif dans les dix premiers centimètres du sol.

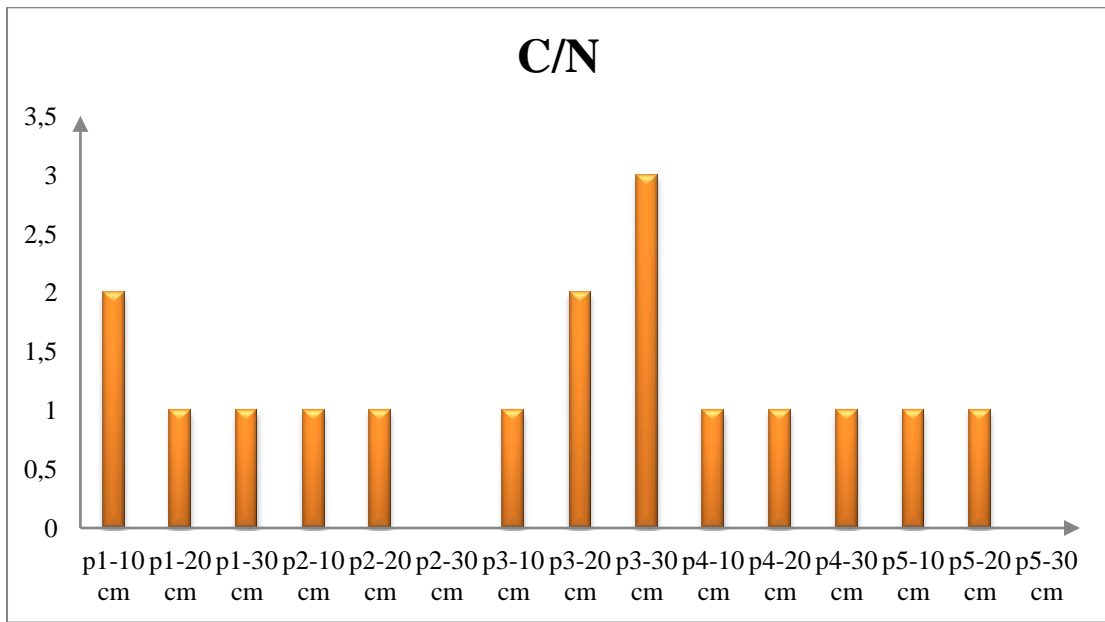
### 6- Le Taux de la minéralisation (C/N)

#### a) La litière :



**Figure 36 : La variation du taux de la minéralisation (rapport C/N) de la litière**

b) Le Sol



**Figure 37 : La variation du taux de la minéralisation (rapport C/N) de sol**

La lecture des résultats montrent que le rapport C/N de la litière est plus élevé avec une valeur qui varie entre 0 et 31 que celui du sol qui varie entre 0 et 3.

Une augmentation du taux de minéralisation est provoquée par une baisse du nombre d'organismes en décomposition, ou une augmentation de la vitesse de décomposition découlant de modifications de facteurs naturels ou anthropogènes. Le rapport C/N est considéré comme un indicateur vital d'un sol sain (S.A.S.C, 2009).

7- Humidité

a) La litière

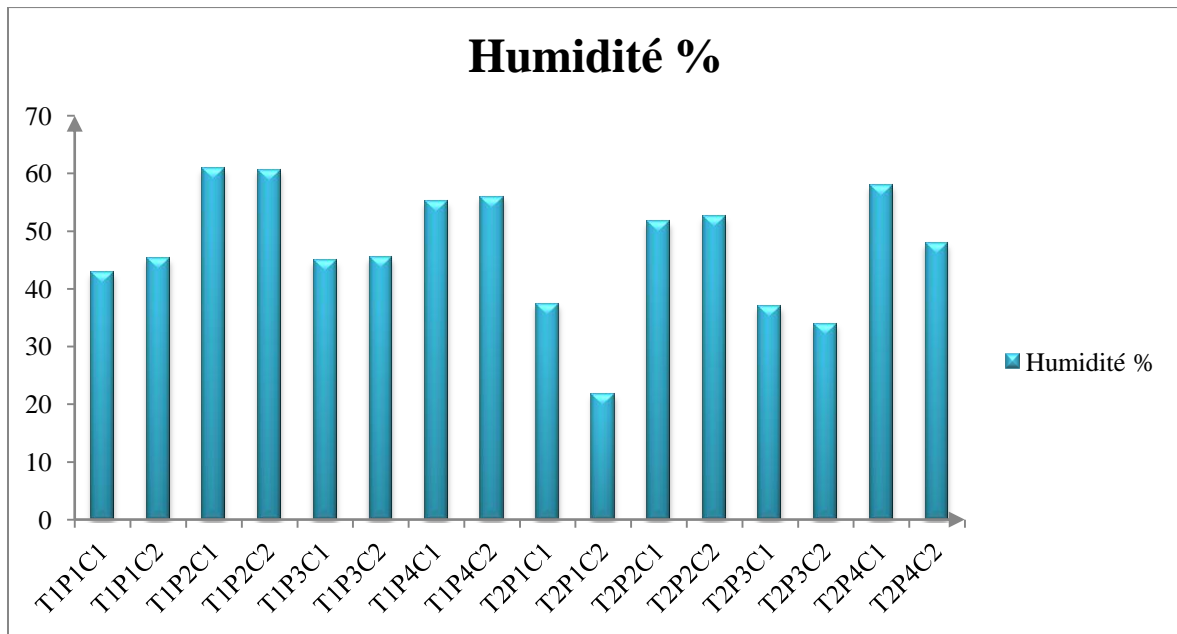


Figure 38 : La variation de l'humidité en (%) de la litière

b) Le Sol :

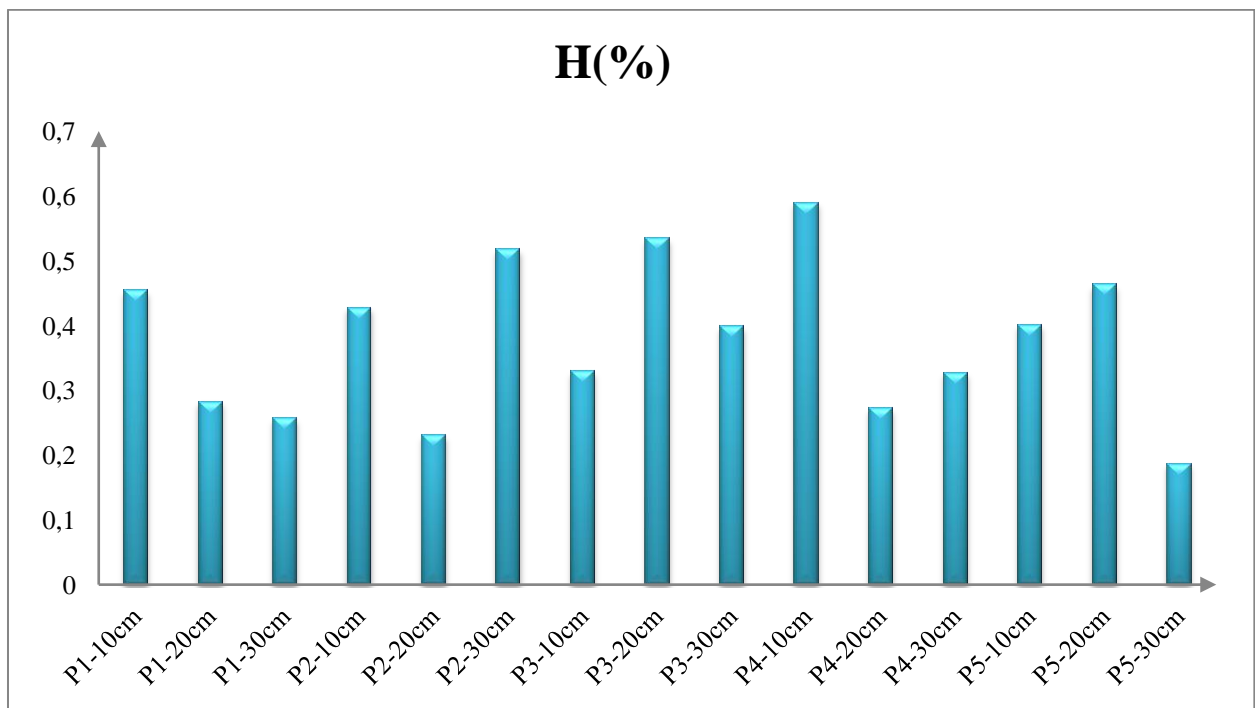


Figure 39 : La variation du l'humidité de sol en (%)

A partir des résultats obtenus, il ressort que le taux d'humidité est très élevés dans la litière avec une valeur de 60,82% pat contre le sol présente un taux d'humidité le plus faible il est de 0,18%.

Le taux d'humidité est étroitement lié aux taux de la matière organique et la texture du sol, La perte de matière organique du sol réduit la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol, le sol peut se s'humidifier naturellement grâce au climat.

## **Conclusion générale**

Dans le cadre d'un projet de l'institut national de la recherche forestière (I. N.R .F), financée par la direction générale de recherches scientifiques et développement technologique, nous avons effectué une étude au niveau de la forêt de Bainem , qui vise à comparer les paramètres physico-chimiques du sol et la litière au niveau d'une parcelle à dominance Pin d'Alep (*Pinus halepensis* ).

Cette recherche vise à comparer la capacité du sol et la litière à mieux stocker le carbone organique présent dans l'air, qui menace la couche d'ozone et son impact sur le réchauffement climatique.

Les résultats obtenus nous révèlent que :

- Les sols de la région d'étude se caractérisent par une texture limoneuse et limono-argileuse.
- Ce sont des sols moyennement alcalins et non salés.
- les sols de la zone d'étude sont des sols riches en matière organique,
- Les sols sont très riches en azote, avec une minéralisation rapide de la matière organique.

Cependant la litière montre une grande richesse en matière organique et éléments chimiques par rapport aux sols ce qui la rend favorable à un meilleur stockage du carbone organique luttant contre l'effet de serre.

L'objectif visé par ce travail est déterminé le taux de carbone organique séquestré dans les sols forestiers de la région de Bainem qui a contribué à la diminution des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>) . Qui peut être une base pour d'autres travaux ayant une relation avec le réchauffement climatique d'où l'importance de protéger ces écosystèmes.



## **Références bibliographique**

## Référence bibliographique

---

**Akselsson, C, B. Berg, V. Meentemeyer et O. Westling , 2005.** « Scaling up carbon sequestration rates in organic layers of boreal and temperate forest soils - example Sweden» *Global Ecology and Biogeography*, vol. 14, p. 77-84.

**Anonyme, 2011.** Le sol forestier FOGE FOR, du limousine formation gestion forestière.

**Anonyme 2, 2005** le cycle de carbone [https://fertilisation-edu.fr/cycles-bio-geo-chimiques/le-cycle-du-carbone-c.html?fbclid=IwAR1pE3TIJTGl30TYtRHbA\\_b6ueCYQem2KSB9Mo4WB80zGVogyUz4tMEwOg#page](https://fertilisation-edu.fr/cycles-bio-geo-chimiques/le-cycle-du-carbone-c.html?fbclid=IwAR1pE3TIJTGl30TYtRHbA_b6ueCYQem2KSB9Mo4WB80zGVogyUz4tMEwOg#page)

**Anonyme 3** La biodiversité en Poitou-Charentes : Juin 2012, site [www.le-cycle-du-carbone-biodiversit-en-Poitou-Charentes.htm](http://www.le-cycle-du-carbone-biodiversit-en-Poitou-Charentes.htm)

**Baize, 2000** Teneurs totales en « métaux lourds » dans les sols français : résultats généraux de programme ASPITET .

**Baise D. et Djabiol B., 1955 :** Guide pour la description des sols. Edt. INRA, Paris, 119-206.

**Batjes , 1996 ; IPCC, 2007** Article de périodique (Journal article).

**Beauchamp J, 2003** La pollution littorale. DESS Qualité et Gestion de l'eau. Université de Picardie Jules Verne ( France), 30 p.

**Beker M, Picard J.F et Timbal ,1982 .** Larousse des arbres et arbustes de l'Europe occidentale Librairie Larousse, Paris, 330 p.

**Bernoux et al., 2002** Prévion des stocks de carbone organique du sol et des changements

**Berthelin J. et Touatain F. , 1979 :** Constituants et propriété des sols. BIOL. Des sols in *pédologie*. T II., 124-145.

**Benslama, M. 1993.** Contribution à l'étude de la couverture Eco-pédologique et de lamatière 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 lamatière 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 microorganisme (champignons Saprophytes) des sols du complexe humide d'El-Kala (Nordalgérien). Cas des stations d'El-koubsi, Righia et du Lac Noir. Thèse de Magistère. Université d'Annaba.66p.

## Référence bibliographique

---

**Benhizia , 2009** Evaluation des apports des éléments biogènes par les retombées biologiques dans une chênaie et une pinède des Aurès p 19

**Bentouati A., 2006.** Croissance, productivité et aménagement des forêts de Pin d'Alep (*pinus halepensis* Mill) du massif de OuledYagoub (Khenchela- Aurés). Thèse de doctorat. Univ de Batna.9-116 P.

**Bolin et al., 2000; Giec, 2007** Land use, Land-use change, and forestry .

**Boutchiche . F et Boutrigue .S , 2016 .** Caractérisation morpho métrique de la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) et de son hôte au niveau de la wilaya de Tlemcen. Mém, master en génétique, univ. Tlemcen, 79 p.

**Boudy P , 1955.** Économie forestière nord-africaine. Ed Masson et cie, *Paris*, Tome IV.p826.

**BouceddiN, 2016.** contribution a l'étude de l'extension et du comportement du pin d'Alep (*pinus halepensis* mill.) dans la chênaie mixte du parc national de theniet-elhad (w .tissemsilt), mémoire, master en foresterie, uni-tlm, 50p

**Bray&Gorham , 1964 , LEBRET et al. 2001** Production de litière dans les forêts du monde. *Adv EcolRes* 2: 101-157 dans l'Amazonie brésilienne entre 2000 et 2030

**Brinson, 1977;** Décomposition and nutrient exchange of litter in an alluvial swamp forest *Ecology* 58(3) 601-609

**Cardinal, 2015**Article number: 6936 - Biodiversity enhances ecosystem multifunctionality across trophic levels and habitats.

**Chevallier T, (2015).** Mécanismes de stockage et de déstockage de C organique des sols perturbations climatiques et stock organique du sol. HDR IRD Montpellier. 70p.

**Conant, RT., K. Paustian et ET. Elliott , 2003 .**« Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon ». *Ecological Applications*, vol. II, p. 343-355.

**Dajoz, 2000,** précisd'écologie. Dunod, Paris

**Davet,1996** vie microbienne du sol et production végétale

**Dimanche .P , 1967.** Etude pédologique du périmètre forestier d'Oum DjeddourS.O.G.E.T.H.A étude N° 302, 32 p.

**Dixon et al., 1993** thermal expansion testing to determine the influence of pore wather structure on water flow through dense clays

## Référence bibliographique

---

**Dommerges Y., et Mangenot F, 1970** : Écologie microbienne du sol Edit. Masson,Paris. 769 p.

**Drouet,2010**Drouet Th. Pédologie BING-F-302,137 (2010) .

**Duchaufour. PH, 1977.**Pédologie et classification Pédologie tome I .Edit . Masson et Cie. Paris., 25-35.

**Duchaufour., PH, 1980.** Ecologie de l'humification et pédogénèse des sols forestiers.Actualités d'écologie forestières. Sol. Faune. Flore. Ed. Gauthier-Villars pp 177 - 202.

**Emberger, 1930** la végétation de la région méditerranéenne, essai d'une classification des groupements végétaux, Rev Gén ,Bot, 42.641.662.705.721.

**Emberger, L., (1955)** - Une classification biogéographique des climats. L'année biologique. 3e serie, T 31 : 249-255.

**FAO 2017** , carbone organique du sol

**Goetz . P.,Ghedira. K , (2012).** Phytothérapie infectieuse, Springer Verlag, France , Paris, P 272

**Guessoum, 2001**l'analyse de contribution à l'étude de l'état nutritionnel par la méthode de diagnostic foliaire de trois variétés d'abricotier en zone aride (commune Doucen – Biskra )

**IPCC. (2007).** Climate Change 2007: The Physical Scientific Basis. Contribution of Workin

**Janlou , 2001** ,Futura-science/classification-vivant-champignon-14469

**Leonardi S. ; Rapp M. et Guarcia D, 1996** : Biomasse, productivité et transfert de matière organique dans une séquence altitudinale de Peuplement de *Castanea Sativa* MILL .ANN . Sci. For 53, 1031-1081.

**Kadik B, 1983.** Contribution à l'étude du Pin d'Alep en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie. Thèse Dot. Etat, Aix- Marseille, 313 p.

**Kadik L, 1984** .Phyto-écologie des formations à pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) du Senalba Chergui et Gharbi Thèse Doct.3ème P cycle. Univ. H. BOUMÉDIENE Sciences. Bab Ezzouar. 281p

**Kareb,Hassani, 2016** Fractionnement et dosage du carbone organique du sol sous différents types de végétation : Cas de la plaine des Ouadhias (Nord de l'Algérie)

**Khirèche , 2015** ,Quantification de L'érosion hydrique par la technique du Cs-137 : application du modèle proportionnel cas du site forestier de Bainem.

## Référence bibliographique

---

**Koerneretal,1997** Influence of past land used in vegetation and soils of present day forest onVosgesMountains, France .

**Korso,2018**Utilisation du carnet en ligne dans l'inventaire de la flore de la forêt de Bainem p5 -8

**Kouassi K, 2010.**Etude comparée de l'efficacité des extraits aqueux de graines de neem (Azadirachta indica Juss) et de feuilles d'eucalyptus (Eucalyptus camaldulensis )dans la lutte contre les insectes du gombo (Abelmoschus esculentus L). memoire de Institut national polytechnique Félix Houphouët- Boigny (école supérieure d'agronomie ) - Ingénieur en agriculture générale 2010

**Letreuch, 1991** les reboisement en Algérie et perspectives d'avenir O.P.U Tome1, Alger 294p

**Mangenot, 1980 Mangenot F., 1970 :** Les litières forestières. Signification écologique et pédologique. Rev. For Fran. 4., 339-354.

**Mangenot F., et Toutain F., 1980 :** Les litières en actualité d'écologie forestière, Pessan .Edit. Gautier –Villard. Paris. Pp : 3-59.

**Mezerai DJ, 2014 .** Ecologie du pin d'Alep (Pinus halepensis) dans la région du Tlemcen, mémoire, master en biologie, univ. Tlemcen, 85 p.

**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 **Morel R, 1996 :** Les sols cultivés .2ème édition Lavoisier, Paris, 399 p.

**Nahal I, 1962.** Le pin d'Alep. Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Annales de l'école Nationale des Eaux et Forêts 19 (4) : 533-627.

**Olah G., et Kilbertus G, 1978 :** Biodégradation et humification. Edit. Les presses de l'université LAVAL, 330p.

**Ozenda ,1982,** les végétaux dans la biosphère

**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.

**Prevost P, 1990 :** Les bases de l'agriculture moderne. Edit :Lavoisier, Paris, 325 p.

**Quere et al , 2014** Global carbon budget 2014

**Quezel P, 1986.** Les pins du groupe —Halepensis| Ecologie, Végétation, Ecolphysiologie. CIHEAM- Options Méditerranéennes. pp. 11-23.

## Référence bibliographique

---

**Quezel P et Barbéro M, 1992.** Le pin d'Alep et les espèces voisines ,répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. ForêtMéditerranéenne III (3) : 158-170.

**Quezel P (2000).** Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *Pinus brutia*). In: Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. Brutia* Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin. Eds., Néeman G., Trabauds L., Backhuys Publishers, Leiden,pp. 1-12.

**Robert M ,2002** La séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des terres. FAO, Rome.

**Rosel et Chassin, 1998**Evaluation des apports des éléments biogènes parles retombées biologiques dans une chênaie et une pinède des aurés . Université El Hadj Lakhdar Batna

**S.A.S.C, 2009**Contribution à l'étude des caractères physico-chimiques des sols despinèdes (*Pinus halepensis*) de la wilaya de Tlemcen. (mémoire) .

**Schlisenger W.H , Andrews J.A , 2000** Article Soil respiration and the global carbon cycle.

**Selmi M, 1985** Différenciation des sols et fonctionnement des écosystèmes forestiers sur grés numidien de Kroumirie (Tunisie).Ecologie de la Subéraie Zéenaie.Thèse .Doc.Univ. Nancy I.200p.

**Seigue A, 1985** . La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maison neuve et Larose. Paris. 502 p

**Singh , 1969** studies in decomposition of laef litter of important trees of tropical deciduous forest at Varanasi p 292-311

**Soltani A, 2016** . Typologie et Fertilité des stations de pin d'Alep de la forêt de Benjloud (Saida), mémoire, master en foresterie, univ. Tlemcen, 141 p.

**Smith et al. 1995.** In Etude biologique de la matiere organique du sol, iguelouzenesamir, UMMTO, 2005

**Tardif, 2014**,Prédiction des taux de décomposition des litières végétales par les traits fonctionnels agrégés

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

**Toutain F, 1984** : Biologie du sol, livre jubilaire du cinquantenaire de l' A. F. E. S, pub C.N.R.S, I.NRA, OROSTOM, DIDI, 363 p.

## Référence bibliographique

---

**Tissaux, 1996** une revue bibliographique des principaux mécanismes pédogénétiques pour caractériser le rôle du bois raméal fragmenté dans le processus d'humification

**Van Wesemael , 2006** La matière organique dans le sol

**Vayreda *et al.*,2012**,recent climate changes interact with stand structure and management to determine changes in tree carbon stocks in spanish forest

**Zenzen W, 2016** . Utilisation du S.I.G pour l'analyse de la structure de la forêt de Ouennougha dans la Wilaya de Bordj Bou Arréridj,univ. Tlemcen 60

## **Annexe**



## *Annexe*

### **Le PH :**

Pour effectuer la mesure de ph en suit la méthode suivante :

- \_ 10 g de substrat végétal dilué dans 50 ml de l'eau distillée , on les mettre dans des fiole
- \_ On place les fioles dans un agitateur pendant 60 min
- \_ On filtre les solutions obtenues par un papier filtre
- \_ A la mesurer la concentration des H<sup>+</sup> présents dans la solution à l'aide d'un PH-mètre

### **Dosage de l'azote total (method KJELDAHL)**

#### **1. Réactifs et préparation de solution**

##### **➤ Réactifs :**

- \_ Eau déminéralisé
- \_ Acide sulfurique concentré
- \_ Acide borique
- \_ Hydroxyde de sodium concentré
- \_ Sulfates de potassium
- \_ Cuivre sulfates

##### **➤ Solution :**

- \_ Mélange catalyseur
- \_ Indicateurs colorés mixtes à ph de virage 5.1
- \_ Solution d'acide borique
- \_ Solution de hydroxyde de sodium (NAOH) 40%

## 2. Mode d'opération :

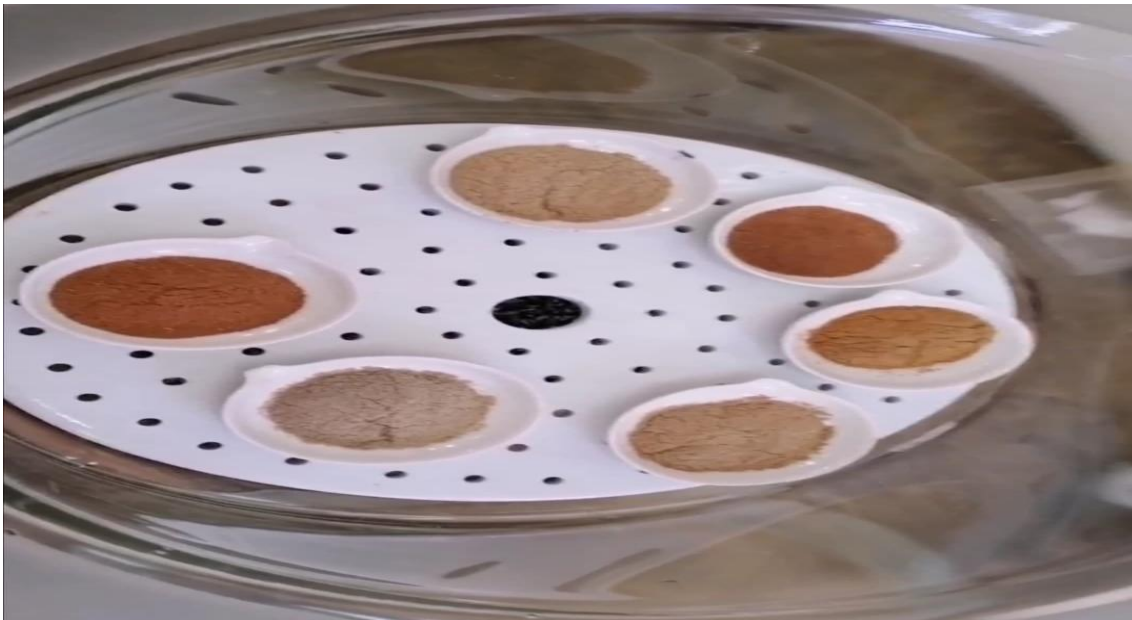
- \_ Introduire 0.5 g de substrat végétal tamisé à malle de 0.5 mm dans un matras de Kjeldahl de 250 ml
- \_ Ajouter 20 ml de l'eau distillée , agiter légèrement
- \_ laisser reposer pendant 30 minutes
- \_ Ajouter 2g de catalyseur
- \_ Ajouter 30 ml d'acide sulfurique concentré avec une éprouvette de 50 ml
- \_ Porter a la rompre d'attaque , chauffé d'abord doucement jusqu'à ce que l'eau soit évaporée
- \_ Augmenter la chaleur et laisser bouillir jusqu'à l'obtention d'un liquide incolore
- \_ Contenu le chauffage une heure après décoloration
- \_ Laissez refroidir et enlevez les matras quand il n'ya plus de dégagement de vapeur
- \_ Ajouter 20 ml de l'eau distillée pour tout rassembler au fond de matra
- \_ Laissez refroidir et transvaser dans une fiole jaugée de 250 ml

### ➤ Distillation et dosage :

- Prélever 20ml de l'extrait (v) et l'introduire dans les matras de l'appariel à distillation
- Introduire de 25ml de l'acide borique avec 3 gouttes d'indicateur mixte dans un erlenmyer de 300 à 500 m
- Plonger le tube de réfrigérant de l'appareil de distillation dans la solution contenue dans erlenmyer
- Commencer à chauffer et distillée jusqu'à 150ml de distillant soit recueillis , acide borique inclus dans erlenmyer
- Faire un témoin en suivant exactement les mêmes étapes d'opération depuis la minéralisation titré à H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05 N jusqu'au virage de vert à rose violet, notés les volumes utilisé même procédure pour le témoin



**Echantillon de litière (original,2020)**



**Les échantillons de la litière et de fermenté après la sorte de four a moufle**

**( original,2020)**

Le présent travail a été réalisé dans la région d'Alger (forêt de Bainem) dans le projet de recherche de l'institut national de la recherche forestière (INRF), financé par la direction générale de la recherches scientifiques et développement technologique. Il consiste pour l'objectif de déterminer le taux de carbone organique séquestrer dans les sols forestiers de la région de Bainem qui contribué à la diminution des gazes a effet de serre (CO<sub>2</sub>), Les résultats obtenus montrent que le taux de carbone organique est plus important dans la litière.

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

**Les mots clés :** Bainem, Litière, Sol Forestier, Carbone organique, Changement climatique.

### المخلص

في إطار مشروع للمعهد الوطني لبحوث الغابات بتمويل من المديرية العامة للبحث العلمي و التطوير التكنولوجي قمنا بإجراء دراسة في غابة بايينام (الجزائر) و الهدف من ذلك هو تحديد معدل الكربون العضوي المحتبس في التربة الذي يساهم في تخفيض غازات الدفيئة (تجميع غاز ثاني أكسيد الكربون ) و تبين النتائج أن محتوى الكربون العضوي أعلى في بقايا النباتات

و كثيرا ما تكون الوسط الكيميائي الذي يسود يؤكد النشاط البيولوجي الجيد المشارك في تخزين الكربون العضوي في التربة و الذي يزيد من خصوبتها و يقاوم تأثير الاحتباس الحراري  
الكلمات المفتاحية : بايينام - الكربون العضوي- التربة- احتباس حراري

## Summary

---

With climate change, land degradation and biodiversity loss, soils have become one of the world's most vulnerable resources. Soils are a major carbon reservoir .they contain more carbon than the earth's atmosphere and vegetation combined. However, soil organic carbon (SOC) is dynamic and anthropogenic actions on soil can make it a sink or a net source of greenhouse gases (GHGs).

The stock of organic carbon is in perpetual renewal in the soil and determines many edaphic properties: the fertility of the soils, its structure, the biodiversity that inhabits it. The organic carbon stock can also be a greenhouse gas sink depending on climate, occupancy and land management conditions.

As part of a project of the National Institute of Forest Research (I. N.R . F), funded by the Directorate-General for Scientific Research and Technological Development, we carried out a study on the Bainem forest, which aims to compare the physico-soil chemicals and litter at a plot dominated by (*Pinus halepensis*).

This research aims to compare the ability of soil and bedding to better store organic carbon in the air, which threatens the ozone layer and its impact on global warming.

The results show that the soils in the study area are rich in organic matter and are very rich in nitrogen, with rapid mineralization of organic matter.

However the litter shows a great richness of organic matter and chemical elements compared to soils which makes it favorable to a better storage of organic carbon fighting the greenhouse effect.

## Summary

---

The stock of organic matter observed in these environments suggests that forest soils accumulate and store organic carbon, thus contributing to the process of carbon sequestration, a basic element in the fight against global warming.

The soil is a non-renewable resource whose quality must therefore be preserved, whether for its environmental functions (purification power for surface water, physical and chemical erosion, improvement of air quality) or ecological (preservation of plant and animal biodiversity, quality of the landscape).

**The keywords :** Bainem , Litter , Forest soil , Organic carbon , Mineralization, Greenhouse gases, Climate change