

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



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

Par : **ADJILA Imane**

Thème

**Caractérisation physico-chimique de la matière
organique dans la région de Noumerate
(Wilaya de Ghardaïa)**

Soutenu publiquement le : 23/05/2017

Devant le jury :

M. ALIOUA. Y	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
M. ALI TATAR. B	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadreue
Mlle. DAREM. S	Chercheure	Univ. Annaba	Co-encadreur
M. BENKHERARA. S	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2016/2017

Remerciements

Après avoir terminé ce travail, je remercie notre Dieu qui donné mois la force pour terminé cette travail. Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ceux, qui m'ont apporté leur soutien et leur conseil.

En présentant ce travail, nous tenure aussi à remercier M.ALI TATAR B notre promoteur, pour ces services, sa disponibilité et ses conseilles pour la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier co-promotrice Melle DAREM S pour son aide et ces conseils.

Je remercie également M. ALIOUA Y et M. BENKHERARA S Pour la plaisir qu'ils ont fait en voulant bien juger notre travail, ainsi que pour leur remarque, leur motivation et leur critique constructive.

Mes vifs remerciements s'adressent également à tous mes enseignements sans exception.

Mes vifs remerciements vont aussi au personnel du laboratoire et d'administration du département de biologie de l'université de Ghardaïa

Mes vifs remerciements vont aussi au personnel du conservation des foretes.

Sans oublier de remercier les étudiants de deuxième année master écologie, de la promotion 2017.

En fin à tous ceux qui ont contribué, de pré ou de loin, à ma formation universitaire, j'exprime ici ma profonde reconnaissance, et je leur dit merci plusieurs fois.

Dédicace

*A celle qui ma donnée la vie et que ma vie n'est rien sans elle, à ma
tendre Omi, qui m'a soutenu d'amour et de bonheur ; tout ce que je
suis,*

je le dois à elle.

*Abi, le soleil de ma vie, l'homme le plus affectueux celui qui a
sacrifié sa vie et a tout donné pour que je puisse atteindre mon but.*

Qu'il trouve ici ma vive gratitude.

Que Dieu me les protège.

*A mon grand mère AZZAOUI Fatna qui dés notre jeune âge a
souhaite voir ses decent des laurets helas la mort est un destin
inatenduest venue trop tot.*

*A mon grand père ADJILA Ahmed et grand mère CHRAA Aicha
Seigneur les sauver et scruta agé*

*Mes chers frères ABDELBASSET et SALAH et ABDENOUR pour
son encouragement indéfectible*

Toute ma famille « ADJILA »

*A tous mes amis et spécialement :Khadidja ,Radia , Fatima
et tous ceux qui me sont chers et que
j'ai omis de citer*

*J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance
et tout mon Amour.*

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Apport annuel d'éléments nutritifs (N, P, K, Ca, Mg) dans quelques Forêts de divers climats (en kg/ha).	07
02	Températures mensuelles moyennes, maximal et minimal de Ghardaïa en (2007-2016).	42
03	Précipitations mensuelles exprimées en mm en (2007-2016) à Ghardaïa.	43
04	Humidité relative mensuelles exprimées en % en (2007-2016) à Ghardaïa.	43
05	Vitesses mensuelles des vents exprimées en m /s en (2007-2016) relevées dans la station météorologique de Ghardaïa.	44
06	Evaporation moyenne mensuelle exprimées en mm/an durant l'année (2007-2016) à Ghardaïa.	45
07	Insolation moyenne mensuelle exprimées h durant l'année (2007-2016) à Ghardaïa.	45
08	distribution des différents types des constituants de la litière de 1ère relevé	66
09	distribution des différents types des constituants de la litière de 2ème relevé.	68

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Principes généraux de l'évolution de la matière organique du sol SOLTNER1996 (in GOBAT, 1998).	20
02	Présentation de l'effet des différents d'amendements organiques sur la stabilité structurale (MONNIER in ABIVEN, 2004).	23
03	Valeurs Comparatives entre la CEC des argiles et des matières organiques (GOBAT et al. ,1998).	24
04	Action de l'humus sur le point de flétrissement et la capacité de rétention de l'eau pour différentes textures de sol (SOLTNER, 2003).	25
05	Action des matières organiques sur les propriétés du sol (SOLTNER ,2003).	27
06	Superficies des différentes communes de la wilaya de Ghardaïa.	35
07	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Ghardaïa en (2007-2016).	46
08	Etage bioclimatique de Ghardaïa selon Climagramme d'EMBERGE (2007 -2016).	47
09	<i>Acacia tortilis</i> subsp. <i>raddiana</i> : (A) branche fleurie x 0,8;(B) gousse 0,8; (C) graine 2,4; (D) détail de la feuille x 4; <i>Acacia tortilis</i> subsp. <i>raddiana</i> : (E) branche fleurie x 0,8; (F) gousse x 0,8.(GROUZIS et LE FLOC'H, 2003).	59
10	Echelle de salure en fonction de la conductivité de l'extrait aqueux au 1/5 : relation de Richards in Aubert (1978).	62
11	Triangle des textures minérales.	63
12	présentation de la méthodologie globale de travail.	64
13	Fraction de la litière de la relevée N° 01.	67
14	Fraction de la litière de la relevée N° 02.	68
15	Histogramme comparatif sur l'humidité hygroscopique du mélange de la litière pour deux espèces (<i>Casuarina equisetifolia</i> (R1) et <i>Acacia</i> <i>raddiana</i> (R2)).	69
16	variation du pH de mélange pour la litière de deux espèces forestières.	70
17	Profil salin de la litière mélange de deux espèces.	70
18	évolution de taux de matière organique pour le mélange de la litière	71

	de deux espèces forestières (R1 et R2).	
19	évolution de taux de carbone organique pour le mélange de la litière de deux espèces forestières (R1 et R2).	72
20	Graphe représenté le taux d'humidité hygroscopique du les fractions de la litière de deux relevé (R1L1 et R2L1).	73
21	profil de pH eau de la litière (R1L1 et R2L1).	73
22	profil de CE ds /m de la litière (R1L1 et R2L1).	74
23	évolution de taux de matière organique de la fraction de la litière de deux espèces forestières (R1L1 et R2L1).	74
24	évolution de taux de carbone organique de la fraction la litière de deux espèces forestières (R1L1 et R2L1).	75
25	Graphe représenté le taux d'humidité hygroscopique du les fractions de la litière de deux relevé (R1L2 et R2L2).	75
26	profil de pH eau de la litière (R1L2 et R2L2).	76
27	profil de CE ds /m de la litière (R1L2 et R2L2).	76
28	évolution de taux de matière organique de la fraction de la litière de deux espèces forestières (R1L2 et R2L2).	77
29	évolution de taux de carbone organique de la fraction la litière de deux espèces forestières (R1L2 et R2L2).	77
30	Graphe représenté le taux d'humidité hygroscopique du les fractions de la litière de deux relevé (R1L3 et R2L3).	78
31	profil de pH eau de la litière R2L3.	78
32	profil de salin de la litière R2L3.	79
33	évolution de taux de matière organique de la fraction de la litière de deux espèces forestières (R1L3 et R2L3).	79
34	évolution de taux de carbone organique de la fraction la litière de deux espèces forestières (R1L3 et R2L3).	80
35	Type de texture de sol forestière (R1L2 et R2L2).	80
36	Type de texture de sol forestière (R1L3 et R2L3).	81
37	Graphe représenté le taux d'humidité hygroscopique du sol forestière de deux relevé (R1 (L2, L3) et R2 (L2, L3)).	81
38	profil de pH eau et pH kcl du sol forestière R1 et R2.	82
39	profil de salin de sol forestière R1 (L2L3) et R2 (L2L3).	82

40	évolution de taux de matière organique du sol forèstièrè de deux espèce <i>Casuarina equisetifolia</i> (R1) et <i>Acacia raddiana</i> (R2).	83
41	évolution de taux de carbone organique du sol.	84

Liste des Cartes

Carte	Titre	Page
01	Découpage et limites administratives de la wilaya de Ghardaïa (BEN KENZOU et <i>al.</i> , 2007)	34
02	Géomorphologie de la région de Ghardaïa (ATLAS, 2005)	36
03	Vue aérienne de la Chebka du M'zab (A.N.R.H., 2013)	38
04	Bassin versant de la région d'Oued M' Zab (A.N.R.H., 2013)	40
05	Aire de répartition d' <i>Acacia tortilis</i> ssp. <i>Raddiana</i> (GROUZIS et LE FLOC'H 2003).	57

Liste des photos

Photo	Titre	Page
01	localisation de site d'étude (Google Earth, 2017).	54
02	Forêt de plante <i>Casuarina equisetifolia</i> (originaire).	56
03	Echantillonnage de <i>Casuarina equisetifolia</i> (originaire).	56
04	Plante d' <i>Acacia raddiana</i> (originaire).	61
05	Echantillonnage d' <i>Acacia raddiana</i> (originaire).	61

Liste des abréviations

<i>Abréviations</i>	<i>Significations</i>
ANRH	Agence National Des Ressources Hydriques
°C	Degré Celsius
CEC	Capacité d'échange cationique
CO%	Carbone organique
D.P.A.T	Département de Planification et de l'Aménagement du Territoire
D.S.A	Direction des Services Agricoles
FAO	Food and Agricultural Organisation
H%	Humidité hygroscopique
Ha	Hectare
KCl	Chlorure de potassium
MO	Matière organique
MOS	Matière organique du sol
O.N.M	Office national de la météorologie
PH	potentiel Hydrogène
R1 et R2	Relevé
µm	Micromètre
USDA	United States Département of Agriculture

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des cartes

Liste des photos

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction générale

Partie I. Synthèse bibliographique

Chapitre I : présentation de la litière	05
Introduction	05
I.1. Définition de la litière	05
I.2. Constitutions de la litière	05
I.3.Types de litières	06
I.4. Composition chimique des litières	07
I.5. Retombées de la litière	07
I.5.1.Apports épigés	08
I.5.2.Apport hypogés	08
I.6.Principaux facteurs contrôlant la retombée de la litière	08
I.7.Décomposition de la litière	09
I.7.1.Influence des facteurs écologiques	10
I.7.1.1.Action du climat	10
I.7.1.2.Action des facteurs locaux	10
I.8.Etapes de la décomposition de la litière	10
I.8.1. Vitesse de la décomposition	11

I.9.Effet de la litière forestière	11
I.10.Humus	12
I.10.1. Rôles de l'humus	13

Chapitre II : la matière organique

Introduction	16
II.1.Définition de la matière organique	16
II.2.Origine des matières organiques	17
II.2.1.Origine exogène	17
II.2.2.Origine endogène	17
II.3. Evolution de la matière organique (MO) dans le sol	17
II.3.1.Minéralisation primaire (M1)	17
II.3.2.Humification (H)	18
II.3.3.Minéralisation secondaire (M2)	19
II.4.Evolution de la matière organique dans les zones arides	21
II.5.Qualité de la matière organique	21
II.6.Effets de la matière organique sur les propriétés du sol	22
II.6.1.Effets de la matière organique sur les propriétés physiques du sol	22
II.6.1.1.Effet sur la structure et la stabilité structurale du sol	22
II.6.1.2. Effet sur la rétention en eau	23
II.6.2.Effets de la matière organique sur les propriétés physico-chimiques du sol	25
II.6.2.1. Effet sur la capacité d'échange cationique (CEC)	25
II.6.2.2. Effet sur pH	26
II.6.2.3.Effet Sur la salinité du sol	26
II.6.3.Effets biologiques (Effets nutritionnels et énergétiques)	26
II.7.Facteurs de dégradation de la matière organique	27
II.7.1.Facteur abiotique	27
II.7.2.Facteur biotique	28

II.8.Importance de la matière organique du sol	29
--	----

Partie II. Matériels et méthodes

Chapitre I : présentation de la région d'étude

Introduction	33
I.1.Situation géographique de Ghardaïa	33
I.2.Facteurs écologiques de la région d'étude	35
I.2.1.Facteurs abiotiques	35
I.2.1.1.Facteur édaphique	35
I.2.1.1.1.Sol	35
I.2.1.1.2.Géomorphologie	36
I.2.1.1.3.Géologiques	39
I.2.1.1.4.Hydrogéologie	40
I.2.1.2.Facteurs climatiques	41
I.2.1.2.1.Température	42
I.2.1.2.2.Précipitation	42
I.2.1.2.3.Humidité relative de l'aire	43
I.2.1.2.4.Vents	44
I.2.1.2.5.Evaporation	44
I.2.1.2.6.Insolation	45
I.2.1.3.Synthèse climatique	45
I.2.1.3.1.Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	45
I.2.1.3.2.Climmagrame d'Emberger	46
I.2.2.Facteurs biotiques	47
I.2.2.1.Flore	47
I.2.2.2.Faune	48
I.3.Agriculture	49
I.4.Industrie	50

I.5.Tourisme	50
--------------	----

Chapitre II : méthodologie de travail

Introduction	53
II.1.L'objectif	53
II.2.Choix et description de site	53
II.3.Matériel biologique	55
II.4.Equipement de terrain	55
II.5.Présentation de matériel végétale	55
II.5.1. <i>Casuarina équisetifolia</i>	55
II.5.2. <i>Acacia raddiana</i>	56
II.5.2.1.Origine d' <i>Acacia raddiana</i>	56
II.5.2.2. Caractères botaniques	57
II.5.2.2.1.Position systématique	57
II.5.2.2.2 Description morphologique	58
II.5.2.3. Caractères écologiques	59
II.5.2.4.L'utilisation de l'espèce et son intérêt phyto-thé rapeutique	59
II.6.Méthode du travail	61
II.6.1.Méthode de ramassage de la litière	61
II.6.2.Au laboratoire	61
II.6.2.1.Fractionnement physique	61
II.6.2.2.L'analyse physico-chimique de la litière	62
II.6.2.2.1.Humidité hygroscopique (H%)	62
II.6.2.2.2.pH eau et pH kcl	62
II.6.2.2.3.Conductivité électrique (CE)	62
II.6.2.2.4. Matière organique (MO%)	62
II.6.2.2.5.Carbone organique (C%)	63
II.6.2.2.6.Granulométrie chimique	63

II.6.2.2.7. Démarche méthodologique	63
-------------------------------------	----

Partie III. Résultats et Discussions

Résultat et discussion	66
-------------------------------	----

Conclusion	89
-------------------	----

Références bibliographiques	91
------------------------------------	----

Annexes

Résumé

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

Le Sahara est un écosystème caractérisé par un couvert floristique très maigre et très adapté aux conditions désertiques (OZENDA 1991 et CHEHMA *et al.* 2005).

Dans un écosystème forestier en général, la restitution des éléments minéraux au sol par la litière est un aspect essentiel de la nutrition minérale des arbres (BERNHARD-REVERSAT F., 1993 et JORDAN C.F., 1985) et de leur adaptation à des conditions de fertilité défavorables.

On sait que le sol est le produit d'altération par différents agents atmosphériques (pluies, gel, vent, etc.) ou biologiques (racines, microorganismes, etc.). Au Sahara, le facteur de formation des sols est essentiellement le vent. Il s'y ajoute l'ampleur des variations thermiques, notamment l'amplitude journalière de la température. L'eau n'intervient qu'accessoirement et surtout par le phénomène de ruissellement et d'évaporation. Mais le lessivage du sol qui joue un rôle si important sous le climat humide, n'intervient pas dans ce milieu (OZENDA, 1958). Ces sols sont peu évolués et dépourvus d'humus. Ces sols présentent des différences de comportement quant à la capacité de rétention de l'eau; la conductibilité thermique et la salinité, caractères importants pour leur utilisation pour les végétaux. Le sol ou la couverture pédologique, forme la couche superficielle meuble qui recouvre la roche mère, son épaisseur varie de quelques centimètres à quelques mètres. Il est pour la plante un support et un milieu nutritif (POUGET, 1980).

Les sols sahariens sont réputés pour être, dans leur ensemble, pauvre en matière organique (M.O) et en éléments minéraux indispensables aux végétaux. La teneur en M.O de ces sols est souvent inférieur à 1 % (DURAND, 1954, 1959, DUTIL, 1971, DAOUD et HALITIM, 1994, HALILAT, 1998). Cette faible teneur résulte de la rareté de la végétation et de la faible biomasse (HALITIM, 1988).

Les sols arides sont l'un des ordres des sols les plus répandus au monde, et les plus caractérisés par leurs carences en eau. La plupart des sols arides contiennent des quantités suffisantes d'eau pour soutenir la croissance des plantes pour un maximum de 90 jours consécutifs (MATHIEU et PIELTAIN, 2009).

La matière organique est une matière carbonée provenant d'êtres vivants végétaux et animaux. Elle est décomposée plus ou moins rapidement par l'activité biologique et joue un rôle essentiel dans la réserve nutritive du sol (BAIZE et JABIOL, 1995 ; MOREL, 1996 ; DUCHAUFOR, 1997).

Introduction générale

Sous un couvert forestier, l'essentiel de la matière organique qui arrive au sol en dehors des apports racinaires provient des parties aériennes des arbres, des arbustes et de la strate herbacée ; ces apports sont de deux types :

Apports des feuilles et de brindilles qui tombent sur le sol. Apports de matières solubles ou de résidus de très petite taille qui correspondent aux pluviolésivats. (MANGENOT, 1980).

La matière organique apparaît comme un entrepôt où s'accumulent les principaux minéraux utiles par l'intervention des micro-organismes. Elle est réduite en éléments simples qui vont se fixer sur les colloïdes de sol ; sous une forme relativement stable et assimilable (FLIX in ALLOUI, 1991).

La litière est constituée de l'ensemble des débris organiques d'origines animale et végétale (cadavres, excréments, organes aériens de plantes, racines, fruits, etc.) à différents stades de décomposition selon qu'elle soit fraîche ou non. Elle correspond à l'horizon O. La litière représente une source de carbone, d'azote, de nutriments et d'énergie potentielle pour les organismes qui la consomment et joue ainsi un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes (TOUTAIN, 1987). La litière a, en effet, un rôle fondamental puisque l'essentiel de la matière organique apportée au sol y transite et représente une perpétuelle recharge en carbone et en azote qui s'oppose à la constante lixiviation des éléments et au sous-tirage racinaire quasi-permanent des plantes.

La Matière Organique (MO) est une composante ubiquiste des milieux terrestres (sols, sédiments (MAC CARTY, 2001), aquatiques (eaux de surface (VIOLLEAU, 1999) et eaux souterraines (ARTINGER *et al.*, 2000) et anthropiques (stations d'épuration (IMAI *et al.*, 2002), décharges (KANG *et al.*, 2002), mais dont l'origine et la composition restent propres à chaque environnement.

L'objectif de notre étude est l'évolution de la matière organique dans milieu aride de deux espèces *Acacia raddiana* et *Casuarina equisetifolia*.

Notre recherche est constituée de trois parties ; le premier fait de l'objet de synthèse bibliographique sur la litière, la matière organique, la deuxième comprend la présentation de la région d'étude et l'approche méthodologique de recherche et la troisième partie traite les résultats et discussion. En terminant le travail par la conclusion.

Partie I :
synthèse bibliographique

Chapitre I
Présentation de la litière

Introduction

Dans l'écosystème forestier, la litière joue un rôle primordial. La chute des feuilles, qu'elles soient caduques ou résistantes se produit chaque année, à des périodes définies, par un apport massif de matière organique morte qui s'accumule sur le sol. D'autres composants libérés périodiquement ou non, viennent s'y ajouter, comme les écailles des bourgeons, les fruits ou les branches mortes (PESSON *et al.* 1980).

I.1. Définition de la litière

Les végétaux (producteurs), organismes majoritairement autotrophes, font la synthèse de la matière vivante à partir du CO₂ et d'éléments biogènes (N, P, K...). Ce processus est connu sous le nom de photosynthèse. Cela conduit à la formation de chaînes de carbone, liée à divers groupements. Cette matière vivante, selon une échelle de temps variable, retourne au sol sous forme d'exsudats racinaires et foliaires ainsi que de débris (feuilles, rameaux, fruits, graines...). L'ensemble constitue la litière (MANGENOT, 1980). Elle est essentiellement végétale en rapport avec la proportion de la masse animale que l'on y retrouve (FRONTIER et PICHOT-VIALE, 1993).

I.2. Constitutions de la litière

La litière est constituée de deux fractions:

- la fraction hydrosoluble, rapidement entraînée vers les horizons minéraux après la chute des feuilles et riche en substances complexantes (TISSAUX, 1996). Selon les travaux de (JAGUIN et BRUCHERT (1965), de JAGUIN *et al.* (1968) et de DUCHAUFOR et *al.* (1968)) comme le rapporta (BOUKERKER, 1997), il ressort que les extraits hydrosolubles des litières recèlent de très nombreux composés : sucres simples (fructose, glucose,...) ; acides aminés (Alanine, valine....) ; Acides phénoliques (Acides Benzoïques et certains dérivés....) et autres Acides organiques : (Acide citrique, fumarique). Mais NYKVIST et BRUCKERT (in MANGENOT et TOUTAIN (1980)), avaient montré que les hydrosolubles sont lessivés beaucoup plus rapidement des feuilles d'Angiospermes que des aiguilles des conifères.
- la fraction non hydrosoluble est représentée par les parois qui sont principalement composées d'hémicellulose et des composés pectiques. A ces constituants s'ajoutent des

substances mal définies ; cutine, subérine et lignine. La décomposition de cette fraction s'effectue après une attaque par la pédofaune qui assure une fragmentation partielle ensuite c'est la microflore qui intervient (EDWARDS in MANGENOT et TOUTAIN, 1980). Cette fraction représente un apport d'énergie de carbone, d'azote et de nutriments que vont se partager l'ensemble des organismes édaphiques (microorganismes, faune du sol et plantes).

La litière prend aussi l'appellation de matière organique fraîche (DUCHAUFOR, 1991). C'est elle qui engendre l'humus (DUCHAUFOR, 1991). De sa qualité (teneur en nutriments, teneur en polyphénols) dépend la formation de chaînes trophiques plus ou moins complexes (SWIFT *et al.*, 1979; HEAL et DIGHTON, 1985). Associée aux facteurs abiotiques du milieu dont le pH, la quantité d'argile et la teneur en fer libre (DUCHAUFOR et JACQUIN, 1975), la qualité de la litière oriente donc le type d'humification, donnant des humus de type mull, moder ou mor. Il est difficile de généraliser l'équation litière = nécromasse, puisque, débris organiques morts et microorganismes vivants se côtoient et sont intimement liés pour assurer la transformation de cette litière.

I.3. Types de litières

La litière prend l'appellation de matière organique fraîche. C'est elle qui engendre l'humus. Associée aux facteurs abiotiques du milieu dont le pH, la qualité d'argile et teneur en fer libre, la qualité de litière oriente le type de d'humification, donnant des humus de type mull, moder ou mor (DUCHAUFOR et JACQUIN, in TISSAUX, 1996).

Le taux de décomposition de la litière dépend de la composition chimique de l'espèce, de l'activité biologique et du climat. Donc c'est en fonction du rapport C/N que les litières sont groupées en trois types :

- **litières acidifiantes** caractérisé par un rapport C/N supérieur à 50 et de forte teneur en lignine et en lipides avec la présence de tanins condensés formant des complexes polyphénols protéine peu biodégradable avec un ralentissement de l'humification et de ce fait elle favorisent la formation de Mor ou Moder (DUCHAUFFOR, 1983).
- **litières améliorantes**, ce sont des litières qui se décompose très rapidement et ont tendance de donner des Mull avec un rapport C/N inférieur à 25 % (DUCHAUFFOR, 1983 ; TOUTAIN 1981).
- **litières indifférentes** qui sont intermédiaires, dont le C/N varie entre 30 à 50%.

I.4. Composition chimique des litières

La composition chimique des litières varie de façon incessante, avant même leur chute, elles s'appauvrissent par transfert d'azote organique, de sucres, de polyphénols vers les organes permanents des arbres. Cette variation est conséquente aux variations des espèces végétales (feuillus, résineux), ainsi qu'à l'intérieur des espèces elles même (nature et âge) (TOUTAIN, 1981).

De son côté, LAATSH (in TEMAGOULT (2005)), en étudiant la composition chimique des aiguilles du pin d'Alep en éléments inorganiques a constaté l'ordre décroissant suivant en fonction de la quantité : $N > K > Ca > Mg > P$.

MANGENOT et TOUTAIN (in AISSI (1989)), ont dressés le tab (01) qui illustre la répartition des apports annuels d'éléments nutritifs dans divers milieux forestiers (kg/ha).

Tableau 01 : Apport annuel d'éléments nutritifs (N, P, K, Ca, Mg) dans quelques Forêts de divers climats (en kg/ha).

Espèce dominant ou type de forêt	N	P	K	Ca	Mg
Fagussylvatica (NIGHALARD, 1972)	69	5	14.4	31.7	4.3
Quercus petarea (CARLISLE et <i>al.</i> , 1966)	41	2.2	10.5	23.8	3.9
Chênaie mélangée (DUVIGNEAUD et <i>al.</i> , 1969)	6.3	4.5	26.5	91.4	8.1
Quercus ilex(RAPP, 1969)	32.8	2.8	16.2	63.9	4.6
Pinussylvstris (AUSSENAC <i>etal.</i> , 1972)	50.3	4.5	12.1	40.4	0.4
Picéa abies (AUSSENAC <i>etal.</i> , 1972)	19.3	1.4	4.8	21.7	1.1
Pinushalepensis Mill (RAPP, 1967)	28	4.2	5.7	39.5	4.7
Forêt tropicale (NYE, 1961)	178	6.5	61	184	40
Acacia alba (JUNG, 1969)	187	3.9	76	222	38

MANGENOT et TOUTAIN (1980) in (AISSI, 1989).

I.5. Retombées de la litière

Toute plante qui s'installe sur un sol va apporter au sol une certaine quantité de matière organique liées soient aux parties aériennes (apport épigés) soient aux parties souterraines (apport hypogés) (MONGENOT et TOUTAIN, 1980).

I.5.1. Apports épigés

-des pluviollessivats : en période feuillée, la pluie qui tombe sur les feuilles entraîne un grand nombre de microorganismes qui vivent à la surface des feuilles et les produits excrétés par des feuilles (TOUTAIN, 1984).

Ces eaux de pluviollessivage des feuilles apportent donc au sol une quantité de matière organique non négligeable qui est constituée de produits énergétiques faciles à se dégrader de type polysaccharides, sucre simple ou décomposée phénolique de faible poids moléculaire (BRUCKERT *et al*, 1970).

-les retombées foliaires : ces retombées sont surtout constituées des feuilles d'écaillés de fleur de graines au porte graines d'écorce de brindilles ou de branches, cette énergie va être utilisée en grande part par les consommateurs successifs qui vivent dans le sol avec l'élaboration d'un certain type de matière organique ou bien provoque une alternation active de la roche mère (TOUTAIN, 1984).

L'importance des retombées feuilles et de débris végétaux, spécialement en milieu forestier. cette importance dépend du type de végétation, des conditions édaphiques, des conditions climatiques et du mode de fonctionnement de l'écosystème (TOUTAIN, 1981).

I.5.2. Apport hypogés

Soit des tissus morts de nature assez voisine de celle des autres tissus végétaux (et constitués de cellulose, d'hémicellulose, lignine et composés phénoliques).

Soit d'exsudat de nature polysaccharide excrété par les racines vivantes ; et qui orientent l'activité de la microflore au niveau de la rhizosphère (BREISCH *et al* 1975, WAREEMBOUG 1977, BILLES 1977 ; in TOUTAIN 1984).

I.6. Principaux facteurs contrôlant la retombée de la litière

La retombée de la litière est sous la dépendance de nombreux facteurs, elle est influencée comme les autres processus biologiques, par les facteurs climatiques, les facteurs édaphiques.

- Les conditions climatiques : (BRAY et GORHAM, 1964) ont réuni l'ensemble des données concernant les retombées de feuilles dans différentes régions climatiques du globe, il existe une relation entre la production totale de litières et latitude mais il est évident que pour une latitude donnée, toute variation de l'altitude, sud, exposition peut amener des variations significatives dans les retombées. (PESSON, 1980).

- Les Conditions édaphiques : (ELWARD, 1957) a rassemblé un certain nombre de données indiquant que pour un même type de végétation, la masse globale des retombées dépend de la classe de fertilité du sol. Plus les retombées sont riches, plus le sol est important.

L'humidité du sol joue aussi un rôle très important dans la production végétale de la station et dans les retombées de la litière. (PESSON, 1980).

- Facteur liés à la végétation : à l'intérieur d'une même zone climatique, la mise globale de la retombée varie avec le type de forêt, mais à l'intérieur d'une même formation forestière, les retombées varient avec l'âge des arbres et avec le mode de traitement.

I.7. Décomposition de la litière

La décomposition de la litière commence avant la chute de des feuilles : la majeure partie des éléments constitutifs qui redistribués au niveau de la partie ligneuse est importée par pluviolissivats (RAPP 1971 ; DUCHAUFOR, 1995)

La décomposition des débris végétaux entraîne la formation d'éléments minéraux qui vont alimenter la réserve du sol (TOUTAIN, 1987). La décomposition de cette litière et la minéralisation de ces constituants sont donc des étapes essentielles dans le cycle des éléments et au maintien de la productivité de l'écosystème. Elle nécessite des processus contrôlés par des facteurs abiotiques comme le climat et des facteurs biotiques comme la nature et l'abondance des organismes décomposeurs (GALLARDO et MERINO, 1993; COUTEAU et *al.*, 1995; CORTEZ, 1998). Les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol qu'elle recouvre, influencent également son fonctionnement (TOUTAIN, 1987; GOBAT et *al.*, 1998; LOZET et MATHIEU, 2002).

La dynamique de décomposition de la litière dépend de sa qualité. Ce paramètre est considéré comme étant un bon paramètre fonctionnel puisque qu'elle est régulée non seulement par la nature chimique de la litière et par les conditions environnementales, mais également par les organismes du sol et plus spécialement par la mésofaune et les microarthropodes (GALLARDO et MERINO, 1993). Ce paramètre représente un indicateur de l'activité biologique du sol qui permet de qualifier l'état et la qualité de la litière.

I.7.1. Influence des facteurs écologiques

La décomposition de la litière est un processus très complexe qui relève de plusieurs

facteursécologique, facteurs locaux et activité biologique, agissant le plus souvent simultanément (DUCHAUFOR, 1970).

I.7.1.1. Action du climat

Le climat général joue dans le processus de décomposition un rôle fondamental : Il intervient d'une part par le facteur d'eau, d'autre part le facteur température ; la décomposition en climat chaud et humide diffère de celle qui caractérise le climat tempéré, non seulement par sa vitesse, mais aussi par la nature du processus physico-chimique fondamental (DUCHAUFOR, 1970).

I.7.1.2. Action des facteurs locaux

Les facteurs locaux ceux qui caractérisent la station (roche mère, relief, végétation) jouent un rôle important également puisque dans certains cas particuliers, ils arrivent à modifier profondément le processus climatique, en règle générale, en milieu peu acide, aéré et une forte activité biologique, la dégradation de la litière est encore plus rapide (DUCHAUFOR, 1970).

I.8. Etapes de la décomposition de la litière

L'expérience montre (EDWARDS, 1974) 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 (DUCHAUFOR, 1970 in DJEGHIM, 2000).

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

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

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

3^{ème} étape : décomposition enzymatique par voie microbienne des molécules complexes ; la cellulose est décomposée en premier, les protéines sont plus ou moins complètement intégrées dans

la biomasse microbienne, enfin la lignine, très résistante, est biodégradée beaucoup plus lentement (BEYER, 1993 ; in DUCHAUFOR, 1995).

I.8.1. Vitesse de la décomposition

La vitesse de décomposition de la litière est principalement affectée par les conditions environnementales, la composition chimique de la litière et les organismes décomposeurs (SWIFT et al, 1979; AERTS, 1997; MOORE et al, 1999). De façon simplifiée, il existe trois niveaux contrôlant la décomposition des litières opérant selon l'ordre suivant : climat > composition chimique de la litière > organismes décomposeurs (SWIFT et al. 1979). La composition chimique de la litière, connue sous plusieurs noms tels que qualité du substrat, qualité de la litière ou qualité de la ressource, ainsi que les champignons feront ici l'objet d'une attention particulière vu leur importance dans le processus de décomposition à l'intérieur d'un ensemble bioclimatique donné.

I.9. Effet de la litière forestière

La litière agit sur les propriétés du sol et sur la végétation. La litière va être incorporée au sol y apportant une certaine quantité d'énergie laquelle va être utilisée par les microorganismes du sol dont l'activité oriente la pédogenèse (TOUTAIN, 1987). Au plan physique, chimique et biologique, la litière va intervenir par le biais de l'humus. Ce dernier exprime l'action de la végétation sur le sol et oriente les phénomènes pédogénétiques (DUCHAUFFOUR et TOUTAIN, 1985). En effet, l'humus joue un rôle d'éponge qui assure aux sols un taux d'humidité relativement élevé ; les composés les plus polymérisés et les plus étroitement associés à l'argile assurent un niveau de stabilité très modeste ; les polysaccharides de l'humus jeune améliorent la résistance des agrégats à l'action de l'eau (DUTHIL, 1973). Ainsi cette agrégation qui favorise la stabilité structurale du sol, joue un rôle important dans la stabilité des nutriments (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970). Elle exerce un effet protecteur vis-à-vis de la minéralisation du carbone organique et de l'azote organique évitant une biodégradation rapide et une perte possible de nutriments (TISSAUX, 1996).

Enfin l'action sur les propriétés biologique du sol s'exprime par l'apport de la litière d'une certaine quantité d'énergie. Parallèlement, l'humus joue le rôle d'un support et sert de nutriments à de nombreux microorganismes du sol.

I.10. Humus

L'humus, au sens large, est constitué d'humus libre (= matière organique non-humifiée) et d'humus lié (matière organique humifiée) (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970). L'humus libre est une fraction légère à C : N élevé, facilement biodégradable et faiblement liée aux argiles (litière en cours de décomposition). L'humus lié est l'humus au sens strict. Il est constitué d'une fraction dense à C : N voisin de 10, difficilement biodégradable et fortement liée aux argiles. L'humus lié est composé de trois fractions humiques dont le poids moléculaire varie entre 1 000 et 300 000 daltons (VISSER, 1987) :

- **acides fulviques** : C'est la fraction qui reste en solution quand l'extrait alcalin est acidifié, et elle est soluble à la fois dans les bases diluées et dans les acides dilués (SCHNITZER, 1991). Les acides fulviques possèdent un taux de carbone relativement faible et sont pauvres en composés azotés. L'oxygène, présent sous forme de groupes fonctionnels responsables d'une acidité élevée, y est abondant (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970; FLAIG, 1970; STEVENSON, 1994). Ils sont formés de composés phénoliques à faible poids moléculaire, liés à des polysaccharides (ALLISON, 1973; VARADACHARI et GHOSH, 1984; STEVENSON, 1994).
- **acides humiques** : Ils sont solubles dans les bases diluées, mais sont précipités par acidification de l'extrait alcalin (SCHNITZER, 1991). Ce sont des polymères à haut poids moléculaire, chargés négativement, de couleur noire à brun foncé, résultant d'un processus de condensation oxydative des composés phénoliques, et ils sont liés à des acides aminés, des peptides et des polysaccharides (MARTIN et HAIDER, 1971; ALLISON, 1973). Ils sont riches en carbone et en composés azotés, mais moins riches en oxygène (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970; FLAIG, 1970). La différence entre les acides fulviques et les acides humiques est surtout due à leur degré de polymérisation, les acides fulviques n'étant pas nécessairement plus aliphatiques que les acides humiques (VARADACHARI et GHOSH, 1984).
- **humines** : Ce sont les résidus non extractibles aussi bien par l'intermédiaire des bases que des acides (SCHNITZER, 1991). Les humines ressemblent beaucoup aux acides humiques, mais diffèrent seulement par le fait qu'elles se trouvent en association très étroite avec les matériaux inorganiques (ALLISON, 1973; SWIFT et al, 1979). Selon STEVENSON (1994), les humines sont composées:
D'acides humiques si intimement liés aux matériaux inorganiques qu'ils ne peuvent être

séparés, De matières humiques fortement condensées possédant un taux élevé de carbone (>60%) et de ce fait insolubles dans les bases. De mélanines fongiques. De substances (paraffiniques).

À noter que la notion de substances humiques est essentiellement chimique et ne fait pas référence au rôle pédogénétique de l'humus (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

La structure des acides fulviques, des acides humiques et des humines est analogue. Elle présente des noyaux aromatiques reliés par des chaînes aliphatiques et des groupements fonctionnels à caractère acide (SWIFT *et al*, 1979; DUCHAUFOR, 1991). Sous certaines conditions, il y a polymérisation progressive des noyaux et diminution de l'importance des chaînes aliphatiques et des groupements fonctionnels, ce qui permet d'affirmer que l'évolution des substances humiques peut être représentée par ce schéma : acides fulviques ---> acides humiques ---> humines (DUCHAUFOR, 1991).

I.10.1. Rôles de l'humus

L'humus, clef de voûte de l'écosystème forestier, exprime l'action de la végétation sur le sol et oriente la pédogenèse (DUCHAUFOR, 1980; DUCHAUFOR et TOUTAIN, 1985). L'humus joue un rôle d'interface obligatoire entre le sol minéral et la végétation, ce qui amène (DUCHAUFOR, et TOUTAIN, 1985) à représenter ce complexe par le schéma suivant : *Végétation --->Humus --->Sol* On peut donc déduire que toute modification de la végétation aura, via l'intermédiaire de l'humus, des répercussions sur le sol, avec un temps de latence plus ou moins grand dépendant de l'inertie du système (DUCHAUFOR, et TOUTAIN, 1985).

L'humus au sens large joue d'abord un rôle biologique important dans la nutrition des végétaux grâce au processus de minéralisation (SATCHELL, 1974; TATE, 1987). Il joue aussi deux rôles majeurs sur les propriétés physico-chimiques du sol soit la capacité d'échange cationique et la rétention en eau (SATCHELL, 1974; TATE, 1987).

Par ses effets sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, L'humus contribue à la croissance des plantes (STEVENSON, 1994). Il contribue également à la conservation des sols (PICCOLO, 1996).

L'humus est un réservoir de nutriments devenant disponibles par minéralisation et prévient le

lessivage des éléments essentiels pour la croissance des plantes (VAUGHAN et ORD, 1985; STEVENSON, 1994).

Enfin, l'humus joue un rôle important quant au devenir des pesticides dans le sol (VAUGHAN et ORD, 1985; STEVENSON, 1994). En effet, les substances humiques sont capables d'adsorber les molécules chimiques et de les rendre inopérantes, permettant ainsi leur détoxification à long terme.

Chapitre II
Matière organique

Introduction

Le sol est en majeure partie constitué en masse, comme en volume, de particules minérales de taille et de nature minéralogique différentes. Secondairement, il est formé de constituants organiques allant de fragments de végétaux ou d'animaux à des macromolécules organiques complexes (STENGEL, 2009)

II.1. Définition de la matière organique

La définition de la matière organique du sol diffère d'un auteur à un autre. D'après (DUCHAUFOR, 1977), la matière organique est l'ensemble des composés carbonés et azotés issus de la dégradation des produits de la faune et de la flore, de surface et du sous-sol. Elle présente une gamme de substance très différents et à des stades d'évolution très variée.

Selon (MUSY et *al.*, 1991), la matière organique est le fruit de l'activité biologique tant animale que végétale du sol. Elle englobe ainsi toute substance organique, vivante ou morte, fraîche ou décomposée, simple ou complexe, à l'exclusion toutefois des animaux vivants dans le sol et des racines vivantes.

Quant au CALVET (2003), la matière organique correspond à toutes les substances organiques particulières et moléculaires contenues dans le sol, autrement dit, il s'agit de tous les constituants organiques non vivants. Les résidus végétaux font partie de la matière organique du sol quand ils lui sont incorporés mécaniquement, soit par l'action de la faune et de la microfaune, pour les litières, soit par les travaux du sol pour les sols cultivés.

BALDOCK et SKJEMSTAD (1999) définissent les matières organiques du sol comme l'ensemble de tous les matériaux organiques dans les sols quelle que soit leur origine et quel que soit leur état de décomposition.

Par le terme « MO des sols (MOS) » on entend l'ensemble des composés organiques qui sont issus de résidus d'organismes à différents stades de décomposition, synthétisés par les organismes vivants ou qui sont des produits de dégradation. Les quantités de MOS et de carbone organique sont corrélées. Il est arbitrairement admis que la MOS est le double du carbone organique dans un sol non cultivé et que dans un sol cultivé, elle est égale à 1.73 fois la teneur en carbone organique (DUCHAUFOR, 2001).

II.2. Origine des matières organiques

Dans la nature, il y a plusieurs sources de la matière organique, les débris végétaux de toute nature, comme les feuilles, les brindilles et les résidus des récoltes (MATHIEU *et al.*, 2007). Ainsi que les déchets des animaux sous plusieurs formes, comme les fumiers, les lisiers et les composts (PETIT et JOBIN, 2005).

La matière organique du sol a une origine multiple. Elle provient des restitutions d'origine végétales et animales et microbiennes, à ces restitutions naturelles, viennent s'ajouter aujourd'hui les déchets domestique et urbains sous forme de compost et de boues résiduaire stabilisées (GALLALI, 2004).

Selon BARRIUSSO (1985), la matière organique du sol peut avoir deux origines :

II.2.1. Origine exogène

Cette fraction regroupe l'ensemble de la matière organique hydrosoluble (pluiolessivats), de la matière végétale, les cadavres ainsi que les déjections de la méso et la macrofaune et animaux supérieurs (BARRIUSSO, 1985).

II.2.2. Origine endogène

Cette fraction renferme un groupe de biomasse du sol (champignons, bactéries, actinomycètes) ; les produits de la pédofaune ainsi que les exsudats racinaires (BARRIUSSO, 1985).

II.3. Evolution de la matière organique (MO) dans le sol

Dans le sol, l'entrée principale du carbone se fait par le biais de la photosynthèse et l'apport de MO exogène (apports de fumier, d'humus de pailles, retour des résidus de récoltes,) cette matière organique évolue dans le sol selon trois étapes principales :

II.3.1. Minéralisation primaire (M1)

C'est la décomposition de la matière organique fraîche en composés minéraux solubles assimilables par la plante, et c'est la biodégradation de la matière organique fraîche (M, O, F) en particulier les composantes peu résistantes comme les glucides, les protéines et les acides aminés, ainsi que les lipides et les acides nucléiques, si elle est totale, le produit de la transformation est des cations, des anions et des molécules simples. Le devenir de ces substances solubles dans la solution du sol est comme suit : (fig. 01)

- ❖ Evacuation dans l'atmosphère du CO_2 , H_2O , NH_3 , H_2 , H_2S par échanges gazeux(1).
- ❖ Absorption des cations, anions et H_2O par les végétaux (2).
- ❖ Absorption du CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- et SO_4^{2-} , PO_4^{3-} par les micro-organismes (3).
- ❖ Fixation du K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Na^+ et H^+ sur le complexe absorbant (4).
- ❖ Entraînement du K^+ , Na^+ , Ca^{2+} et NO_3^- par lixiviation (5).

D'après DUCHAUFURE (1995), l'évolution de la matière organique fraîche (M.O.F) engendre l'humus un peu de la même façon que les minéraux primaire qui donnent naissance à l'argile.

II.3.2.Humification (H)

C'est une phase de synthèse et de reconstruction des molécules complexes. Cette étape à l'inverse de la minéralisation primaire, est à la fois biologique, physicochimique et biochimique. En fait une partie de la M.O.F s'échappe à la minéralisation et sert à l'édification des molécules de plus en plus complexe qui est donne l'humus par trois voies de synthèse de M.O stabilisée :

- ❖ L'humification par héritage (H1), qui donne l'humine résiduelle ou héritée.
- ❖ L'humification par polycondensation (H2) qui fournit l'humine d'in solubilisation
- ❖ L'humification par néo synthèse bactérienne (H3), qui fournit l'humine microbienne (fig.01)

L'ensemble de ces trois humine (résiduelle, d'insolubilisations et de néo synthèse bactérienne) forme la partie la plus stable de l'humus qui l'humine (GOBAT et *al.*, 1998).

- Dans **l'humification par héritage** (H1) : les composés les plus résistants libérés lors de la fragmentation de la litière (lignines, résine, acide phénoliques) sont incorporés directement au complexe argilo-humique, sans grands transformation ils en constituent l'humine résiduelle, qui n'est donc pas vraiment néosynthétiser in situ, cette humification est favorisée par des pH bas ou de fortes teneurs en calcaire actif.

- Dans l'**humification par polycondensation** (H2) : des composés phénolique simples, ainsi que des chaînes de polysaccharides et de polypeptides, issu des premières étapes de la minéralisation ou héritée, se polycondensation en molécules de plus en plus grosse, des acides créniques aux acides humiques, aboutissant à l'humine d'in solubilisation, cette véritable néosynthèse in situ est favorisée par des conditions édaphiques moyennes , ni trop acides ni trop basiques.
- Dans l'**humification par néosynthèse bactérienne** (H3) : certains des molécules organiques solubles résultant des dégradations enzymatiques ou des sécrétions racinaires sont reprises par les microorganismes, qui les transforment et les sécrètent sous forme de polysaccharides extrêmement stable, ceux-ci donnent une cohésion aux microcolonies bactériennes et structurent le sol, comme la précédente, l'humification bactériennes est favorisent par un environnement physico-chimique.

II.3.3. Minéralisation secondaire (M2)

C'est la phase la plus lent (1 à 3%) de la matière humifiée par an se minéralise mais aboutissant au même résultat que la minéralisation primaire et concernent les molécules organiques préalablement synthétisée par l'humification. Ces molécules sont plus stables et résistent mieux à la dégradation (GOBAT et *al.*, 1998). On désigne le coefficient de minéralisation (K2), ceci varie suivant que les conditions sont favorables au micro-organisme responsable de la minéralisation, il dépend également de la nature du sol.

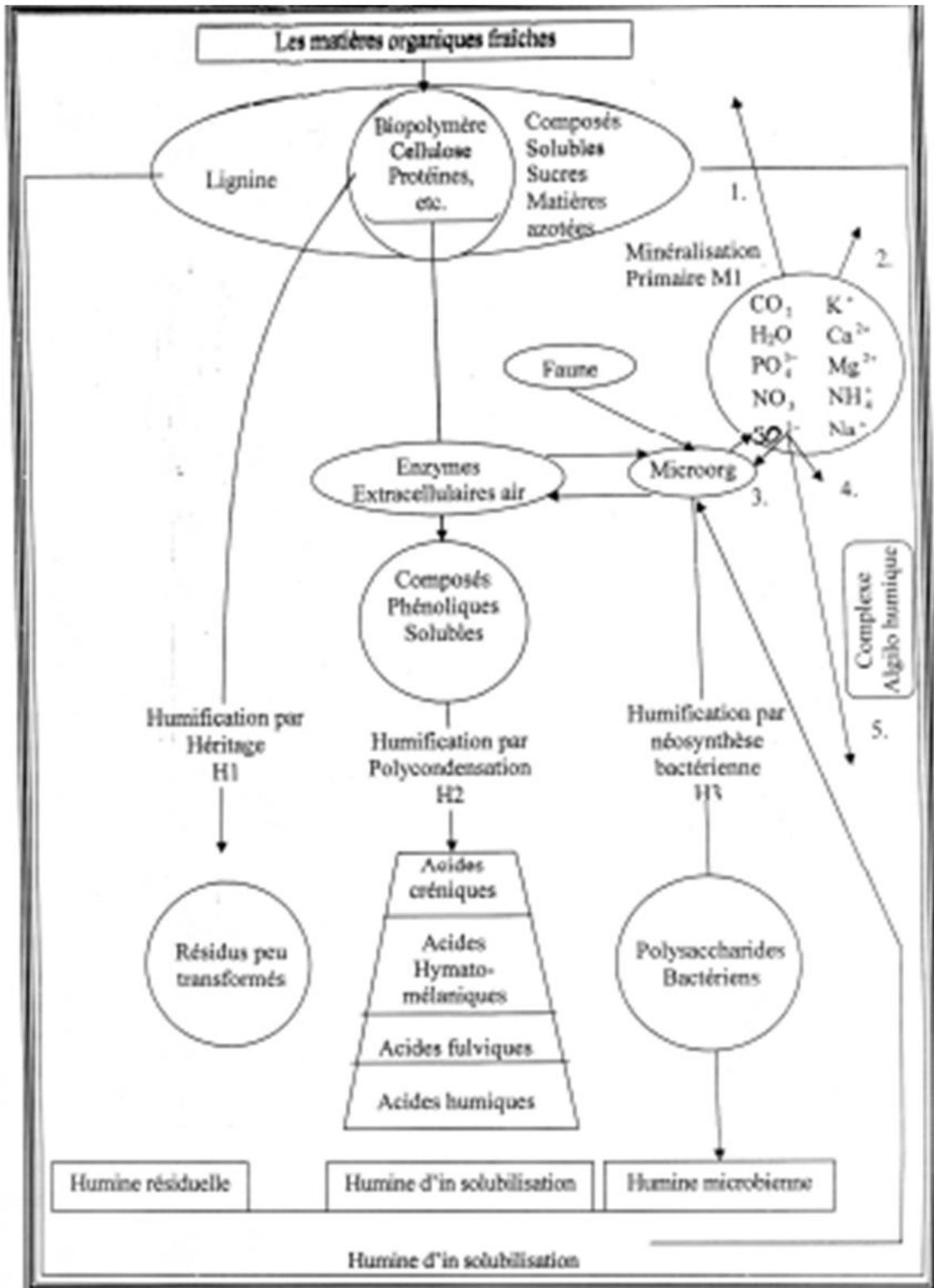


Figure 01 : Principes généraux de l'évolution de la matière organique du sol SOLTNER 1996 (in GOBAT, 1998).

II.4. Evolution de la matière organique dans les zones arides

Les conditions climatiques (haute température, faible humidité) défavorisent l'accumulation de la matière organique, et le peu qui s'accumule est rapidement décomposé sous l'action unique des paramètres physiques BIRCH (in OUSTANI, 2006).

Le type de sol constitue un paramètre essentiel qui régit l'humification, la texture du sol influe sur le pourcentage de la matière organique présente dans le sol. Si les autres facteurs sont constants ; un sol sableux, par exemple contient moins d'humus qu'un sol argileux (POUGET ,1980 in KOULL, 2007).

L'évolution de la matière organique est influencée souvent par la composition chimique des sols dans les zones arides. C'est ainsi, que la présence des sels induit une évolution particulière de la matière organique.

II.5. Qualité de la matière organique

La composition chimique de la matière organique (MO) des sols influence la dynamique du carbone et des nutriments par la rapidité avec laquelle se dégradent les substances qui la composent (HOBBIE, 1992; PRESCOTT et PRESTON, 1994; PARE et BERGERON, 1996; ÂGREN et BOSATTA, 1996; BERG *et al.*,2001). La MO provient principalement des apports de la végétation et par conséquent, la qualité varie selon les espèces. La composition végétale est donc la principale responsable de la différenciation des propriétés chimiques de la matière organique contenue dans les sols (AERTS et CHAPIN, 2000). Une MO de bonne qualité est plus rapidement éliminée par les micro-organismes et à un taux de décomposition plus élevé. La concentration en lignine, le ratio lignine/azote ainsi que le ratio carbone/azote sont considérés comme d'importants indicateurs du taux de décomposition (MELLILO et *al.*,1982; SCHIMEL et *al.*, 1994) et sont utilisés pour déterminer la qualité de la matière organique.

La MO de bonne qualité aura tendance à se décomposer facilement. Elle est principalement composée de matériel labile comme les acides aminés et les sucres et contient peu de matériel récalcitrant comme la lignine (GOBAT *et al.*,2003), on pense par exemple à la litière des espèces décidues. D'un autre côté, la litière des conifères et des éricacées est dite acidifiante puisqu'elle possède d'importantes concentrations en lignine ainsi que de faibles concentrations en nutriments qui sont essentiels pour l'activité microbienne (GOBAT et *al.*,2003). Les formes récalcitrantes de carbone organique sont donc bénéfiques dans le processus de séquestration puisqu'elles possèdent un long temps de résidence dans les sols. Par exemple, la décomposition de la lignine produit des

substances humiques qui vont intensifier la séquestration du carbone dans les sols à travers la formation de complexes avec les acides aminés et les enzymes. Les tannins et les polyphénols peuvent aussi réduire le taux de décomposition puisqu'ils offrent une protection contre les herbivores et autres pathogènes (GOBAT et *al.*, 2003).

Ces propriétés chimiques peuvent donc réduire ou faciliter l'activité bactérienne dans les sols et conséquemment la décomposition de la matière organique (FLANNIGAN et VAN CLEVE, 1983; GOBAT et *al.*, 2003). La fraction labile est minéralisée plus rapidement et le carbone organique retourne à l'atmosphère sous forme de CO_2 , tandis que le matériel récalcitrant, plus stable, est stocké dans les sols pour de plus ou moins longues périodes (RAICH et TUFEKCIOGLU, 2000). La qualité de la matière organique permet donc d'estimer le *turnover* du carbone (ÂGREN et BOSATTA, 1996). Cependant, malgré le fait que les composantes labiles aient tendance à se décomposer plus facilement, la relation directe entre la qualité de la matière organique et les taux de décomposition de cette litière est difficile à établir (ÂGREN et BOSATTA, 1987). La qualité de la litière peut ne pas avoir d'effet sur la qualité du carbone retrouvé dans les sols (GIARDINA *etal.*, 2001). Les résultats de ces auteurs ont démontré que la litière de mauvaise qualité correspondait à de faibles taux de minéralisation. Plus récemment (HOBBIE *etal.*, 2007) avançait que les espèces arborescentes pouvaient influencer le comportement de la matière organique dans les sols minéraux par leur influence sur les cations plutôt que par la composition chimique des détritiques et la récalcitrance de leurs composés.

II.6. Effets de la matière organique sur les propriétés du sol

Une fois mise, dans le sol, la matière organique a des actions : physiques ; chimiques et biologiques:

II.6.1. Effets de la matière organique sur les propriétés physiques du sol

L'apport de matière organique exogène au sol sous forme d'amendements ou d'engrais permet d'augmenter et de maintenir le stock organique du sol. Cette restauration de la teneur en matière organique est généralement associée à un changement des caractéristiques physicochimiques (agrégation, diminution de l'érosion, augmentation de la CEC, apport d'éléments fertilisants.....) et une stimulation de l'activité biologique (THURIES, 1999; ANNABI, 2002)

II.6.1.1. Effet sur la structure et la stabilité structurale du sol

Les matières organiques fraîches, à la surface du sol, atténuent le choc des gouttes des pluies et permettent à l'eau pure de s'infiltrer lentement dans le sol ; l'écoulement en surface et l'érosion sont ainsi réduits (BALESDENT, 1996). Les M.O assurent la cohésion des autres constituants du sol entre eux et contribuent à la structuration du sol et à la stabilité de la structure. Ainsi, la matière organique apportée au sol joue un rôle central dans sa structuration et participe à sa stabilité vis-à-vis des agressions extérieures (pluie, tassement...) en limitant notamment l'érosion hydrique (CITEAU *et al.* 2008). Dans ce cadre, les résidus organiques à rapport C/N élevé favorisent davantage la genèse de la structure (ROGER et GARCIA, 1993) (fig.02).

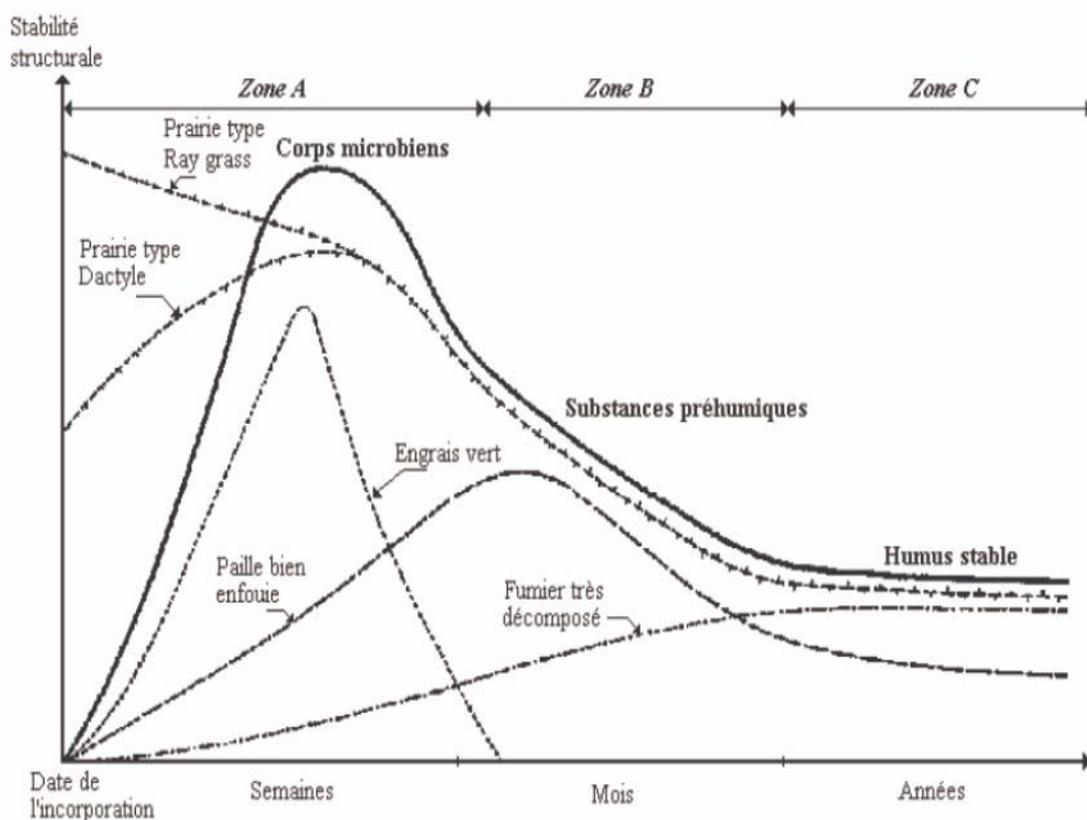


Figure 02 : Présentation de l'effet des différents d'amendements organiques sur la stabilité structurale (MONNIER in ABIVEN, 2004).

II.6.1.2.Effet sur la rétention en eau

Durant toutes les étapes de l'évolution de la matière organique, celle-ci agit comme régulateur de l'humidité du sol. Elle augmente sa porosité et favorise sa conductivité hydraulique. Grâce à son caractère hydrophile, la matière organique par le biais de son humus contribue à

enrichir le sol en eau et par la suite à augmenter sa résistance à la sécheresse (DEMOLON, 1968 ; CHAREAU, 1975 ; MALLOUHI, 1980; CITEAU *et al.*, 2008).

Ainsi, à l'état d'humus, la matière organique peut retenir 15 fois son poids d'eau, selon (PFEIFRE in OUSTANI 2006). L'humus absorbe très facilement l'humidité et ne la perd que lentement de sorte que le sol reste humide longtemps pendant la période sèche. Les matières organiques sont de 2 à 5 fois plus adsorbants que les meilleures argiles (GOBAT *et al.*, 1998). Ceci est dû au fait que les composés humiques possèdent une charge négative supérieure à celle des colloïdes minéraux (SOLTNER, 2003) (fig.03).

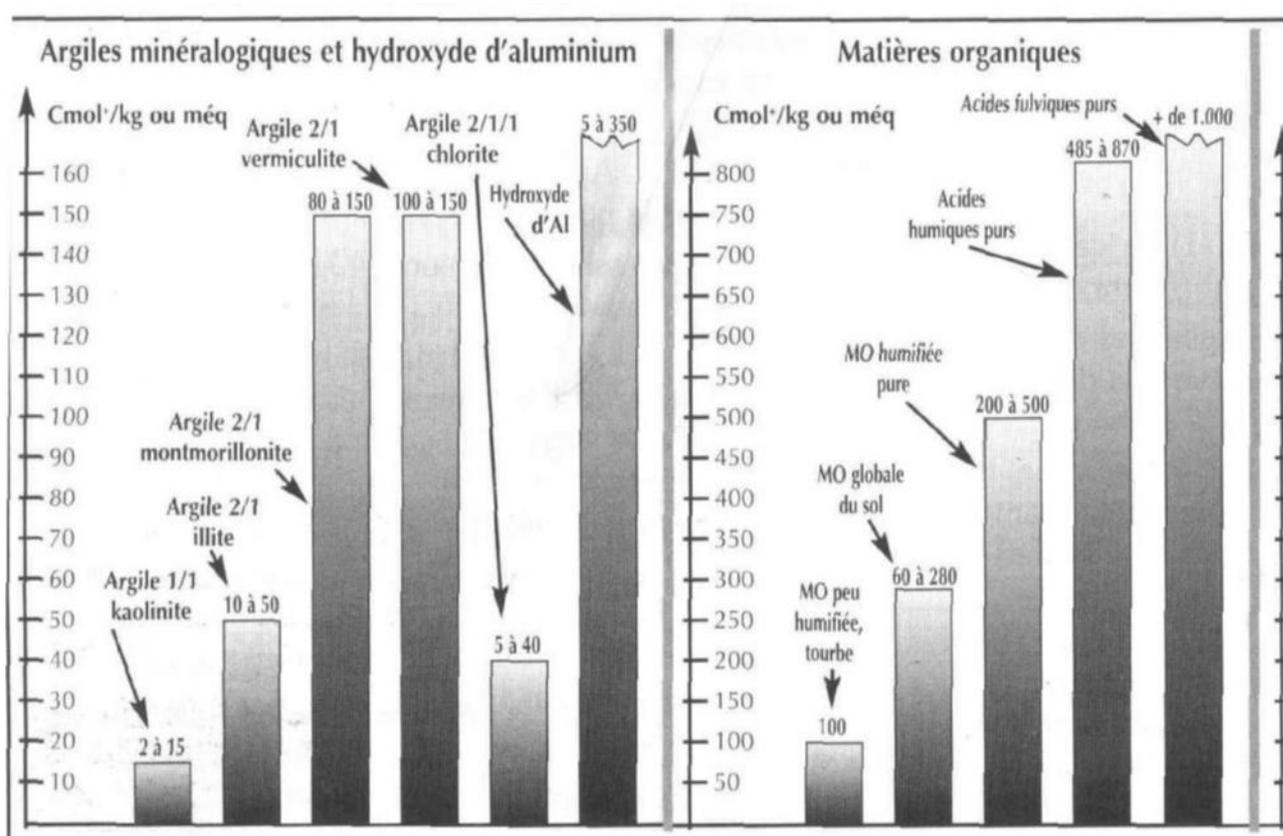


Figure 03 : Valeurs Comparatives entre la CEC des argiles et des matières organiques (GOBAT *et al.*, 1998).

C'est ainsi que BALESSENT (1996), montre que dans certains agro-systèmes arides, la réserve en eau du sol est peut être insuffisante pour alimenter la production jusqu'à maturité et seuls les amendements organiques permettent d'augmenter la réserve en eau au-delà du seuil nécessaire à une production (fig.04).

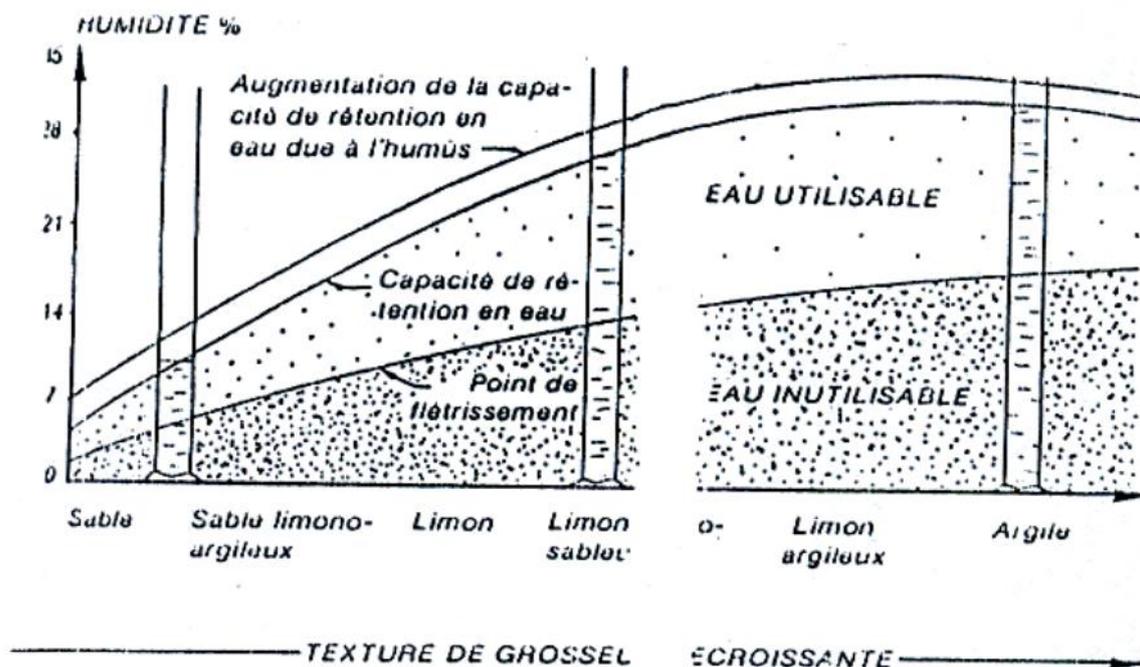


Figure 04 : Action de l'humus sur le point de flétrissement et la capacité de rétention de l'eau pour différentes textures de sol (SOLTNER, 2003).

II.6.2.Effets de la matière organique sur les propriétés physico-chimiques du sol

La matière organique a un effet favorable sur les propriétés physico-chimiques du sol (capacité d'échange cationique, pouvoir tampon, etc.), effet d'autant plus marqué que l'humification de la matière organique est plus poussée (DROUET, 2010).

II.6.2.1.Effet sur la capacité d'échange cationique (CEC)

D'après DROUET (2010), plus de 20 à 70 % de la CEC des horizons de surface de nombreux sols est due aux composés humiques. Le rôle de la matière organique est capital dans les sols à texture grossière ou dans ceux dont le cortège argileux est pauvre en minéraux phyllite à forte CEC. La CEC dépend essentiellement du complexe argilo-humique (CAH) du sol. Elle est élevée pour des sols argileux et/ou humifères et très basse pour des sols sableux. L'apport de MO dans un sol sableux a pour but d'augmenter cette CEC. Alors que, l'apport de matière organique dans un sol argileux vise à stabiliser les argiles, à limiter le lessivage et à augmenter la CEC (CITEAU et al., 2008).

Par ailleurs, la matière organique permet la formation de complexes (= chélates) avec les oligoéléments, ce qui augmente leur disponibilité dans le sol (DROUET, 2010). La stimulation de la

croissance racinaire par les acides humiques liés aux matières organiques a été également signalée en réponse à la fertilisation organique, effet physiologique encore mal compris mais fréquemment observé (action positive des acides humiques) (DROUET, 2010).

II.6.2.2.Effet sur pH

La décomposition de la matière organique maintient une certaine acidité dans le sol, celle-ci est due en particulier à la libération des acides organiques et à l'action acidifiante de CO₂ libéré par l'activité microbienne. Cette acidité est en partie responsable de la dissolution d'éléments peu assimilables (Phosphate, Fer ... etc.) en sols calcaires. D'autre part, la matière organique stabilisée évite l'acidification du sol par son effet tampon (ADAESO in OUSTANI 2006).

II.6.2.3.Effet Sur la salinité du sol

MALLOUHI (1982), montre que l'apport de la matière organique provoque un décroissement de la conductivité électrique. La matière organique s'avère d'une grande efficacité dans l'inhibition des effets de la salinité en favorisant le lixiviation des sels en excès et en augmentant la résistance des plantes aux sels (HALITIM et BENABADJI in OUSTANI, 2006).

II.6.3.Effets biologiques (Effets nutritionnels et énergétiques)

Les matières organiques assurent l'activité biologique en fournissant aux microbes hétérotrophes des matières nécessaires pour leurs propres synthèses protéiques et pour leurs besoins énergétiques, elles remplissent ces fonctions lorsqu'elles sont à l'état frais, quand à la phase de l'humification (DAVET, 1996). La matière organique stimule l'activité biologique, étant à la fois source d'énergie et d'éléments nutritifs pour les organismes du sol (CITEAU et *al.*, 2008 ; MERROUKI et *al.*, 2012).

Le carbone de la matière organique du sol est la source énergétique des microorganismes hétérotrophes, c'est-à-dire ceux qui ne tirent pas leur énergie de la lumière du soleil (c'est le cas de la majorité des microorganismes) (CHABALIER et *al.*, 2006). La matière organique joue également un rôle nutritionnel en fournissant par l'intermédiaire du processus de minéralisation des éléments nutritifs (macro et macroéléments) nécessaires à la fois pour la croissance et le développement des microorganismes du sol et des plantes (BALESDENT, 1996 ; GOBAT et *al.*, 2003 ; CHABALIER, et *al.*, 2006 ; DROUET, 2010).

La matière organique à l'état d'humus limite la rétrogradation du potassium en permettant aux ions K^+ de se fixer sur lui, il leur évite de s'intercaler entre les feuilles des argiles, fixation qui rendrait le potassium disponible (SOLTNER, 2003).

Les matières organiques sont amendement, c'est-à-dire des substances qui dans le sol améliorent à la fois (fig.05).

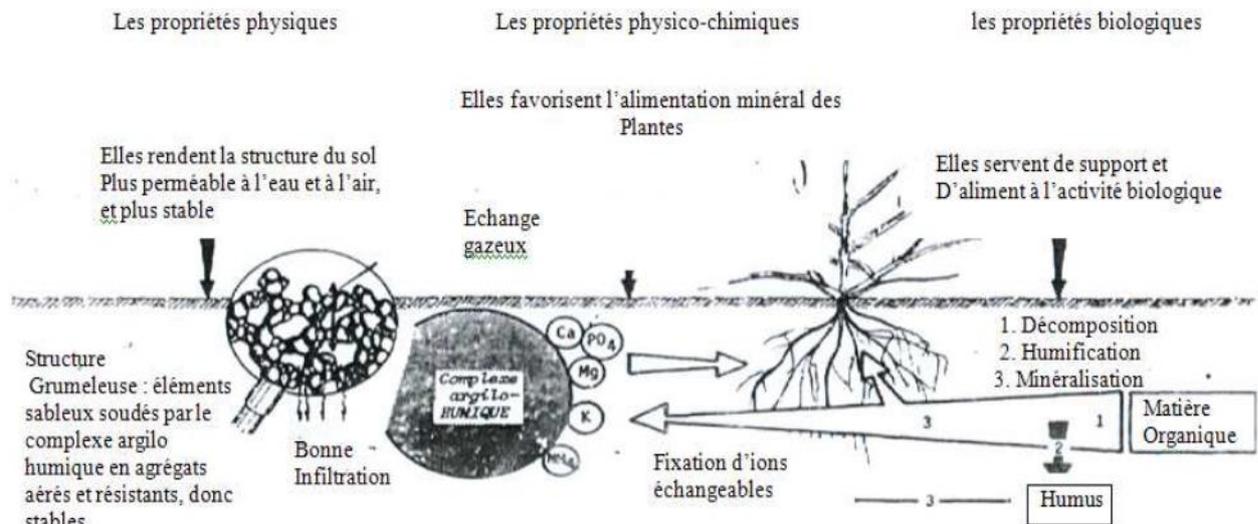


Figure 5 : Action des matières organiques sur les propriétés du sol (SOLTNER ,2003).

II.7.Facteurs de dégradation de la matière organique

Les processus de dégradation des matières organiques dépendent de leurs natures biochimiques, des conditions édapho-climatiques et des aménagements (CHABALIER et *al.*, 2006 ; GIVA, 2011). On peut les regrouper en deux facteurs, qui sont abiotique et biotique.

II.7.1.Facteur abiotique

Les facteurs abiotiques représentent les conditions du milieu, notamment la température, équilibre air/eau, pH du sol, salinité.

- **Température**

La matière organique se décompose plus rapidement à des températures plus élevées, si bien que les sols des climats plus chauds tendent à contenir moins de matière organique que ceux des climats plus frais (SOCO, 2009 ; GIVA, 2011). Les microorganismes ont une activité optimale entre 25 et 35 °C au-dessus l'activité microbienne, et est également diminuée. La minéralisation est encore possible à des températures plus élevées par des enzymes produites par ces

microorganismes. En dessous de 10 °C, la minéralisation est très réduite (CHABALIER et *al.*, 2006). Ainsi que la faune du sol qui fait partie de la décomposition de la matière organique a une gamme de température variée. NATURLAND (2010) a noté que quelques espèces de vers de terre, telles que, *Eisenia foetida* a une tolérance entre 0-30°C. Donc, l'augmentation ou diminution de la température peut influencer négativement sur l'abondance de ces organismes, et donc sur l'évolution de la matière organique.

- **Equilibre air/eau**

Le labour augmente la macroporosité dans le sol et sa température moyenne, contribuant ainsi à augmenter la vitesse de décomposition de la matière organique (SOCO, 2009 ; GIVA, 2011). Plus un sol est humide, il y a moins d'oxygène disponible pour que la matière organique se décompose, si bien qu'elle s'accumule (SOCO, 2009).

- **pH du sol**

Le pH du sol est considéré parmi les facteurs qui agissent sur la voie de dégradation des matières organiques. Les bactéries qui minéralisent la matière organique ne sont pas actives lorsque le pH descend au-dessous de 5,5 et optimale à la neutralité (CHABALIER et *al.*, 2006).

L'engorgement des sols et l'acidité permanente augmentent le temps de résidence du carbone organique dans les sols, il y a formation de tourbe en conditions froides à long terme (GIVA, 2011).

- **Salinité**

L'étude de l'évolution de la matière organique dans les sols salés montre certainement une inhibition des activités microbiennes du processus de la minéralisation, ainsi qu'une pénurie en produits humiques polymérisés. Le rapport AF /AH augmente proportionnellement par rapport au degré de la salinité (GALLALI, 1980 in OUSTANI, 2006).

La proportion du Ca et Mg échangeables et la teneur en calcaire actif assurent une protection physique des matières organiques du sol. Ainsi que l'Aluminium libre protègent physiquement et physico- chimiquement les matières organiques du sol (GIVA, 2011).

II.7.2.Facture biotique

La nature de la matière organique et les organismes vivants sont des facteurs qui agissent sur la décomposition de la matière organique.

- **Nature de la matière organique**

CHABALIER et *al.* (2006), montrent que le carbone de la matière organique du sol est la source énergétique des microorganismes. Les carences en azote et phosphore disponibles limitent l'activité des micro-organismes (GIVA, 2011). Le rapport C/N est toujours plus faible (donc présence davantage d'azote) en milieu acide (NDIRA, 2006).

On utilise souvent le rapport C/N pour comparer la teneur en azote du sol. Ainsi, plus la valeur du ratio C/N de la matière organique est élevée, plus l'activité microbienne est limitée par la quantité d'azote disponible dans le sol, ce qui indique une faible décomposition de la matière organique (OUSTANI, 2006).

- **Les organismes vivants**

L'évolution de la matière organique est influencée par les différentes catégories de la faune et de la microflore du sol ainsi que ses abondances (GIVA, 2011). Les macrofaunes comme les vers de terre assurent la fragmentation de la matière organique et leur brassage avec la matière minérale. Les méso-faunes sont des broyeurs de feuilles microflores, telles que les bactéries et les champignons qui sont indispensables aux cycles du carbone et de l'azote, selon (CHABALIER et *al.*, 2006). Les bactéries jouent un rôle essentiel dans la solubilisation et dans la précipitation des minéraux, mais aussi dans toutes les transformations de la matière organique, dont la minéralisation. Elles synthétisent des polysaccharides très résistants à la dégradation qui forment une part importante de la matière organique humifiée. D'autre part, certains champignons basidiomycètes, comme les bolets et certaines pourritures molles fabriquent des composés humiques incorporés rapidement à la matière organique du sol.

II.8. Importance de la matière organique du sol

La présence de matière organique dans les sols est à l'origine de l'apparition des propriétés physico-chimiques favorisant le développement des végétaux cultivés et naturel.

L'augmentation de ces teneurs s'accompagne d'une amélioration de la structure, de la facilité de l'infiltration de l'eau, de l'accroissement de la capacité de la rétention en eau, ainsi que du pouvoir de résistance à l'érosion (LEPRUN, 1988). En outre, avec ses propriétés colloïdales, son caractère de substance fixatrice d'élément et son pouvoir chélation, elle joue un rôle chimique important dans les sols; libération d'élément nutritifs après minéralisation et augmentation de la capacité d'échange cationique. Elle joue aussi un rôle environnemental capital en participant à

contrer le phénomène de désertification et en diminuant, lorsque le stock augmente dans les sols, le dégagement de gaz carbonique pouvant rejoindre l'atmosphère et accroître les quantités des gaz responsable de l'effet de serre (FAO, 2008).

Au niveau agricole sa présence contribue à une bonne nutrition des espèces cultivées, ce qui se traduit par l'augmentation des rendements et l'amélioration de la production.

La MO est la source principale d'azote dans le sol. C'est un composant labile nécessitant une source de renouvellement. Toutefois, la perturbation du sol par le labour provoque généralement une diminution du taux de la MO, favorise l'érosion éolienne et hydrique et ce fait provoque un déclin de la productivité de la plante cultivée. Le maintien des résidus de récolte en surface du sol peut contribuer à la synthèse d'une nouvelle MO (CAMPBELL et ZENTNER, 1993). La MO constitue souvent le ciment organique liant les fines particules entre elles et formant ainsi les agrégats (QUIRK, 1978 ; TISDALL et OADES, 1982 ; ELLIOTT, 1986). Elle ralentit la pénétration de l'eau de pluie dans les agrégats et permet l'augmentation du taux des agrégats hydrostables (GREENLAND, 1981 ; TISDALL et OADES, 1982 ; ALBRECHT, 1998). La stabilité structurale est étroitement liée à la quantité et la qualité de la MO (ANGERS et CHENU, 1997 ; FELLER et BEARE, 1998). La MO influence l'immagasinement de l'eau par le sol, la résistance aux agents érosifs et par conséquent affecte la croissance et le développement des cultures (PICCOLO, 1996). La qualité de la MO est susceptible à changer avec les différents systèmes de gestion des sols (GREGORICH et CARTER, 1997 ; OADES, 1998 ; PICCOLO et MBAYWU, 1999 ; BALESSENT *et al.*, 1999). Ainsi, il devient nécessaire de maintenir et même d'augmenter le contenu des sols en MO pour améliorer leur fertilité et assurer une agriculture durable en augmentant le taux de séquestration des résidus de récolte (UNGER, 1994).

Partie II

Matériel et méthode

Chapitre I
Présentation de la région
d'étude

Introduction

Dans ce chapitre les points qui vont être étudiés sont la situation géographique et les facteurs écologiques qui caractérisent la région de Ghardaïa.

La wilaya de Ghardaïa issue du dernier découpage administratif, est située à 600 km au Sud de la capitale Alger (carte.1), et s'intègre dans la partie septentrionale de la plateforme saharienne (A.N.A.R.H, 2007).

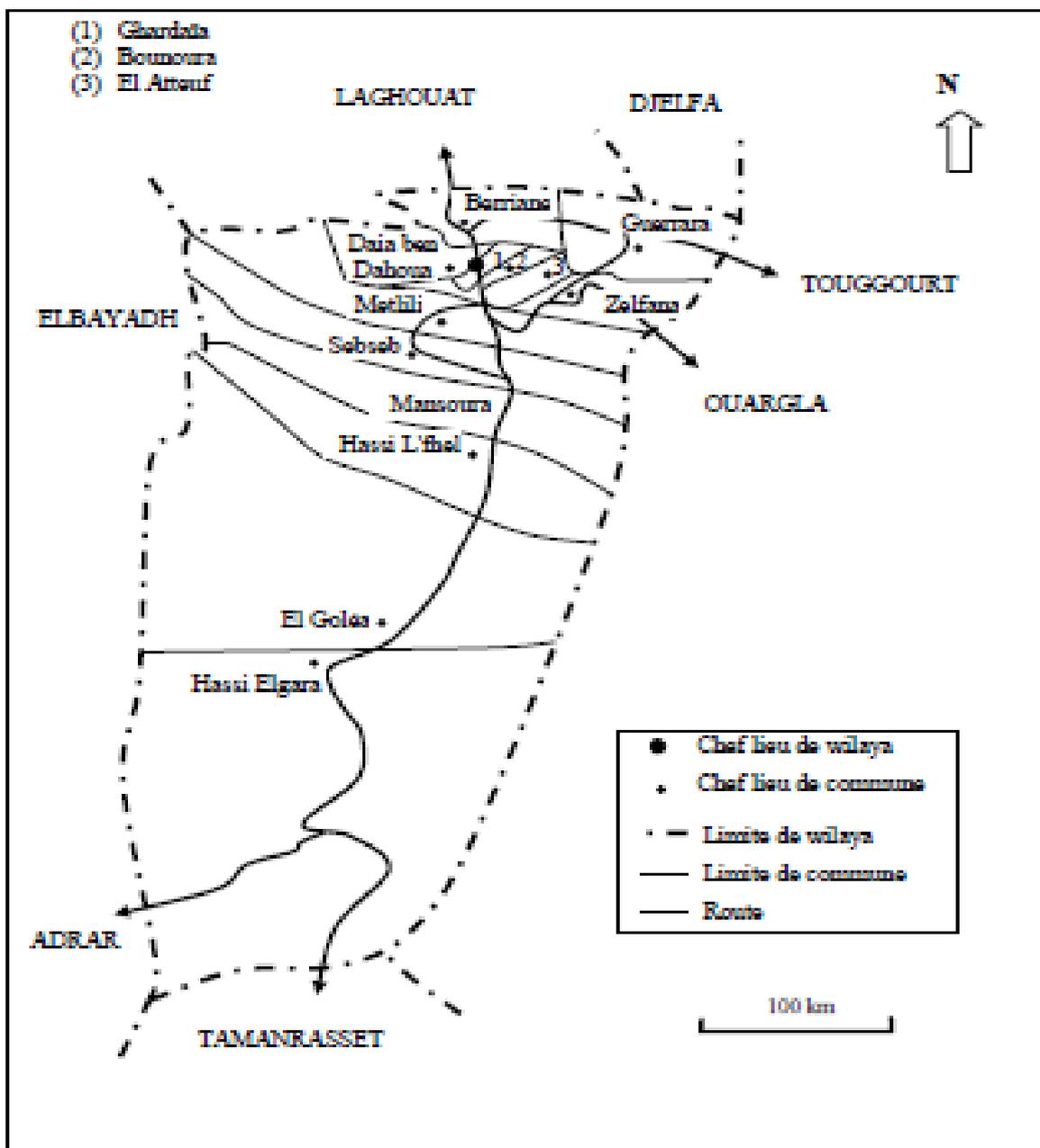
Elle est connue par l'architecture spécifique de ses Ksour (noyaux historiques) situés sur la vallée du M'Zâb et classés monuments mondiaux par l'UNESCO depuis 1982, ainsi que pour son traditionnel et ingénieux système de partage d'eau des crues pour l'irrigation des palmeraies (YOUCEF, F., 2003).

I.1.Situation géographique de Ghardaïa

La région de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord de Sahara septentrional dans le plateau de Hamada (ZERGOUN ,1994) à 32° 30' de latitude Nord à 3° 45' de longitude à 600 km au Sud d'Alger. Elle est limitée au Nord par la localité de Berriane et au Sud par MetliliChâamba (32° 25' N. ; 4° 35' E). La grande palmeraie de Zelfana (32° 15' N. ; 3° 40' E) s'étend à l'Est. A l'Ouest, la région de Ghardaïa est bordée par le grand Erg occidental (BENHEDID ,2008). La Wilaya couvre une superficie de 86.560 km². La région de Ghardaïa couvre une superficie de 2,025 Km² (BEN ABBES, 1995). (carte .01)

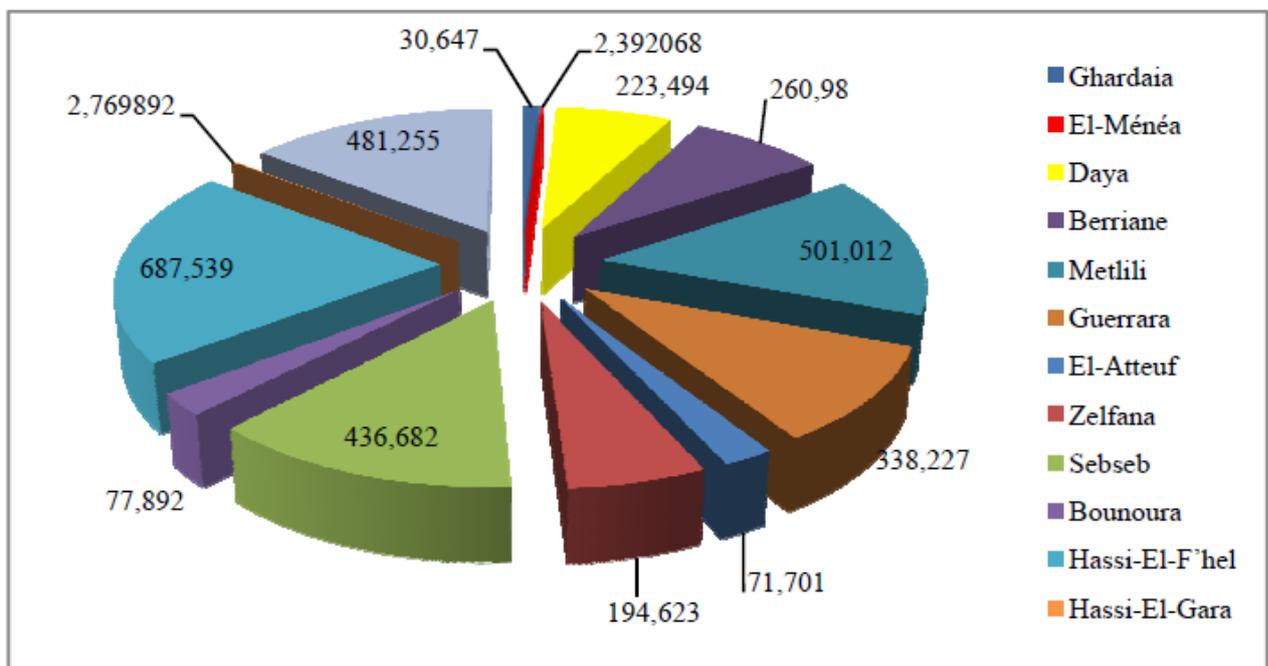
La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km).
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km).
- A l'Est par la Wilaya de Ouargla (200 Km).
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1470 Km).
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400 Km).
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350 Km).



Carte 01: Découpage et limites administratives de la wilaya de Ghardaïa (BEN KENZOU et *al.*, 2007).

La wilaya qui couvre une superficie de 8.466.012 ha est répartie sur 13 communes (carte 01), la plus grande est celle d'El-Goléa avec une superficie 2.392.068 ha et la plus petite est la commune de Ghardaïa avec une superficie de 30.647 ha (fig.06) (D.S.A.Ghardaïa 2010).



Unité : ha (D.S.A. de Ghardaïa 2010).

Figure 06: Superficies des différentes communes de la wilaya de Ghardaïa.

I.2.Facteurs écologiques de la région d'étude

Les mécanismes d'action des facteurs écologiques, forment une étape indispensable pour la compréhension du comportement des populations par des réflexes propres aux organismes et aux communautés dans les biotopes auxquels ils sont inféodés (RAMADE, 2003). Les facteurs écologiques qui vont être développés sont les facteurs abiotiques et biotiques.

I.2.1.Facteurs abiotiques

I.2.1.1.Facteur édaphique

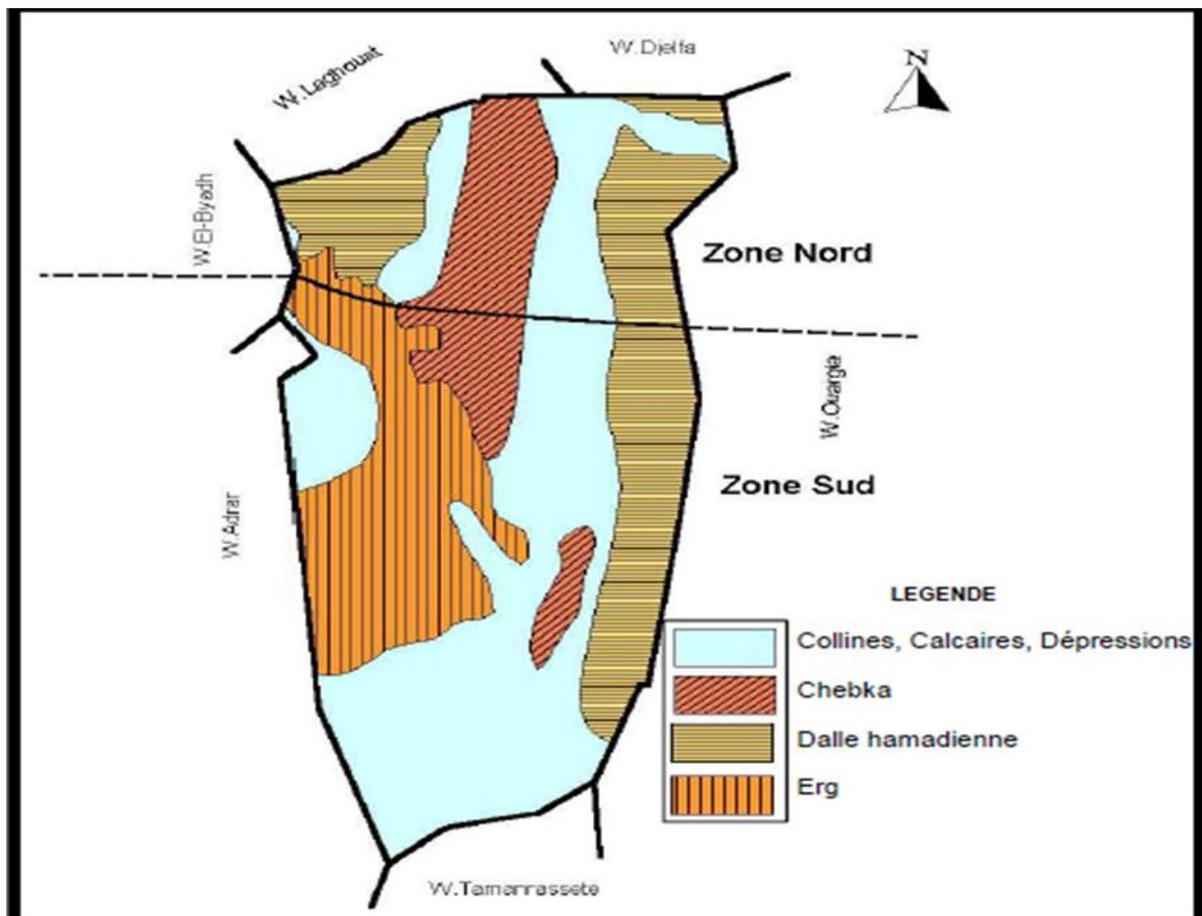
I.2.1.1.1.Sol

Les sols constituent l'élément essentiel des biotopes propres aux écosystèmes continentaux dont le pH conditionne la répartition des organismes (RAMADE, 1984). Le sable ne domine pas dans le Sahara, les sols désertiques sont surtout pierreux. Les sols argileux couvrent une grande partie des déserts. La surface d'un sol argileux se dessèche très rapidement après une pluie. Cependant la dessiccation pénétrant de plus en plus profondément, la zone de départ de l'évaporation devient de plus en plus profonde et la zone d'évaporation de plus en plus basse

au niveau de la région de Ghardaïa, les sols sont squelettiques suite à l'action de l'érosion éolienne et souvent marqué par la présence en surface d'un abondant argileux, type « Hamada ». Dans les dépressions, les sols sont plus riches grâce à l'accumulation des dépôts alluviaux. (DUBOST, 1991). La région du M'Zab est caractérisé par des sols peu évolués, meubles, profonds, peu salés et sablo-limoneux. La texture est assez constante et permet un drainage suffisant (KADA et DUBOST, 1975).

I.2.1.1.2. Géomorphologie

L'ensemble géomorphologique dans lequel s'inscrit le M'Zab est un plateau rocheux, le hamada, dont l'altitude varie entre 300 et 800 mètres. Le paysage est caractérisé par une vaste étendue pierreuse où affleure une roche nue de couleur brune et noirâtre. Les sols cultivables sont rares et limités aux zones d'accumulation des eaux et de dépôts alluvionnaires. La région présente des grands ensembles les distinguant plus ou moins des autres régions Sahariennes (carte .02): (DPAT, 2005)



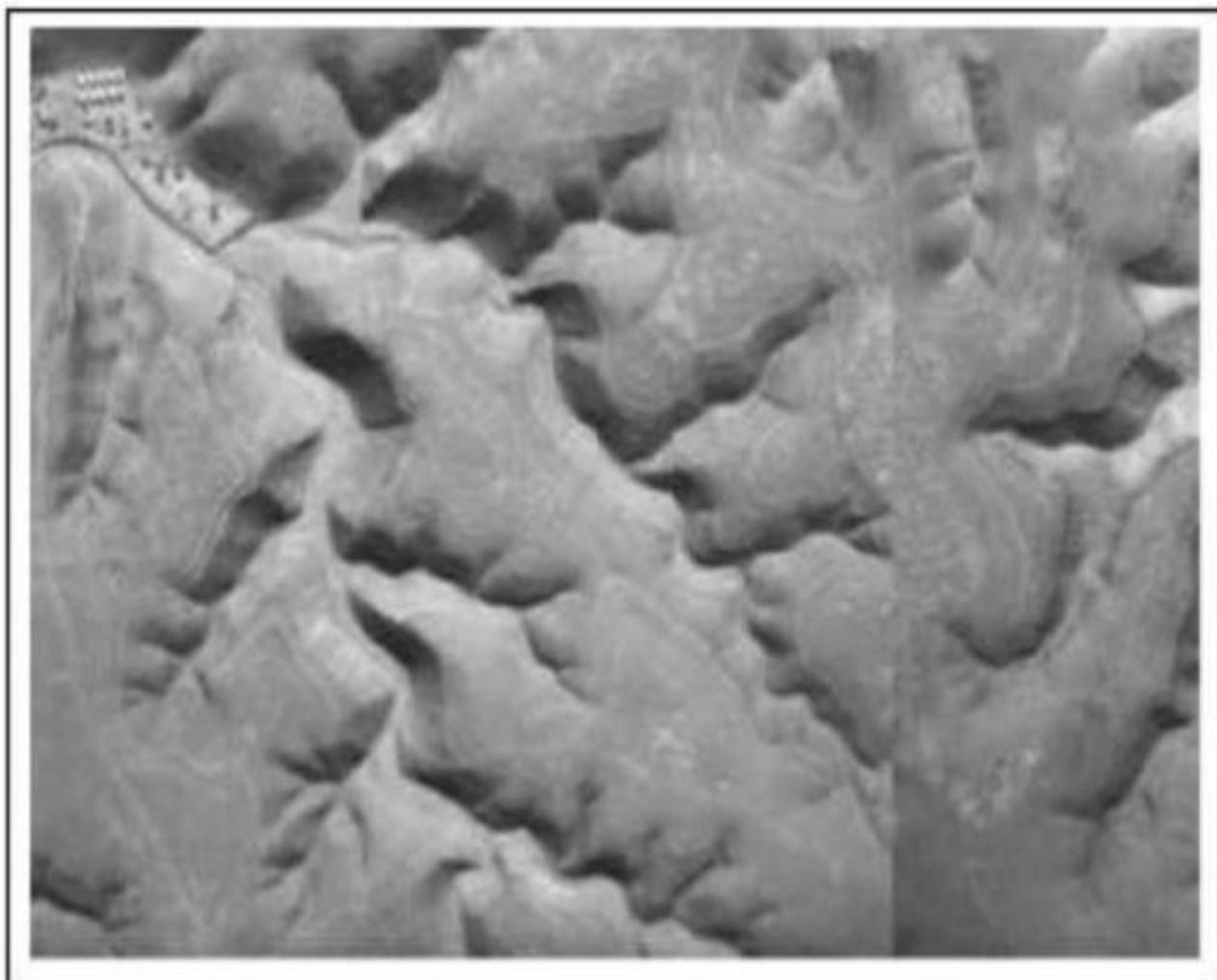
Carte 02 : Géomorphologie de la région de Ghardaïa (ATLAS, 2005).

➤ Chabka du M'Zab

C'est un plateau crétacé rocheux et découpé en tous les sens par de petites vallées irrégulières, qui semblent s'enchevêtrer les unes des autres. Ces vallées sont plus ou moins parallèles et leur pente dirigée vers l'Est. D.P.A.T.(2005).

La hauteur des vallées du M'Zab est assez variable, et n'atteint pas les cent mètres. Leur largeur est parfois de plusieurs kilomètres. Les formations encaissantes comprennent des calcaires, et au-dessous des marnes ; les calcaires généralement dolomitiques constituent le plateau et le haut des berges. D.P.A.T.(2005).

Le plateau rocheux occupe une superficie d'environ 8000 Km², représentant 21 % de la région du M'Zab (COYNE, 1989). Vers l'Ouest, il se lève d'une manière continue et se termine brusquement à la grande falaise d'El loua, qui représente la coupe naturelle et oblique de ce bombement. Mis à part, Zelfana et Guerrara, les neuf autres communes (Ghardaïa, Berriane, Daïa, Bounoura, El Ateuf, Metlili, Sebseb, Mansoua et Hassi -Fhel) sont situées en tout ou en partie sur ce plateau.



Carte 03: Vue aérienne de la Chebka du M'zab (A.N.R.H., 2013).

➤ **Région des dayas**

Au sud de l'Atlas saharien d'une part et d'autre part du méridien de Laghouat s'étend une partie communément appelée «plateau des dayas» en raison de l'abondance de ces entités physionomique et biologiques qualifiées des dayas.

Dans la région de Ghardaïa seule la commune de Guerrara, située au nord-est, occupe une petite partie du pays des dayas.

De substratum géologique miopliocène, les dayas sont des dépressions de dimensions très variables, grossièrement circulaires. Elles ont résulté des phénomènes karstiques de dissolution souterraine qui entraînent à la fois un approfondissement de la daya et son extension par corrosion périphérique (BARRY et FAUREL, 1971 in LEBATT-MAHMA., 1997). La région des dayas par sa richesse floristique offre par excellence les meilleures zones de parcours

➤ **Région des Ergs**

La région des Ergs située à l'Est de la région de Ghardaïa, et de substratum géologique pliocène, cette région est caractérisée par l'abondance des Regs qui sont des sols solides et caillouteux. Cette région est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El Ateuf (COYNE, 1989).

➤ **Région des Regs**

Située à l'Est de la région de Ghardaïa, et de substratum géologique pliocène, cette région est caractérisée par l'abondance des Regs, qui sont des sols solides et caillouteux. D.P.A.T. (2005). Les Regs sont le résultat de la déflation, cette région est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El Ateuf.

I.2.1.1.3.Géologiques

D'après MAKSOUUD et ABDYOU (2008), les formations qui constituent la couverture sédimentaire de la région d'étude s'étalent du substratum de jurassique et crétaé au quaternaire. De bas en haut on peut distinguer.

➤ **Jurassique et crétaé inférieur**

Les franges les plus septentrionales ont traversé une série peu différente de celle du Sud du champ de HassiR'mel (MAKSOUUD et ABDYOU, 2008). A la base, 50 m d'argile brun, rouge et grès vert, parfois jaune ou blanchâtre, avec quelques intercalations de sable et de grès, contient surtout dans la moitié inférieure des bancs calcaires dolomitiques avec des lits de lignite et traces de pyrite (MAKSOUUD et ABDYOU, 2008). Au dessus, 70 à 85 m d'alternance de sable argileux, de grès calcaires, des marnes argiles grès-vert, brun-rouge et parfois jaune avec quelques rares et fines intercalations de calcaires dolomitique vrai semblable.

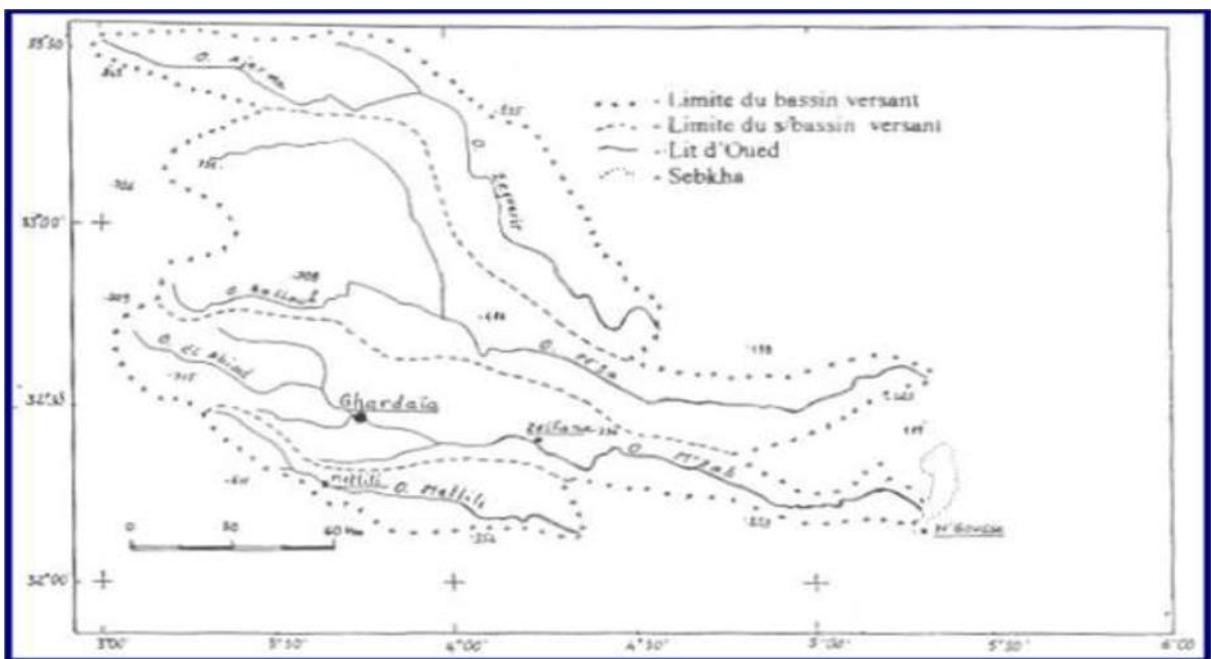
➤ **Crétaé supérieur**

D'après MAKSOUUD et ABDYOU (2008), les formations du crétaé supérieur sont représentées d'une façon générale par des argiles, des calcaires et des dolomies, et localement par des faciès d'évaporites. Ensuite il y a une alternance de bancs argileux et dolomitique. Le niveau des argiles carbonatés et gypseux est limité à sa partie supérieure, par la masse résistante des dolomies du Turonien. D'après, les travaux effectués dans la région de Ghardaïa cette série argileuse à la base, argiles carbonate et lagunaire au sommet, devrait être attribuée au Cénomanién.

I.2.1.1.4. Hydrogéologie

La caractéristique de profondeur, de température et de salinité sont spécifiques au type de la formation géologique du Continental Intercalaire dans la région d'étude. A.B.H.S. (2005).

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau des Oueds dont les principaux sont : Oued Sebseb, Oued Metlili, Oued M'Zab, Oued N'sa et Oued Zegrir (A.N.R.H., 2007). L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab (carte.04), ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses qui connaît la région (A.N.R.H., 2007).



Carte 04 : Bassin versant de la région d'Oued M'Zab (A.N.R.H., 2013).

La région d'étude est alimentée par deux nappes : celle du intercalaire et la nappe phréatique. A.B.H.S. (2005).

➤ Continental Intercalaire

Sa profondeur varie entre 1600 et 2000 m, l'épaisseur utile peut atteindre 900 m (VOISIN, 2004). Cette nappe couvre une surface de 600.000 m² et renferme 50000 milliards de m³ en réserve. Elle occupe la totalité du Sahara septentrional algérien, et se prolonge dans le sud de la Tunisie et le Nord de la Libye. Selon l'A.N.R.H. de Ghardaïa, le premier ouvrage qui exploite la nappe albienne dans la région de Ghardaïa date du 01/05/1891 situé dans la vallée d'El Meniaa ; il s'agit du forage de Bel-Aid, il avait 55,15 m de profondeur, il a été bouché en 1949 suite à la

détérioration de son équipement.

Dans la région de Ghardaïa, cette profondeur augmente, en allant du Sud vers le Nord ; elle est d'environ 250 m à HassiFhel, 350 m à Mansoura, 400 m à 500 m dans la vallée du M'Zab et autour de 900 m et plus à Guerrara et Zelfana. Cette nappe couvre l'ensemble du territoire de la région ; l'artesianisme est rencontré à Guerrara, Zelfana, Mansoura, et HassiFhel .Tandis que dans la vallée du M'Zab, Berriane, Metlili, et Sebseb l'eau est pompée les eaux thermales de la nappe sont chlorurées sodiques, elles se caractérisent par une température moyenne de plus de 46 °C et une salinité moyenne de 1g (OUALI, 1996).

➤ **Nappe phréatique**

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappes phréatiques. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie.

La qualité chimique des eaux est comme suit :

À l'amont, elle est bonne à la consommation. à l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines (A.N.R.H., 2007).

I.2 .1.2.Facteurs climatiques

Pour RAMADE (1984), les données climatiques sont non seulement des éléments décisifs du milieu physique mais ont aussi des répercussions profondes sur les êtres vivants animaux et végétaux. Ils jouent un rôle fondamental dans la distribution de ces derniers qui ne peuvent se maintenir et prospérer que lorsque les conditions de milieu sont favorables. En l'absence de ces conditions, les populations sont éliminées suite aux actions multiples néfastes sur la physiologie de ces êtres vivants (DAJOZ, 1982 ; FAURIE, et *al.*, 1984). Enfin, la région d'étude présente un climat de type saharien, qui se distingue par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver. La moyenne pluviométrique ne dépasse pas les 100 mm (DOUADI, 1992).

I.2.1.2.1. Température

C'est le facteur le plus dominant dans les zones sahariennes. Elle joue le rôle le plus important de tous les facteurs climatiques (DREUX, 1980). Elle agit sur la répartition géographique des êtres vivants ainsi que sur la durée du cycle biologique des insectes. Elle conditionne de ce fait les différentes activités de la totalité des espèces et des communautés vivantes dans la biosphère (DREUX, 1980 ; RAMADE 1984)

Tableau 02 : Températures mensuelles moyennes, maximal et minimal de Ghardaïa en (2007-2016).

Année	T(°C)	Mois												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MOY
2007 à 2016	Max	21.55	23.75	29.26	34.1	38.4	42.0	42.4	43.5	40.3	34.4	27.0	22.16	39.9
	Min	3.8	4.72	6.57	11.2	14.2	21.0	24.8	24.9	19.6	14.2	7.89	3.90	15.7
	Moy	12.16	13.26	15.68	21.6	26.1	31.0	33.9	29.2	29.5	23.7	16.4	12.36	26.5

(O.N.M Ghardaïa, 2017).

Max: la moyenne mensuelle de températures maximal.

Min: la moyenne mensuelle de température minimale.

Moy: la moyenne mensuelle de températures maxima et minima.

La région d'étude est caractérisée par des températures élevées pouvant dépasser les 40 °C (tab.02). Le mois le plus chaud est Aout, avec une température moyenne de 43.54°C., Le mois le plus froid est janvier avec une moyenne égale à 3.8°C (2007-2016).

I.2.1.2.2. Précipitation

Les déserts se caractérisent par des précipitations réduites, et un degré d'aridité d'autant plus élevé que les pluies y sont plus rares et irrégulières (RAMADE, 2003). Les pluviométries des régions désertiques et/ou les zones arides très irrégulières et inférieures à 100 mm par an (DAJOZ, 1982). Dans le Sahara septentrional la pluie tombe souvent pendant l'hiver, laissant une longue période estivale complètement sèche (VIAL et VIAL, 1974). La rareté et l'irrégularité des pluies

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

sont les caractères fondamentaux de climat saharien. En effet le volume annuel des précipitations conditionne en grande partie les biomes continentaux (RAMADE, 1984).

Tableau 03:Précipitations mensuelles exprimées en mm en (2007-2016) à Ghardaïa.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
P(mm)	12.3	4.37	10.12	9.56	3.57	5.96	2.98	4.86	19.55	8.47	6.43	7.3	95.47

(O.N.M Ghardaïa, 2017).

P : Précipitations mensuelles exprimées en mm.

Durant les années (2007-2016), à Ghardaïa la somme totale des précipitations atteint 95.47mm (tab.03). Le mois le plus pluvieux est le mois de septembre 19.55mm, ces pluies sont caractérisées par leur faiblesse pendant les mois de mai, juillet et août, et elles sont très faibles ou même nulles pendant le reste de les années (2007-2016).

1.2.1.2.3.Humidité relative de l'aire

Le degré hygrométrique de l'air ou humidité relative du Sahara septentrional varie de 20% en été et de 50 % ou 60% en hiver (VIAL et VIAL, 1974). Au niveau de la région de Ghardaïa, l'atmosphère présente en quasi permanence un déficit hygrométrique. L'humidité dépend de plusieurs facteurs, de la quantité d'eau tombée, du nombre de jours de pluie, de la température, des vents et de la morphologie de la station considérée (FAURIE *et al.*, 1980). Elle désigne la teneur en vapeur d'eau de l'air, exprimée par mètre cube (RAMADE, 2003).

Tableau 04 :Humidité relative mensuelles exprimées en % en (2007-2016) à Ghardaïa.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MOY
HR%	46.5	40.5	35.3	27.3	23.5	21.8	20.1	25.1	35.7	42	48.2	54.8	42.8

(O.N.M Ghardaïa, 2017).

HR% : Humidité relative en pourcentage.

Les taux d'humidité relative sont donnés le maximum se situe en mois de Décembre avec 54.8%. Le minimum s'observe aux mois de juin et juillet où l'humidité est 21.8% et 20.1% (tab.04).

I.2.1.2.4.Vents

Le vent est un phénomène continu au désert où il joue un rôle considérable en provoquant l'érosion intense grâce aux particules sableuses qu'il transporte (OZENDA, 1977). En plus de son effet mécanique, le vent provoque le dessèchement de la surface du sol, des feuilles des plantes et cause la fuite des animaux vers leurs abris (VIAL et VIAL, 1974).

Ils sont de deux types :

- Les vents de sables en Automne, Printemps et Hiver de direction Nord –Ouest.
- Les vents chauds (Sirocco) dominant en Eté, de direction Sud Nord ; sont très sec et entraînent une forte évapotranspiration, nécessitent des irrigations importantes (BENSAMOUNE, 2008).

La région d'étude est soumise à l'effet des vents Nord-Ouest qui dominant en automne, printemps et hiver. En été par contre, ce sont les vents chauds du Sud « le Sirocco » qui sont prédominants. (ZERGOUN, 1991).

Tableau 05 : Vitesses mensuelles des vents exprimées en m/s en (2007-2016) relevées dans la station météorologique de Ghardaïa.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Moy
V.V (m/s)	12.75	13.53	12.59	14.44	12.20	12.66	15.16	12.94	14.32	15.21	14.66	8.45	14.59

(O.N.M Ghardaïa, 2017).

V.V : Vitesse de vent.

Selon les données climatiques des dix dernières années on remarque que la plus forte vitesse du vent est de 15.21 m/s au mois d'octobre et la plus faible vitesse est de 8.45m/s au mois de Décembre (tab.05). Avec une moyenne annuelle de 14.59 m/s (2007-2016).

I.2.1.2.5.Evaporation

L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Elle est de l'ordre de 2632.8mm/an, avec un maximum mensuel de 374.3 mm au mois de Juillet et un minimum de 96.5 mm au mois de Janvier (O.N.M., 2017).

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Tableau 06 : Evaporation moyenne mensuelle exprimées en mm/an durant l'année (2007-2016) à Ghardaïa.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
E(mm)	96.5	105.5	168	229.3	278.6	346.3	374.3	346.7	264.8	166.6	105.2	151	2632.8

(O.N.M Ghardaïa, 2017).

E : Evaporation

I.2.1.2.6. Insolation

L'ensoleillement est considérable à la région de Ghardaïa, car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année. La durée moyenne de l'insolation est de 347.01 heures/mois, avec un maximum de 350.4 heures au mois de Juillet et un minimum de 241.8heures au mois de Février. La durée d'insolation moyenne annuelle entre 2007 et 2016 est de 3470.1 (O.N.M., 2017).

Tableau 07 : Insolation moyenne mensuelle exprimées h durant l'année (2007-2016) à Ghardaïa.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
I(h)	254.4	241.8	279.6	298.7	338.1	344.6	350.4	324	261.5	275	260	242	3470.1

(O.N.M Ghardaïa, 2017).

I : Insolation

I.2.1.3. Synthèse climatique

La température et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée (FAURIE et *al.*, 1984). La combinaison des températures et de la pluviométrie permet la construction du diagramme Ombrothermique de GAUSSEN qui met en évidence deux périodes l'une sèche et l'autre humide et l'élaboration du Climagramme d'EMBERGER, qui aide à situer le climat de la région d'étude

I.2.1.3.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN est une représentation graphique montrant les périodes sèches et humides de la région étudiée (DAJOZ, 1985). Ce diagramme permet de définir les mois secs. Un mois est considéré sec lorsque les précipitations mensuelles (P) correspondantes

exprimées en millimètres sont égales ou inférieures au double de la température (T) exprimée en degré Celsius. De ce fait, on aura $P < 2T$ (MUTIN, 1977). DREUX (1980) ajoute qu'il s'agit de porter en abscisses les mois de l'année et en ordonnées les précipitations et les températures avec une échelle double des premières. A partir des données climatiques du tableau (02 et 03) portant les moyennes des températures et de la pluviométrie de la région de Ghardaïa durant la dernière décennie, nous avons tracé le diagramme ombrothermique de GAUSSEN pour cette région, (fig.07).

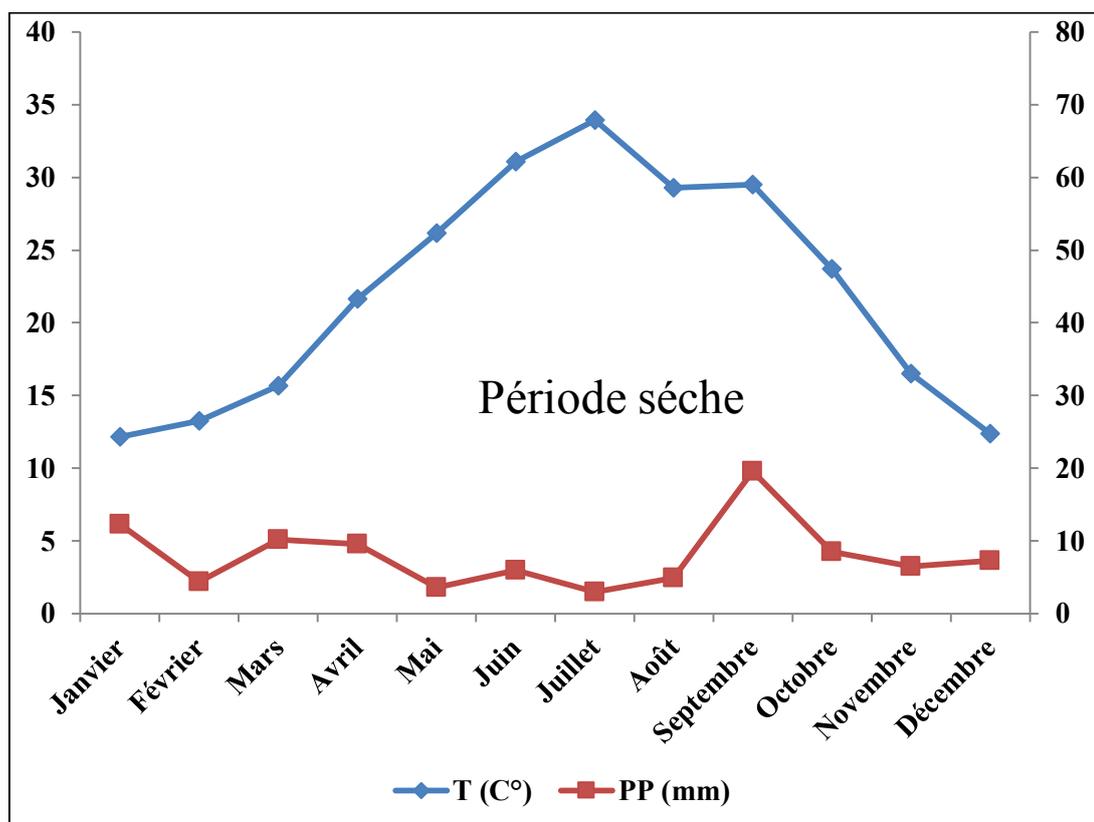


Figure 07 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Ghardaïa en (2007-2016).

I.2.1.3.2. Climmagrame d'Emberger

Le Climagramme d'EMBERGER (1955, in KAABECHE, 1990) nous permet de classer l'étage bioclimatique par le calcul du quotient pluviothermique (Q2) adapté pour l'Algérie selon la formule de STEWARD (1969), qui se présente comme suit :

$$Q2 = 3.43 (p / (M - m))$$

Q2 : quotient pluviothermique d'EMBERGER

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

P : pluviométrie moyenne annuelle en mm

M : La température des maxima du mois le plus chaud en °C

m : La température des minima du mois le plus froid en °C

D'après la formule, la Wilaya de Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à Hiver doux et son quotient thermique (Q2) est de 8,24.

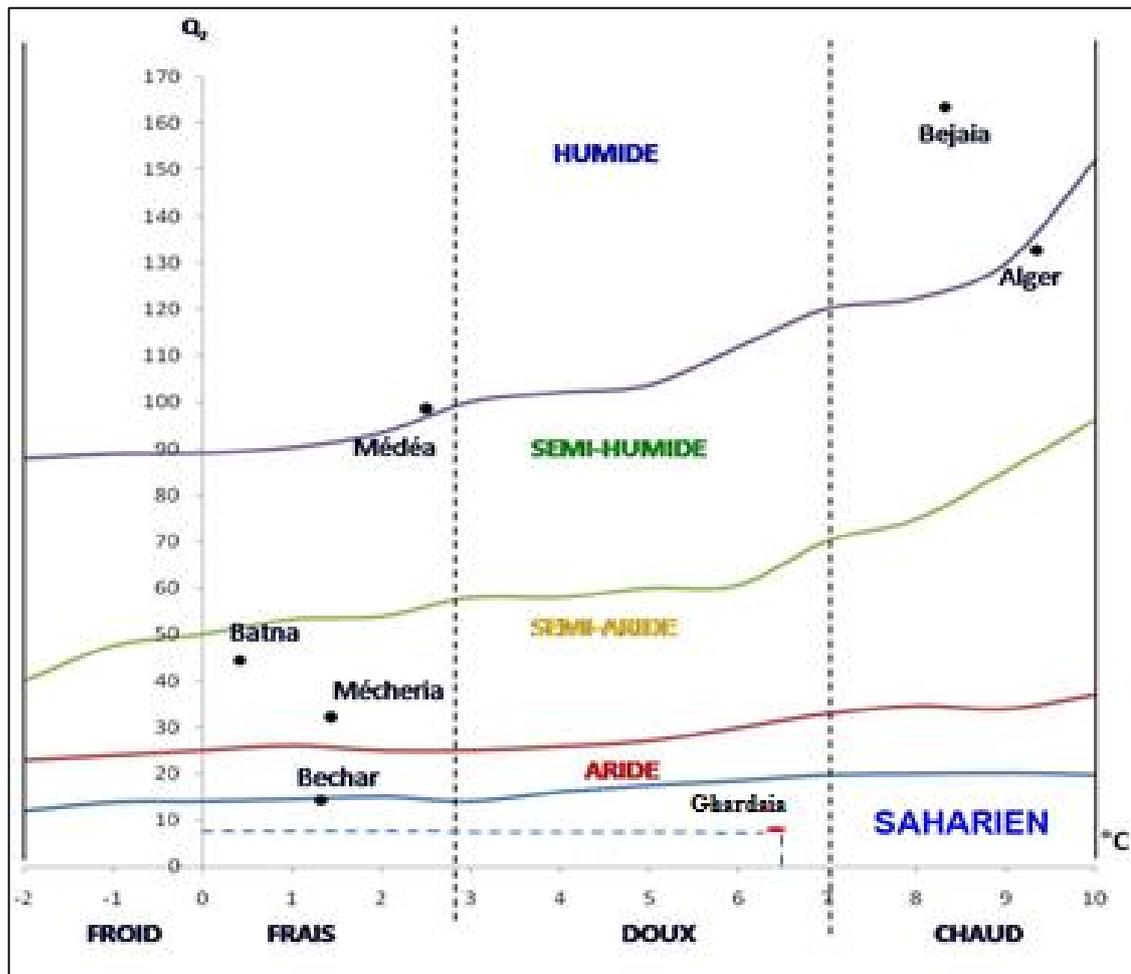


Figure 08 : Etage bioclimatique de Ghardaïa selon Climagramme d'EMBERGE (2007 -2016).

I.2.2.Facteurs biotiques

I.2.2.1.Flore

Les principaux facteurs qui influent d'une manière significative sur la flore de la région de Ghardaïa sont le climat saharien et le faible taux de pluviométrie répartie irrégulièrement dans l'année, de l'ordre de 87.37mm/an. La flore saharienne est considérée comme pauvre si

l'on compare le petit nombre d'espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre (OZENDA, 1983).

La flore saharienne est considérée comme pauvre si l'en compare le petit nombre des espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre (OZENDA, 1983).

D'après QUEZEL et SANTA (1926, 1963), OZENDA (1983), ZERGOUN (1994) et CHEHMA (2006), la flore de M'Zab regroupe une gamme d'espèces partagées entre plusieurs familles (Annexe I).

I.2.2.2.Faune

Le désert est un milieu apparemment simple où la sévérité des agressions du milieu vient limiter le développement de la vie. C'est l'un des rares milieux où la répartition de la plupart des êtres vivants se limite à la strate superficielle du sol et à la strate endogée, (VIAL et VIAL, 1974). La faune est riche dans la région de M'Zab mais se limite à des espèces adaptées au milieu saharien (BOUKRAA,2008).Plusieurs espèces des nématodes sont notées tel que *Ascaris lombricoïdes* Linné, *Oxurisvermicularis* Beremser (AMAT,1888).

Les mollusques sont assez abondants dans la région de Ghardaïa, ABONNEAU (1983) signale la présence d'*Helixdeserticus*. Les

arthropodes comprennent un grand nombre d'espèces sahariennes. Parmi les myriapodes on trouve la scolopendre (*Scolopendrasp.*), plusieurs espèces d'arachnides sont présentées tels que les scorpions (*Androctonusaustralis*) des solifuges (*Galeodessp.*) et des araignées (BOUKRAA,2008).Selon DOUADI (1992) les insectes constituent le groupe le plus riche. CHOBOUT (1898) a recensé plus de 330 espèces de Coléoptères, 124 espèces d'Hyménoptère et beaucoup d'autres espèces de Diptera, de Névroptères et d'Hétéroptères. Les orthoptères représentent le groupe d'insectes le plus important par leur diversité et par leur nombre (ZERGOUN, 1991).

Les Orthoptera ont fait l'objet de plusieurs études bioécologiques dans la région de M'Zab. Précisément ZERGOUN (1991) à Beni Izguen, BABAZ (1992), et YAGOUB (1996) à Ghardaïa et DOUADI (1992) à Guerrara ont inventorié 31 espèces de criquets. Pour ce qui concerne les Amphibie, *Bufo viridis*(LAURENTI, 1768) est cité par LE BERRE (1989). Parmi les Reptiles on cite des Chelonia comme *Testudograeca*(LINNAEUS, 1758), L'étude des oiseaux de la région de Ghardaïa n'a pas été faite d'une manière profonde. Une liste a été donnée par ETCHECOPAR et al. 1985 (cité par : BOUKRAA, 2008). La liste présente 25

espèces d'oiseaux réparties entre 15 familles. Parmi les Falconidae, on note la présence de *Falco biarmicus*(TEMMINEK, 1825), c'est le faucon lanier. Nous citons l'Outarde houbara *Chlamydotis undulata*(JACQUIN, 1784) qui appartient aux Otididae, l'Oedicnème criard *Burhinus oedicnemus*(LINNE, 1758) parmi les Burhididae et *Corvus ruficollis*(LESSON, 1831) le corbeau brun qui représente la famille des Corvidae. LE BERRE, (1989) a signalé un nombre important d'espèces de mammifères dans la région de M'Zab. Ils comprennent des carnivora *Canis aureus* (LINNAEUS, 1758), *Vulpes ruppelli*(SHINZ, 1825), *Poecilictis libyca*(Hemprich et Ehrenberg, 1833) et *Felis margarita* (LOCHE, 1858), des Rodentia [*Hystrix cristata*(LINNAEUS, 1758) et *Massoutiera m'zabi* (LATASTE, 1881), des Lagomorphes *Lepus capensis*(LINNAEUS, 1758), les insectivora comprennent *Aethechinus algirus*(DUVERONNOY et LEREBoullet, 1842), *Paraechinus aethiopicus*(HEMPRICH et EHRENBERG, 1833). (AMAT, 1881; ABONNEAU, 1983; LE BERRE, 1989; ZERGOUN, 1994; BOUKRAA, 2008). Une liste plus détaillée sur la faune est présentée dans l'annexe II.

I.3. Agriculture

La superficie totale de la Wilaya s'étend sur 8.466.012 hectares et se répartit comme suit :

Les terres utilisées par l'agriculture couvrent 1.370.911 Ha dont,

- Surface agricole utile (S.A.U) : 32745 ha irriguée en totalité.
- Pacages et parcours : 1.337.994 ha.
- Terres improductives des exploitations agricoles : 172 ha.
Le secteur de l'agriculture est caractérisé par deux systèmes d'exploitation :
- Oasien de l'ancienne palmeraie.
- La mise en valeur.
- Cultures maraîchères : 722.400 Qx.
- Cultures céréalières : 76.737 Qx.
- Cultures fourragères : 446.400 Qx.
- Cultures industrielles : 7.790 Qx.

- Phoéniciculture : 540.000 Qx.
- Arboriculture fruitière : 166.474 Qx.
L'élevage sédentaire et nomade est important dans la Wilaya, La superficie des parcours et pacages est de 1.337.994 hectares. (D.P.A.T. ,2005).

I.4.Industrie

La wilaya de Ghardaïa a connu, ces dernières années, une forte implantation de l'investissement industriel, le tissu industriel de la Wilaya est composé de 189 unités industrielles dans les branches d'activité :

- Industries Sidérurgique, Métallique, Mécanique et Electrique (ISMME) : 26 unités dont : 25 unités du secteur privé .
- Matériaux de construction, céramique et verre : 52 unités dont : 52 unités du secteur privé .
- Textile : 57 unités dont : 57 unités du secteur privé.
- Agroalimentaire : 10 unités dont : 10 unités du secteur privé.
- Chimie, caoutchouc et plastique : 25 unités dont : 23 unités du secteur privé.
- Bois, liège, papier et impression : 19 unités dont : 19 unités du secteur privé (ATLAS, 2004).

I.5.Tourisme

La Wilaya touristique de Ghardaïa offre une multitude de curiosités (naturelles, historiques et culturelles) telles que la vallée du M'ZAB constituant un joyau architectural classé par L'UNESCO, la région de METLILI, les oasis de ZELFANA, SEBSEB et EL-MENEA avec son désert constituant un début de l'Erg Occidental. La Wilaya de Ghardaïa présente un intérêt important, elle est a l'avantage d'être un point d'escale pour les touristes allant vers d'autres régions touristiques. Elle en effet, un passage obligatoire pour se rendre vers le grand Sud (TAMANRASSET) et la région de la SAOURA (TIMIMOUN).

La vallée du M'ZAB, véritable musée à ciel ouvert est classée par l'UNESCO comme un patrimoine historique mondial. Ce « musée du temps » et ce « musée de l'espace », ainsi que le qualifient nombreux chercheurs, est le produit d'une relation toute particulière entre l'homme et la

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

nature qui se sont mutuellement façonnés selon un schéma de peuplement unique en son genre et accordant à la vallée du M'ZAB un cachet historique et un label touristique radicalement différent des autres « Sud algérien » (D.P.A.T. ,2005).

Chapitre II
Méthodologie du travail

Introduction

Dans ce chapitre, la présentation de site d'étude et de matériel végétale et terminé par la méthode de travail.

Pour bien mener l'étude de l'évolution de matière organique dans la région de Noumérate, Certaines concernant le travail sur le terrain, d'autres sont employées pour les manipulations au laboratoire.

II.1.Objectif

Notre travail expérimental se repose sur l'évolution de matière organique dans un milieu aride de deux espèces forestière *acacia raddiana* et *casuarina équisetifolia*.

Cette étude a été réalisée dans un site à deux relevées différentes et le choix aléatoire en question au niveau de noumérate.

II.2.Choix et description de site

Notre étude a porté sur deux espèces feuillues appartenant à la même site dans le but d'avoir les mêmes données géologiques et pédologiques.

Les deux relevées ont été choisies pour notre échantillonnage (ramassage de litière).

Ce choix s'est effectué selon :

- ✓ L'accessibilité du site
- ✓ Le degré d'ouverture du groupement.
- ✓ la disponibilité des couches de litière sous chaque groupement.
- ✓ On a pris (1m²) pour tous les échantillons.

Description et localisation du site d'échantillonnage :

- ✓ Date de description : 09-16/ 02/ 2017.
- ✓ Heur : 10 :30 h et 12 :10 h.
- ✓ Climat : aride.
- ✓ Localisation : conservation des forêts (Ghardaïa)
- ✓ Coordonnées géographiques : 40° 93'32" 23° N ,07° 87'3" 46°E, Altitude 483 m.
- ✓ Température : 19°C.
- ✓ Végétation : *Acaciarraddiana* , *Casuarina équisetifolia* , *Washingtonia*.



Photo 01: localisation de site d'étude (Google Earth, 2017).

II.3. Matériel biologique

Pour réalisation de cette étude sur le terrain notre matériel biologique était constitué de la litière de deux espèces dont nous avons récolté des échantillons.

II.4. Equipement de terrain

Pour mener notre expérimentation à bon port et pour atteindre notre objectif nous avons utilisé comme matériel des outils simples en relation avec la récolte, le transport, la conservation et le séchage des échantillons prélevés pour une éventuelle identification par la suite. Il s'agissait de:

- Décamètre.
- Sachets pour transport et ensachage des échantillons prélevés.
- Appareil photo pour photographier les espèces végétales.
- Sachets pour transport et ensachage des échantillons prélevés.
- Bent.

II.5. Présentation de matériel végétale

II.5.1. *Casuarina equisetifolia*

L'arbre a pour origine l'Australie, l'Indonésie, la Nouvelle-Calédonie et la Malaisie. Il a été introduite au Sénégal en 1908 (CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL DAKAR, 1974), il est aussi appelé filao (DOMMERGUES, 1963). Il existe plusieurs autres espèces de *Casuarina* : *C. incana*, *C. glauca*, *C. bennetti*, *C. nana* (3 m de haut), en tout une centaine d'espèces. *C. equisetifolia* est un arbre à courte durée de vie (30 -40 ans) et les plantations les plus anciennes montrent des taux de mortalité élevés. La productivité maximale de matière ligneuse est atteinte entre 18 et 30 ans (NDI AYE et al, 1993). On le trouve dans les zones côtières tropicales avec une durée de vie de 50 ans. L'arbre peut atteindre 40 m. La croissance est rapide. L'arbre a un port élancé, cime souvent penchée avec une écorce rose pâle (CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL DAKAR, 1974). Le feuillage est persistant composé d'aiguilles fines de 15-20 cm de long, implantées individuellement. Les fruits sont en forme de cône rond, de 1 à 2 cm de diamètre, contenant des akènes (CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL DAKAR, 1974). *C. equisetifolia* est utilisé pour sa résistance à la sécheresse et aux ambiances salines, il est planté comme brise-vent en bord de mer. Le Filao vit en symbiose avec des actinobactéries du genre

Frankia; celles-ci, évoluent sous forme de filaments rayonnants, au niveau du système racinaire, fixant l'azote atmosphérique de l'air pour nourrir le filao (GANRY et DOMMARGUES, 1995). Cette symbiose permet au filao de s'installer de façon pionnière. Ses aiguilles abondantes peuvent être utilisées comme combustible pour le fumage artisanal du poisson ou comme compost dans le maraîchage et l'horticulture. Le bois est dur, lourd, difficile à scier, se fissurant à la sécheresse le rend impropre à l'usage, sauf brut, comme poteau. L'espèce est aussi connue comme un bon bois de chauffage (MAILLY et MARGOLIS, 1992).



Photo 02 :Forêt de plante *Casuarina equisetifolia* (originale, 2017).



Photo03 :Echantillonnage de *Casuarina equisetifolia*(originale, 2017).

II.5.2. *Acacia raddiana*

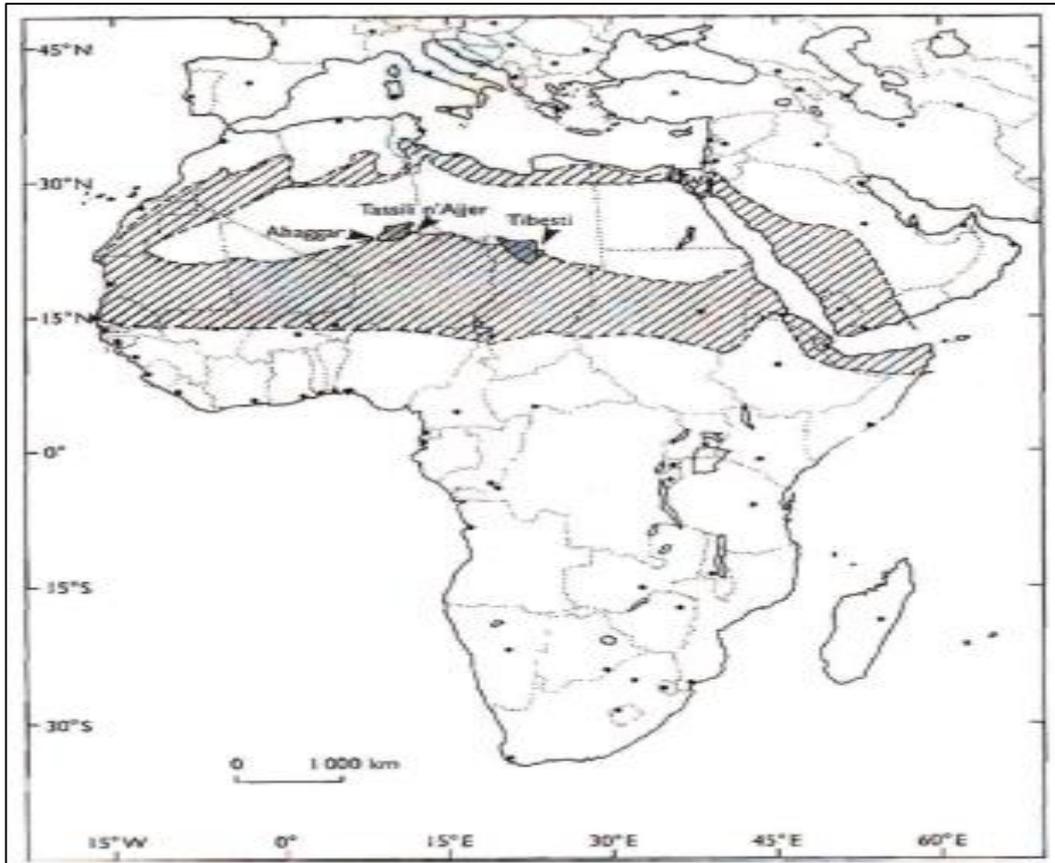
II.5.2.1. Origine d'*Acacia raddiana*

Il y a 2500 ans, le climat du Sahara auparavant froid, s'est réchauffé. Mousson tropicale est remontée vers le nord, et les *Acacia* et autres espèces tropicales l'ont envahi (QUEZEL, 1963). Il se forma dans cette immense savane, une chaîne de grandes forêts pures d'*Acacia* reliant les hauts plateaux algériens et leurs steppes à formation de Pistachier et de Jujubier aux régions soudanaises. Il en subsiste de nombreux témoins au Maroc et en Tunisie, se reliant aux formations du Sénégal par un chapelet de stations distinctes et fragmentées les une des autres (NONGONIERMA in NOUMI, 2010).

En Tunisie, la description originale d'*Acacia tortilis* fût proposée par (FORSSKHAL in NOUMI, 2010), sous le nom de *Mimosa tortilis* Forssk. Les travaux de caractérisation et de description de cette forêt ont débuté vers la moitié du 19ème siècle. , avec les travaux de PELLISSIER (1853) (Consul de France en Tunisie) in NOUMI (2010), qui semble-t-il, a été le premier à décrire cette forêt, en mentionnant qu'une petite rivière (Oued Cherchera actuellement)

traverse un peuplement de *Mimosa gummifera*. Ce n'est que vers 1874, que Doûmet-Adanson et Cosson ont admis que le Gommier de Bled Talah est une forêt d'*Acacia tortilis* (NOUMI, 2010).

Espèce originaire d'Afrique tropicale et d'Arabie présente au Sahara septentrional, central et méridional (NOUMI, 2010).



Carte 05 : Aire de répartition d'*Acacia tortilis*ssp. *Raddiana*(GROUZIS et LE FLOC'H 2003).

II.5.2.2.Caractères botaniques

II.5.2.2.1.Position systématique (in NOUMI ,2010)

Règne : Plante

Embranchement : Spermatophytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Résidées

Ordre : Rosales

Famille : Fabaceae

Sous famille : Mimosaceae

Genre : Acacia

Espèce : *tortilis* (Forsk.) Hayne

Subsp. : *Raddiana*(Savi) Brenan

II.5.2.2 Description morphologique

Acacia raddianase présente généralement sous forme d'arbre de 5 à 12 m de haut. Cette espèce, très typique, est facile à reconnaître grâce à la présence de longues épines droites et d'épines plus petites et crochues agencées par paires. Sa silhouette en forme de parasol est définie par sa cime aplatie et étalée, mais parfois également arrondie. En général, les feuilles sont plus petites que chez de nombreuses autres espèces d'*Acacia* et ont 2 à 6 paires de pétioles secondaires. Chaque pétiole porte 5 à 12 paires de folioles linéaires de 1 mm de large et 3 mm de long. Les fleurs, de couleur blanchâtre ou blanc jaunâtre et odorantes, sont groupées en capitules globuleux. Le fruit est une gousse déhiscente qui est contournée ou enroulée en spirale de 12 cm de longueur (WAHBI et al., 2010). Le système racinaire d'*Acacia tortilis* est pivotant et bien développé, ce qui lui permet d'exploiter différentes couches du sol. L'enracinement pivotant de cette plante peut avoir jusqu'à 8 m de long (NOUMI, 2010). La plupart des espèces d'*Acacia* natives d'Afrique peuvent développer des nodules sur leurs racines et établir ainsi une relation symbiotique fixatrice d'azote avec des bactéries du sol communément appelées rhizobium. L'établissement et le fonctionnement de cette symbiose sont le résultat d'une interaction moléculaire entre la plante et la bactérie, contrôlée au niveau génétique par chacun des deux partenaires (GROUZIS et LE FLOC'H, 2003).

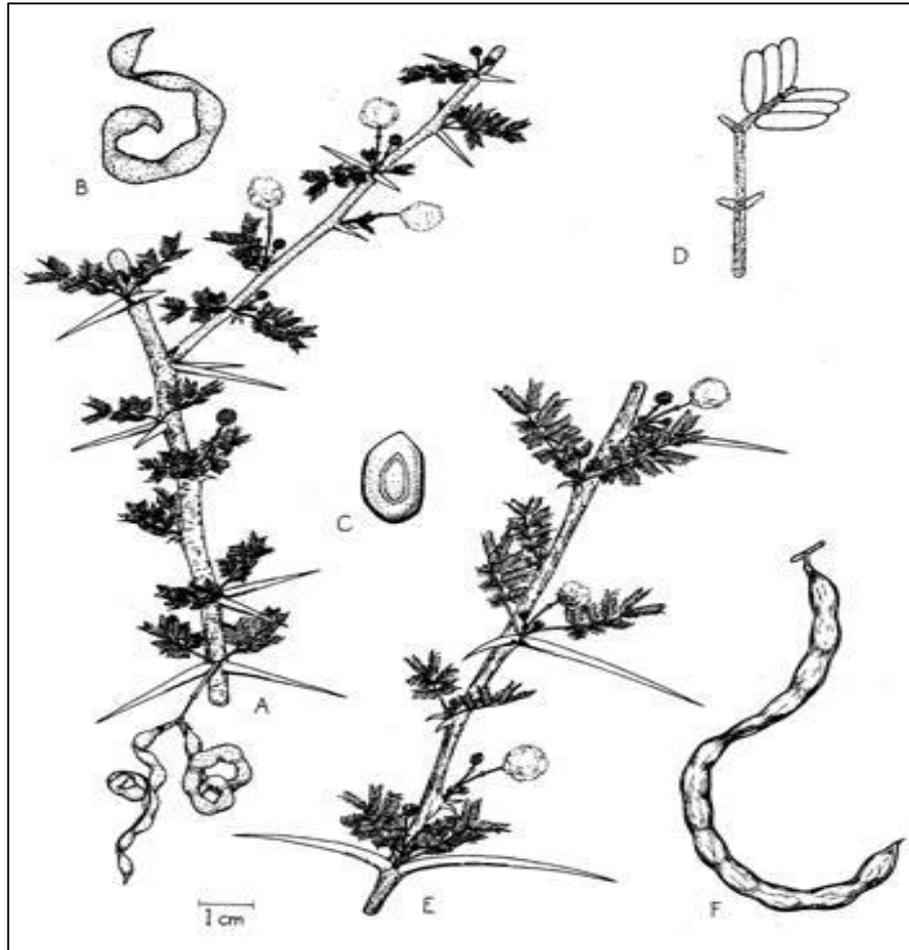


Figure 09 : *Acacia tortilis* subsp. *raddiana*: (A) branche fleurie x 0,8; (B) gousse 0,8; (C) graine 2,4; (D) détail de la feuille x 4; *Acacia tortilis* subsp. *raddiana*: (E) branche fleurie x 0,8; (F) gousse x 0,8. (GROUZIS et LE FLOCH, 2003).

II.5.2.3. Caractères écologiques

Acacia tortilis est un arbre des régions arides et semi-arides, présent au Nord et au Sud du Sahara, il se développe entre les isohyètes 50 et 1 000 mm (DANTHU et *al.*, in WAHBI, 2010), de précipitations annuelles et situées du niveau de la mer jusqu'à une altitude de 2100 m, et développe sur des sols peu évolués de faible fertilité (FLORET et PONTANIER in NOUMI, 2010).

II.5.2.4. Utilisation de l'espèce et son intérêt phyto-thérapeutique

Du point de vue photochimique, des recherches basées sur les résultats de l'étude taxonomique, ethno-pharmacologique et les tests biologiques de l'espèce ont mis en évidence des métabolites secondaires (polyphénols), (BELHADJADJI et *al.* 2008).

Les poils du dromadaire trouvés sur les branches épineuses de l'arbre, supposent que la plante est une source d'abri et de fourrage.

Les gousses et les feuilles sont utilisées, selon LE FLOC'H et GROUZIS (2003), dans l'alimentation humaine de façon occasionnelle (en cas de disette), ainsi que l'alimentation du bétail (RICHARD, 1989), (KIEMA et *al.*,2008). Cependant, elles sont utilisées dans les soins traditionnels (FORS.I., 2009). En effet, Les feuilles, pilées avec du haricot, sont employées dans le traitement des dermatoses allergiques, des œdèmes et dans certaines affections de la peau. Elles sont également utilisées dans les soins des cheveux, le traitement de la teigne. Les fruits sont utilisés contre les inflammations et les maux de dents (LE FLOC'H et GROUZIS, 2003 et RICHARD, 1989 ; KIEMA et *al.*,2008 ; FOR S.I., 2009).

Traditionnellement, toutes les cordes et cordages des Touaregs nomades sont en fibre de l'écorce de l'*Acacia raddiana*(ALEXANDRE, 2002).

L'intérêt de l'arbre est beaucoup plus étendu. En effet, VASSAL (1996) révèle dans son article sur les *Acacias* au Sénégal, des propriétés, en plus de ceux cités en dessus, celles émulsifiantes, stabilisantes et épaississantes liés à la gomme exsudée suite à des blessures naturelles ou artificielles, il précise que la meilleure gomme est secrétée par un autre taxon Sahélien (*Acacia seyal*).

L'écorce de l'*Acacia raddiana* des propriétés vermifuges et guérissent les maladies de Peau, elle est utilisée efficacement pour cicatriser les plaies. Le bois est utilisé comme bois de chauffe, charbon, de service, d'oeuvre, d'artisanat, tannerie, et dans la fabrication des enclos pour les animaux VASSAL (1996).

Actuellement en Algérie, à l'instar de TALHI et *al.*, (2010) ou dans le monde, des recherches s'orientent vers l'utilisation des graines d'*Acacia raddiana* pour la production du biocarburant. Ce nouveau produit peut être utilisé, selon cet axe de recherche, comme alternative dans l'industrie du fuel pour diminuer l'exploitation massive des énergies fossiles (TALHI et *al.*,2010).



Photo 04 :Plante d'*Acacia raddiana*(originale).

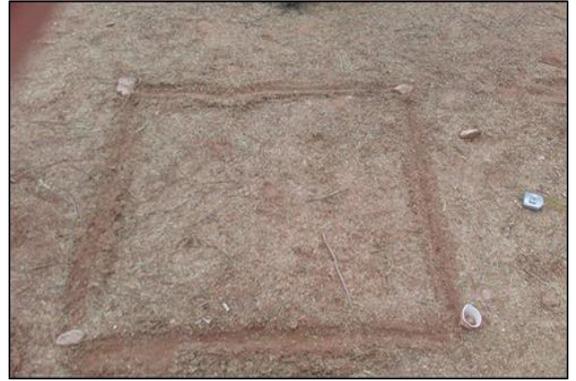


Photo 05 : Echantillonnage d'*Acacia raddiana*(originale).

II.6.Méthode du travail

II.6.1.Méthode de ramassage de la litière

Un carré de 1m² de surface a été installé dans un groupement forestier (installation au hasard). La litière ainsi délimité est récolté manuellement en respectant la stratification des couches).

II.6.2.Au laboratoire

Les échantillons sont séchés à la température du laboratoire pendant une semaine afin d'être analysée après leur pesage.

La litière séchée est divisée en deux fractions :

- ✓ Une fraction pour la séparation physique, le tri de la litière permet la reconnaissance des différentes composantes.

Les fractions identifiées ont été analysé selon les protocoles appropriés.

- ✓ Une fraction est utilisée pour les analyses physico-chimiques après un broyage et tamisage à 2 mm.

II.6.2.1.Fractionnement physique

Cette opération est réalisée à la main et permet de mettre en évidence quatre fraction et qui sont les suivants (feuilles, rameaux, brindilles, fruits, et une fraction dénommée « divers » rassemble les différentes parties de la litière non reconnues.

II.6.2.2.L'analyse physico-chimique de la litière

Après échantillonnage, la litière est séchée à température de laboratoire, broyée et tamisée à 2 mm, les analyses physico-chimiques suivantes ont été réalisées selon le protocole correspondant :

II.6.2.2.1.Humidité hygroscopique (H%)

L'évolution de l'humidité hygroscopique passe par un séchage à l'air libre de laboratoire pendant une semaine puis un séchage à l'étuve pendant 24h à 105°C (BENSLAMA ,2005)

II.6.2.2.2.pH eau et pH kcl

La mesure du pH est effectuée sur un extrait sol / eau (1:5) par la méthode électrométrique à l'aide d'un pH-mètre de laboratoire (AFNOR, 1999 ; MATHIEU et PIELTAIN, 2009).

On constitue une suspension de sol dans l'eau (pH –eau) ou dans l'eau +kcl (pH-kcl) dans laquelle on mesure le pH, c'est –à-dire la concentration en ions H⁺ à l'état dissocié, dans le liquide surnageant (MATHIEU C., et al ,2003).

II.6.2.2.3.Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (C.E) représente le total des sels solubles (VAN HOORN et VAN ALPHEN, 1998 in OMEIRI, 2016).

Mesurée par un conductimètre à une température de 25°C sur des extraits dont le rapport (terre/eau) est de 1/5. (AUBERT, 1978 ; AFNOR, 1999).

C.E	0,6	1,2	2,4	6
mS /c				
Non salé	Peu salé	Salé	Très salé	Extrêmement salé

Figure10 : Echelle de salure en fonction de la conductivité de l'extrait aqueux au 1/5 : relation de Richards in Aubert (1978).

II.6.2.2.4.Matière organique (MO%)

La teneur en matière organique est obtenue par calcul de la fraction perdue par calcination ou perte au feu (AUBERT ,1978).

II.6.2.2.5. Carbone organique (C%)

Carbone organique (C) permet d'estimer le taux de matière organique ($MO = 1,72 \times C$) (LAURENT L., et BERNARDJ., 2001).

II.6.2.2.6. Granulométrie chimique

L'analyse granulométrique a pour but de quantifier en pourcentage les particules du sol (sables, limons et argiles), et de définir la texture du sol. La méthode utilisée est celle de CASAGRANDE (1934) basée sur la vitesse de sédimentation des particules dont la vitesse de chute est régie par la loi de stocks.

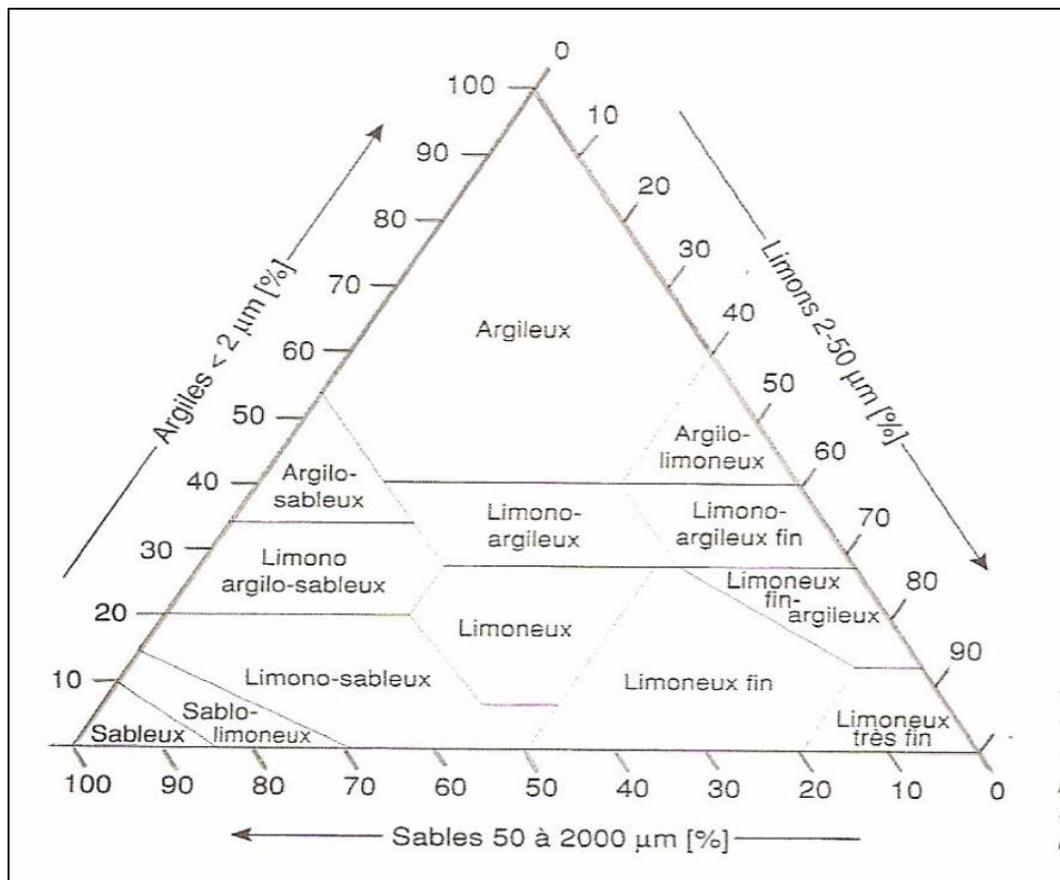


Figure 11: Triangle des textures minérales (Muriel F.,2006 ;2007).

II.6.2.2.7. Démarche méthodologique

Les étapes du travail réalisé sont résumées dans l'organigramme suivant :

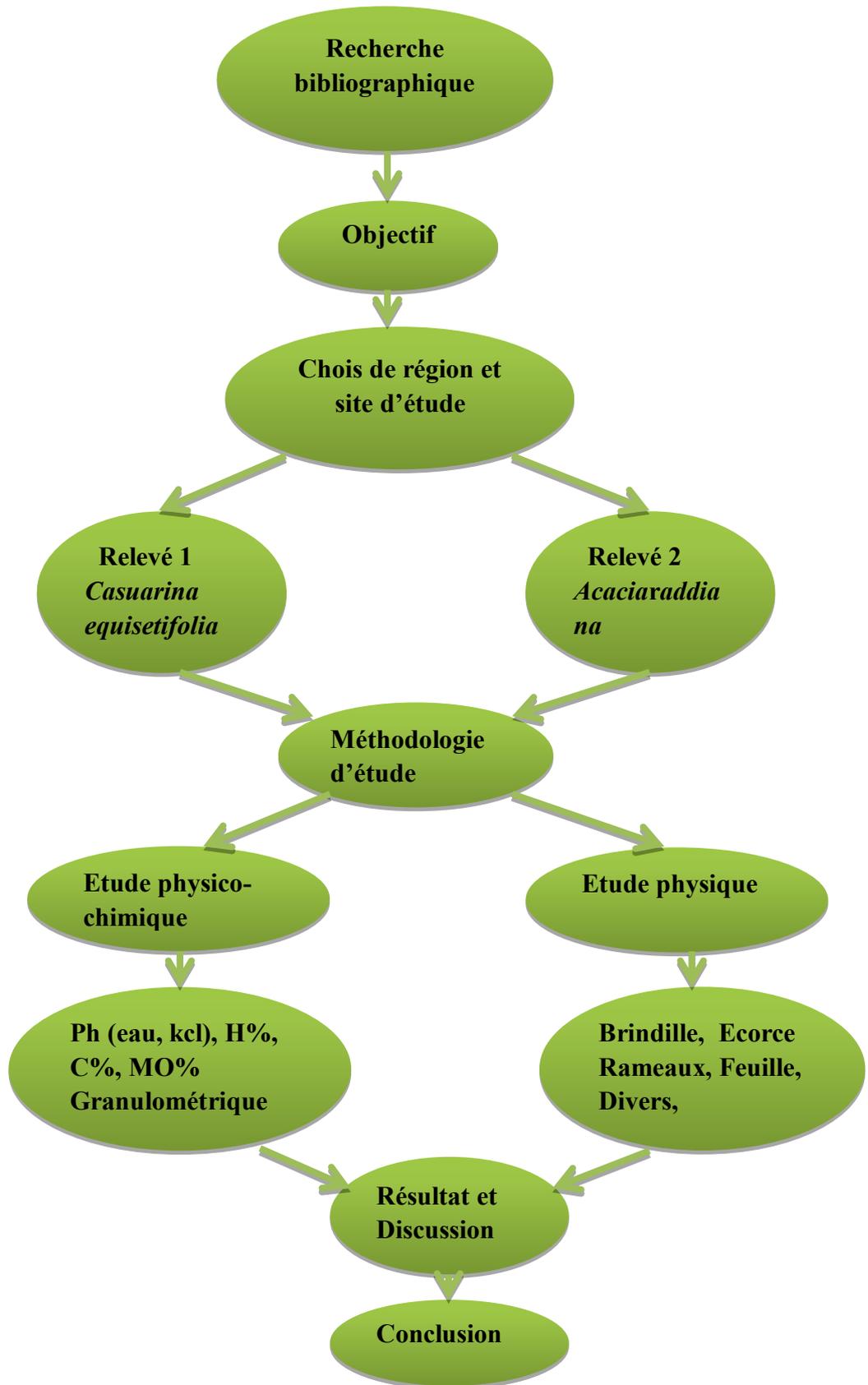


Figure12 :Présentation de la méthodologie globale de travail.

Partie III

Résultats et discussions

Résultat et discussion

L'évolution de la matière organique a été réalisée par une séparation physique et une analyse physico-chimique de chaque couche de la litière de chaque relevé.

Séparation physique

Sur deux échantillons de la litière récoltée, nous avons pratiqué une séparation physique selon le protocole décrit, les résultats obtenus sont portés sur le tableau (08 ; 09).

Relevée 01(*Casuarina equisetifolia*)

Tableaux 08 : distribution des différents types des constituants de la litière de 1^{ère} relevé

Fraction	Feuilles	Rameaux	Ecorces	Brindilles	Fruits	Faunes	Divers
Couches	%	%	%	%	%	%	%
Relevé 1 L1	25.50	0.7	0.03	1.5	4.8	0.05	1.5
Relevé 1 L2	15.73	0	0	0.04	2.9	0	0.03
Relevé 1 L3	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.04

Remarque : ils existent un poids des Agrégat petit (R1L2 :14.26% et R1L3 :10%), Agrégat grand (R1L2 :8.25%), Agrégat phréable (R1L2 :2.39% et R1L3 :0.17%), Feuille +Sol (R1L2 :15.73% et R1L3 : 4.75%).

A la lumière de ces résultats, la séparation physique montre qu'il existe une grande différence entre couche superficielle et la couche ancienne de chaque composant de la litière, il existe une fraction reconnaissable et non reconnaissable. Ainsi, on constate :

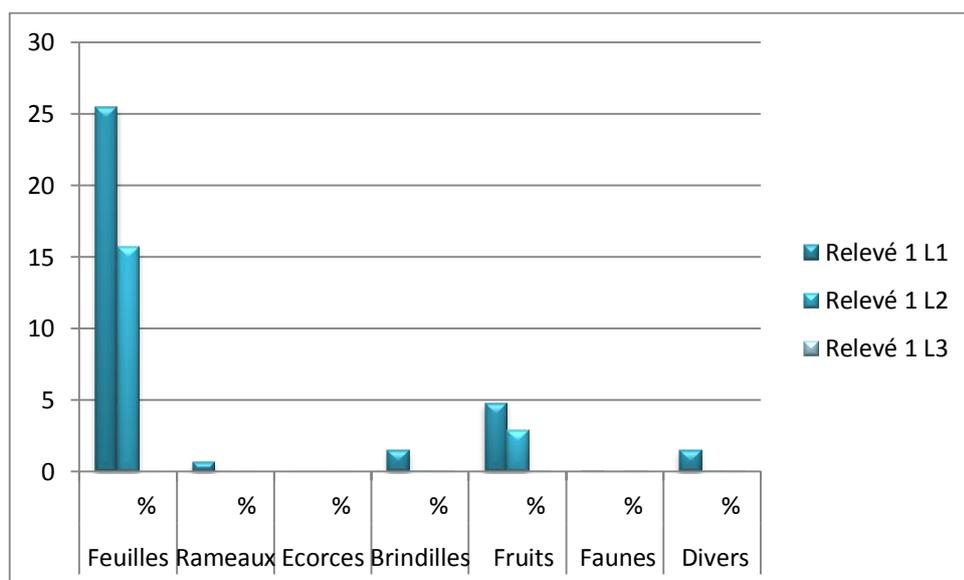


Figure 13 : Fraction de la litière de la relevée N° 01.

Qu'en surface la litière est composée (34.08%) de fragment reconnaissables : qui sont répartis en feuilles (25.50%), rameaux (0.7%), écorce (0.03%), brindille (1.5%), fruit (4.8%), faune (0.05%), divers (1.5%), quant à la fraction non reconnaissable elle ne représente que (1.5%).

Cette description des différentes fractions montre que dans la litière récolté reste peu décomposé (fraiche).

Dans la deuxième couche, la fraction reconnaissable (feuille, rameaux, écorce, brindille, fruit) représente que (18.37%) et la fraction non identifiée représente (0.03%), cette répartition explique qu'il y a une décomposition de la litière à l'activité biologique qui est favorisée par les conditions stationnelle qui sont favorables à l'existence d'un nombre maximale de microorganisme.

Dans la troisième couche, les fragments reconnaissables ; qui sont répartis comme un trace (feuille, rameaux, écorce) et (0.01%) pour les brindilles et fruits et la faune, quant à la fraction non reconnaissable elle représente (0.04%).

La distribution du différent composant de la litière, la fraction reconnaissable et non reconnaissable diminuée Chaque fois que nous sommes descendus à la profondeur, et la quantité de fraction différent entre la constituant à l'autre.

Cette distribution est liée à la nature et à la composition du matériel végétal et à l'activité biologique qui joue un rôle particulièrement important dans la fraction de la litière surtout dans les couche superficielles.

Relevé 02 (*Acacia raddiana*)

Tableaux 09 : distribution des différents types des constituants de la litière de 2^{ème} relevé.

Fraction	Feuilles	Ecorces	Brindilles	Graine	Divers
Couche	%	%	%	%	%
R2L1	21.05	0.23	0.70	0.02	3.88
R2L2	20	0.05	0.23	0.02	1.10
R2L3	0	0.01	0.11	0.25	17.96

Remarque : ils existent dans la deuxième couche un poids des racines (16.47%) et Agrégat petite (8.39%) et dans la troisième couche brindille + feuille+ sol (28.10%), les agrégat phréable (0.31%) et les agrégat grand (16.45%).

Ce résultat représente par la fig. (14).

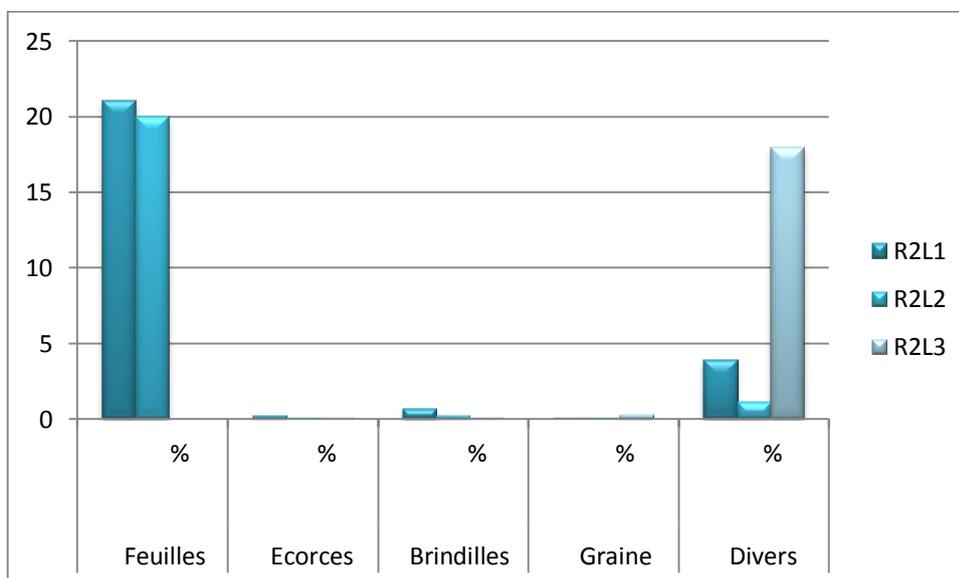


Figure 14 : Fraction de la litière de la relevée N° 02.

La première couche est dominée par les feuilles (21.05%) et l'autre fraction à faible quantité ; écorce (0.23%), brindille (0.70%), graine (0.02%), et la fraction n reconnaissable est divers (3.88%).

Résultat et discussion

La deuxième couche la dominance par les feuille (20%) par pour les autre fractions inférieure à (1%) et les divers (1.10%).

En la dernière couche à partir de prélèvement la fraction reconnaissable inférieure à (1%) par contre la fraction non identifiée représente (17.96%).

Dans ce relevé la fraction non reconnaissable augmente à la profondeur la quantité de la fraction identifiée supérieure à la surface.

Analyse physico-chimique

1. Mélange de la litière

L'analyse physico-chimique réalisée sur la litière broyée a permis de suivre les paramètres Suivant : le taux d'humidité H%, le PH eau, la conductivité électrique ds/m, le taux de matière organique MO%, les résultats sont résumés dans les fig.(15) suivant :

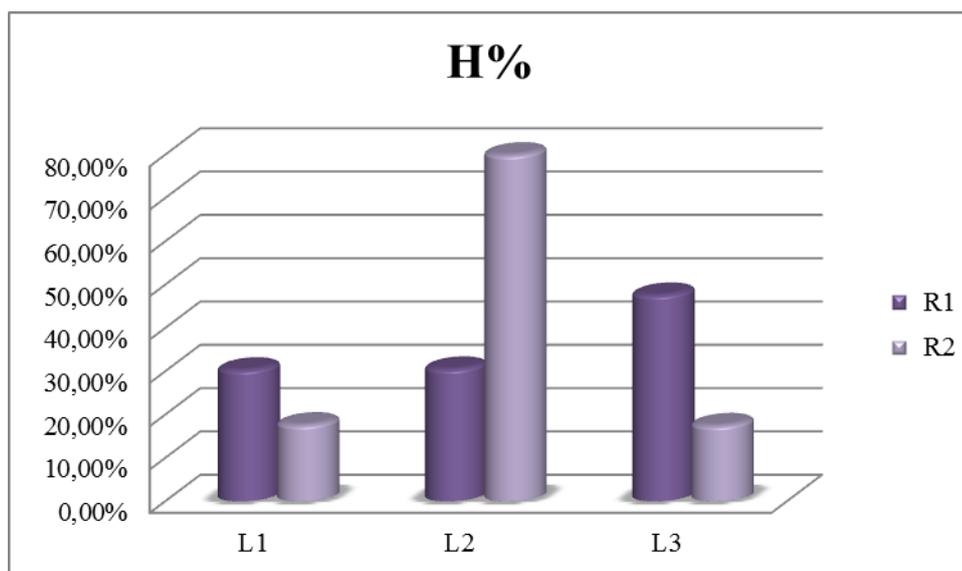


Figure 15 :Taux d'humidité hygroscopique du mélange de la litière pour deux espèces (*Casuarina equisetifolia* (R1) et *Acacia raddiana*(R2)).

Les résultats mentionnés dans la fig.(15), montrent que la teneur en l'eau d'un échantillon de la mélange de litière (les deux relevés) au moment où a été réalisé le prélèvement et après le séchage à l'air libre pendant une semaine puis dans l'étuve à 24h et température 105 C° ,le résultat de (R1)varié entre les valeur 30,28% ,30,48% , 47,57% de la surface vers le profondeur est augmentée respectivement .

Et pour le deuxième relevé nous avons remarqué les valeurs 17,61%, 79,94%, 17,44% ; de ligne 1, 2 et 3 respectivement.

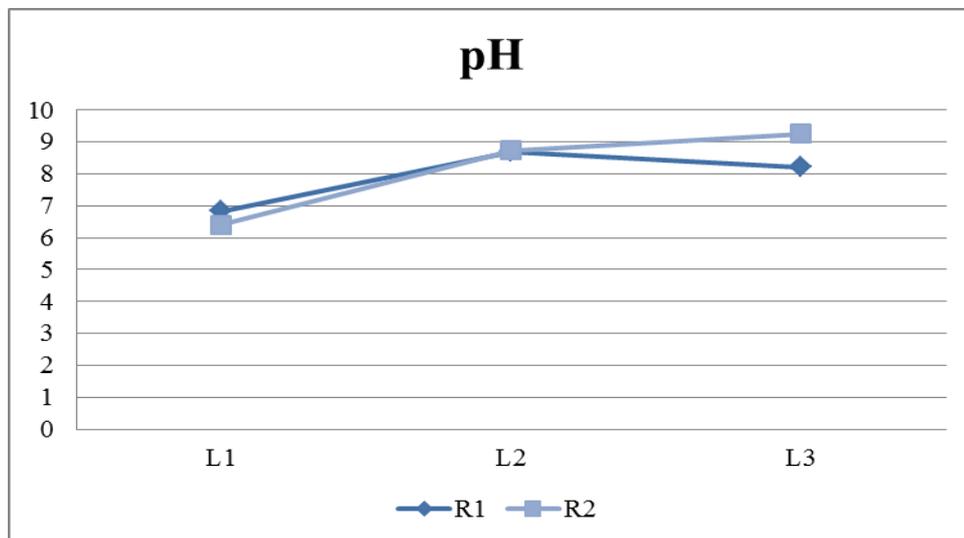


Figure 16: Variation du pH de mélange pour la litière de deux espèces forestières.

D'après la fig. (16) présente les mesures de pH, nous avons remarqué pour l'échantillon de la plante *Casuarina equisetifolia* (relevé 1) d'une valeur neutre à moyennement alcalin avec de pH variée entre 6.84, 8.7 et 8.22 ; de la ligne 1 et 2 et 3 respectivement.

Concernant la plante d'*Acacia raddiana* (relevé 2) notée que les valeurs de pH variée avec un pH neutre à moyennement alcalin puis alcalin pour les trois lignes (1, 2, 3) à valeur 6.41, 8.74, 9.26 respectivement.

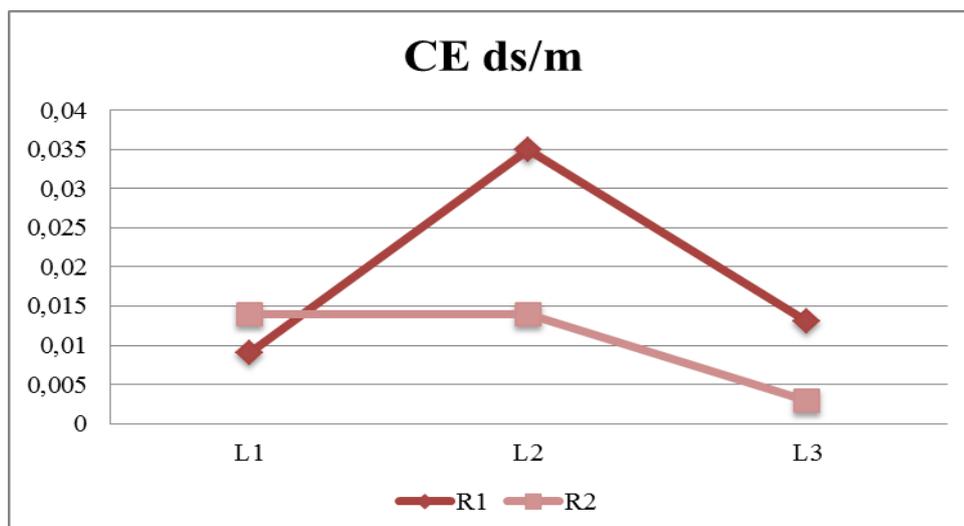


Figure 17 : Conductivité électrique de la litière mélange de deux espèces.

Résultat et discussion

La valeur de la conductivité électrique de la litière varie entre 0,009 ds/m et 0,035 ds/m pour le relevé (1) et 0,003 à 0,014 pour relevé (2) donc la mélange no salée.

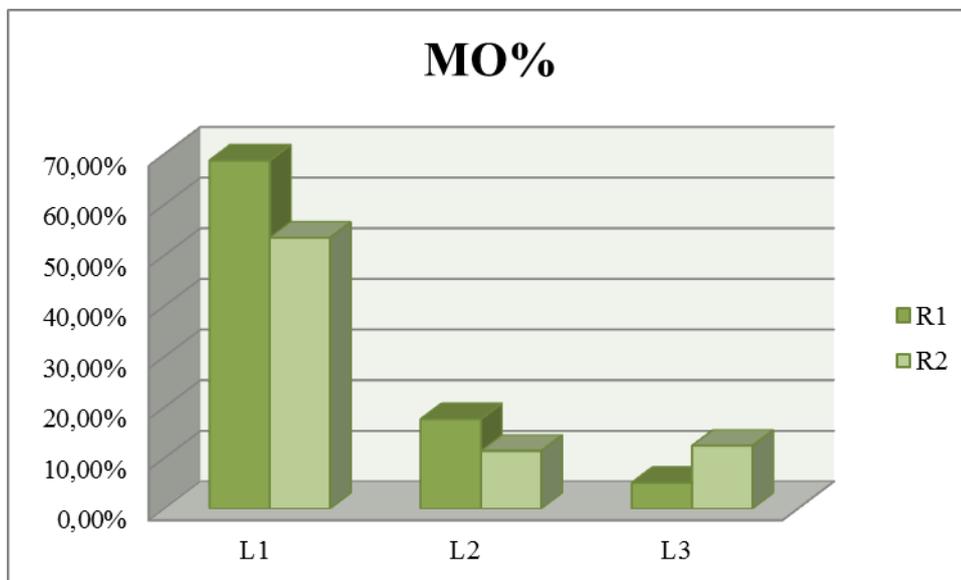


Figure 18: Taux de matière organique pour le mélange de la litière de deux espèces forestières (R1 et R2).

Les résultats mentionnés dans la fig. (18), montrent que le taux de matière organique est élevé pour l'ensemble de mélange de la litière analysés (R1 et R2) dans la surface. Les taux enregistrés sont de 68,75%, 17,69%, 5,14%, 53,52%, 11,42%, 12,44% respectivement pour le relevé 1 (L1, L2, L3) et relevé 2 (L1, L2, L3).

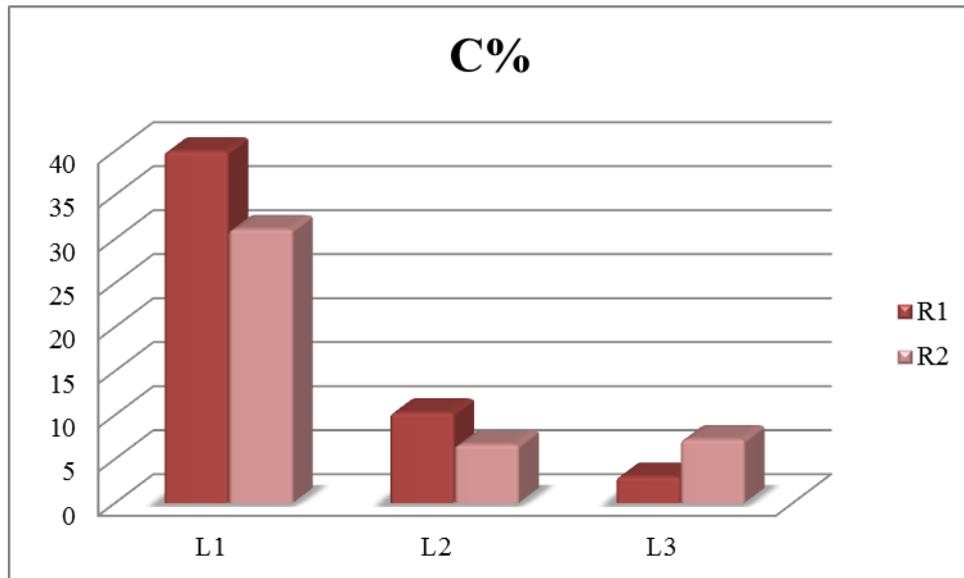


Figure 19: Taux de carbone organique pour le mélange de la litière de deux espèces forestières (R1 et R2).

En effet, les résultats montrent que la valeur de carbone organique plus élevée est enregistrée dans la ligne 1 de relevé 1 (39,97%) et le faible taux est observé dans la ligne 3 pour le même relevé (1) à une valeur (2,99%).

2. Fraction de la litière

Les résultats des analyses physico-chimiques de chaque fraction physique de la litière et par le relevé 1 et pour le relevé 2 ont permis de dresser les fig.(20).

Les résultats obtenus ont permis de tracer les différents diagrammes.

Au niveau du ligne 1 pour les deux relevés (R1 : *Casuarina equisetifolia* et R2 : *Acacia raddiana*), les analyses réalisées sur les différentes fractions de la litière.

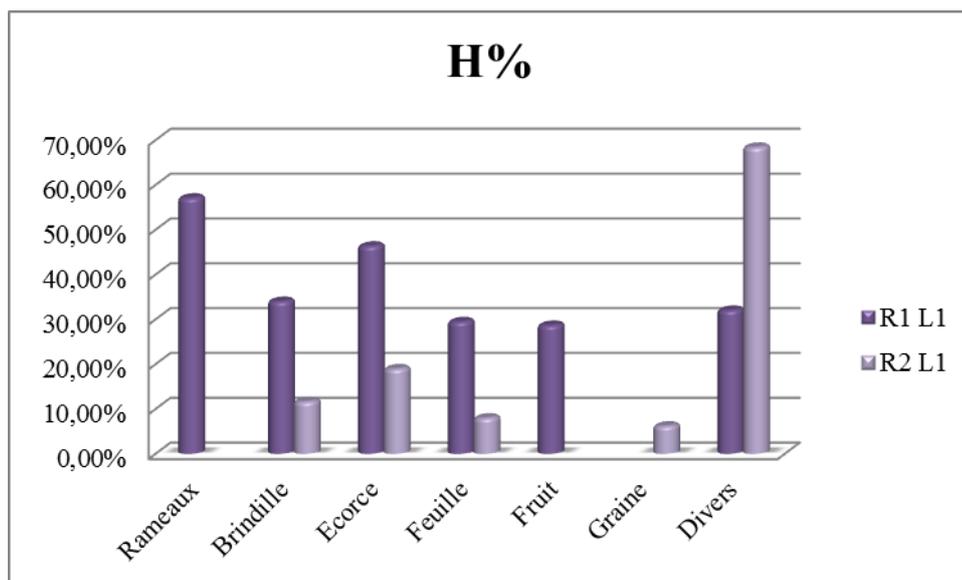


Figure 20 : Taux d'humidité hygroscopique des fractions de la litière de deux relevés (R1L1 et R2L1).

L'examen du graphique (fig. 20) montre que l'humidité hygroscopique de la ligne 1 est plus importante au niveau de divers (68.41%) pour le relevé 2 et des rameaux (57.08%) pour le relevé 1.

Et la faible taux dans le grain (6.20%) et la feuille (7.99%) les deux valeurs de la même relevé (R2).

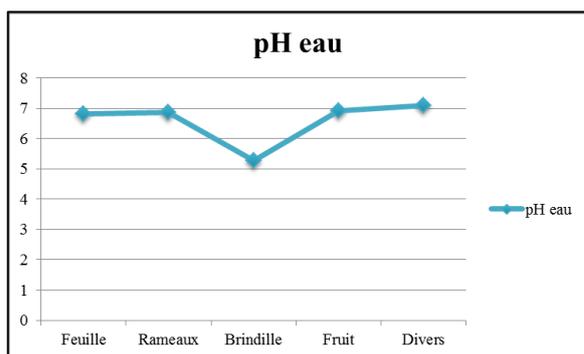


Figure a : pH_{eau} de la litière R1L1.

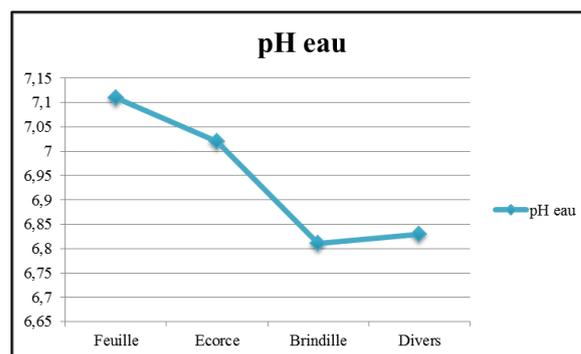


Figure b : pH_{eau} de la litière R2L1.

Figure 21: pH_{eau} de la litière (R1L1 et R2L1).

Les résultats de l'analyse du pH se sont présentés dans la fig. (21). montrant que la majorité de fraction étudiés dans les deux espèces on dit pH neutre. Ils varient de 6,81 à 7,11 .mais il y a une valeur différent à l'autre est fraction de brindille 5,27 donc pH légèrement acide pour espèce de *Casuarina equisetifolia*.

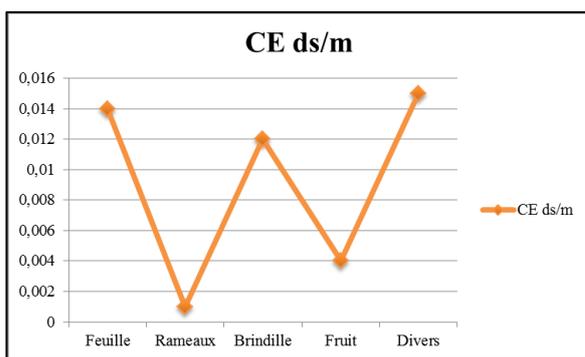


Figure a : CE ds /m de la litière R1L1

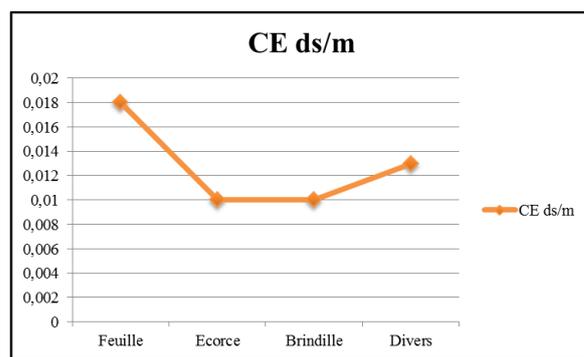


Figure b : CE ds /m de la litière R2L1

Figure 22: Conductivité électrique de la litière (R1L1 et R2L1).

La fig. (22) illustre la variation de la conductivité de la fraction de litière deux types de espèce étudiés ; en remarque dans le relevé 1 les valeurs variable entre 0,001 dS/m à 0,015 dS/m, dans le relevé 2 les valeurs variée entre 0,01 dS/m à 0,018 dS/m.

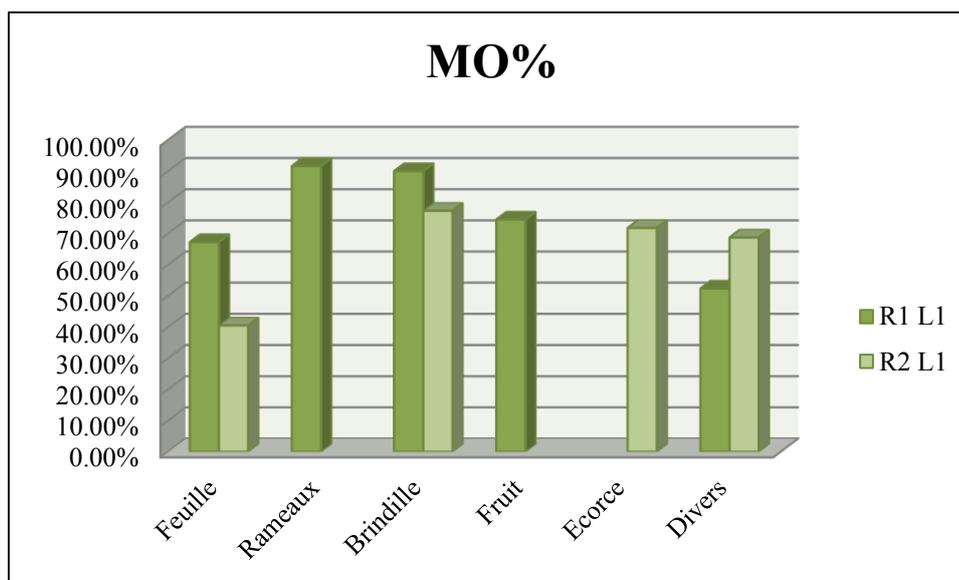


Figure 23 : Taux de matière organique de la fraction de la litière de deux espèces forestières (R1L1 et R2L1).

Le taux de matière organique des échantillons des fractions de la litière analysés est comprise entre 52,36% jusqu'à 91,68% dans la espèce *Casuarina equisetifolia* et 40,49% à 77,28% dans la espèce *Acacia raddiana*. en remarque le taux le plus élevée dans la fraction des rameaux de *Casuarina e.* (91,68%) et la faible taux dans la fraction des feuille de *Acacia r.* (40,49%).

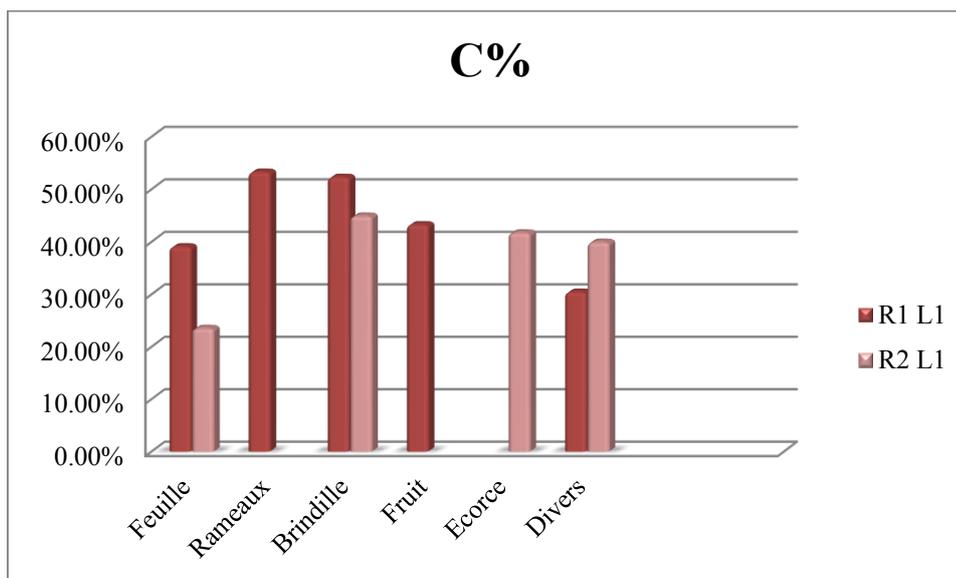


Figure24 : évolution de taux de carbone organique de la fraction la litière de deux espèces forestières (R1L1 et R2L1).

Les taux en carbone organique des différents échantillons de la fraction de la litière analysés varient fortement entre une valeur minimale de 23,54 % enregistrée par les feuilles de le relevé 2 et une valeur maximale de 53,30% enregistrée par les rameaux de relevé 1.

Au niveau du linge 2 pour les deux relevé (R1 : *Casuarina equisetifolia* et R2 : *Acacia raddiana*), les analyses réalisées sur les différentes fractions de la litière.

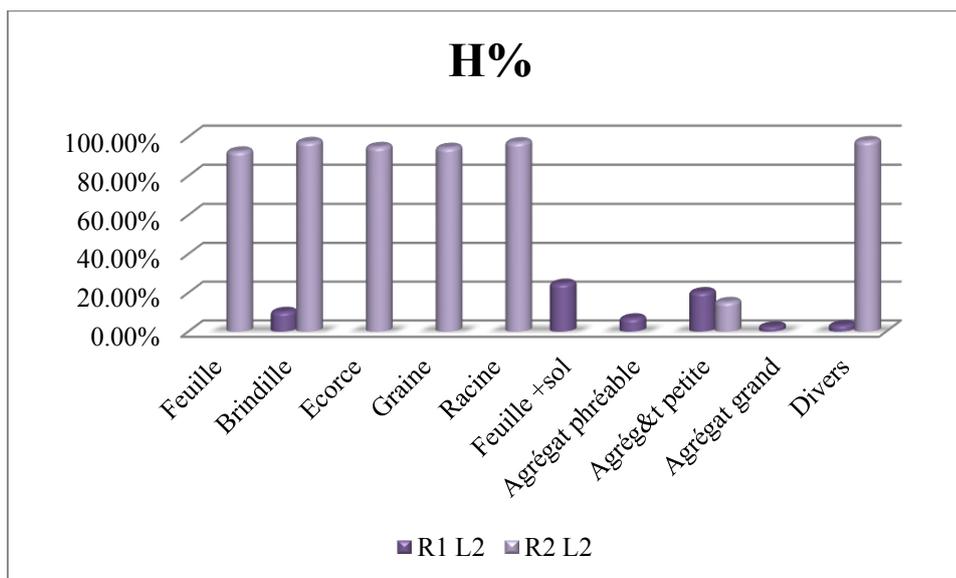


Figure 25 : Taux d'humidité hygroscopique des fractions de la litière de deux relevés (R1L2 et R2L2).

Résultat et discussion

La fig. (25) illustre les très forts pourcentages d'humidité hygroscopique obtenus, pour la majorité des fractions des les espèces de *Acacia raddiana* entre (15,42% à 97,94%) et moyennement à faible humidité de les fractions des les espèces de *Casuarina equisetifolia* (2,69% à 24,82%).

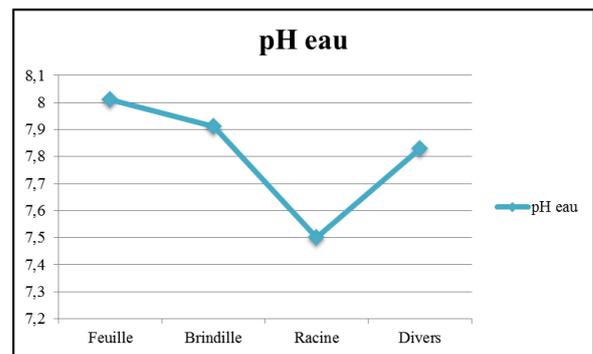
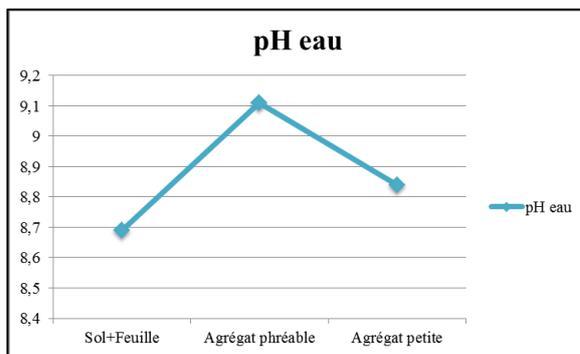


Figure a : pH_{eau} de la litière R1L2.

Figure b : pH_{eau} de la litière R2L2.

Figure 26: pH_{eau} de la litière (R1L2 et R2L2).

Les valeurs de ph oscillent est une valeurs neutre avec des ph (8,69et 9,11 et 8,84) respectivement pour les sol +feuille et agrégat petite et agrégat phréable et des ph (8,01 et 7,91et 7,5 et 7,83) respectivement pour feuille et brindille racine divers (fig.26).

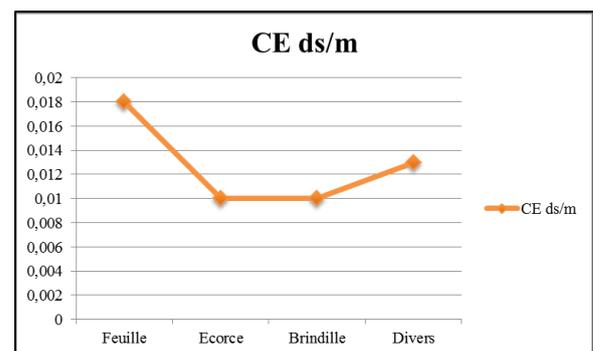
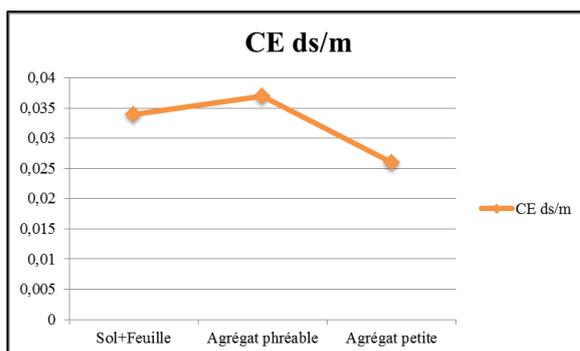


Figure a : CE ds /m de la litière R1L2

Figure b : CE ds /m de la litière R2L2

Figure 27: Conductivité électrique de la litière (R1L2 et R2L2).

On constate de cette fig.(27) pour les fractions de l'espèce *Casuarina equisetifolia* pour linge 2 ; la conductivité élevée par les agrégats phréable (R1 L2) a valeur 0,035 ds/m par contre la faible valeur est 0,01 ds/m pour les écorces et les brindilles de (R2L2).

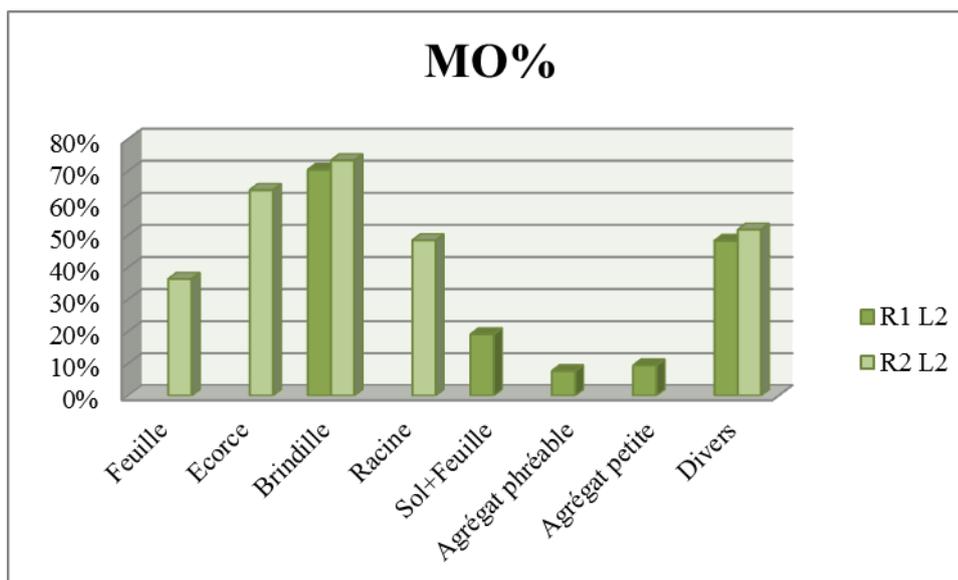


Figure 28 : Taux de matière organique de la fraction de la litière de deux espèces forestières (R1L2 et R2L2).

Les résultats mentionnés dans la fig. (28), montrent que le taux de matière organique est élevé pour l'ensemble des fractions de la litière analysés (R1L2 et R2L2) dans les brindilles a valeurs 70,50% et 73,41% puis 64,13% par les écorces de (R2L2) .et le plus faible taux enregistrés sont de valeur 7,73% a les agrégats phréable par (R1L2).

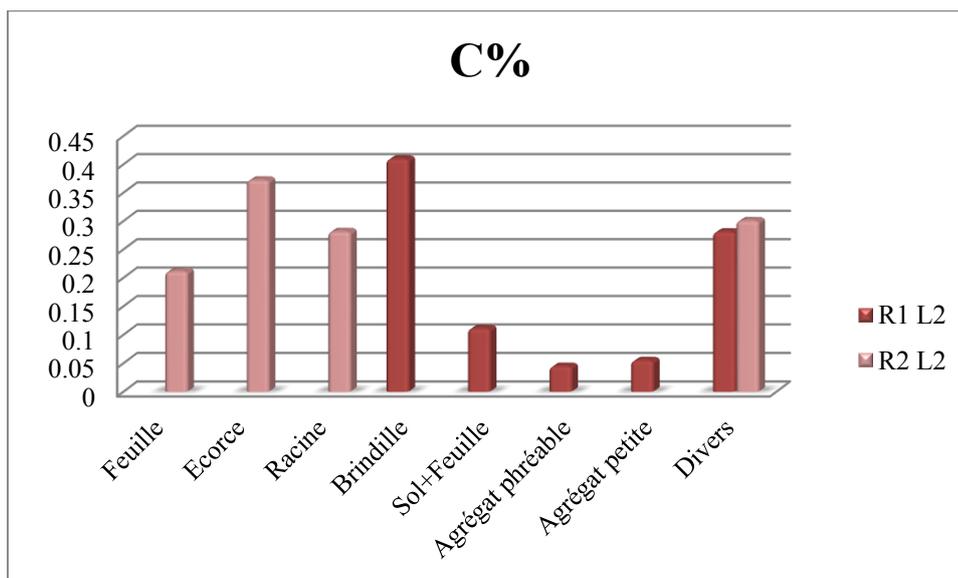


Figure 29 : Taux de carbone organique de la fraction la litière de deux espèces forestières (R1L2 et R2L2).

Résultat et discussion

D'après la fig. (29) nous avons remarqué ; la valeur la plus élevée est 40,98% pour les brindilles de (R1L2) puis les écorces à valeur (37,28%) pour (R2L2). Le faible taux est observé dans les agrégats phréables pour (R1L2) à valeur (4,49%).

Au niveau du linge 3 pour les deux relevés (R1 : *Casuarina equisetifolia* et R2 : *Acacia raddiana*), les analyses réalisées sur les différentes fractions de la litière.

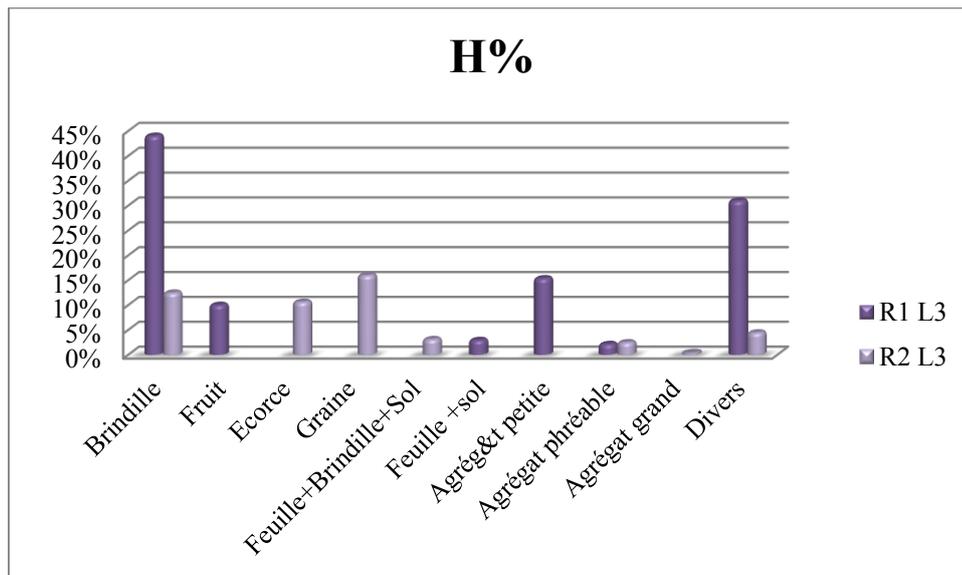


Figure 30 : Taux d'humidité hygroscopique des fractions de la litière de deux relevés (R1L3 et R2L3).

Le taux important de l'humidité hygroscopique est remarqué dans les brindilles à valeur 44% du relevé 1 et linge 3 avec une valeur très faible pour les agrégats grands dans le même relevé, et pour le deuxième relevé les valeurs varient entre moyenne humidité jusqu'à un taux plus faible.

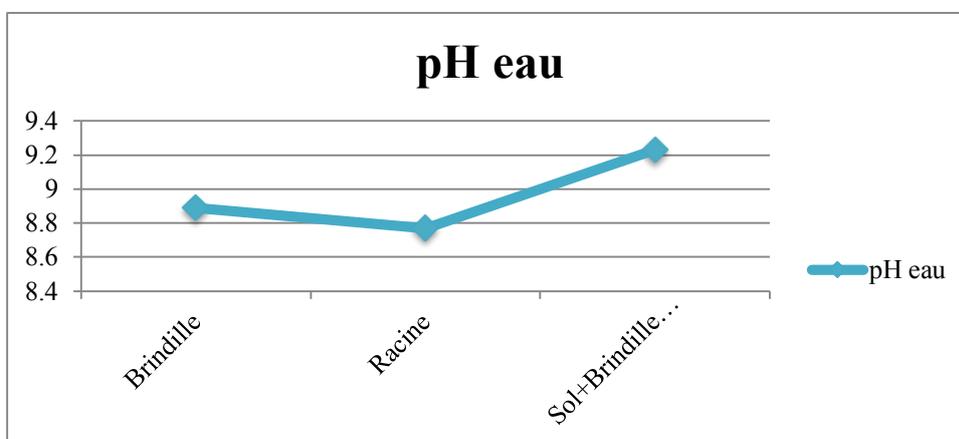


Figure 31: pH_{eau} de la

litière R2L3.

Résultat et discussion

Nous avons noté à la fig. (31) de profil de pH_{eau} de la litière R2L3 la variation de pH selon les fractions qui existent dans le relevé 2 enregistrée la valeur varié entre 8,77 à 9,23 donc pH alcalin.

Remarque : il y a sauf une valeur de la relevé R1L3 pour le sol + feuille estimée par 8,47 en résultat le pH alcalin.

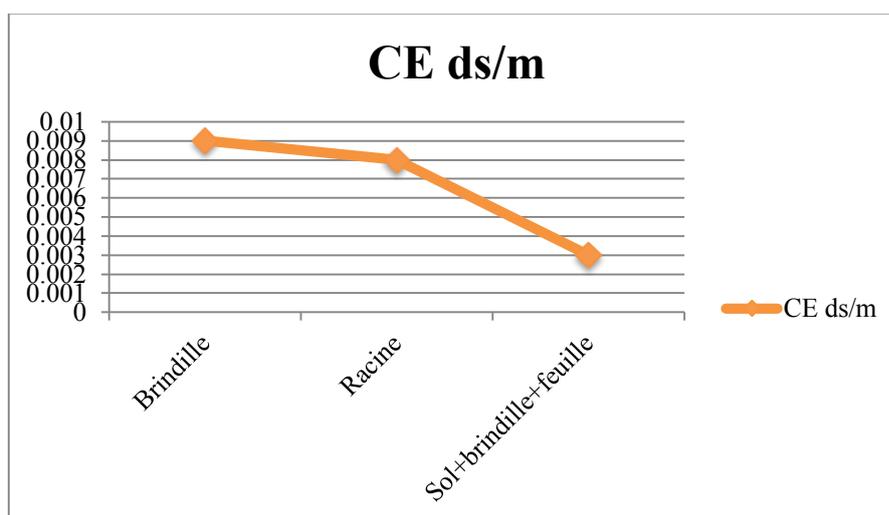


Figure 32: Conductivité électrique de la litière R2L3.

De ces résultats on peut dire que le profil de salin a une valeur différente entre les fractions de (R2L3) tous les valeurs il est fiable, ainsi que il y a une valeur de 0,013 ds/m pour le relevé (R1L3).

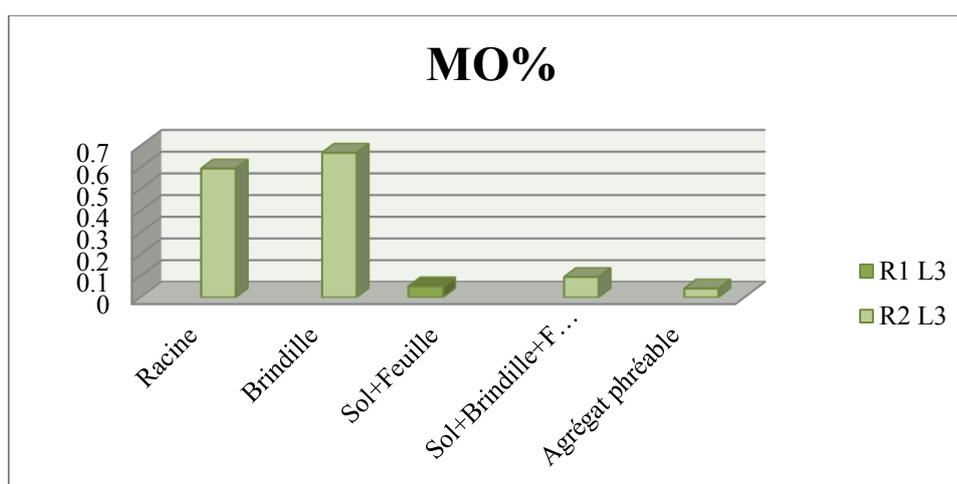


Figure 33: évolution de taux de matière organique de la fraction de la litière de deux espèces forestières (R1L3 et R2L3).

Résultat et discussion

Les résultats des analyses révèlent une forte valeur de matière organique : 66,66% pour les brindilles après 59,35% pour les racines et faible taux de 9,42% pour le mélange de (sol + brindille + feuille) et 4,11% pour les agrégats phréables, tout a déjà été mentionné pour le relevé 2 à linge 3. Avec une valeur 5,14% pour le mélange (sol + feuille) a (R1L3).

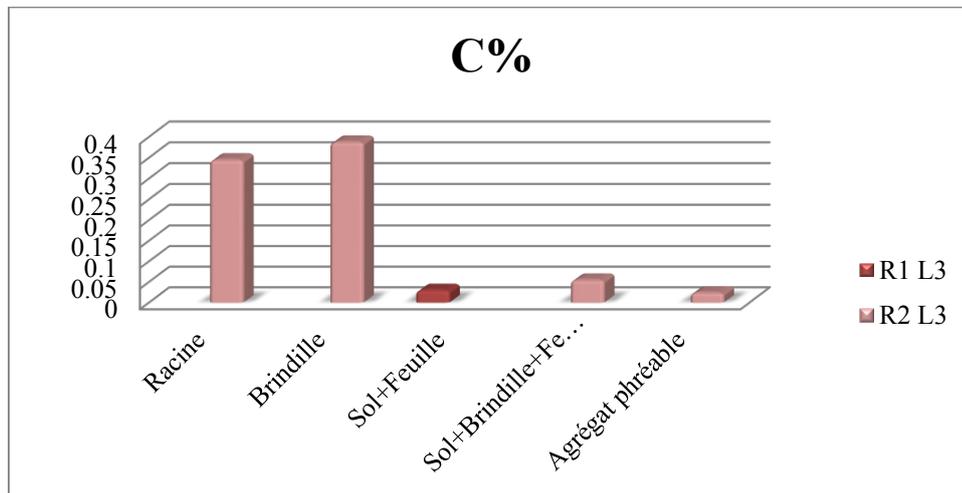


Figure 34: évolution de taux de carbone organique de la fraction la litière de deux espèces forestières (R1L3 et R2L3).

Les résultats de l'analyse du carbone organique se sont présentés dans la fig. (34). montrant que la majorité de résultat on dit dans la (R2L3) varient entre 2,39% jusqu' a 38,75%. Les valeurs de carbone organique il faible 2,99% pour le relevé 1 et linge 3.

Au niveau des analyses physico-chimiques de sol pour les deux relevé (R1 : *Casuarina equisetifolia* et R2 : *Acacia raddiana*), les résultats représenté dans les fig. (35.) suivant.

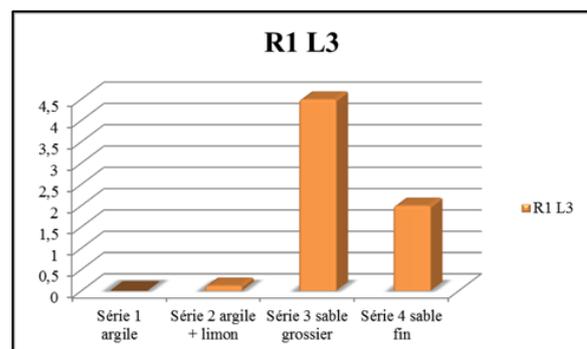
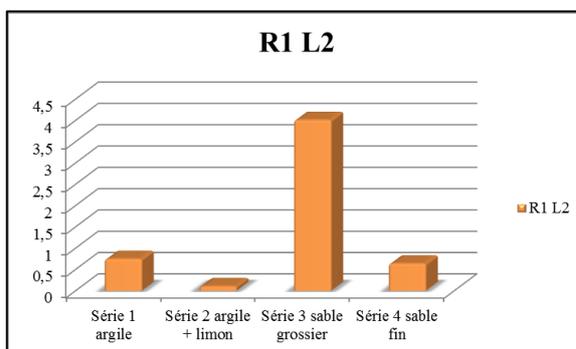


Figure a :Type de texture de sol forestière R1L2.

Figure b :Type de texture de sol forestière R1L3.

Figure 35 : Type de texture de sol forestière (R1L2 et R2L2).

Résultat et discussion

L'analyse granulométrique du sol forestière de le relevé 1 montre que la texture est sable grossier pour les deux lignes du profil (L2 et L3). Par ailleurs, en registré une quantité moyenne pour les sables fin dans la ligne 3 et une quantité n' pas négligée pour l'argile du le linge 2 et très faible pour linge 3, ainsi que la quantité plus faible pour limon +argile dans les deux linges.

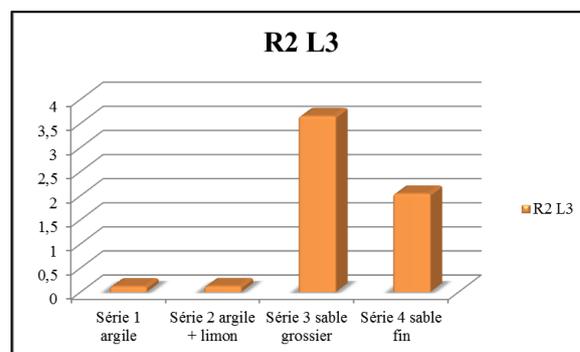
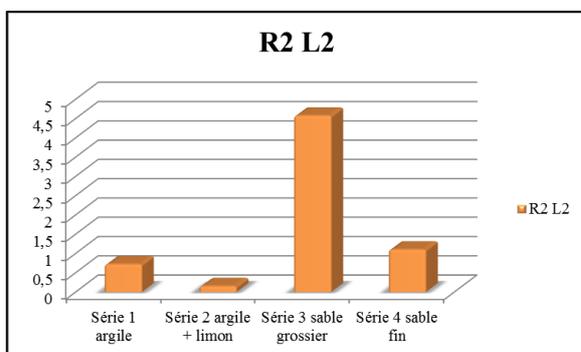


Figure a :Type de texture de sol forestière R2L2.

Figure b :Type de texture de sol forestière R2L3.

Figure 36 : Type de texture de sol forestière (R1L3 et R2L3).

La texture du sol forestière étudié de le relevé 2 , à travers l'analyse granulométrique, montre que pour les deux linge (L2 ,L3) du profil, le sol est de type sablonneux avec une moyenne de quantité de sable fin pour L3 et une quantité proche du l'argile et sable fin pour le linge 2.

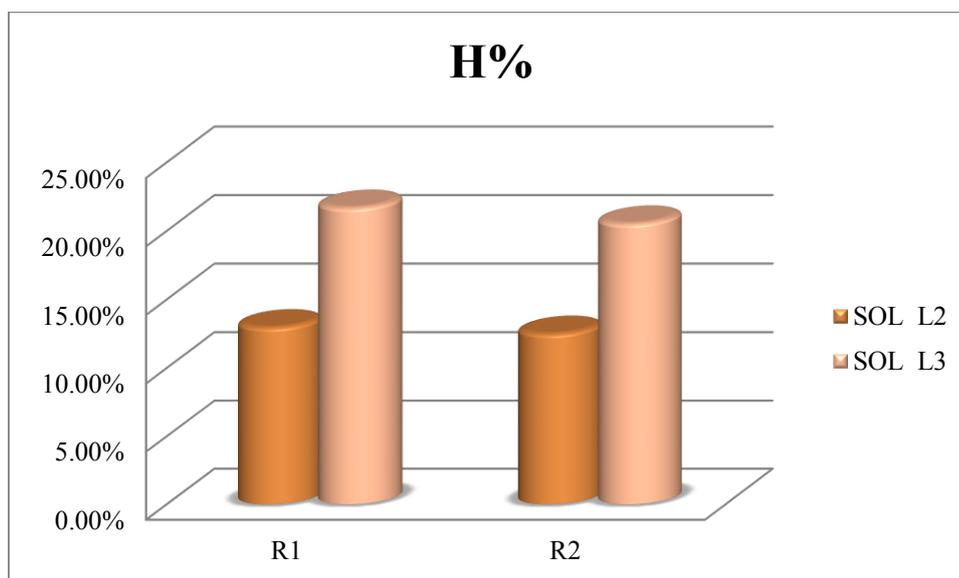


Figure 37 :Taux d'humidité hygroscopique du sol forestière de deux relevé (R1 (L2, L3) et R2 (L2, L3)).

La fig. (37) illustre les très pourcentages d'humidité obtenus, pour la linge 3 de deux relevé (R1L3 : 21,68% et R2L3 : 20,53%) et moyenne taux pour 12,96% et 12,49% respectivement pour R1L2 et R2L2.

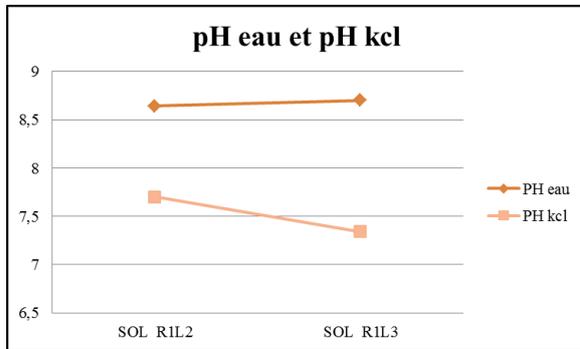


Figure a : pH_{eau} et pH_{kcl} du sol forestière R1 (L2, R3).

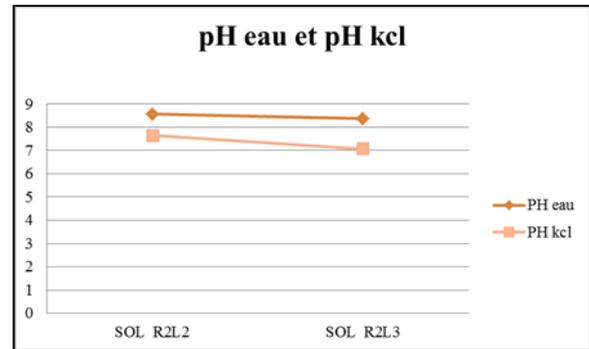


Figure b : pH_{eau} et pH_{kcl} du sol forestière R2 (L2, R3).

Figure 38 : pH_{eau} et pH_{kcl} du sol forestière R1 et R2.

Les résultats de l'analyse du pH se sont présentés dans la fig. (38). montrant que la majorité sols étudiés on dit pH alcalin.ils varient de 8,36 à 8,7pour les deux relevé .les valeurs de pH_{kcl} en remarque les valeurs varient entre 7,07 à 7,7 pour les deux relevés et en observe le pH_{kcl} moins valeur à partir le pH_{eau} à 0,5 jusqu'à 1.

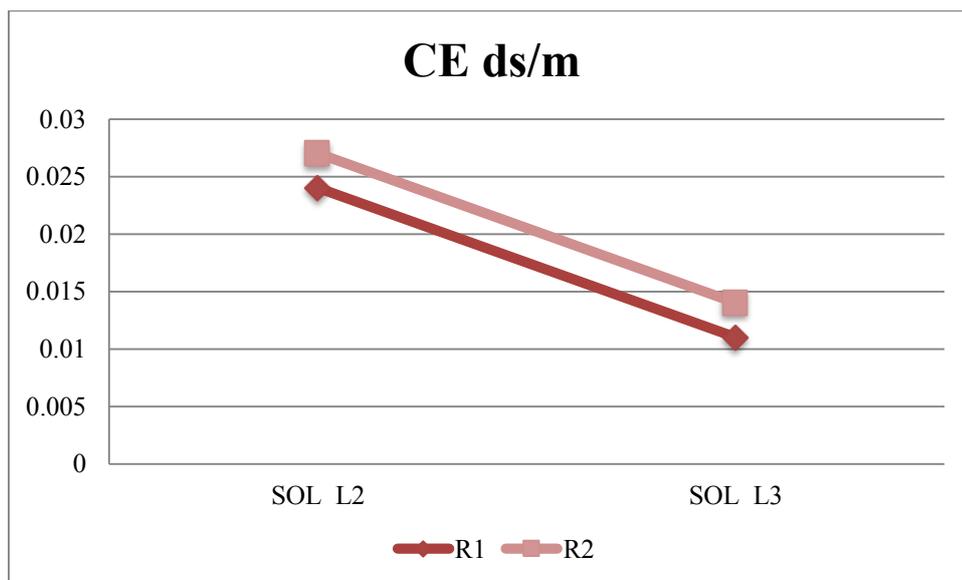


Figure39 :Conductivité électrique de sol forestière R1 (L2L3) et R2 (L2L3).

Résultat et discussion

D'après la fig.(39) la conductivité électrique variée entre 0,011 à 0,027 dS/m pour les deux relevé, il est possible de dire que le sol est non salin. Ce faiblement de conductivité augmente avec la profondeur.

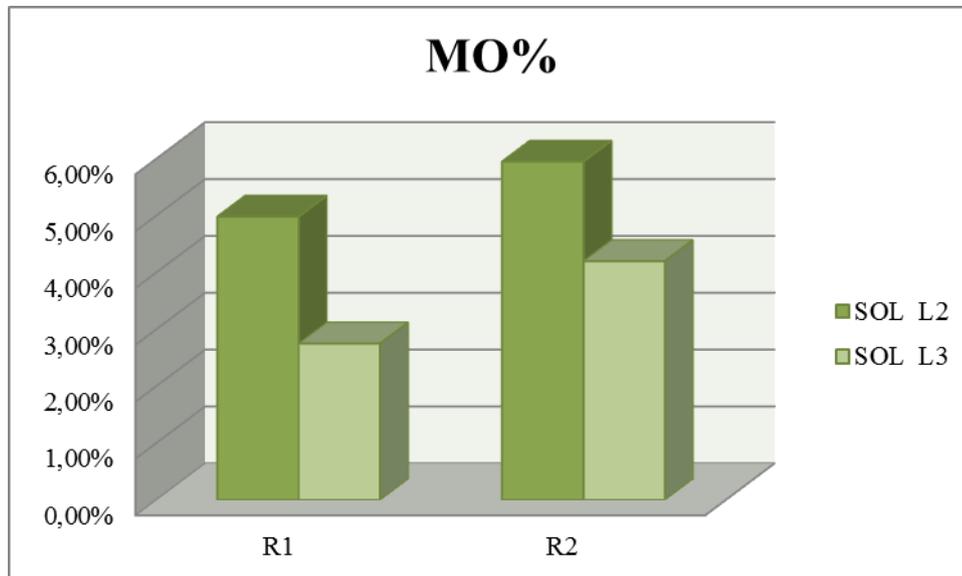


Figure 40 :Taux de matière organique du sol forestière de deux espèce *Casuarina equisetifolia*(R1) et *Acacia raddiana*(R2).

Le taux de matière organique des échantillons de sols analysés est comprise entre 2,75% et 5,95% fig. (40) pour les deux relevé . les taux les plus faibles sont enregistrés dans le R1L3 .

Le sol de l'espèce d'*Acacia raddiana* riche en matière organique par rapport au sol de l'espèce *Casuarina equisetifolia* .

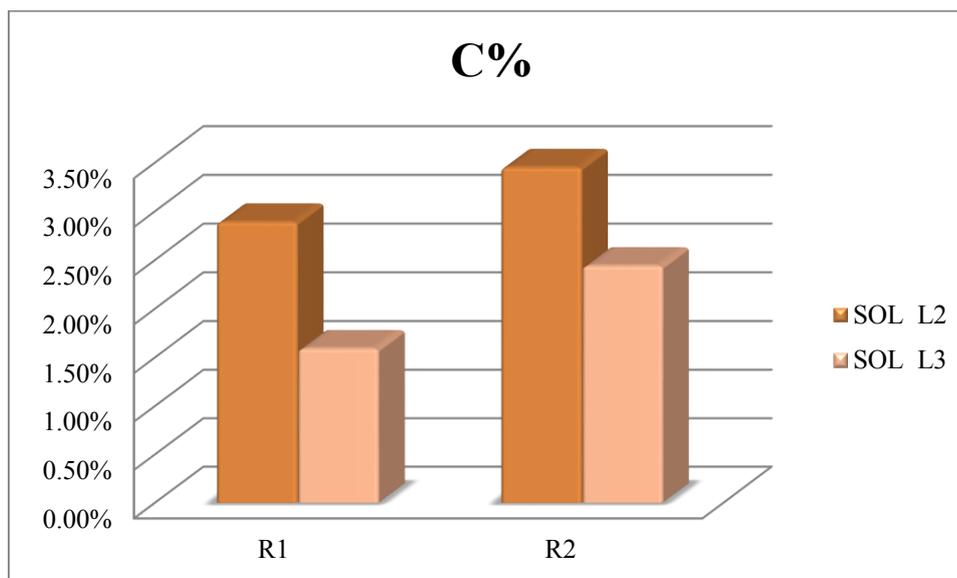


Figure 41 :Taux de carbone organique du solde deux espèces forestières (R1 et R2).

La fig. (41) représente Les taux de carbone organique des différents échantillons de sol analysés varient fortement entre une valeur minimale de 1,59% enregistrée par (R1L3) et une valeur maximale de 3,45% enregistrée par (R2L2).

Discussion générale

Les caractéristiques physiques, physique-chimiques de la litière et de le sol étudiés, à savoir les fractions physique, humidité hygroscopique (H%), pH et la conductivité électrique (CE), Matière organique (MO), carbone organique (CO%), granulométrique sont illustrées dans les fig. (13 jusqu'à 41).

La litière montre une variabilité quantitative et qualitative. c'est ainsi que la séparation physique nous permet de définir la fraction dominante dans chaque couche. La fraction le plus pourcentage est les feuille pour les deux espèces forestières *Casuarina equisetifolia* et *Acacia raddiana*. Cette matière vivante, selon une échelle de temps variable, retourne au sol sous forme d'exsudats racinaires et foliaires ainsi que de débris (feuilles, rameaux, fruits, graines...). L'ensemble constitue la litière (MANGENOT, 1980). Elle est essentiellement végétale en rapport avec la proportion de la masse animale que l'on y retrouve (FRONTIER et PICHOT-VIALE, 1993).

Au contact au sol, ces débris organiques subissent une évolution, qui est en fonction de la nature de couverture végétale et l'activité biologique. D'une manière générale l'accumulation des débris organique sous les deux espèces forestières souvent importante définis deux ligne ou les fractions reconnaissables disparaissent progressivement pour s'intègre à la phase minérale du sol (troisième ligne).

La différence entre le poids frais et le poids sec nous renseigne sur la quantité d'eau retenue dans la litière, Le résultat de l'analyse d'humidité hygroscopique dans la plupart de la litière et des sols elle augment presque le site d'étude est une forêt artificielle. Cette taux d'humidité diminue a la profondeur. L'humidité joue un rôle important dans la dégradation de la litière (WILLIAMS et GRAY, 1974)

De plus, l'eau est essentielle au transport des nutriments, dans et à l'extérieur du mycélium du champignon, et joue un rôle clef dans son extension (RAYNER et BODDY, 1988).

La pédofaune n'est pas indispensable à la minéralisation complète des débris végétaux qui est surtout l'œuvre de la microflore, mais contribue fortement à accélérer le processus de biodégradation (GHILGAROV, 1971), REISINGER et KILBERTUS, (1980); SEASTEDT, (1984) PERSSON, (1989). En effet, les animaux déstructurent le milieu de façon mécanique par fragmentation de la litière (augmentation des surfaces colonisables par les champignons et les

Résultat et discussion

bactéries) et par forage (GHILGAROV, 1971; BOUCHE, 1975; BACHELIER, 1978). La déstructuration se fait aussi de façon biochimique suite à l'action de leurs enzymes (exoenzymes de leur vivant, endoenzymes à leur mort) ainsi que par leur microflore intestinale (GHILGAROV, 1971; BOUCHE, 1975). Tous ces processus concourent à une meilleure minéralisation de la litière (GHILGAROV, 1971);(PERSSON, 1989). Sans la présence de la pédofaune, les faits suivants pourraient se produire (HOLE, 1981) :

- L'accumulation de la litière en forêt serait assez importante pour altérer la régénération des arbres.
- Le cycle des nutriments serait ralenti, perturbant ainsi la nutrition des arbres.
- La porosité du sol serait diminuée, ce qui modifierait les mouvements de l'air et de l'eau.
- La matière organique ne serait plus mélangée au sol minéral.

(DAOUD, HALITIM, 1994), les régions arides les sols sont caractérisé généralement par de pH alcalin ($7,5 > \text{pH} < 8,5$).

Le pH indique le degré d'acidité ou l'basicité qui joue un rôle très important sur l'assimilation des éléments nutritifs par la plante, il a une influence sur trois composants importantes de la fertilité d'un sol : la biodisponibilité des nutriments , activité biologique et la stabilité structurale, la variation de pH dépend à les variations saisonniers et le nombre des ions en réserve sur le complexe argilo-humique, l'état hydrique du sol, sa température et la présence ou non d'une culture en période de croissance active (PAUL THOREZ, DEJEAN, 2012).

Selon échelle de (SOLTNER D., 1989) les valeurs de pH varié entre des pH neutre à alcalin dans les deux relevés. Le pH du sol exerce également une influence sur l'assimilation et la disponibilité des éléments minéraux et par conséquent, influence la composition de la plante (HELLER, 1984 ; PREVEL et *al.*, 1984).

Selon les échelles de (AUBERT, 1978) le résultat de la conductivité électrique est non salé.

Le résultat du taux de matière organique dans la litière est fort dans les deux espèce forestière .et pour les sols selon (I.T.A, 1975) le taux moyenne a riche en matière organique .

La décomposition de la matière organique contenue dans la litière représente une source d'énergie potentielle pour les espèces qui les consomment (GOBAT et *al.*, 1998).

Les facteurs qui influencent le taux matière organique dans un sol sont à la fois naturels et anthropiques. Les facteurs naturels les plus importants sont le climat, le type de roche mère, la couverture végétale, le type de végétation et la topographie. Les facteurs humains concernent l'utilisation du sol et le type de système agraire, la gestion des intrants et des résidus de culture, ainsi que l'érosion des sols (WESEMAEL, 2006).

la valeur de carbone organique nous avant appris pour l'équation de : $MO\% = CO\% \times 1,72$.

La quantité de carbone organique dans le sol forestier dépend en grande partie de la quantité et la qualité de litière produite par les végétations forestières (ANDERSON, 1991 ; VAN CLEVE et POWERS, 1995).

Les analyses granulométriques montrent que les sols dans les deux relevés d'études sont formés principalement par la texture sableuse.

La texture d'un sol correspond à la répartition des minéraux par catégorie de grosseur, indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux. Les sols sont classés suivant leurs proportions relatives en particules argileuses, limoneuses et sableuses (BARTHA ,*et al.*, 1992).

Relation sol – plante

Les arbres entretiennent un certain nombre de relations avec le sol, parmi les plus importantes, les cycles biogéochimiques des éléments nutritifs du sol. En effet, c'est du sol qu'ils puisent les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance. Un arbre a besoin d'au moins 16 éléments chimiques pour pouvoir croître et se développer normalement (N, P, K, Fe, Co, Mo, Cu, S, Mg, Ca, Na, Mn, Zn, B, Cl, Al) (De MARSAC, 1987).

Les éléments chimiques qui proviennent pour la plupart de l'altération de la roche mère, sont absorbés au niveau des racines d'où ils migrent dans la partie aérienne. A partir du gaz carbonique de l'air et de l'énergie solaire, les feuilles synthétisent la matière organique.

Après la sénescence elles tombent, se décomposent sous l'action des micro-organismes du sol et libèrent les éléments chimiques qui seront absorbés à nouveau par la plante. Ainsi l'analyse foliaire est un outil important pour déceler les exigences et les préférences nutritionnelles de chaque espèce (BONNEAU, 1986).

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Aux termes de notre étude qui avait pour objectif d'évolution de la matière organique dans milieu aride de deux espèces forestières (*casuarina équisetifolia* et *acacia raddiana*).

Les facteurs qui influencent le taux matière organique dans un sol sont à la fois naturels et anthropiques. Les facteurs naturels les plus importants sont le climat, le type de roche mère, la couverture végétale, le type de végétation et la topographie. Les facteurs humains concernent l'utilisation du sol et le type de système agricole, la gestion des intrants et des résidus de culture, ainsi que l'érosion des sols.

Les résultats de l'analyse des la litière et les sols obtenus montrent que ces site d'étude sont caractérisées par des sols à pH neutre à alcaline, leur texture est sableuse avec peu d'argile et de limon ne avec une humidité hygroscopique considérable, et la conductivité électrique non salée et moyens à riches en matières organiques, et la valeur de carbone organique liée avec un relation de matière organique .

Des résultats de nos expérimentations, nous proposons certaines recommandations scientifiques pour améliorer :

- Choisir des espèces épigées pour améliorer l'évolution de la matière organique.
- L'étude de l'impact des caractéristiques hydriques dans les arbres d'irrigation (salinité, sodicité et faciès chimique) et de drainage (niveau des eaux, salinité, sodicité et faciès chimique).
- L'étude de l'impact des caractéristiques édaphiques sur le comportement des vers de terre, notamment physiques (température, humidité, granulométrie et des obstacles mécaniques), physico-chimiques (salinité, pH, capacité d'échange cationique), chimiques (calcaire, gypse, faciès chimique des sels, éléments nutritifs, sodicité) et biochimiques (M.O., composé humiques, C/N).
- La lutte contre la dégradation des milieux physique et l'avancée de la désertification.
- La protection des ressources naturelles et l'environnement.
- installation d'une centrale de traitement des eaux d'irrigation afin de diminuer leurs charges en sels permettre d'amélioration du sol.

**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

A.B.H.S, 2005 - Colloque international sur les ressources en eau dans le Sahara. Ed. Agen. Bass.Hydr. Saha., (A.B.H.S.), 194 P.

ABIVEN S., 2004- Relation entre caractéristiques des matières organiques apportées, dynamique de leur décomposition et évolution de la stabilité structurale du sol. L'agrocompus. Rennes. Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes Option : Biologie et Agronomie INRA. France. 262p.

ABONNEAU J., 1983- Préhistoire du M'Zab (Algérie-Wilaya de Laghouat). Thèse Doctorat de 3ème cycle en Art et Archéologie, Univ. Paris I, 268 p.

AERTS FI., 1997- Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems : a triangular relationship. *Oikos*, 79 : 439-449.

AERTS R., et CHAPIN F.S., 2000- « The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns ». *Advance in Ecological Research*, vol. 30, p. 1-67.

AFNOR, 1999- Qualité des sols. AFNOR, Paris. Vol 2, 408 p.

AFNOR, 1999 - Qualité des sols. Ed . AFNOR, Vol.1 et 2, Paris, 973 p.

ÂGREN G., et BOSATTA, E., 1996- «Quality: A bridge between theory and experiment in soil organic matter studies ». *Oikos*, vol. 76, p. 522-528.

ÂGREN G., et BOSATTA E., 1987- «Theoretical analysis of the long-term dynamics of carbon and nitrogen in soils ». *Ecology*, vol. 68, p. 1181-1189.

AISSI M., 1989 - Recherche sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers à cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*. M.)

- contribution à l'étude des litières forestières

- contribution à l'étude de la biomasse et la minéralomasse souterraine dans deux stations (Belezma, S'gag). Mémoire .Ing. Fort. Agro. Batna 88p.

ALBRECHT A., 1998- La matière organique et la stabilité structurale des horizons de surface des sols ferrallitiques argileux. Effet du mode de gestion des terres. Thèse de l'Université Nancy 1, France.

Références bibliographiques

ALEXANDER D.Y., 2002 - Initiation à l'agroforesterie en zone sahélienne; les arbres des champs du plateau central au Burkina Faso. Ed. IRD-KARTHALA, Paris. 220 p.

ALLISON F.E., 1973- Soil Organic Matter and its Role in Crop Production. Development in Soil Science 3. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 673 p.

ALLOUI F., 1991 - Etude expérimentale de l'influence des hydrosolubles de litières et d'humus sur le processus de minéralisation de carbone et d'azote dans un sol forestier de Belezma : incidence sur la microflore tellurique. Mémoire .Ing. Fort. Agro. Batna p.

AMAT C., 1888 - Le M'Zab et les Mzabites. Ed. Challamel, Paris, 284p.

ANDERSON J.M., 1991 -The effects of climate change on decomposition processe in grassland and coniferous forests. Ecol. Applic. 1: 326-347.

ANGERS D.A., et CHENU C., 1997- Dynamics of soil aggregation and C sequestration. In : Lal, R., Kimble, J., Follet, R.F., Stewart, B.A (Eds), Soil process and the carbon Cycle. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 199-206.

A.N.R.H, 2007- Rapport de l'Agence National Des Ressources Hydriques, Ghardaïa.

A.N.R.H, 2013- Note relative aux ressources en eaux souterraines de la wilaya de Ghardaïa. ED ; Agen. Ati. Alger. Ressources hydrique, p 20.

ARTINGER R., BUCKAU G., GEYER S., FRITZ P., WOLF M. et KIM J., 2000 - Characterization of groundwater humic substances: influence of sedimentary organic carbon. Appl. Geochem., 15, 97-116.

ATLAS, 2004- Agriculture de la wilaya de Ghardaïa. Ed. D.S.A., 22 p.

ATLAS, 2005- Annuaire statistique de la Wilaya de Ghardaïa. DPAT/ Ghardaïa. 2005.

AUBERT G., 1978 - Méthodes d'analyses des sols. Ed. CRDP. Marseille, 191 p.

BABAZ Y., 1992- Etude bioécologique des Orthoptères dans la région de Ghardaïa. Mémoire Ingénieur, Inst. agro. Univ. Sci. Tech., Blida, 91 p.

BACHELIER, G., 1978 - «La faune des sols, son écologie et son action». Initiation Documentations Techniques n° 38. O.R.S.T.O.M. Paris, 391 p.

Références bibliographiques

BAISE D., DJABIOL B., 1995 - Guide pour la description des sols. Edit. INRA, Paris. France. P 119-206.

BALDOCK J., SKJEMSTAD J., KRULL E., 1999 - "Functions of SOM and the Effect on Soil Properties". In GRDC Project No CSO 00029: Residue Management, Soil Organic Carbon and Crop Performance, 129p.

BALESDENT J., 1996-Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France, INRA, Paris, pp 245-260.

BALESDENT J.C., CHENU et BALABANE M., 2000 - Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. Soil & Tillage Research. 53. 215-230.

BARTHA R., RONALD M ATLAS., 1992 - Microbial ecology. Fundamentals and applications. 3rd edition. The Benjamin / Cummings Publishing Company. San Francisco, California (USA), 563.

BARRIUSSO E., 1985-Caractérisation des fonctions organo-minérale et des constituants humiques d'un sol de pelouse sub-alpine .Thèse Doct.Uni.Nancy.

BEN ABBES A., 1995- Inventaire de faune orthoptérologique de la région de Zelfana:WGhardaia.Thème DEUA. Ins.Nat. For.Sup.Agro.Sah.Ouargla.45p.

BELHADJADJI Y., MELEKMI N., BELBOUKHARI N., CHÉRITI A., 2008 - Une approche environnementale par phytoextraction assistée par micro-ondes (MAE) d'Acacia raddiana. Colloque National sur la Chimie et l'Environnement CNCE. Saida.

BENHEDID A., 2008 - Impacts agronomiques et économiques dus aux moineaux dans les palmeraies de Chebket M'Zab et perspectives d'avenir. Mémoire Ing. agro., Univ Kasdi Merbah Ouargla, 138 p.

BEN KENZOU D., CHEGMA S., MERAKCHI F., ZIDANE B., 2007 - Monographie de la wilaya de Ghardaïa, Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (D.P.A.T.). Statistiques au 31 décembre 2006. 122 pages.

BEN SEMAOUNE Y., 2008- Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale : contribution à la mise en place d'un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace Th. Magistère, Univ. Ouargla. p 105.

Références bibliographiques

- BERG B., MCCLAUGHERTY C., DE SANTO A.V., et JOHNSON D., 2001-** « Humus buildup in boreal forests: effects of litterfall and its N concentration ». Canadian Journal of Forest Research, vol. 31, p. 988-998.
- BERNHARD-REVERSAT F., 1993** -Le recyclage minéral par les litières : cas des arbres à croissance rapide sur sol pauvre (région de Kouilou). Orstom Congo Actualités, n° 7, 4 p.
- BONNEAU M., 1986**-La fertilisation forestière, in « Ecologie Forestière », Gauthier villars.
- BOUCHÉ M.B., 1975** - «Action de la faune sur les états de la matière organique dans les écosystèmes». In : Biodégradation et humification, Rapport du premier colloque international, Nancy 1974, Édition Pierron, pp. 157-167.
- BOUKERKER H., 1997** -L'influence de certains facteurs bio-édaphique sur le comportement des jeunes plantules de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill). Mémoire. Ing. Institut d'agronomie. Batna. 48p.
- BOUKRAA S., 2008** - Biodiversité des nématocères (Diptera) d'intérêt agricole et médico-vétérinaire dans la région de Ghardaia. Thèse Ingénieur, Inst.nati.agro., El Harrach, 119 p.
- BRAY, et GORHAM E., 1964**-litter production in forests of the world. Adv.Ecological Research 2-p101-157.
- BRUCKERT S., TOUTAIN F., TCHICAYA T., et JACQUIN F., 1971**-influences des pluviométriques de hêtre pin sylvestre, sur les processus d'humification-Oecologia plantarum, Vol .6-p.329-339.
- CALVET R., 2003**- Le sol propriétés et fonctions. Constitution et structure, phénomènes aux interfaces, Tome 1. Edit. France Agricole. 455p.
- CAMPBELL C.A., et ZENTNER R.P., 1993**-Soil Organic Matter as influenced by crop rotation and fertilizer. Soil Sci. Soc. Am. J. 57 : 1034-1040.
- CASAGRANDE A., 1934**- Die orametermethode zur bestimmung der koruerverteilung von boden. Berlin. 66p.
- CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. 1974**- L'arbre dans le paysage sénégalais: Sylviculture en zone tropicale sèche. Dakar, Sénégal, 271 p.

Références bibliographiques

CHABALIER F.P., DE KHERCHOVE V., et MARCARY H. S., 2006- Guide de la fertilisation organique à la réunion. 301p.

CHABALIER P.F., VAN DE KERCHOVE V., MACARY H.S., 2006-Le Guide de la fertilisation organique à La Réunion. Chambre d'Agriculture de La Réunion et CIRAD, La Réunion, 304p.

CHAREAU C.,1975-Matière organique et propriétés biochimiques du sol dans la zone tropicale sèche d'Afrique occidentale, Bul, pédologique de la FAO, n0 27, Rome, pp 305-323.

CHEHMA A., DJEBAR M.R., HADJAJI F. ET ROUABEH L., 2005-Sécheresse. (16), 4, 275-285.

CHEHMA A., 2006-Catalogues des plantes spontanées du Sahara septentrional algériens. Labo. Eco. Sys., Univ. Ouargla, 140 p.

CHOBOUT A., 1898 - Voyage chez les Beni – M'Zab (Contribution à l'étude de la faune entomologique du Sahara Algérien). Ed. Avignon, Paris, 108 p.

CITEAU L., BISPO A., BARDY et KING D., 2008-Gestion durable des sols. Edit. Quae, 336p.

CORTEZ J., 1998 - Field decomposition of leaf litters: relationships between decomposition rates and soil moisture, soil temperature and earthworm activity. *Soil Biology & Biochemistry*, 30, p 783-793.

COUTEAU M. M., BOTTNER P., BERG B., 1995 -Litter decomposition, climate and litter quality. *Tree*, 10, p 63-66.

COYNE A., 1989 - Le M'Zab Ed. Adolphe Jourdon, Algérie, 41 P.

DAJOZ R., 1982 - Précis d'écologie. Ed. Bordas. Paris. 503 p

DAJOZ R., 1985- Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 505p.

DAOUD Y., HALITIM A., 1994 - irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse* 5(3), pp.151-160.

DAVET P., 1996 - Vie microbienne du sol et production végétale. INRA. Paris. 383p.

Références bibliographiques

DE MARSAC TANDEAU G., 1987-Pédologie forestière, Défence et restauration des sols.

Département de Foresterie, ENSA/CUD. 163p.

DEMOLON A., 1968- Principe d'agronomie, croissances des végétaux cultivés. Edit: Dunod, Paris, 576 p.

DJEGHIM,2000-Contribution à l'étude de la variation saisonnière de la population microbienne dans la litière provenant de deux groupement dans la région d'EL kala.Mém.Ing.Ecologie et environnement .Unv Annaba.

DOMMERGUE S. Y., MANGENOT F., 1970 - «Écologie microbienne du sol». Masson & Cie, Paris, 796 p.

DOMMERGUES Y. R., 1963 -Evaluation du taux de fixation de l'azote dans un sol dunaire reboisé en filao (*Casuarina equisetifolia*). *Agrochimica*, 7: 335-340.

DOUADI B., 1992- Contribution à l'étude bioécologique des peuplements Orthoptérologiques dans la région de Guerrara (Ghardaïa). Développement ovarien chez *Acrotyluspatruelis*(H.- S., 1838). Mémoire Ingénieur, Inst. nati. Agro. El Harrach, 75 p.

DPAT, 2005 - Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire (DPAT). Edition 2005. Ghardaïa. 123p.

D.P.A.T, 2005 - Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia, 142 P.

D.P.A.T, 2005 - Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia, 142 P. **DAJOZ R., 1982** - Précis d'écologie. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 503 p.

DREUX P., 1980 - Précis d'écologie. Ed. Presses universitaires de France, Paris, 231 p.

DROUET T., 2010- Pédologie. 137p.

DUBOST D., 1991- Ecologie. Aménagement et développement des oasis algérienne. Thèse d'état de l'université de Tours, pp. 45-48.

DUCHAUFOR P.,1970 -Précis de pédologie 3eme éd .Masson et Cie.

Références bibliographiques

- DUCHAUFOR P., JACQUIN F., 1975** -«Comparaison des processus d'humification dans les principaux types d'humus forestiers». Science du Sol 1: 29-36.
- DUCHAUFOR P., 1976**-Atlas écologique des sols du monde. Masson, Paris. 178 p.
- DUCHAUFOR P., 1980**- «Écologie de l'humification et pédogénèse des sols forestiers». In : P. Pesson (éd.), Actualités d'Écologie Forestière, Gauthier- Villars Paris, pp. 177-201.
- DUCHAUFOR P., 1983** - Pédologie : 1- pédogénèse et classification. Edition Masson et Cie, 491 p.
- DUCHAUFOR P., TOUTAIN., 1985** - Apport de la pédologie à l'étude des écosystèmes. Bull. Ecol. 17 pp 1-9.
- DUCHAUFOR P.,1991** - «Pédologie : sol, végétation, environnement». Troisième édition. Masson, Paris, 189 p.
- DUCHAUFOR P., 1995**- Pédologie sol, végétation, environnement .Ed.Masson.309p.
- DUCHAUFOR P.,1995**- Abrégés pédologie: sol,végétation,environnement.4èmeEd .Masson. Paris.324p.
- DUCHAUFOR P., 1995** -Pédologie sol, végétation, environnement .Edition Masson.Paris,491p.
- DUCHAUFOR P., 1997** - Abrégé de pédologie, sol, végétation, environnement, 5e éd., Masson , Paris, 335 p.
- DURANT J.H., 1954** - les sols d'Algérie. S.E.S. Alger, 244 p.
- DUTHIL J., 1973** - Eléments d'écologie et d'agronomie. T III. Ed. J.B.Baillière, Paris, 263-656
- DUTIL P., 1971** - contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse. Doctorat. Univ, Strasbourg. 346 p.
- ELLIOTT E.T., 1986**- Aggregate structure, carbon, nitrogen and phosphorus native and cultivatedsoils, SoilSci. Soc. Am. J. 50 :627-633.

Références bibliographiques

FAO, 2008- la sequestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des sols.FAO, département du developpement durable. Référence internet www.fao.org/DOCREP/005/Y20779F/y2779fo4.html, 63pages.

FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J., 1980- Ecologie. Ed. Baillière J. B., Paris.168p.

FAURIE C., FERRA C., et MEDORI P., 1984 - Ecologie. Ed. Baillière J. B., Paris, 168 p.

FELLER C., et BEARE M.H., 1997-Physical control of soilorganicmatterdynamics in the tropics.*Geoderma* 79, 69_116.

FLAIG W.,1970- Contribution a la connaissance de la constitution et de la synthèse des acides humiques. *Sci. Sol* 2 : 39-78.

FLANAGAN P.W., et VAN CLEVE K., 1983- « Nutrientcycling in relation to decomposition and organic-matterquality in taigaecosystems ». *Canadian Journal of Forest Research*, vol.13, p. 795-817.

FOR S.I., 2009 - Répertoire des espèces forestières ligneuses des régions de Mopti, Tombouctou et Gao. Bamako.

FRONTIER S., PICHOT-VIALE D., 1993 - «Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution». Deuxième édition revue et augmentée. Masson, Paris, 447 p.

GALLARDO A., MERINO J., 1993 - Leafdecomposition in twoMediterraneanecosystems of southwest Spain: influence of substratequality. *Ecology*, 74, p 152-161.

GALLILI T., 2004-Clé du centre de publication universitaire.Tunis.136p.

GANRY F., et DOMMERGUES Y.R., 1995- Rôle des arbres fixateurs d'azote dans le maintien de la fertilité azotée des sols : champ ouvert pour la recherche. *Agriculture et développement*, 7 : 38-53.

GILGAROV M.S., 1971 - «Invertebrateswich destroy the forestlitter and ways toincreasetheiractivity». *In* : Productivité des écosystèmes forestiers, Actes Coll.Bruxelles 1969. UNESCO 1971. (Écologie et Conservation 4) pp. 433-441.

Références bibliographiques

- GIARDINA C.P., RYAN M.G., HUBBARD R.M., et BINKLEY D., 2001-** «Treespecies and soil texture controls on carbon and nitrogenmineralization rates ». *Soil Science Society ofAmerica Journal*, vol. 65, p.1272-1279.
- GIVA G., 2011-** Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon: Guide technique en 2 volumes. Chambre d'agriculture Languedoc-Roussillon, Languedoc-Roussillon, P198.
- GOBAT J.M., ARAGNOT M., et MATTHEY W., 1998-** Le sol vivant : Bases de pédologie, biologiedes sols. Ed. Presses Polytechniques et Universitaires. *Romandes. collection « Gérer L'environnement »*, 14 : 521-519.
- GOBAT J., ARAGNO M., MATIHEY W., 1998-** le sol vivant .base de pédologie,biologie des sols,572.
- GOBAT LM., ARAGNO M., et MATTHEY W., 2003-** Le Sol vivant.2^o éd. rev. etaugm. Coll. «Gérer l'environnement», Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 568p.
- GOBAT J.M., ARAGNO M., et MATTHEY W., 2003-** Le sol vivant. Bases de pédologie. Biologie des sols. Edit. Presses polytechniques et universitaires romandes. 571P.
- GREENLAND D.J., 1981-** Soil management and soildegradation. *J. SoilSci.*, 32 : 301-322.
- GREGORICH E.G., et CARTER M.R., 1997-**Soilquality for crop production and ecosystemhealth. *Developments in Soil Science 25*. Elsevier, NY. USA.
- GROUZIS M., et LE FLOC'H E., 2003-** Un arbre au désert, *Acacia raddiana* Éditeurs scientifiques, p313.
- HALIMI A., et SAHKI A., 2015-**Contribution à la caractérisation de la litière forésrière de la région de Serraidi cas de berouagua .Mémoire de mastère en protection et gestion durable des milieux naturel et des payasages.2p.
- HALITIM A., 1988 -** sols des régions arides d'Algérie. Alger, 384 p.
- HALILAT M.T., 1998 -** étude expérimentale de sable additionné d'argile, comportement physique et organisation en conditions salines et sodiques. Thèse. Doctorat, I.N.R.A., I.N.A,

Références bibliographiques

Paris, Grigon, 229 p.

HEAL O.W., DIGHTON J., 1985 -«Ressource quality and trophic structure in the soil system». *In* : A.H. Fitter, D. Atkinson, D.J. Read & M.B. Usher (éds.), *Ecological interactions in soil : plants, microbes and animals*. BlackwellScientific Publications, London, pp. 339-354.

HELLER R., 1984-Physiologie Végétale, V I, Nutrition., Imprimerie Durand., 28600 Luisant, France., 244 P.

HOBBIE S.E.,1992- « Effects of plant species on nutrientcycling ». *Trends in Ecological Evolution*, vol. 7, p. 336-339.

HOBBIE S.E., OGDahl M., CHOROVER I., CHADWICK O.A., OLEKSYN I., ZYTKOWIAK R., et REICH P.B., 2007- « Treespecieseffect on soil organicmatterdynamics: The role of soil cation composition ». *Ecosystems*, vol. 10, p. 999-1018.

HOLE F.D., 1981 - «Effects of animals on soil.» *Geoderma* 25: 75-112.

IMAI A., FUKUSHIMA T., MATSUSHIGE K., KIM Y-H. et CHOI K., 2002 -Characterization of dissolvedorganicmatter in effluents fromwastewatertreatment plants. *Wat. Res.*, 36(4), 859-870.

KAABECHE M., 1990- Les groupements végétaux de la région de Bou Saada (Algérie), Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Th. Doc. Univ. Paris-Sud. Orsay. 134 p.

KADEBA O., ADUAYI E.A., 1985- Litter production, nutrientrecycling accumulation in PinuscaribaeaMorelet var. hondurensis stands in the northernGuineasavanna of Nigeria, *Plant Soil* 86 .197-206.

KADI A., et KORICHI B., 1993 - Contribution à l'étude faunistique des palmeraies de trois régions du M'Zab (Ghardaia , Metlili , Guerrara). Mém. Ing. Agro. Sah. Ins.Nati. For. Sup. Agro. Sah, Ouargla , 90 p .

KANG K.H., SHIN H.S., et PARK H., 2002 -Characterization of humic substances present in landfilleachateswithdifferentlandfillages and its implications. *Wat. Res.*, 36(16), 4023-4032.

KIEMA A., NIANOGO A.J., OUEDRAOGO T., SOMBA J., 2008 - Use of local feedresources in the farmers ram fatteningscheme: technical and economical performance. Étude originale .*Rev.Cahiers Agricultures*,17 (1): 23-27.

Références bibliographiques

- KOULL, 2007**- Effet de la matière organique sur les propriétés physique et chimique des sols sableux de la région de Ouargla. Thèse Magister. Université. Ouargla.
- LAURENT L., et BERNARD J., 2001** - Analyses de sol en forêt : les choix du gestionnaire forestier. Rev. For. Fr. LIII – 5.
- LEBATT A., et MAHMA A., 1997** - Contribution à l'étude d'un système agricole oasien cas de la région du M'Zab INFS/AS, 92 P.
- LE FLOC'H E., GROUZIS M., 2003**-Acacia raddiana, un arbre des zones arides à usages multiples. Un arbre au désert : Acacia raddiana. Édi IRD Paris :21-58.
- LEPRUN J.C., 1988**- Matière organique et conservation des sols, exemple brésilien. Cahier OROSTOM, série pédologie. Vol. XXIV. N°4. Page 333-334.
- LOZET J., MATHIEU C., 2002** -Dictionnaire des sciences du sol, Tec. & Doc. Lavoisier édition, Paris, pp. 575.
- MAC CARTHY P., 2001**-The principles of humic substances. *SoilSci.*, 166(11), 738-751.
- MAILLY D., et MARGOLIS H., K., 1992**- Forest Floor and mineral soil development in Casuarina equisetifolia plantations on the coastal sand dunes of Senegal. *Forest Ecology and Management*, 55 : 259-278.
- MAKSOUD A.K., et ABDOU A.K., 2008** -Analyse des faciès argilo-gypseux des formations du crétacé supérieur de Noumerate (Wilaya de Ghardaïa Algérie : Aspect sédimentologique et intérêt économique. Mém. Ing. Hydrocarbures et de Géologie. 121 p.
- MALLOUHI N., 1982**- Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur l'évolution de la matière organique. Thèse d'oct. INPL, Nancy. 127 p.
- MANGENOT, 1980** - Les litières forestières ; signification écologique et pédologique, Rev.ForestFranç., Vol.32 n°4 ,PP 339-355.
- MANGENOT F., TOUTAIN F., 1980** - Les litières forestières et leur évolution. In PESSON. Actualités d'écologie forestière « Sol-Flore-Faune ». Edit Bordas, Paris. pp 3-60.
- MARTIN J.P., et HAIDER K., 1971**- Microbial activity in relation to soil humus formation. *SoilSci.* 111 : 54-62.

Références bibliographiques

- MATHIEU C., PIELTAIN F., JEANROY E., MARCOVECCHIO F., SERVAIN F., SOUCHEYRE H., 2003-** Analyse chimique des sols. 11, rue Lavoisier .75008 Paris.p26.
- MATHIEU C., AUDOYE P.,et CHOSSAT J.C., 2007-** Bases techniques de l'irrigation par aspersion. TEC & DOC, Paris, 474 p.
- MATHIEU C., PIELTAIN., 2009-** Les principaux sols du monde. Voyage au centre de l'épiderme de la planète Terre. Lavoisier, éditions Tech et Doctorat.233 p.
- MELLILO IM., ABER ID., et MURATONE IF., 1982-** Nitrogen and lignin control of hardwoodleaf litterdecompositiondynamics ». *Ecology*, vol. 63, p. 621-626.
- MOORE T.R., TROFYMOW J.A., TAYLOR. B, CAMIRE C., DUCHESNE L., FYLES J., KOZAK L., KRANABETTER M., MORRISON 1., SILTANEN M., SMITH S., VISSER S., WEIN R., et ZOLTAI S., TITUS B.,1999 -** Litterdecomposition rates in canadianforests. *Global Change Biol.* 5 : 75-82.
- MORAND D., 2001 -**Soillandscape of the Woodburn 1:100000 sheets. Department of land and water conservation, Sydney.
- MOREL R., 1996 -** Les sols cultivés. Lavoisier, deuxième édition. 378 p.
- MERROUKI K., CHEFOUH R., BOUBRIT B., et SIDI H., 2012-** Influence de la matière organique sur la stabilité structurale et sur la conductivité hydraulique.
- Muriel Frisque, 2006-2007 -** Gestion des matières organiques dans les sols cultivés en Région wallonne : avantages agronomiques, avantages environnementaux et séquestration du carbone.Master en Sciences et Gestion de l'Environnement.04 p.
- MUSY A.,et SOUTTER M., 1991-**Physique du sol. Edit. Presses polytechniques et universitaires romandes. 331p.
- MUTIN G., 1977 -** La Mitidja. Décolonisation et espace géographique. Ed. Office Presses Universitaires, Alger, 607 p.
- NATURLAND, 2010-** VermikomposthochwertigerDüngerzurVerbesserung der Bodenfruchtbarkeit, Naturland, Germany. 23 p.

Références bibliographiques

NDIAYE P., MAILLY D., PINEAU M., et MARGOLIS H.A., 1993 -Growth and yield of *Casuarina equisetifolia* plantations on the costal sand dunes of Senegal as a function of microtopography. *Forest Ecology and Management* 56 : 13-28.

NDIRA V., 2006- Substances humiques du sol et du compost analyse élémentaire et groupements atomiques fictifs : vers une approche thermodynamique. Th. Doc., institut national polytechnique-Toulouse. 271p.

NONGONIERMA A., 1978 - Contribution à l'étude bio systématique du genre *Miller* (Mimosaceae) en Afrique occidentale. Planches, figures et cartes, Tome 3.Thèse Doctorat. Université Sheikh AntaDiop, Dakar, 398 p.

NOUMI Z., 2010-Structures du peuplement, réponses et effets biologiques et environnementaux. Ouvrage publié avec le soutien de Roselt, 251p.

OADES J.M., 1998- ParticulateOrganicMatter. In *Humic Substances Downunder* :

Understanding and managingorganicmatter in soils, sediments and waters. 9th International meeting of the International Humic substances society, 20- 25 September, 1998. Adelaide, Australia.

OMEIRI N., 2016- contribution à la définition d'une approche de lutte contre la dégradation des sols des oasis algériennes : cas de l'oasis de Ouargla. Thèse de doctorat, Université de Ouargla, 319p.

ONM., 2017 - Données météorologiques de la wilaya de Ghardaïa,3.

OUALI S., 1996 - Etude géothermique du Sud de l'Algerie, Mém. Magister, Univ.M'hamed

OUSTANI M., 2006- Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques (fumier de volailles et fumier de bovins) sur l'amélioration des propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla), Mémoire de Magister en Agronomie Saharienne, Université KasdiMerbah, Ouargla, 187p.

OZENDA P., 1958- *La flore de Sahara septentrional et central*. Ed. CNRS, Paris, 486 p.

OZENDA P., 1977 - Flore du Sahara. Ed. Cent. Nati. Rech. Scie. (C.N.R.S.), Paris, 620 p.

OZENDA P., 1983- Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique (C.N.R.S.), Paris, 622 p.

Références bibliographiques

- OZENDA P., 1991-** Flore et végétation du Sahara. 2^{ème} édition. Ed.C.N.R.S. Paris. 662p.
- PARE D., et BERGERON Y., 1996-** « Effect of colonizing trees species on soil nutrient availability in a clay soil of the boreal mixedwood ». *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 26, no. 6, p. 1022-1031.
- PAUL THOREZ J., DEJEAN B., 2012 -** Le guide du jardin bio Livre éco-conçu 414p.
- PERSSON T., 1989-** «Role of soil animals in C and N mineralization». *Plant and Soil* 115: 241-245.
- PESSON P. et al., 1980-**Actualités d'écologie forestière sol, flore, faune.
- PESSON P., 1980-** Actualité d'écologie forestière : Gautier-Villards (517p).
- PETIT J.,et JOBIN P., 2005-** La fertilisation organique des cultures. FABQ, Québec, 49p.
- PICCOLO A., 1996-** Humus and soil conservation. In : A. Piccolo (éd.), *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. Elsevier Science, pp. 225-264.
- PICCOLO A., 1996-**Humus and soil conservation p 225-264. in A. Piccolo (Ed). *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Elsevier Science B.V., Australia.
- PICCOLO A., et JOE S.C., MBAYWN, 1999-** Role of hydrophobic components of soil organic matter in soil aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 1801-1810.
- POUGET M., 1980 -** Les relations sol-végétation dans les steppes Sud algéroises. Ed. ORSTOM, Paris : 134-135.
- POUGET M.,1980-** Les relations sol végétation dans les steppes sud-algéroises O.R.S.T.O.M.Paris.555p.
- PRESCOTT C.E., et PRESTON C., 1994 -** « Nitrogen mineralization and decomposition in forest floors in adjacent plantations of western red cedar, western hemlock, and Douglas-tir ». *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 24, p. 2424-2431 .
- PREVEL M., GAGNARD J., GAUTIER P., 1984-**L'Analyse Végétale dans le Contrôle de l'Alimentation des Plantes Tempérées et Tropicales., Editions technique et documentation, Lavoisier, Paris. 810 p

Références bibliographiques

PREVEL M.P., GAGNARD J., GAUTIER P., 1984- L'Analyse Végétale dans le Contrôle de l'Alimentation des Plantes Tempérées et Tropicales., Editions technique et documentation, Lavoisier, Paris., 810 P. Production and protection series. Research, 2, 101-157.

QUIRK J.P., 1978- Some physico-chemical aspects of soil structural stability – A review. In W.W. Emerson, *et al.*, (eds.) Modification of soil structure. John TISDALL J.M. ET OADES J.M. 1982. Organicmatter and water stable aggregates in a soils. J. Soil.Sci. 33 : 141- 164.

QUEZEL P., et SANTA S., 1963 - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. Centre nati. rech. sci. (C.N.R.S.), Paris, T. II, pp. 571 - 1170.

QUEZEL P., et SANTA S., 1963- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertique méridionales. 2 Vol. Ed. CNRS, Paris.1170.

RAICH J.W., et TUFEKCIOGLU A., 2000- « Vegetation and soil respiration: Correlations and controls». *Biogeochemistry*, vol. 48, p. 71-90.

RAMADE F., 1984 - Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 379 p.

RAMADE F., 2003 -Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 690p.

RAPP M., 1971- Cycle de la matière organique et élément minéraux dans quelques écosystèmes méditerranéens, dynamique saisonnière de deux sols en climat tempéré. Edit.C.N.R.S.Paris VII, 253P.

REISINGER O., KILBERTUS G., 1980 -«Mécanismes et facteurs debiodégradarion en milieu forestier». In : P. Pesson (éd.), Actualités d'ÉcologieForestière, Gauthier-Villars, Paris, pp. 61-86.

RICHARD D., 1989- Ingestibilité et digestibilité des aliments par le dromadaire. Rev. Options Méditerranéennes - Série Séminaires (2): 55-59.

SATCHELL J.E., 1974- «Litter - interface of animate / inanimate matter». In : C.H. Dickinson & G.J.F. Pugh (eds.), Biology of plant litter decomposition, Volume I, Academic Press, London, pp. xiii-xliv.

Références bibliographiques

SCHIMEL D.S., BRASWELL B.H., HOLLAND E.A., MCKEOWN R., OJIMA D.S., PAINTER T.H., PARTON W.J., et TOWNSEND AR., 1994- « Climatic, edaphic and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils ». *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 8, p. 279-293.

SCHNITZER M., 1991- Soil organic matter - the next 75 years. *Soil Science* 151 : 41 -58.

SEASTEDT, T.R., 1984- «The role of microathropods in decomposition andmineralization processes». *Ann. Rev. Entomol.* 29: 25-46.

SERVANT J., 1975-Contribution à l'étude des sols halomorphes. L'exemple des sols salés du sud et sud-ouest de la France. Thèse Doc. D'état. Université de Montpellier.

SIBOUKEUR A.,2012-2013- Appréciation de la valeur fertilisante de différents types de fumier. Mémoire de fin d'études en Agronomie Saharienne, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 9p.

SMAIHI A., H., 2009 - influence du type de pineraies (pineraie, pineraie chênaie) sur la mobilisation de n, p et le comportement de plantules de pin d'Alep dans des sols forestiers de la region de batna. Mémoire de magister en sciences agronomiques. Universite el hadj Lakhdar – Batna.15p.

SOLTNER D., 1989 -Les bases de la production végétale. Tome 1. Le sol. 17ème Ed.

C.S.T.A. Angers, 276p.

SOLTNER D., 2003- Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Collection Sciences et Techniques Agricoles.23ème. Ed. Paris. 472p.

SOCO, 2009- Réduction du taux de matière organique, l'agriculture durable et la conservation des sols, Mai 2009, N°: 3, 4p.

STENGGEL P., 2009- le sol .Editorial. Institut des sciences de la terre d'Orléans.P75.

STEVENSON F.J., 1994- Humus Chemistry : Genesis, Composition, Reactions. 2 édition. John Wiley and Sons, New York, 496 p.

STEWART P., 1969 - Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Bull. Doc. hist. natu. agro., pp. 24 – 25.

Références bibliographiques

SWIFT M.J., HEAL O.W., et ANDERSON J.M., 1979- Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Studies in Ecology, Vol. 5. University of California Press, Bekerley, 372 p.

TALHI M. F., CHERITI A., BELBOUKHARI N., 2010-Biodiesel production by transesterification of Acacia raddiana Oils Under heterogeneous catalysis. Journal of Scientific Research 1 (0).

TATE R.L., 1987 - «Soil organic matter : biological and ecological effects». John Wiley & Sons, New York, 291 p.

TEMAGOULT O., 2005 - Recherche d'un substrat de culture pour la production de plants en pépinière. Thèse magister AGRO BATNA. P 118.

TISSAUX J., 1996 - Une revue bibliographique des principaux mécanismes pédogénétiques pour caractériser le rôle du bois raméal fragmenté (BRF) dans le processus d'humification.

Publication N° 60. Département des sciences du Bois et de la Forêt. Université Laval Québec G1k 7 P4.

TOUTAIN F., 1981 - Les humus forestiers. Structure et mode de fonctionnement. Revue. Forestière Française 23 :p449-477.

TOUTAIN F., 1984-Biologie des sols livre jubilaire du cinquantenaire (1934-1984) Association française pour l'étude des sols.

TOUTAIN F., 1987 - Les litières : Siège de systèmes interactifs et nature de ces interaction. Rev. Bio. Sol . vol (3)24 . pp : 231-242.

UNGER P.W., 1994- Managing agricultural residues. Lewis Publishers, NY. USA.

VAN CLEVE K., et POWERS R.F., 1995- Soil carbon. Soil formation, and ecosystem development. In: McFee W.W. et J.M. (eds) Carbon forms and fonctions in forest soils.

Soil Science Society of America Inc. Madison. 155-200.

VARADACHARI C., et GHOSH K., 1984- On humus formation. Pant Soil77 : 305-31 3.

Références bibliographiques

VASSAL J., 1996-Les Acacias au Sénégal : taxonomie, écologie, principaux intérêts. édi Orstom.Paris 1998.pp 15-33.

VAUGHAN D., et ORD B.G., 1985- Soil organic matter - a perspective on its nature, extraction, turnover and role in soil fertility. *in* : O. Vaughan et RE.Malcom (eds), Soil Organic Matter and Biological Activity. Kfuwer Acadernic Publishers, Dordrecht, pp.1-35.

VIAL Y., et VIAL M., 1974 - Sahara milieu vivant. Ed Hatier, Paris, 223p.

VIOLLEAU D., 1999 -Intérêt du fractionnement et de l'extraction des matières organiques naturelles d'eaux de surface pour l'étude de leurs propriétés structurales et de leur pouvoir complexant vis-à-vis du cuivre. Thèse de doctorat - Université de Poitiers.

VISSER S.A., 1987 -«Rôle de l'humus dans un sol». *In* : Comptes rendus du colloque : amendement des sols, perspectives d'avenir. ITAA de Ste Hyacinthe, 12 Nov. 1986, Gouvernement du Québec, pp. 11-33.

VOISIN P., 2004 - le Souf, Ed. El-Walide El-Oued Alger, 190 p.

WAHBI J., LAMIA H., NAOUFEL S., MOHAMED L.K ., 2010- Étude de la germination des graines d'Acacia tortilis sous différentes contraintes abiotiques, 652p.

WILLIAMS S.T., GRAY T.R.G., 1974-«Decomposition of litter on the soilsurface». *In* : C.H. Dickinson & G.J.F. Pugh (eds.), Biology of plant litterdecomposition, Volume II, Academic Press, London, pp. 611-632.

WESEMAEL B.V., 2006 -les teneure en matière organique dans les sols en région Wallonne.

Rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement Wallonne, Univ, catholique de Louvain, 15 p.

World bank., 2002- World development report 2003: Sustainable development in a dynamic world: transforming institutions, growth, and quality of life. Oxford University Press: World Bank. 272 p.

YAGOUB I., 1996 - Bioécologie des peuplements Orthoptérologiques dans trois milieux, cultivé, palmeraie et terrain nu à Ghardaïa. Mémoire Ingénieur, Inst. nati., agro., El Harrach, 97 p.

YOUCEF F., 2003 - Mise au point d'une étude climatique du Sahara Septentrionale Algérien

Références bibliographiques

(Ouargla, Touggourt, Ghadaia), Mém. Ing., Université de Ouargla, 88p.

ZERGOUN Y., 1991- Contribution à l'étude bioécologique des peuplements orthoptérologiques dans la région de Ghardaïa. Thèse d'ingénieur. Inst.Natio.Agro. El Harrach, Alger.73p.

ZERGOUN Y., 1994 - Bio ecologie des orthoptères dans la région de Ghardaia – Régime alimentaire d'*Acrotylus patruelis* (Herrich-Schaeffer, 1828) (Orthoptères – Acrididae). Thèse Magister. Inst.Natio.Agro. El Harrach. Alger. 110 p.

ZERGOUN Y., 1994 -Peuplement orthoptérologiques à Ghardaïa. Thèse Magister. Inst. nati. agro. El-Harrach, 192 p.

Annexes

Annexes

Annexe I – Les plantes spontanées signalées dans la région de Ghardaïa (QUEZEL et SANTA (1926, 1963), OZENDA (1983), ZERGOUN (1994) et CHEHMA (2006)

Familles	Espèces
Poaceae	<i>Agropyrum repens</i>
	<i>Hordeum murinum</i> Linée
	<i>Cynodon dactylon</i> Rich
	<i>Bromus rubens</i>
	<i>Scleria glauca</i>
	<i>Aristida pengens</i>
Fabaceae	<i>Ononis serrata</i>
	<i>Oudneya africana</i>
	<i>Urosperum picroides</i>
	<i>Retama retam</i>
	<i>Genista saharae</i>
Composés	<i>Anthemis stiparium</i>
	<i>Centaurea furfuracea</i>
	<i>Senecio flavus</i>
	<i>Sonchus asper</i>
	<i>Warionia saharae</i>
	<i>Astragalus armatus</i>
	<i>Astragalus gombo</i>
	<i>Bubonia graveolens</i>
	<i>Zuzphis lotus</i>
Convolvulacées	<i>Convolvulus arvensis</i>
	<i>Cuscuta planiflora</i>
Liliacées	<i>Amarethus retroflexus</i>

Annexes

Primulacées	<i>Anagalisarvensis</i>
Chénopodiacées	<i>Chenopodium album</i>
Cyperacées	<i>Cyperusrotendus</i>
Euphorbiacées	<i>Euphorbiacaytrata</i>
Boraginacées	<i>Gastro cotylehispidia</i>
Malvacées	<i>Malvapariflora</i>
Crucifères	<i>Hitchinisiaprocumbens</i>
Solanacées	<i>Solanumnigrum</i>
Polygalacées	<i>Polygala erispetra</i>
Cucurbitacées	<i>Colocynthisvulgaris</i>
Zygophyllacées	<i>Peganumharmala</i>

Annexes

AnnexeII : a)– les groupes d'arthropodes signalées dans la région de Ghardaïa selon
KORICH et KADI (1993)

Classes	Ordres	Familles	Espèces	
Insecta	Dermaptera	<i>Forficulidae</i>	<i>Forficulabucasi</i>	
	Dictyoptera	<i>Corydiidae</i>	<i>Hetrogaodesursina</i>	
		<i>Eremiaphi</i>	<i>Eremiaphilareticulata</i> <i>Eremiaphilamzabi</i>	
	Orthoptera	<i>Mantidae</i>	<i>Mantisreligioza.L.</i> <i>Blephropsismendica</i> <i>Iris oratora</i> <i>Periplaneita americana</i> <i>Periplaneitaorientalis</i> <i>Sphodromantisviridis</i>	
		<i>Pamphagidae</i>	<i>Tuaregainsignis .lucas.</i>	
		<i>Grillidae</i>	<i>Acheta domestica</i> <i>Gryllotalpagryllotalpa</i>	
		<i>Caeliferes</i>	<i>platypternahareteri.</i> <i>platypternagrasislis</i> <i>Sphingonotussavignyi</i> <i>Pygromorphacognata.</i> <i>Pygromorphaconica.</i>	
	Muriapoda	Chilopoda	<i>Scolopendidae</i>	<i>Otostigmusspinicaudus.</i>
	Arachnida	Scorpionida	<i>Buthidae</i>	<i>Androctonusamoreuxi .Aud,Sav</i> <i>Androctonusaustralis .Hector</i>
		Solifugea	<i>Galeodidae</i>	<i>Galeodibusoliviri</i>
Acari		<i>Tetranychidae</i>	<i>Oligonuchusafrasiaticus</i>	
Lepidoptera		<i>Pyralidae</i>	<i>Ectomeloisceratonia.Zeller</i>	
		<i>Margaroididae</i>	<i>Margarodesbusctoni</i>	
		<i>Myrmicidae</i>	<i>Myrmicarubida.Latr</i>	
		<i>Braconidae</i>	<i>Barconahebetor</i> <i>Phanerotomaflavitestacia.L.</i>	
Homoptera	<i>Margaroidae</i> <i>Aphidae</i>	<i>Iceriapurchasi</i> <i>Aphiscitris</i>		
Coleoptera	<i>Tenebrionides</i>	<i>Leptonychussabulicota.chob</i> <i>Eroduissingularis</i> <i>Eroduisantennarius .val.</i> <i>Zophosismozabita.fairm.</i> <i>Cyphostethesahariensis.chob.</i> <i>Ooxycaralavocati.Esp</i> <i>Strothochemisantoini.Esp</i> <i>Pseudostrothochemispatrizii.</i> <i>Anemiabrevicollis .Woll.</i> <i>Anemiapilosa.Turn</i>		

Annexes

b) – Listes des mammifères, les reptiles et les batraciens existant dans la région de Ghardaïa selon KORICH et KADI (1993)

Ordres	Familles	Espèces	Noms communs
Insectivore	Erinaceidae	<i>Paropamismus aethiopicus</i> <i>Loch.1958</i>	Hérisson de désert
Cheroptera	Hipposideridae	<i>Asellia tridents Geoffroy</i>	Chauve souris tridents
Rodentia	Gerbillidae	<i>Gerbillusgerbillus Olivier,1801</i>	Gerbille de sable
	Jaculidae	<i>Jaculusjaculus L,1758</i>	Petit gerboise
	Muridae	<i>Mus musculus L,1758</i>	Sourie grise domestique
	Ctenodactylidae	<i>Massoutierramzabi</i>	Goundi de Mzab
	Gliridae	<i>Eliomysquercinus L,1758</i>	Le lérot
Carnivora	Viverridae	<i>Herpestessanguineus</i> <i>Riipell,1758.</i>	Mangouste rouge
	Mustelidae	<i>Poecilictislibyca Hemp.et Ehren</i>	Zorille de libye.
	Felidae	<i>Felismargarita Loch.</i> <i>Felissylvestris Forster</i>	Chat de sable Chat sauvage
	Canidae	<i>Fennecuszerda Zimmermann</i> <i>Vulpes riipelliSchinz.</i>	Fennec . Renard famuligue.
Amphibia	Anoura	<i>Buфонidaesp</i>	Bufo mauritanicus .schelgel
		<i>Ranidaesp</i>	Ranaridibunda. palls
Reptila	Squamata	<i>Lacertidaesp</i>	Eremiasrubropunctata.
		<i>Geckonidaesp</i>	Tarentolamauritanica
		<i>Agamidaesp</i>	Uromastix acanthiurus
	Ophidia	<i>Viperdaesp</i>	Agumamutabilis
			Cerastescerastes

Annexe III : Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT, 1978).

CE dS/m à 25°C	Degrés de salinité
CE ≤ 0,6	Sols non salés
0,6 < CE ≤ 1,2	Sols peu salés
1,2 < CE ≤ 2,4	Sols salés
2,4 < CE ≤ 6	Sols très salés
CE > 6	Sols extrêmement salés

Annexe IV: Echelle d'interprétation des valeurs pH, rapport sol/eau (1/5) Selon (SOLTNER, 1989).

Annexes

pH 1/5	Classes
5 à 5,5	Très acide
5,5 à 5,9	Acide
6 à 6,5	Légèrement acide
6, 6 à 7,2	Neutre
7,3 à 8	Alcaline
>8	Très alcaline

Annexe V: Echelles d'interprétation de la Matière organiques (I.T.A, 1975)

M.O. (%)	Sol
≤ 1	Très pauvre
$1 < \text{M.O.} \leq 2$	Pauvre
$2 < \text{M.O.} \leq 4$	Moyenne
> 4	Riche

Caractérisation physico-chimique de la matière organique dans la région de Noumerate (Wilaya de Ghardaïa)

Résumé

Notre travail a porté principalement sur l'étude de la caractérisation physico-chimique de la matière organique dans la région de Noumerate (Wilaya de Ghardaïa).

Les résultats d'analyse physique et physico-chimique de site d'étude qui menée sur le sol et la litière, montrent que avant la chute annuelle de fraction de l'arbre (feuille, rameaux, écorce, fruit...etc.) le pourcentage le plus important est les feuilles pour (relevé 1 contient l'arbre *Casuarina equisetifolia* et le relevé 2 contient *Acacia raddiana*), et la texture de sol est sableuse (R1 et R2) avec l'humidité hygroscopique considérable. Ainsi que, possèdent un pH neutre à alcalin. La conductivité électrique Ce sont des non salé avec une augmentation dans le taux de matière organique accompagné par une forte teneur de carbone organique.

Mots clés : la litière, pH, conductivité électrique, matière organique, Noumerate.

الخصائص الفيزيوكيميائية للمادة العضوية في منطقة النومرات ولاية غارداية

ملخص

الهدف من عملنا هذا هو دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية للمادة العضوية في منطقة النومرات ولاية غارداية

نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية في موقع الدراسة التي اجريت على القمامة والتربة تعرض ما يلي بعد التساقط السنوي لأجزاء الشجرة (الاوراق, الاغصان, اللحاء, الثمرة....) النسبة الاكبر كانت لأوراق كل من شجرة كزورينا اكيبيتسوفوليا واكاسيا راديانا , والتربة ملمسها رملي مع الرطوبة العالية لها و للقمامة.بالإضافة الى ذلك, درجة الحموضة معتدلة الى قاعدية اما الملوحة فغير موجودة مع ارتفاع كبير للمواد العضوية يرافقه ارتفاع في معدل الكربون العضوي .

الكلمات الدالة: القمامة, درجة الحموضة, الملوحة, المادة العضوية, النومرات.

Physico-chemical characteristics of organic matter in the Noumerate region (Wilaya of Ghardaïa)

Abstract

Our work has focused on the study of the physico-chemical characteristics of organic matter in the Noumerate region (Wilaya of Ghardaïa).

The results of physical and physico-chemical analysis of study site that conducted on the soil and litter, show that before the annual fall of fraction of the tree (leaf, twigs, bark, fruit The most important percentage is the leaves for (record 1 contains the *Casuarina equisetifolia* tree and the 2 record contains *Acacia raddiana*), and the soil texture is sandy (R1 and R2) with considerable hygroscopic humidity. As well as, have a neutral to alkaline pH. Electrical conductivity. These are unsalted with an increase in organic matter content accompanied by a high organic carbon content.

Keywords: Litter, pH, electrical conductivity, organic matter, Noumerate.