



République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessi -Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Etres Vivants

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en
Sciences biologiques

Option : Biotechnologie végétale

Thème :

**Estimation du taux du carbone dans la litière et le sol de
la forêt de Bekkaria (Tébessa)**

Présenté par: BOUSMINA Chaïma
LALMI Abir

Soutenu le 23-06-2019, devant le jury composé de :

Président	Mr. SEGHIR. H	M.A.A Université de Tébessa
Rapporteur	Dr. BOUDJABI. S	M.A.A Université de Tébessa
Examineur	Dr. FATMI. H	M.A.A Université de Tébessa

Année universitaire : 2018/2019

Note : /20



République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessi -Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Etres Vivants

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en

Sciences biologiques

Option : Biotechnologie végétale

Thème :

**Estimation du taux du carbone dans la litière et le sol de
la forêt de Bekkaria (Tébessa)**

Présenté par: BOUSMINA Chaïma
LALMI Abir

Soutenu le 23-06-2019, devant le jury composé de :

Président	Mr. SEGHIR. H	M.A.A Université de Tébessa
Rapporteur	Dr. BOUDJABI. S	M.A.A Université de Tébessa
Examineur	Dr. FATMI. H	M.A.A Université de Tébessa

Année universitaire : 2018/2019

Note : /20

Remerciements

A l'issue de ce modeste travail, nous tenons à remercier tout d'abord ALLAH le tout puissant, de nous avoir procuré patience , volonté et aide durant toute cette pénible période d'étude .

comme nous tenons à remercier notre promoteur Mme. BOUDJABI Sonia, Maître de conférence à l'université cheikh Larbi Tébessi pour avoir dirigé et guider ce modeste travail ; ainsi que pour son soutien infatigable durant la période de notre formation.

Toute notre gratitude a Mme. SEGHIR Hanane, Maître de conférence à l'Université cheikh Larbi Tébessi, pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Nous remercions a l'occasion Mr. FATMI Hindel, Maître de conférence à l'université cheikh Larbi Tébessi , pour avoir accepté d'examiner ce document et faire partie du jury de soutenance.

Nous tenons aussi a remercier la conservation des forets de wilaya de Tébessa qui nous ont aide au cours de notre formation, ainsi que leur précieuse contribution dans la réalisation de ce travail.

Mes grands remerciements pour tous mes chers collègues de la promotion master 2018-2019.

Enfin , nos vives salutations a tous nos enseignants ainsi que toute personne ayant contribué de loin ou de près à nos recherches.

الملخص

تقدير محتوى الكربون في القمامة والتربة في (غابة بكاريه) تبسة .

أجريت هذه الدراسة من أجل تحديد مستوى الكربون في القمامة والتربة في موقع يقع في منطقة تبسة (غابة بكاريه)، المنطقة شبه القاحلة شرق الجزائر. الدراسة لديها 5 مقاطع (5 تكرارات / مقاطع).

كشفت نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية للتربة: درجة الحموضة القلوية (8,1+-0,11)، والموصلية الكهربائية المنخفضة (338,8±20,87)، وكذلك لكثافة الظاهرة المنخفضة (1,16±0,105)، والرطوبة العالية (41,6±7,22)، والنترات الفقيرة (0,18±0,01)، والحجر الجيري القوي للغاية (57,29+-9,15)، ومعدل الكربون العالي (5,67±0,32)، والتربة الغنية بالمواد العضوية.

وقد أظهرت القمامة بسبب ثرائها في المواد العضوية تأثيرا إيجابيا على نسبة الكربون الموجودة في التربة.

الكلمات المفتاحية: التربة، بكاريه، تبسة، التحليل الفيزيائي الكيميائي.

Abstract

Estimation of the carbon content in litter and soil of Tebessa (Bekkaia forest)

This study was done to determine the level of carbon in the litter and soil of a site named (Elkhangua) located in the region of Tebessa (Bekkaria forest), semi-arid zone of eastern Algeria. The study involved 5 profiles (5 repetitions / profiles).

The results of the physico-chemical analyzes of the soil revealed: An alkaline PH (8.1 ± 0.11), a low electrical conductivity (338.8 ± 20.87) also a low apparent density (1.16 ± 0.105).

The humidity is high (41.6 ± 7.22) the nitrate content is low (0.18 ± 0.01), the limestone is very high (57.29 ± 9.15), the soil rich in organic matter.

The litter by its richness in organic matter, showed a positive effect on the proportion of the carbon present in the soil.

Key words: Soil, Bekkaria, Tebessa, Physico-chemical analysis

Résumé

Estimation du taux du carbone dans la litière et le sol de la forêt de Bekkaria (Tébessa)

Cette étude a été faite dans le but de déterminer le taux du carbone dans la litière et dans le sol d'un site nommé (Elkhangua) situé dans la région de Tébessa (forêt de Bekkaria), zone semi-aride de l'Est Algérien. L'étude a concerné 5 profils (5 répétitions / profils).

Les résultats des analyses physico-chimiques du sol ont révélé : Un PH alcalin ($8,1 \pm 0,11$), une faible conductivité électrique ($338,8 \pm 20,87$), aussi une faible densité apparente ($1,16 \pm 0,105$). L'humidité est élevée ($41,6 \pm 7,22$), la teneur des nitrates est basse ($0,18 \pm 0,01$), le calcaire est très élevé ($57,29 \pm 9,15$), le sol riche en matière organique.

La litière par sa richesse en matière organique, a montré un effet positif sur la proportion du carbone présent dans le sol.

Mots clés : Sol , Bekkaria , Tébessa , Analyse physico-chimique .

A blue scroll graphic with a gradient from light to dark blue. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curled up. The word "SOMMAIRE" is written in a bold, blue, serif font in the center of the unrolled section.

SOMMAIRE

Sommaire

Dédicace

Remerciement

المخلص..... i

Abstract..... ii

Résumé..... iii

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....01

Chapitre I: Matériels et Méthodes

1- La Présentation de la zone d'étude.....03

1-1 Localisation géographique de Tébessa.....03

1-2 Le site d'étude.....03

1-3 La végétation.....04

1-4 Le climat.....05

2- L'échantillonnage.....06

2-1 Le Prélèvement de la litière.....06

2-2 Le Prélèvement du sol.....07

3- Les analyses physicochimiques du sol.....07

3-1 Le PH.....07

3-2 La conductivité électrique.....08

3-3 Le calcaire totale08

3-4 Le carbone total.....08

3-5 L'humidité du sol.....09

3-6 Les nitrates.....09

3-7 La densité apparente.....10

3-8 La matière organique de la litière.....10

Chapitre II : Résultats et Discussions

1- Les caractéristiques du sol.....	11
2- A propos de La litière.....	13
2- 1 Les composantes de la litière.....	13
2- 2 La matière organique de la litière.....	15

Chapitre III : conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives.....	16
Références bibliographique.....	17
Annexes.....	21



*Liste des figures
et des tableaux*

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page N°
01	Localisation de la région d'étude	3
02	Localisation de la station d'étude	4
03	Diagramme Ombrothermique de la zone d'étude	5
04	La parcelle étude	6
05	Prélèvement de sol dans la parcelle étude	7
06	Courbe détalonnage pour les nitrates	24

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre	Page N°
01	Analyse physico-chimique du sol	13
02	Classification de la litière	14
03	La matière organique de la litière	15
04	Moyennes mensuelles des températures de Tébessa (1972-2018)	21
05	Moyennes mensuelles des précipitations (mm) Tébessa (1972-2018)	22
06	Le PH référentiel pédologique	23
07	Classification de la Conductivité (CE)	23
08	Classification du sol selon la teneur CaCO_3	23
09	Norme d'interprétation de la matière organique	23
10	Les échelles d'interprétation des nitrates	24



INTRODUCTION

Les forêts ont un rôle principal sur la régularisation du climat, milieu de vie pour la flore et la faune (**Brosse, 2001**). Elles jouent un rôle important dans l'augmentation de la productivité d'un site à travers les changements écologiques et physico-chimiques. Une action à double tranche se traduisant en premier lieu dans la dynamique et l'enrichissent de la litière, et en deuxième lieu, sur l'évolution de la fertilité du sol d'où sa conservation et sa protection (**Singh et al, 2002 ; Niang et al, 2014**).

Dans les écosystèmes forestiers, les peuplements de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) constituent une composante majeure des surfaces forestières méditerranéennes. Notamment, dans les forêts Algériennes. Cette essence forestière revêt une importance particulière en raison, tout d'abord de l'importance de la surface qu'elle recouvre (800.000 ha), représentant environ 35 % des surfaces boisées de l'Algérie du Nord (**Mezali in Bentouati, 2006**), mais aussi, d'une plasticité très remarquable en région méditerranéenne lui permettant de coloniser différents substrats minéraux en particulier les sols calcaires.

Il faut dire que, dans nos régions, les résineux représentés généralement par le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) pourraient malgré les rigueurs climatiques influencer, à une certaine altitude, l'environnement édaphique, particulièrement l'activité des micro-organismes telluriques qui contrôlent les différents cycles biogéochimiques des éléments minéraux surtout les éléments carbone nitrates existant dans le sol, et contribuent ainsi à améliorer la capacité nutritive de ce dernier. Le déroulement de ces cycles biogéochimiques est étroitement lié avec la composition et la nature des composantes de la litière.

La litière est l'ensemble de débris de végétaux qui se résume dans les restes des feuilles sénescents, grains, déchets des animaux...etc. Par sa composition et sa transformation cette dernière (la litière) joue un rôle déterminant sur le potentiel de fertilité chimique du sol forestier et l'amélioration de ses propriétés physico-chimiques, (**Duponnois et al, 2005 ;Niang et al, 2014**).

La transformation de la litière et sa décomposition est fonction selon le type du climat. Dans une forêt dense où les pluies sont fortes et régulières, les températures de l'air et de sol sont optimaux, la décomposition et la transformation de litière est très favorable (**Diallo et al, 2015**). Alors que dans une région semi – aride où le climat défavorable (faible pluies et irrégulières), la vitesse et le potentiel de décomposition de la litière est relativement lente (**Criquet et al, 2002**).

INTRODUCTION

La décomposition des différentes parties de la litière permet d'enrichir le sol. Elle libère un stock important de matière minérale (les nitrates, phosphore Ca etc....) et surtout organique (le carbone), qui a pour l'origine des matières de celluloses, ligneuses existants dans les feuilles et les débris forestiers .

Plusieurs auteurs (**Mustin et al, 1987**), estiment qu'il y'a environ trois fois plus de carbone dans le sol que dans la végétation des écosystèmes terrestres. La quantité de carbone organique dans le sol forestier est le résultat de l'équilibre entre la production primaire nette de la végétation et la décomposition de la litière qui est une source de végétation.

D'après nos investigations très peu de travaux ont jusqu'alors ciblé la quantification du taux carbone dans un écosystème forestier Algérien. Dans ce but à travers cette modeste étude on a tenté d'élucider et de mettre en relief une estimation sur le taux du carbone dans la litière et dans le sol d'un site planté par le pin d' Alep dans la région de Bekkaria , il s' agit de la région de Elkhangua.

Notre mémoire contient une introduction générale,

- Le premier chapitre : Matériels et Méthodes
- Le deuxième chapitre : Les Résultats obtenus et leurs Discussions.
- Le troisième chapitre : Conclusion et perspectives.



Chapitre I
Matériels et Méthodes

1-Présentation de la zone d'étude

1-1- Localisation géographique de Tébessa

La wilaya de Tébessa est située à l'extrême Est de l'Algérie, limitrophe de la Tunisie (28 km). Elle est caractérisée par son emplacement dans la zone frontalière des Hauts Plateaux vers l'Est du pays.

La wilaya s'étend sur une superficie de 13.878 km² (**Fig. 01**) elle est limitée :
 Au Nord par la wilaya de Souk-Ahras, au Nord-Ouest par la wilaya de Oum-El Bouaghi et de Khenchela , à l'Est par la Tunisie et au Sud par la wilaya d'El-Oued.

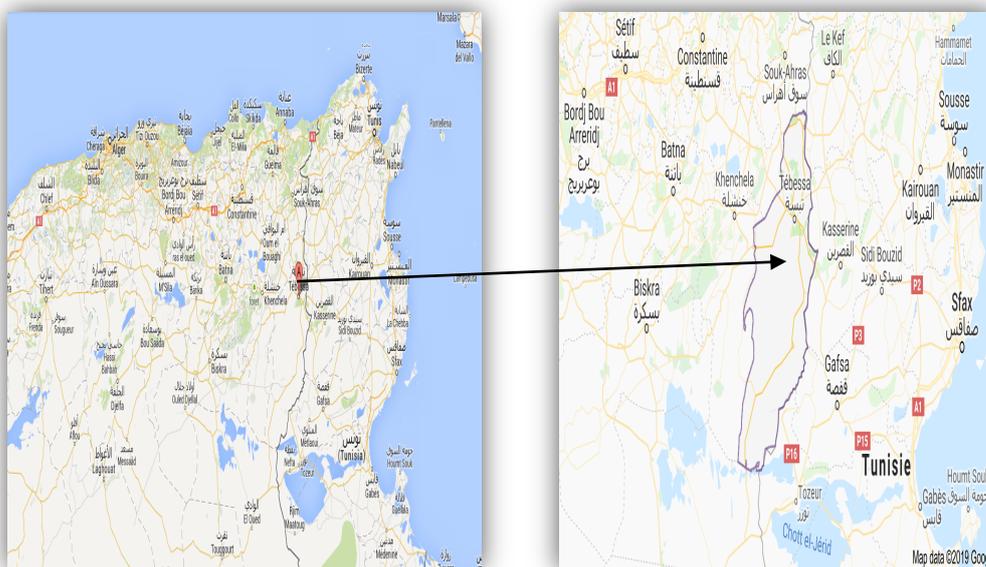


Figure 01: Localisation de la région d'étude (Tébessa) (Google™ 2019)

1-2: Le site d'étude

Le site d'étude se nomme Elkhangua (الخنفة) situé dans la station de Bekkaria est liée à la wilaya de Tébessa par la route nationale N°=10 ses limites approximatives sont:

- Au Nord : La commune d'El Kouif
- Au Sud : La commune d'El malabiad
- A l'Ouest : Le chef lieu wilaya de Tébessa
- A l'Est : Houidjebet

La région de Elkhangua (الخنقة) qui se caractérise par:

- Altitude 1100
- Climat de la région semi aride.
- Type du sol calcaire et marne
- Age de la forêt 60 ans
- L'hauteur des arbres entre 2 et 6 mètre
- La surface 2335 Ha
- Les coordonnées géographiques de site d'étude sont: une altitude de 352°11'3.8°9N°1550.08E° (Fig: 02).(Conservation des forêts Tébessa)



Figure 02: Localisation de la station d'étude(الخنقة)(Google EARTH, 2018)

1-3: La végétation

La végétation de la pinède de Bekkaria se caractérise par des espèces qui s'adaptent aux conditions pédoclimatique de la région (climat semi- aride)'. Cette pinède s'accompagne d'un cortège floristique de plantes, des buissons tels que : pin d'Alep (*Pinus halepensis*), Romarin (*Rosmarinus officinalis* L. (**Labiatae**), *Genista cinerea* . (**Papilionaceae**), *Cytisus triflorus* L'Hérit. (**Papilionaceae**).

Des plantes herbacées telles que : *Galactites tomentosa* L. *Silybum marianum* L. (**Asteraceae**), *Malva sylvestris* L. (**Malvaceae**), *Sinapis arvensis* L. (**Brassicaceae**) .(**Marrube blanc**),*Marrubium vulgare*.(Conservation des forêts Tébessa).

1-4 Le climat

Le climat de la région est semi-aride; la caractérisation climatique de notre station d'étude a été faite sur les bases des données climatiques fournies par le centre météorologiques de Tébessa sur une période s'étendant sur 46 ans allant de (1972 à 2018), les précipitations et les températures sont mentionnées dans la figure 03:

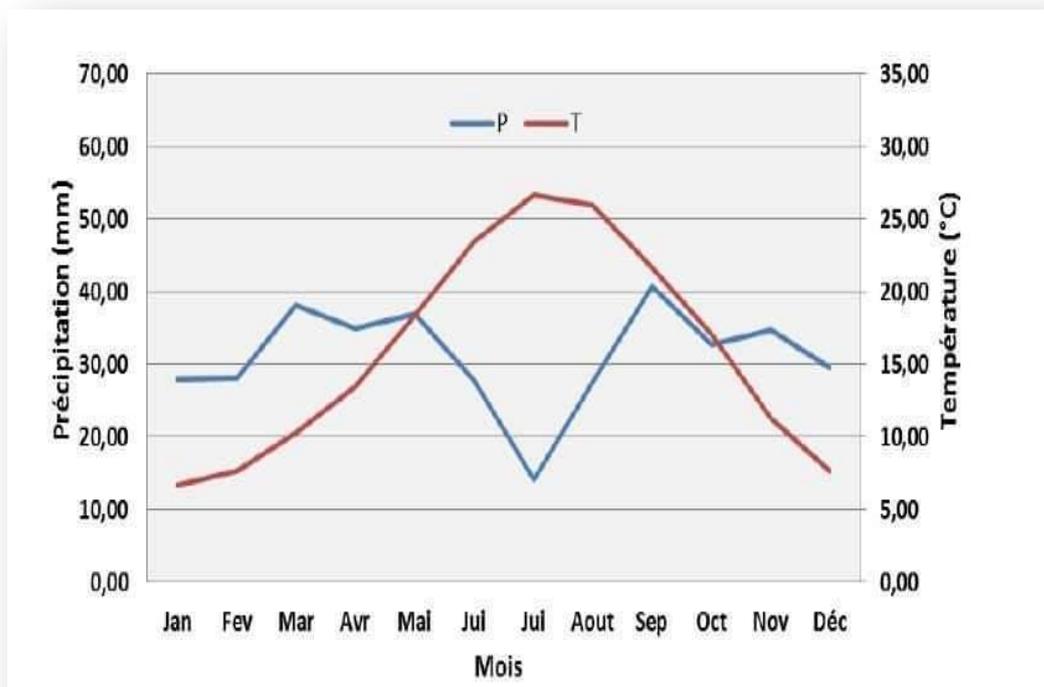


Figure03: Diagramme Ombrothermique de la zone d'étude : Tébessa (1972-2018)

La région se caractérise par des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 373,11 mm. Le mois de Septembre est le mois le plus pluvieux avec un moyenne mensuelle de 40,80 mm alors que juillet et le moins pluvieux avec une moyenne de 14,32 mm. La température annuelle moyenne est de 15,84°C avec un maximum pendant le mois de Juillet 26,76°C et un minimum en Janvier avec 6,62 °C. (Tab 04 et 05. Annexe, 01), alors que le diagramme ombrothermique (Fig.3) a délimité une saison sèche du mois de Mai jusqu'à Octobre et une saison humide du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril (Station météorologie de Tébessa).

2- Echantillonnage

Dans une parcelle carrée de 1 hectare, on a fixé cinq profils. Un profil au centre et quatre à l'extrémité des pointes de la parcelle.

Dans chaque profil a été établis un prélèvement du sol et de litière à la date du (22-02-2019)(Fig. 04) .



Figure 04: Un profil d' étude

2-1. Prélèvement de la litière

Pour chaque profil sur une surface de (1m^2) un échantillon suffisant de litière a été prélevé, pesé sur place pour avoir (le poids frais) puis ramené au laboratoire dans des sachets en plastiques. Au laboratoire, on sépare les différentes parties de litière (feuilles, graines ; fruit etc.) qu' on pèse avec un balance puis on passe le tout pour la calcination après homogénéisation pour avoir la matière organique totale, pour chaque profil on a divisé la litière en cinq répétitions .

2-2 Prélèvement du sol

Dans chaque profil à une profondeur de 15 à 20 cm a été prélevé un échantillon du sol (5 échantillons / 5 profils).

Les échantillons sont séchés dans l'étuve à 105°C pour une durée de 24 h ; puis tamisés à l'aide d'un tamis de 2 mm de diamètre. Le sol servira pour l'analyse physicochimique, pour cela, comme pour la litière pour chaque échantillon du sol correspondant à chaque profil, on a pris cinq répétitions.



Figure 05: Prélèvement du sol dans la parcelle étude

3- Les analyses physicochimiques du sol

3-1 Test du PH

Le PH a été déterminé à l'aide du PH-mètre numérique sur une suspension de terre fine dans l'eau distillée avec un rapport sol/eau (2 /5 ; w/v) pour une durée de 2h. La lecture du PH est établie avec un pH -mètre universel V503 10. **(Baize et Jabiol ,1995)**

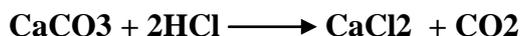
3-2 Le conductivité électrique

Comme pour le PH, une solution de sol est obtenue par agitation des échantillons du sol dans l'eau distillée avec le rapport de (1/5 ; w/v). La lecture de la conductivité électrique est établie sur le filtrat sol avec un conductimètre numérique WTW/ LF 330 menu d'un système de correction de la lecture due à la variation de la température. (Pieltain et Mathieu,2003)

3-3 Le calcaire total

Le calcaire totale est l'ensemble du calcaire du sol représenté dans toutes les dimensions (toutes les tailles), sa quantité dans le sol peut être déterminée après sa dissolution par un acide moyennement concentré (Teste d'effervescence).

On attaque le carbone de calcaire qui se présente au niveau du sol par L'**HCl**, ce dosage est basé sur la réaction acide-base avec L'**HCl** diluée au 1/3. Le volume du **CO2** dégagé permet de déterminer la quantité de **CaCO3**.



Dans un bécher contenant 10 ml de **HCL** dilué au (1/3) de poids connu (**P1**) on ajoute 2g de terre fine , on agite, on laisse reposer et on pesé à nouveau pour avoir le poids (**P2**). (Baise, 2000)

Le volume du **CO2** dégagé (**P0**) permet de déterminer la quantité de **CaCO3**.

- ✓ Le calcaire est calculé selon la formule suivante:

Poids du **CO2** dégagé = **P1- P2**

$$\text{CaCO}_3 \% = \text{poids du CO}_2 \text{ dégage} \times 2,274 \times 100 / \text{poids du sol.}$$

3-4 Le carbone total

Le carbone organique de chaque échantillon est oxydé avec le bichromate de potassium (en milieu acide). L'excès de bichromate non réduit par le carbone organique est alors titré par une solution réductrice de sels de Mohr (le sulfate ferreux).Ce titrage se fait en présence d'un indicateur coloré, la diphénylamine qui vire au vert foncé; lorsque l'excès de bichromate est réduit. (Walkley-Black,1934)in(Pieltain et Mathieu, 2003)

- ✓ Le taux de carbone est calculé selon la formule :

$$C\% = (A-B) \times 10 \times 0,004 \times 100 / P \times A$$

A = Le volume de sel de mohr (Le témoin /ml).

B = Le volume de sel de mohr (L'échantillon /ml) .

P = L'échantillon (Poids du sol) .

10 = Le volume du bichromate ajouté (ml).

0,004 = Le nombre de carbone g/ml bichromate

C% : Le pourcentage du carbone oxydé.

3-5 L'humidité du sol

L'humidité du sol est déterminée par séchage dans l'étuve de 5 g du sol à 105°C jusqu'à obtenir un poids constant. La différence entre poids avant et après séchage exprime la teneur en eau de l'échantillon.

- ✓ L'humidité est calculée selon la formule suivante :

$$H\% = A - B / B - C \times 100 \%$$

A= Tare de la boîte + terre après la humification .

B= Tare de la boîte +terre sèche a 105°C.

C= Tare de la boîte.

3-6 Les nitrates

On évapore à sec dans une étuve à 105°C, 10 ml de solution du sol (obtenue par filtration après agitation de 10g du sol dans 100ml d'eau distillée) en présence de 1 ml de salicylate de sodium le résidu obtenu est repris par 2ml d'acide sulfurique et 10 ml d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium. Une coloration jaune se développe et la lecture des échantillons est effectuée au spectrophotomètre à la longueur d'onde 415nm. La teneur en nitrate est déduite à partir de la courbe d'étalonnage. (Rejsek, 2002)

$$Y = 0,018 x + 0,154$$

$$r^2 = 0,884$$

(Fig 06 ;Annexe 02)

3-7 La densité apparente

La densité apparente est déduite par la méthode du cylindre. Le profil du sol dans la région de Elkhangua et caractérisée par une seule couche.

Dans chaque profil choisis, on enfonce avec précaution le cylindre verticalement du haut vers le bas pour prélever l'échantillon du sol. En prenant en compte que lors du prélèvement le cylindre doit être bien remplis; Après on intercale sur la face inférieure du cylindre une cuillère plate pour le prélever du sol, on recouvre avec du papier aluminium. (Vilain, 1997 in Boudjabi, 2016)

- ✓ La densité apparente est calculée selon la formule suivante :

$$D_a = MS / V_H$$

Avec:

D_a : La densité apparente (g /cm³).

MS: La masse sèche de l'échantillon .

V_H: Le volume de l'échantillon sol (égal au volume du cylindre) .

3-8. La matière organique de la litière

La teneur en matières organiques est obtenue par calcination ou perte au feu, selon la méthode de (Moreno et al, 2001), cette méthode est utilisée pour faire la détermination de la matière organique par incinération (perte au feu perte par calcination). La perte au feu permet de mesurer directement la matière organique dans la litière.

Pour chaque profil on a divisé la litière totale en cinq répétitions après on place les échantillons pendant une nuit (16 heures) dans un four à moufle à 375°C°. La perte de poids, après calcination, nous donne la matière organique.

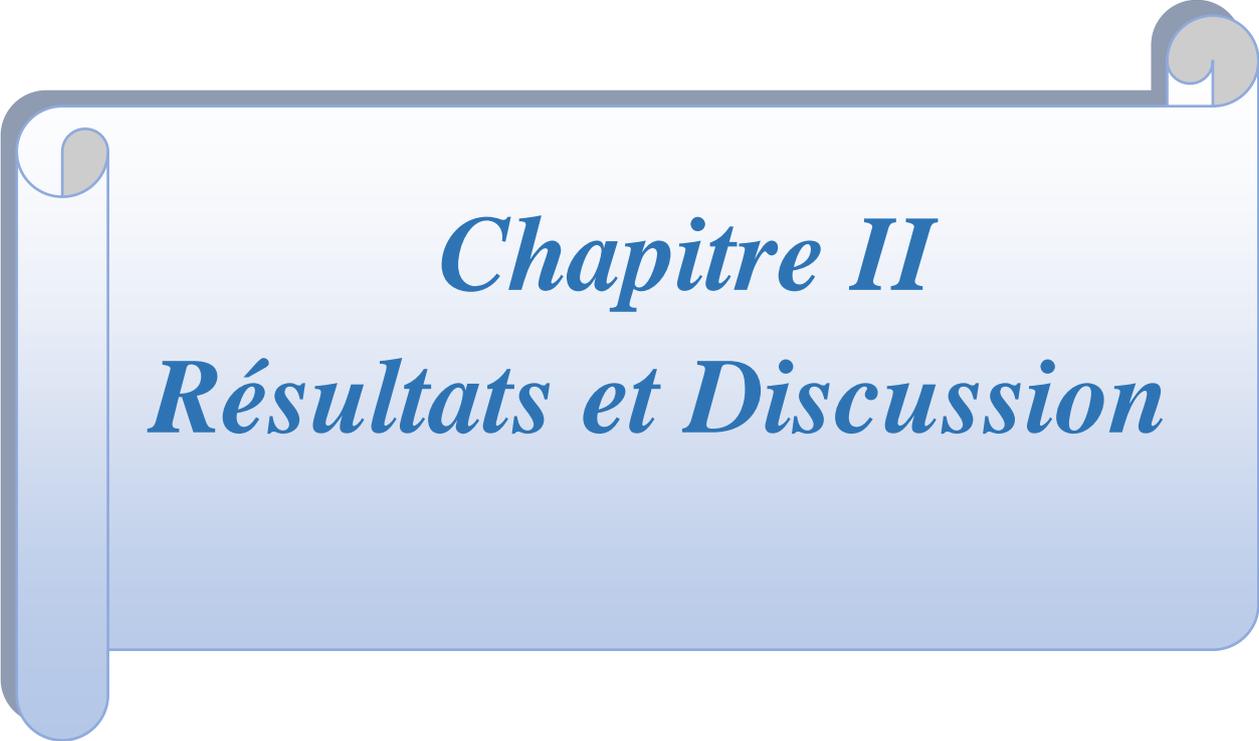
- ✓ Les résultats de l'échantillon sont calculés à partir de l'équation suivante:

M.O% = (Poids sec de la litière (g)) - (Poids de la litière incinérée (g) / Poids litière sec(g) x 100

$$M.O\% = (P1 - P0) - (P2 - P0) / (P1 - P0) \times 100$$

Ou: **MO**: Matière Organique, **P2**: poids du creuset vide, **P0**: poids final (après incinération),

P1: poids du creuset contenant les cendres



Chapitre II
Résultats et Discussion

1- Les caractéristiques du sol

L'analyse des résultats concernant les propriétés du sol montrent que le PH est égal à $(8,1 \pm 0,11)$ (Tab.1). Les valeurs obtenues reflètent un sol de nature alcaline (**Baize et Jabiol, 1995**) (Tab.6, Annexe,2). Cette alcalinité s'explique par la forte charge de calcaire existant dans le sol de la région (**Durand, 1969**). En effet, les résultats de notre expérimentation décelés à partir de l'analyse du calcaire dans le sol, montrent une valeur moyenne en ce paramètre de l'ordre de $(57,29 \pm 9,15 \%)$ (Tab.1) qui, en effet annonce et confirme que le sol est très fortement calcaire (**Baize, 2000**) (Tab. 8. Annexe,2). La forte teneur en calcaire du sol explique les valeurs élevées du PH obtenus.

Les travaux menés par (**Azri et Belgacem, 2018**) dans la même forêt de Bekkaria montrent un PH de $(8,01)$, une valeur proche à celle trouvée dans notre étude. Les résultats de **Bouzidi (2016)** confirment la nature calcaire du faciès et la nature alcaline du sol de la région étudiée. Dans le même ordre d'idée, (**Azri et Belgacem, 2018**) en évaluant la teneur du calcaire dans le sol de la région de Bekkaria toujours, trouvent une valeur proche $(39,62 \%)$ à celle trouvée dans notre expérimentation. Ces retrouvailles s'ajoutent à nos observations et montrent effectivement que le sol est fortement calcaire.

Des études similaires ont montré que les sols ayant les valeurs de PH élevées ont des teneurs élevées en carbonate.

Les résultats obtenus par (**Cheikh, 2018**) et (**Bouhanna, 2011**) ont montré dans un sol forestier respectivement les valeurs de PH suivantes $(8,41)$ et $(8,47)$. Alors que, contrairement à nos observations concernant le calcaire (**Bouhanna, 2011**) note une valeur très faible de $(6,79\%)$.

La teneur de la conductivité électrique (CE) notée est de $(338,8 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 20,87)$ (Tab.1). Cette valeur annonce que le sol est non salé (**Mathieu et pieltain, 2003**) (Tab.7, Annexe,2), ces résultats se rapprochent à ceux de trouvés par (**Azri et Belgacem, 2018**) qui obtiennent une conductivité proche égale à $(210,33 \mu\text{S}/\text{cm})$. De son côté aussi **Cheikh, (2018)** a obtenu une conductivité de $(120 \mu\text{S}/\text{cm})$ dans un sol forestier.

Il est connu qu'une conductivité très forte s'associe à un excès de sel minéraux (**Vilain, 1997**). On attribue la faible teneur de sel dans notre sol de prélèvement, à l'effet des fortes pluies et neige qui ont caractérisé la région pendant le mois de février, le mois qui correspond à notre échantillonnage (**La date du 22-02-2019**).

On soupçonne ainsi, un effet de lessivage qui a entraîné les sels à partir des couches supérieures du sol vers les couches inférieures, à savoir que, notre prélèvement a été fait dans la couche supérieure à une profondeur de 20 cm.

Les résultats concernant les nitrates ($0,18 \pm 0,01$ %)(Tab.1) mettent en relief que le sol est effectivement pauvre en ces sels (**HENIN, 1969**)(**Tab.10,Annexe,2**), cette observation confirme les résultats de CE qui montrent que le sol de la région est pauvre en sels.

Les nitrates sont des sels qui sont très influencés par l'effet des pluies (**Heller, 2003**). On peut dire que les fortes pluies ont conduit à un appauvrissement du sol en sels, notamment les nitrates qui sont des sels très lessivables. Selon **Carrier et Bernier, (1971)** les pertes d'azote par volatilisation en forêt de pin gris est estimée à 28% de l'azote total pour une durée de six semaines.

D'un autre coté, la forte quantité du calcaire dans le sol aurait un effet directe sur l'augmentation du PH, et un effet indirecte sur la nitrification. A PH élevée, il s'établie une légère nitrification causée par une diminution dans l'activité des bactéries nitrifiantes (**Le tacon, 1978**).

Bouhanna, (2011) confirme par ses résultats, que la diminution d'azote dans le sol est relief aux conditions climatiques ; cette autre décelé une valeur de (0,0805 %).

Les résultats de l'humidité($41,6 \pm 7,22$ %)(Tab.1) montrent une teneur assez importante qui révèle une bonne rétention d'eau dans le sol de la région, une rétention qui est en relation étroite avec le type de texture du sol et surtout avec l'abondance de la matière organique existante dans le sol. La matière organique joue le rôle d'une véritable éponge qui retient l'eau dans les pores du sol (**Majou, 2007**).

Azri et Belgacem, (2018) confirment par leur résultats (34,9%),le taux élevé d'humidité obtenue dans notre essai. Ces auteurs considèrent de leur coté aussi que l'humidité du sol étudiée est très importante. On peut dire que la bonne rétention d'eau dans le sol revient en premier lieu, à sa richesse en matière organique et en deuxième lieu au rôle déterminant de la couronne du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) qui joue un effet important dans la réduction de l'évaporation causée par l'ombre que ces arbres installent dans la forêt (**Maestre et al, 2003**).

Smati et Bakhouch, (2018) obtiennent dans leurs essais sur le sol de la même région une humidité de (35,21%) ; ainsi l'humidité décelée confirme aussi nos résultats. Corroborant avec nos résultats **Cheiakh, (2018)** a obtenu aussi un résultat très élevé en humidité de l'ordre de (67,9%).

Dans notre essai, la teneur de la matière organique ($5,67 \pm 0,32$ %)(Tab.1) est très forte(**I.T.A, 1975**) (**Tab.9, Annexe, 2**). L'abondance de la matière organique revient à la richesse de la litière qui par sa décomposition libère dans le sol les matières organiques à base de carbone (**Duprarque et Rigalle, 2011**). La présence de calcaire dans le sol

aussi de son côté provoque aussi une augmentation dans la teneur en matière organique total (Le tacon, 1978).

A travers ces résultats il est clair que l'abondance du carbone dans le sol contribue à améliorer les caractéristiques physiques du sol. En effet les observations relatives à la densité apparente le montre.

La valeur décelée pour la densité apparente ($1,16 \pm 0,105\text{g/cm}^3$)(Tab.1)est faible Cette faible valeur moyenne traduit à une bonne porosité (Cheiakh, 2018). A savoir qu'il y'a une relation inverse entre la densité apparente et la porosité du sol. Une valeur faible dans la densité apparente signifie que la proportion des vides est importante. Ainsi les agrégats du sol sont bien agencés par la matière organique qui joue le rôle d'un véritable ciment d'agencement (Mc. Bride et al, 1989).

Tableau 1 : Analyse physico-chimique du sol

Paramètres	PH	CE μS /cm	Carbone%	Calcaire Totale %	Densité Apparente g/cm ³	Humidité %	NO3- %
Valeurs moyennes	8,1±0,11	338,8±20,8	5,67±0,32	57,29±9,15	1,16 ± 0,105	41,6 ± 7,22	0,18±0,01

PH= Potentiel d'hydrogène, CE= conductivité électrique, C= carbone, CT= calcaire totale
Da=la densité apparente, HE= humidité, NO3-= les nitrates

2- A propos de La litière

2- 1 Les composantes de la litière

La litière représentée par l'ensemble des **feuilles** est de ($30,48 \pm 9,21 \text{ g/m}^2$), les **écorces** ($22,96 \pm 4,03 \text{ g/m}^2$) , les **rameaux** ($34,47 \pm 10,28 \text{ g/m}^2$), les **cônes** ($25,42 \pm 7,59 \text{ g/m}^2$) et les **autres composantes** ($2,41 \pm 0,54 \text{ g/m}^2$); tous ces éléments en se dégradants enrichissent le sol de la forêt en matière organique avec une teneur de ($2,63 \pm 0,40 \%$)(Tab . 2).

Dans cette présente étude, les valeurs totaux des rameaux et des feuilles des cinq profils sont les plus élevées, c'est-à-dire que la pinède contient un grand nombre de feuilles et de rameaux, ces derniers tombés sur terre par le changement climatique (saison l'hivernale) . Il faut dire aussi, que la forêt de Elkhangua est dominée par les arbres du pin d'Alep, des gymnospermes qui produisent beaucoup de feuilles et de rameaux ; selon **Kadik, (1987)** le pin d'Alep recouvre 60% des forêts algériennes. Ces forêts produisent une masse très appréciable de feuilles et rameaux. Par contre les valeurs des cônes et des écorces sont moyennes, il est possible que l'espèce animale est la cause directe de cette diminution.

La présence des **autres composantes (matières totalement non discernables avec les déchets des animaux)** sont des plus faibles valeurs (2,417±0,54) g, peut-être à cause de leurs décompositions dans le sol.

Tableau 2 : Classification de la litière

La litière Prélèvements	Feuilles (g/m²)	Ecorces (g/m²)	Rameaux (g/m²)	Cônes (g/m²)	Autres (g/m²)	Totale (g)
Profile 1	60	17	19,83	9	0,17	106±23
Profile 2	29	10,30	30	29	0,519	98,83±13,55
Profile 3	25,9	50	28,56	37	0,6	142,06±18,16
Profile 4	21,5	13	29,5	15,63	0,8	80,43± 10,63
Profile 5	16	24,5	64,5	36,48	10	151,48±21,55
\bar{X}	30,48±9,21	22,96 ±4,03	34,47±10,28	25,42±7,59	2,41± 0,54	115,76 ±29,99

Autres= (Les graines des autre plantes, les déchets des animaux, etc. ..)

2- 2 -La matière organique de la litière

La matière organique de la litière varie pour les cinq profils entre la valeur (2,38±0,20) et (3,12±0,61) (Tab.3) ; des teneurs très importantes qui jouent un rôle primordiale dans l'amélioration de la fertilité du sol, et expliquent les taux élevés du carbone testés dans le sol.

Tableau 3: La matière organique de la litière

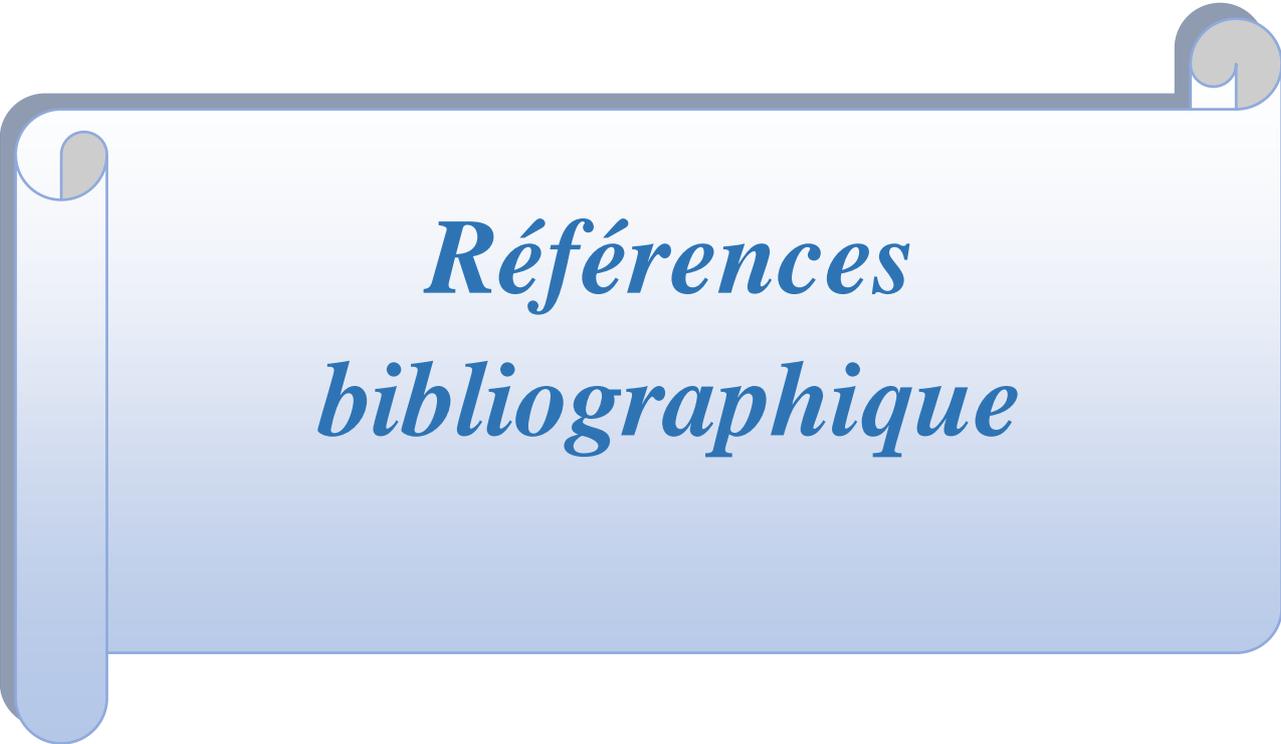
Profils	1	2	3	4	5	\bar{X}
La teneur de la matière organique	3,12±0,61	2,48±0,42	2,99±0,32	2,18±0,31	2,38±0,20	2,63±0,40



Chapitre III
Conclusion et Perspectives

En conclusion les résultats obtenus révèlent que :

- La région de Elkhengua (Bekkaria) se caractérise par une forte litière riche en matière organique. La litière contribue à l'amélioration de la fertilité physicochimique du sol, qui se résume en une forte teneur en carbone. avec une diminution claire de la densité apparente qui traduit une bonne porosité.
- Le sol de ce site est un sol alcalin, très fortement calcaire, pauvre en sels des nitrates.
- La présence du pin d'Alep semble avoir un effet sur les paramètres étudiés, il contribue à maintenir une bonne humidité.
- Il reste à dire que cette modeste étude doit être complétée par d'autres travaux supplémentaires qui confirment nos retrouvailles. Aussi, relier la teneur du carbone séquestrée dans le sol avec celle de l'air et déduire son effet sur le réchauffement climatique.



*Références
bibliographiques*

A

Azri et Belgacem , (2018). Contribution a l'étude de l'effet de pin d'Alep sur la nature du sol dans la région de Tébessa.

B

Baize,D et Jabiol, B. 1995. Guide pour la description des sols : Techniques et pratiques.

Baise D., 2000. Guide Des Analyses En Pédologie 2ème (Ed). I.N.R.F. Paris.172

Bentouati A., 2006 – Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill.*) du massif de Ouled Yagoub (Kenchela-Aurès). Thèse de Doctorat. AGRO BATNA. 116 p.

Bouhanna.A, (2011) Effet de la mise en culture d'une Fabaceae fourragère : la luzerne (*Medicago Sativa L.*) sur quelques paramètres physico-chimiques du sol cas de HASSI BEN ABDALLAH /OUARGLA .

Bouzidi.A., (2016) .Géologie des phosphates de kouif (Tébessa : Algérie Orientale):Etude petro-minéralogique et granulométrique.

Brosse jacques, 2001. Larousse des Arbres : préface de Jean-Marie Pelt . Paris . Larousse, 576p

C

Carrier D , Bernier B, (1971) les pertes d' azote par volatilisation en foret de pin gris , Canadian Journal of forest Research Vol 1 No 2 PP 69 79.

Cheiakh., (2018). Valorisation des déchets de palmier dattier, étude de leurs effets sur quelques paramètres physico-chimiques du sol, région de Biskra,31.32. 33p

Criguet S., Tagger S., Vogt G., Le Petit J., 2002. Endoglucanase et B glycosidase activités dans une litière a feuilles persistantes annuel variation et régulateur factor.Soil Biology & Biochemistry, (34), 1111-1120.

D

Diallo M. D., Ndiaye O., Diallo A., Mahamat-Saleh M., Bassene C., Woos S., Diop A., Guisse A., 2015a. Influences de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la diversité floristique des herbacées dans la zone du Ferlo(Sénégal). International Journal of Biological and Chemical Sciences, (9), 803-814.

Duponnois R., Founoune H., Masse D., Pontanier R.,2005. Inoculation d'Acacia holosericea Avec champignons ectomycorhiziens dans un site semi-aride.

Duprarque , A., Rigalle, P .,2011. Composition des MO et Turn Over Rôle et fonction des MO. Acte du colloque <<Gestion de l' état organique des sols 27 Janvier 2011 ; Agrotransfert

Durand, M .1969 Les sols d'Algérie Annale de Géographie E 42 ; No 239 pp 56 – 58.

H

Heller, R., Esnault, R., Lance, C, 1998. Physiologie végétale Tome I Nutrition.6 eme Ed Dunod 315 p.

Henin S.,Monnier G, 1969. Le profil cultural l'état physique du sol et ses conséquences agronomiques, Ed, Masson, 2ème édition, 332p

I

ITA. (1975). Méthodes d'analyses chimiques et physiques du sol. Laboratoire du sol. ITA, Mostaganem.

K

Kadik, B . 198. Contribution à l' étude du pin d' Alep En Algérie . Ecologie Dendrométrie Morphologie ; Office des publications Universitaires (Alger) 585p.

L

Le Tacon, F. 1978. La présence du calcaire dans le sol / Influence sur le comportement du Pin Noir ; Annale de sciences forestières INRA : EDP science 165- 174p.

M

Majou AH. L. Etude des propriétés de rétention en eau des sols argileux 5^{eme} Colloque du groupe Français des Argiles 18- 19 Avril 1007 Mulhouse

Mathieu, C. , Pielain, F., (2003). Analyse chimique des sols: Méthodes choisies. Tec & doc. 317 p.

MC .Bride, R.A., Martin,H. ET Kennedy, B. (1989) . La compaction du sol. Fiche technique, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Ontario, Canada.

Mezali, M., 2003. Rapport sur le secteur forestier en Algerie 3eme session du Forum des nations Unis sur les forets 9p.

Mustin M., 1987.Le composte, gestion de la matière organique. Ed. François Dubusc. Paris.

N

Niang. k., ndiaye O., Diallo A.,Guissi A., 2014. Flore et structure de la végétation ligneuse le long de la Grande Muraille Verte au Ferlo, nord Sénégal. Journal of Applied Biosciences, (79), 6938-6946.

O

Omeiri. N., (2016)contribution à la définition d'une approche de lutte contre la dégradation des sols des oasis Algériennes : cas de l'oasis d'Ouargla. Thèse de doctorat. Université Khasdi Merbah. Ouargla. 226p. Pédologie Biologie des sols » 3^o édition revue. 165p.

R

Rejsek.F., (2002).Analyse des eaux. Edition ressources pour l'éducation nationale. Bordeaux. Cedex. France

S

Singh.G., Singh B., Kuppusamy V., Bala N., (2002) Variation de la composition du feuillage et du sol dans les forets d'Acacia Western Rajasthan, (128), 514-521

Slimani. R., (2006). Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnementaux dans la région de Ouargla: Cas des eaux de rejets (agricoles eturbaines). Mémoire de magister. Université d'Ouargla. 81p.

Smati et Bakhouch , (2018) .Les ilots de fertilité autour du figuier de Barbarie (*Opuntia ficusindica*L. Miller) améliorent-ils les taux de matière organique et d'humidité dans le sol environnant.

T

Timbal, J., Bonneau, A ., 2006 . Recommandations pour la présentation des catalogues de stations forestières .Paris . Ministère de L'agriculture . Direction des forets 41p

V

Vilain, M.,1997. Production végétale : les composantes de la production Volume 1.3 eme Edition Tec et Doc - Lavoisier 480p.



Annexes

Annexe 01: Données climatique de Tébessa (1972-2018)

Tableau 04 : Moyennes mensuelles des températures de Tébessa (1972-2018)
(Station météorologie de Tébessa).

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
1972	5,6	7,4	10	9,8	14,3	21,4	24,1	23,2	19,8	13,7	10,7	5,7	13,81
1973	4,4	4,8	5,6	10,5	19,9	23,1	26,9	23,6	21,7	17,1	9,3	6,3	14,43
1974	6,2	6,4	9,8	10,8	15,6	23,5	23,9	24,1	20,8	13,3	9,1	5,9	14,12
1975	5,9	6	8,5	11,9	16,4	21,3	25,4	23,2	22,7	14,2	9,2	7,4	14,34
1976	5,2	6,6	7,4	11,8	16	20	23,6	23,8	19,9	15,4	7,8	8,2	13,81
1977	8	9,8	11,8	12,9	17,5	21,8	27,8	24,6	19,8	16,6	11	7,9	15,79
1978	5,1	9,8	9,2	12,7	17	23	25,5	24,6	20,4	12,6	7,9	9,8	14,80
1979	9,8	8,6	10,5	10,2	16,7	22	26,1	25,2	18,8	17,6	8,4	7,4	15,11
1980	5,8	7,3	9	10,3	14,9	22,4	24,9	25,7	21,7	14,2	11	4,5	14,31
1981	3,9	6,3	12,4	15,2	19	23,3	24,5	24,1	20,7	17,3	9,2	9,7	15,47
1982	7,7	7,4	9,2	11,8	17	24,2	28	25,9	21,5	15,9	10,8	5,7	15,43
1983	4,7	6,7	9,3	15,3	18,9	22,5	27,1	26	21,6	15	12,2	7,2	15,54
1984	6,1	6	8,5	13	17	23,1	26,1	25,1	20,6	14,5	12	6,4	14,87
1985	5,4	10,4	8,3	14,2	16,9	25,1	27,7	25,6	20,4	15,7	13	8	15,89
1986	6,3	8,1	9,4	13,7	19,9	22	25	26,8	21	16,6	10,2	6,4	15,45
1987	6,3	7,7	8,8	14,3	16,7	24,3	26,7	27,9	23,6	19,3	10,7	10,5	16,40
1988	8,2	7,4	9,9	14,8	20,5	22,5	28	26,7	20,6	18,2	11,6	5,8	16,18
1989	5,4	7,2	11,5	13,7	18,2	20,9	25,6	26,1	22,2	15,5	13,4	10,7	15,87
1990	6,1	10,4	10,4	12,7	17,2	25,1	24,9	22,5	24,1	20	11,5	5,5	15,87
1991	5,5	6,8	11,6	10,4	14,2	21,9	26,3	25,6	21,8	16,7	10,6	5,5	14,74
1992	4,7	6,7	9,4	11,8	16,3	20,9	23,9	25,7	21,9	18	12,1	7,8	14,93
1993	5,2	5,6	8,7	13,9	19,2	24,8	26,8	27	22,3	19,1	11,1	7,7	15,95
1994	7,5	8,91	11,9	11,8	21,9	24,2	27	28,6	23,6	16,7	13,2	8,1	16,95
1995	5,7	10,3	9,2	12,7	20,1	22,9	27,1	24,6	21,1	16,3	11,3	9,8	15,93
1996	9,1	6,3	10,1	12,4	18,2	20,8	25,9	26,6	20,3	15	12,4	10,2	15,61
1997	8,7	9,3	9,3	12	20,4	26,6	27,5	25,2	20,5	17	11,8	8,5	16,40
1998	7,2	8,2	9,8	15,1	17,7	24,6	27,8	25,7	23,2	15	10,2	6,3	15,90
1999	7,1	5,8	10,2	14,9	22,1	25,8	26,2	28,9	23,6	19,2	11,1	7,1	16,83
2000	4,1	7,8	11,7	16,1	21	22,4	27,5	26,8	22,1	15,9	12,8	9,4	16,47
2001	8	7,5	15,6	14	19,6	25	28,4	27,1	22,3	21,1	11,8	6,8	17,27
2002	6,3	9	12,5	15	19,4	25,1	26,6	24,9	21,2	17,8	12,2	8,8	16,57
2003	6,9	6,1	10	14,1	18,9	25,2	29,2	27,4	21,5	19,6	12,3	7	16,52
2004	6,9	9,6	11,2	12,8	15,9	22,4	26,2	27	20,8	20,5	10,2	8,1	15,97
2005	4,5	4,9	11,2	14,2	21,1	23,7	28,5	25,9	21,6	17,8	12,1	6,5	16,00
2006	4,9	7,2	11,8	16,6	21,3	24,8	26,5	25,9	21,4	19	12,1	7,9	16,62
2007	8,8	9,2	9,7	13,5	18,5	25,3	26,5	26,7	22	17,6	10,5	6,9	16,27
2008	7	8,3	10,9	15,5	19,3	23,4	28,7	27,2	22,2	16,9	10,1	6,3	16,32
2009	11	6,4	9,7	11,5	19	24,2	28,7	26,8	21	15,7	12,4	10,7	16,43
2010	8,3	10,1	13,1	15,9	17,4	24	27,2	27,1	21,7	16,8	11,9	8,8	16,86
2011	7,6	6,4	9,5	14,8	17,4	22,4	27,5	27	23,5	15,7	12,3	7,9	16,00
2012	5,9	4,1	10,5	14,4	19,3	27,1	28,8	28,8	22,4	19,3	14,2	8,8	16,97
2013	7,2	6,7	12,9	15,7	18,8	23,1	27	25,4	22,6	21,3	10,9	7,2	16,57
2014	7,8	8,9	8,7	15,2	19	23,6	27,4	28,3	24,6	19,1	14	7,9	17,04
2015	6,4	5,9	9,8	15,1	20,15	22,7	27,05	26,2	22,05	18,15	11,65	8,25	16,11
2016	8,85	10,3	10,8	17,4	19,45	23,9	26,6	25,25	21,45	19,6	12,3	9	17,08
2017	5,4	9,75	12,15	13,45	20,85	25,35	32,35	28,1	22	15,7	10,7	6,8	16,88
2018	8,6	7,45	12,55	13,34	18,21	24,22	29,45	26,33	20,22	16,5	9,3	6,4	17,33
Moy	6,62	7,61	10,30	13,48	18,39	23,43	26,76	25,97	21,67	17,03	11,24	7,68	15,84

Tableau 05 : Moyennes mensuelles des précipitations (mm) Tébessa (1972-2018)

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Cumul
1972	71,9	25,1	34,9	95	26,4	47,7	11,1	8,4	36,9	99,3	11,2	34,9	502,8
1973	46	42,7	171,1	31,3	44,7	65,5	5,3	36,4	16,3	12,9	6	94,4	572,6
1974	14	28,3	29,3	50,2	10,4	24,8	4,5	12,1	27,1	37,9	18,5	14,2	271,3
1975	23,4	67,8	33,6	21,6	66,6	0	25,4	23,7	26,1	11	74,3	6,2	379,7
1976	22,4	38,2	49,1	32,4	25,8	59	27,3	39,3	25,1	23,1	134,5	10,3	486,5
1977	14,7	66	45,1	40,4	38,2	9,1	15	19,4	11,2	3,3	46,7	3,9	313
1978	3,9	54,7	102,5	23	23,9	3,9	0	50,1	5,4	26	20,4	3,6	317,4
1979	10,3	44,6	40,3	89,4	22,7	27,7	0	11,7	116,1	18,5	21,3	1,7	404,3
1980	33,7	29,8	76,8	28,1	41	4,3	2	3,4	65,8	3,7	24,1	47,5	360,2
1981	13,4	18,8	24,1	11,7	35,8	72,4	3,6	4,1	37,3	23	1,9	15,3	261,4
1982	21,8	45,6	12,4	56,2	80,1	8,5	3,7	15,5	12	58,5	50,3	24,7	389,3
1983	2,8	7,3	18,1	5,7	30,4	42,7	0,7	31,5	3,9	31,7	17,9	12,2	204,9
1984	18,9	92,4	24	24,1	4,3	6,8	0,2	15,4	27,2	26,2	19,1	51	309,6
1985	25,7	11,3	54,5	26,4	65,2	27,2	2,4	6	50,8	23,1	3,5	13,5	309,6
1986	31,1	14,3	83,1	2,5	35,8	15,2	51	13,1	24,4	28,7	44,7	20,7	364,6
1987	10,2	27,4	62,6	13,2	25,1	4,2	33,7	5	15,5	18,7	33,8	9,2	258,6
1988	23,7	4,2	35,8	31,6	55,6	62,1	8,3	6,5	21,4	20,6	35,1	35,4	340,3
1989	18,3	17,4	14	16,3	8,4	57,3	8,7	99,3	44,6	12	10,8	8,7	315,8
1990	83	0,2	34,8	43,1	66,9	17,1	15,2	136,6	53,3	22,4	99,8	64,9	637,3
1991	30,3	12,8	54	43	67,8	14,4	6,4	65,6	74,7	34,4	44,3	14,2	461,9
1992	34	29,9	24,3	43,6	82	23,2	13,4	4,5	51,2	28,4	61,6	48,4	444,5
1993	9,3	27,9	21,4	2,6	31,1	12,8	20,1	1,8	22,7	3,8	16,8	28,7	199
1994	31	23,9	19,4	23,3	41	2,4	4,5	11	7,2	66,8	0,6	6,8	237,9
1995	24,7	3	32,3	22,1	7,4	37,9	1,7	44,1	149,7	39,7	26,6	18,2	407,4
1996	24,9	72,9	56,3	49,8	30,2	38,9	13,2	30	12,4	4,1	1,2	15	348,9
1997	31,6	7,1	18,9	46,8	16,1	10,3	20,2	23,7	64	72,5	45,2	21,5	377,9
1998	22,3	10,2	28,7	29,2	16,7	31	0	15,2	78,6	36,2	55,1	14,5	337,7
1999	56,4	11,7	45,6	15,4	30,9	16,9	18,9	33,7	22,1	81,5	64,6	34,5	432,2
2000	3,7	4,1	10	14,7	86,5	76,4	21,6	18,8	51	18,3	17	13,7	335,8
2001	27,1	15,8	15,1	2,7	49,3	2,4	7,6	1,4	55	1,7	23,3	7,1	208,5
2002	17	11,8	5,2	29	40,6	13,3	58	84,7	36,5	38	76,4	30,3	440,8
2003	100,4	38,9	18	97,8	29,2	9,5	2,8	12,1	7,2	45,5	17,5	168,4	547,3
2004	20,6	3,2	72,6	29,4	39,4	91,6	16,4	44	19	26	117	66,9	546,1
2005	29,2	34	24	20,4	1,2	31,5	1,4	46,6	33,3	94,1	31,6	77,3	424,6
2006	34,9	14,4	5,5	43,6	37,6	26,9	8,4	26	6,4	12	3,7	63,2	282,6
2007	5,2	11	61	59,1	16,8	98,2	30,2	54,4	49,7	15,4	9,3	28,7	439
2008	6,1	7	36,4	28	67,4	12,9	4,3	18,7	84,9	52	12,8	47,1	377,6
2009	76,9	11,6	26,7	111,9	65,9	0	23	12,7	96,7	2	2	7	436,4
2010	38,7	3,1	13,1	79,3	35	25,9	20,2	2,4	77	17	55,1	5,5	372,3
2011	26,5	66,7	60,6	43,4	47,2	28,4	54,2	10,2	3	86,1	34	8,9	469,2
2012	46,4	57,2	39,4	24,1	27,8	2,1	3,5	35,5	41	51,9	13,2	2,6	344,7
2013	20,1	8,6	25	33,4	9	0,7	14,8	26,5	46,8	38,7	40	38,4	302
2014	38,7	48,4	27,9	2,3	19,9	29	22,5	8,7	49,3	7,1	43,2	39,5	336,5
2015	30,4	66,7	42,7	1,3	20,7	66	38,4	72,4	45,8	30,3	55,9	0	470,6
2016	13,4	4,3	32,3	18,1	37,7	2,7	0,8	13,6	30	49,3	18,7	65,8	286,7
2017	23,4	8,7	10,5	46,7	32,8	17,6	14,3	10	41,2	49	32,8	8,6	295,6
2018	0,7	73,2	20,3	40,3	30,27	20,22	0,6	11	32,3	49,1	30,1	3,6	283,7
Moy	27,94	28,17	38,16	34,85	36,84	27,79	14,32	27,52	40,80	32,66	34,64	29,42	373,11

Annexe 02 :

Tableau 06: Le PH référentiel pédologique (Baize et Jabiol, 1995)

Appréciations	Hyper acide	Très Acide	acide	Faiblement acide	neutre	Basique	Très Basique
pH H₂O	pH <3,3	3,5 < pH <4,2	4,2 < pH <5	5 < pH < 7,5	6,5 < pH <7,5	7,5 < pH <8,7	>8,7

Tableau 07: Classification de la Conductivité (CE) (Mathieu et Pielain, 2003)

Conductivité (mmhos/cm)	0,6	1	2	3	4
CE(1/5)	Non sale	Légèrement sale	sale	Très sale	Extrêmement sal

Tableau 08: Classification du sol selon la teneur CaCO₃ (Baize, 2000)

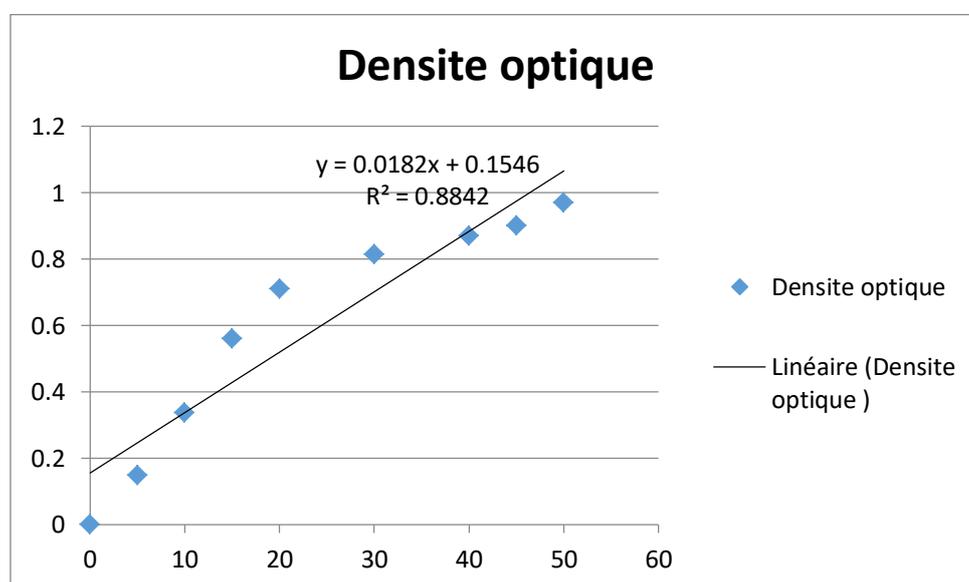
Type de sol	Pourcentage en CaCO₃ (%)
Non calcaire	< 1
Peu calcaire	1-5
Modérément calcaire	5-25
Fortement calcaire	25-50
Très fortement calcaire	50-80
Excessivement calcaire	> 80

Tableau 09: Norme d'interprétation de la matière organique (I.T.A, 1975)

Sol	Taux de matière organique (%)
Très pauvre	< 1
Pauvre	1-2
Moyen	2-4
Riche	> 4

Tableau 10: Les échelles d'interprétation des nitrates (Henin, 1969)

NT (%)	Sol
NT < ou = 0,5	Très pauvre
0,5 < NT < 1	Pauvre
1 < NT < 1,5	Moyen
NT > 1,5	Bien pauvre

**Figure 06:** Courbe d'étalonnage pour les nitrates