

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecologie Végétale et Environnement Steppes et

Oasis

THEME

Etude de la capacité de résistance aux conditions du milieu chez une communauté végétale au sud de la wilaya de Laghouat

Encadré par :

M^{elle} Houyou Zohra

Présenté par :

Mr Serdoun Mokhtar

Mr Djoudi Hamza

Soutenu publiquement le :juin 2016.

Résumé

Notre travail vise à déterminer la résistance aux facteurs abiotiques d'une végétation relevée entre Mars 2016 et Mai 2016 dans un parcours naturel au sud de la wilaya de Laghouat, où règne un climat saharien à hiver frais, avec une sécheresse sur les douze mois de l'année.

Les résultats des relevés de la végétation ont permis de recenser 14 espèces, La richesse totale était de 32 espèces réparties en 18 familles, soit de 22 éphémères et 10 vivaces, parmi ces espèces (*Oudneya africana*) présente la plus forte contribution spécifique au tapis végétal avec un taux de 55.20 %, l'espèce la moins présente est (*Erodium moschatum*) avec une contribution spécifique de 0.23 %. L'Equitabilité mesurée à 54%, indique qu'il ya possibilité de compétitivité entre les espèces présentent sur le parcours. Les analyses du sol ont montré que le profil du sol formé de deux horizons, Les sables est la fraction dominant avec plus de 65 %, le pH montre une alcalinité du sol, les résultats de la conductivité électrique rapportent une forte salinité, le sol est pauvre en éléments majeures, le rapport C/N indique qu'il n'y a pas de décomposition de la matière organique. Les données climatiques ont également révélé que la période de sécheresse dans le parcours prolongé de Mars à Septembre, Le dosage de la proline a révélé des différences de concentration entre les espèces, un minimum de (0.01 mmol/kg) chez l'*Echinops spinosus* et un maximum de (1.64 mmol /kg) pour l' *Hordium murinum*. Ces valeurs sont indicatrices que la morphologie de la plante influe sur son comportement physiologique.

Mots clés : Etude floristique, résistance, proline, Hassi R'mel, Facteur abiotique.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة مقاومة العوامل اللا حيوية عند مجموعة من النباتات أحصيت ما بين شهر مارس 2016 وماي 2016 في مرعى طبيعي جنوب ولاية الأغواط .

سمحت لنا النتائج بالتعرف على 14 نوع من النباتات، قدرت وفرة النباتات ب 32 نوع مقسمة إلى 18 عائلة موزعة ما بين 22 نوع حولي و 10 نوع معمر، حيث يساهم (*Oudneya africana*) بأعلى نسبة في الغطاء النباتي تقدر ب 55.20 %، بينما يساهم (*Erodium moschatum*) بأقل قيمة قدرت ب (0.23%). و 54 % نسبة التكافؤ بين النباتات ، هذه القيمة تشير إلى المنافسة التواجدية بين الأنواع النباتية. أظهرت تحاليل التربة أنها تتكون من طبقتين، حيث سيادة الرمال بنسبة أكثر من 65 %، درجة حموضة التربة قاعدية، و نتائج التوصيل الكهربائي تشير إلى وجود الأملاح، كما أظهرت التحاليل الكيميائية أن التربة فقيرة من العناصر الرئيسية، بينما نسبة الكربون على الأزوت تشير إلى أنه ليس هناك تحلل تام للمادة العضوية .

كما كشفت البيانات المناخية أن فترة الجفاف في المرعى ممتدة من شهر مارس إلى شهر سبتمبر. كما أظهر تركيز البرولين عند النباتات عدة اختلافات ، و أظهر اختلاف تركيز البرولين عند أصناف النبات حد أدنى (0.01ملي مول / كغ) عند (*Echinops spinosus*) و حد أقصى (1.64ملي مول /كغ) عند (*Hordium murinum*). هذه القيم تدل على أن مورفولوجي النبات تؤثر على سلوكها الفسيولوجي.

الكلمات المفتاح: الغطاء النباتي، المقاومة، البرولين. حاسي الرمل، العوامل الغير حيوية.

Abstrat

Our work aims to determine the resistance to abiotics factors of a vegetation inventoried between March 2016 and May 2016 in a natural grazing in north of the wilaya of Laghouat. The inventory allowed identifying 14 species divided into 18 families divided between 22 perennial and 10 ephemeral, the total richness was 32 species, among these species (*Oudneya africana*) has the highest specific covert contribution with a rate of 55, 2%, the less present species (*Erodium moschatum*) with a rate specific contribution of 0.23%. The equitability measured at 54%, this value refers to the competition between plant species. Soil tests have shown that it consists of a profile of three horizons when sands dominate with over 65%, the pH shows an alkalinity of the soil, the results of electrical conductivity indicate that the high salinity, as a whole, the soil is poor in major elements, the C / N ratio indicates that there is light decomposition of the organic matter. Climate data revealed that the wet period is between marches to September. The Proline concentration in fresh vegetable material showed differences in variable species from a minimum of (0.01 mmol/kg) in (*Echinops spinosus*) and a maximum (1.64 mmol /kg) in (*Hordium murinium*). These values indicate very well that the morphology of the plant affects its physiological behavior.

Keywords: Vegetable Tabi, resistance, proline, Hassi R'mel, Factors Non-vital.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

- A mes très chers parents.

- A Mes frères et Mes sœurs.

- A Mes très chers grands pères.

- A mon promotrice M^{elle}: HOUYOU Zohra.

A Mes très chères ami(e)s des Agronomes.

A Mes très chères ami(e)s et les étudiants de ma promotion.

Les gens qui m'ont accompagné depuis ma vie ;

Mes ami(e)s.

Mokhtar.

DÉDICACE

J'ai le grand plaisir de dédier mon travail :

A mes très chers parents.

A mes frères et mes sœurs.

A mes très chers partenaires familiaux.

A mon promotrice M^{elle} : HOUYOU Zohra.

A mes meilleurs amis : Dah A., Badrina Y., Gasmi M.

chorana A., Saadaoui K., Bougrine A.

Les gens qui m'ont accompagné depuis mon enfance.

A mes très chers amis 2009 des Agronomes.

A toutes les personnes qui m'aiment.

HAMZA.

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu « ALLAH » le Miséricordieux qui nous a donné force, volonté et courage pour achever cette étude et pour atteindre à notre objectif.

*Nous tenons tout d'abord à remercier mon promotrice **Hoyou Zohra** maître assistante à l'université Amar Thelidji- Laghouat, qui a dirigé ce travail et avoir su nous apporter l'encadrement nécessaire à sa réalisation et pour ses conseils et ces encouragements.*

*Nous devons remercier Monsieur **Chaibi Rachid** pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury malgré ses occupations.*

*Nos remerciements vont également à Madame **Souffi Ebtisame** pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

Nous devons remercier tous les professeurs de spécialité et du cycle d'étude de département d'Agronomie et de Biologie de l'université d'Amar Thelidji- Laghouat.

Nous remercions vivement l'équipe de la bibliothèque pour leur aide au cours des recherches bibliographiques.

Nous devons remercier aussi tous les personnels de laboratoire de département de biologie de l'université de Laghouat.

Nous remercions également toutes les personnes, ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table des matières

Résumé.	
Liste des tableaux.	
Liste des figures.	
Liste des photos.	
Liste des abréviations.	
Introduction	1
..... CHAPITRE I: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I. Le stress abiotique chez les plantes et stratégies d'adaptation	3
I.1. Définition du stress.....	3
I.1.1. Le stress hydrique: définition et conséquences physiologiques.....	3
I.1.1.1. Mécanismes de résistance à la sécheresse chez les plantes.....	5
I.1.2. Le stress thermique : La résistance aux variations de températures.....	7
I.1.2.1. La réaction du phénomène végétale ver le stress	7
I.1.2.1.1. La transpiration	7
I.1.2.1.2. La respiration	7
I.1.2.1.3. La photosynthèse	8
I.1.2.1.4. Liaison entre la réponse génétique et le stress thermique.....	8
I.1.2.1.5. Stabilité thermique des membranes cellulaires	9
I.1.3. Le stress salin.....	9
I.1.3.1. Effets de la salinité sur la physiologie de la plante.....	9
a. effets de la salinité sur la germination.....	9
b. Effets de la salinité sur la croissance et le développement de la plante.....	9
c. Effets de la salinité sur la biochimie de la plante.....	10
d. Effets de la salinité sur la nutrition minérale des végétaux.....	10
I.1.3.2. Comportement de la plante en milieu salin.....	10
I.1.3.3. Mécanismes d'adaptation à la salinité.....	11
a. Caractéristiques morphologiques et anatomiques.....	11
B. Caractéristiques physiologiques.....	12
I.1.4. Similitude entre les stressés abiotiques	12
I.2. Les marqueurs biochimiques de la résistance aux contraintes abiotiques	13
I.2.1. La proline	13
I.2.1.1. La proline et le stress	13
I.2.1.2. Rôle de la proline :	14
..... CHAPITRE II: MATERIELS ET METHODES	15
II.1. Présentation de la zone d'étude	15
II.1.1. Situation et Géomorphologie.....	15
II.1.1.1. Localisation géographique du site étudié.....	15
II.1.2. Choix du site de l'étude	16
II.2. Etude climatique	16
II.3. Pédologie de la zone d'étude	16
II.3.1. Echantillonnage sur le terrain.....	16
II.3.2. Analyses physico-chimiques aux laboratoires.....	17
II.3.2.1. Analyse granulométrique.....	17

II.3.2.2. Détermination de la teneur en matières organiques par calcination	17
II.3.2.3. La teneur en eau	18
II.3.2.4. Le pH du sol	18
II.3.2.5. La conductivité électrique	19
II.3.2.6. Détermination de la matière azotée	19
II.3.2.7. Le rapport C /N	19
II.3.2.8. Le dosage du phosphore et des éléments Na et K et Ca.....	20
II.3.2.9. Dosage du calcaire.....	20
II.4. Etude floristique	20
II.4.1. Méthode d'échantillonnage	20
II.4.2. Relevé phytocologique	20
II.4.3. Mode opératoire sur le terrain.....	21
II.4.3.2. Relevé linéaire par la méthode de la ligne simple	21
II.4.4. Analyses des données floristiques	22
II.4.4.1. Identification des espèces	22
II.4.4.2. Analyse du patrimoine biologique	22
a. La richesse floristique	22
b. Recouvrement global des végétaux	22
c. La fréquence spécifique	23
d. La contribution spécifique	23
e. Indice de diversité spécifique de Shannon-Weaver et Equitabilité	23
f. Spectre biologique de la végétation relevée.....	24
g. Caractérisation biogéographique de la végétation relevée.....	25
h. Analyses de la matière fraîche de la végétation relevée.....	25
II.5. Dosage de la proline.....	25
II.6. Analyse statistique.....	26
..... CHAPITRE III: RESULTATS	27
III.1. Climatologie de la zone d'étude.....	27
III.1.6. Synthèse climatique de la région	27
C. Climagramme d'Emberger.....	27
B. Indice d'aridité.....	28
A. Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	28
III.1.1. La pluviométrie.....	29
III.2. Pédologie de la zone d'étude.....	30
III.2.1. Analyses physico-chimiques du sol aux laboratoires.....	30
III.2.1.1. Analyse granulométrique.....	30
III.2.1.2. Détermination de la teneur en matières organiques	31
III.2.1.3. Le pH du sol	32
III.2.1.4. La conductivité électrique	32
III.2.1.5. Détermination de la matière azotée	33
III.2.1.6. Le rapport C /N	33
III.2.1.7. Le phosphore et des éléments Ca et K et Na dans le profil du sol.....	34
III.2.1.8. Dosage du calcaire.....	36
III.3. Analyse floristique.....	36
III.3.1. Analyse du patrimoine biologique	36
a. La richesse floristique	36

b. Recouvrement globale de la végétation.....	36
c. Fréquence spécifique et Contribution spécifique	38
d. Diversité spécifique de Shannon (H') et Equitabilité	38
e. Spectre biologique	38
III.3.2. Analyses de la matière fraiche de la végétation relevée	39
III. 3.3. La proline dans la matière fraiche végétale.....	40
III.4. Analyse statistique.....	41
..... CHAPITRE IV: DISCUSSION	42
CONCLUSION	53
BIBLIOGRAPHIE	55
ANNEXE	62

Liste des Tableaux		
	Titre	Page
Tableau 01	Les coordonnées géographiques.....	15
Tableau 02	Diversité de Shannon des deux sites et Equitabilité.....	38
Liste des Figures		
	Titre	Page
Figure 01	Mécanismes de résistance des plantes à la sécheresse.....	06
Figure 02	Localisation des sites dans la zone d'étude (Google Earthe, 2016).....	15
Figure 03	Prélèvement des échantillons du sol et des végétaux.....	21
Figure 04	Climagramme Pluiothermique d'Emberger pour la région de Hassi R'mel	27
Figure 05	Diagramme Ombrothermique de Gaussen pour la région de Hassi R'mel....	28
Figure 06	Variation interannuelle des précipitations de la région de Hassi R'mel....	29
Figure 07	Profile des horizons du sol.....	30
Figure 08	Courbe granulométrique d'horizon superficiel.....	30
Figure 09	Courbe granulométrique d'horizon sous jacent.....	31
Figure 10	Pourcentage de la Matière organique du sol.....	31
Figure 11	Valeurs du pH du sol.....	32
Figure 12	Valeurs de la Conductivité électrique du sol.....	32
Figure 13	Pourcentage de l'azote total du sol.....	33
Figure 14	Le rapport C/N dans le profil du sol.....	33
Figure 15	Pourcentage de Phosphore des deux échantillons du sol.....	34
Figure 16	Pourcentage de Calcium du sol.....	34
Figure 17	Pourcentage de Potassium du sol.....	35
Figure 18	Pourcentage de Sodium du sol.....	35
Figure 19	Pourcentage du Calcaire du sol.....	36
figure 20	Recouvrement par la végétation et de la surface du sol.....	37
Figure 21	Taux des éléments de la surface du sol.....	37
Figure 22	Spectre biologique de la zone d'étude.....	39
Figure 23	Taux d'eau des espèces relevées.....	40
Figure 24	La teneur de la proline (mmol/kg MF).....	40
Figure 25	Dendrogramme de classification hiérarchique des espèces en fonction de leur paramètres métabolique (Eau , Proline).....	41
Figure 26	Dendrogramme de classification des espèces en fonction de leurs paramètres métabolique (Eau et Proline) et la répartition sur le terrain (Csi)	42
		43
Liste des photos		
	Titre	Page
Photo 01	Infiltration du sol (original).....	19
Photo 02	Dosage de la proline (original).....	26

Liste des abreviations

CH	Classification Hiérarchique
cm	Centimetre
E	Equitabilité
ml	Milliliter
Km	Kilomètre
Km ²	Kilomètre carré
C _{org}	Carbone organique
MO	Matière Organique
MS	Matière Séche
m	Mètre
mm	Millimètre
ONM	Office Nationale de Métérologie
P	Précipitation
Mm	micromètre
T	Température
g	gramme
O ₂	Oxygène
MF	Matière Fraiche
CE	Conductivité électrique
C _{si}	Contribution spécifique
V _v	Vitesse du vent
RG	Recouvrement Globale
°C	Degré Celcius
CH	Classification Hiérarchique

Introduction

Le Sahara septentrional, couvre une superficie de 1 million de km², il est soumis à un extrême climat méditerranéen. Et se présente comme une zone de transition entre les steppes méditerranéennes nord africaines et le Sahara central. (Le Houerou, 1990).

Son climat est caractérisé par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, une luminosité intense, un régime de vents qui se traduit par des courants chauds et secs, une forte évapotranspiration et de grands écarts thermiques (Le Houerou, 1990).

La plus part des sols dans ce territoire sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire, ils sont pauvres en matière organique et sensibles à la dégradation (Pouget, 1980).

Ce milieu est peuplé par une végétation clairsemée adaptée aux conditions difficiles qui y règnent. Cette adaptation se manifeste par des mécanismes d'ordre morphologiques anatomiques et physiologiques pour emmagasiner l'eau et diminuer la transpiration. (Semaoune, 2008).

Maire (1933) a recensé 480 espèces de la flore saharienne, le territoire apparaît 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).

Dans cet écosystème les psammophiles et les halophytes présentent des contributions importantes à la couverture végétale, des populations indicatrices de dégradation du milieu dans lequel elles évoluent (Hammouda, 2009).

Plusieurs études ont montré que les facteurs abiotiques notamment sol et climat, influent de façon considérable sur le comportement physiologique des plantes ou des groupements de végétation (Lamaze *et al.*, 1994).

Des études menées par (Asloum, 1990; Lamaze, 1994; Rathinisabapathi, 2000; Hussain, 2006; Cattivelli *et al.*, 2008). Ont montré que parmi les indicateurs du comportement physiologique d'adaptation des plantes aux conditions extrêmes du milieu dans lequel elles évoluent, certaines molécules constituent d'excellentes sources d'informations.

Les solutés accumulés sous stress abiotique sont très variés et appartiennent à diverses familles biochimiques comme les acides aminés, les polyamines, les acides organiques, les sucres, les amines quaternaires (glycine-bétaine) et les sels minéraux (Lamaze *et al.*, 1994).

Parmi ces molécules, la sécrétion de la proline qui est un acide aminé a permis de détecter un stress hydrique et salin chez des plantes cultivées ou spontanées. (Rathinisabapathi, 2000).

Dans ce contexte le travail présenté dans ce mémoire est orienté. Il a été mené chez une communauté végétale relevée dans le sud de la wilaya de Laghouat et chez laquelle nous avons dosé la proline afin de déterminer leur degré de résistance aux conditions abiotiques dans les quelles elles se trouvent.

Pour cela notre mémoire est structuré en quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique qui donne un aperçu général sur les mécanismes de défense chez les végétaux contre les facteurs abiotique. Le second chapitre présente le matériel et les méthodes utilisés pour atteindre notre objectif. Le troisième chapitre est réservé aux différents résultats obtenus. Dans un quatrième chapitre nous discuterons les résultats obtenus. En fin, nous finissons la présente étude par une conclusion générale et des perspectives.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Le stress abiotique chez les plantes et stratégies d'adaptation

I.1. Définition du stress

Ensemble des perturbations physiologiques et métaboliques ou pathologiques provoquées dans un organisme par des agents biotiques (parasite, pathogène) ou abiotique (salinité, sécheresse, température, pollution). on parle aussi de stress en parlant d'un changement brutal d'environnement. (Marouf, 2007 ; Reynaud, 2007).

On peut citer quelques types des stress abiotiques chez les végétaux :

- ❖ Le stress hydrique
- ❖ Le stress thermique
- ❖ Le stress salin

I.1.1. Le stress hydrique: définition et conséquences physiologiques

Le stress hydrique a été défini comme une baisse de la disponibilité de l'eau, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble de facteurs ayant pour conséquence le stress. D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation sub optimale des tissus (Lamaze *et al.*, 1994).

L'installation d'une sécheresse se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et, d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporatrice (Kiani, 2007).

Le manque d'eau peut se manifester aussi bien dans le sol que dans l'atmosphère (Scoric, 1990). Généralement, la sécheresse du sol est lente (Larcher, 1995), mais la diminution de l'humidité de l'air peut parfois être rapide (Yokota *et al.*, 2006).

D'un point de vue physique, le stress hydrique résulte d'un abaissement du potentiel hydrique dans l'air et/ou dans le sol en dessous d'une certaine valeur, dépendant du génotype, du phénotype et des caractéristiques du milieu (type de sol, température, vent, etc.) (Lamaze *et al.*, 1994).

L'évaporation de l'eau abaisse le potentiel hydrique et augmente la concentration du sol en sels. La plante perçoit la sécheresse du sol comme une augmentation de la concentration des sels

autour de la surface des racines et/ou une augmentation de la pression osmotique des cellules racinaires.

L'effet du stress dépend de son degré, sa durée, le stade de développement de la plante, le génotype et son interaction avec l'environnement (Yokota *et al.*, 2006).

➤ Effets précoces

Les feuilles ferment leurs stomates dès qu'elles sentent une augmentation de la pression de vapeur de l'air (Mott et Parthurst, 1991; Assmann *et al.*, 2000). La fermeture des stomates est une des réponses précoces au déficit hydrique, elle se fait en quelques minutes (Assmann *et al.*, 2000), elle a pour but la protection de la plante contre la déshydratation mais cause en même temps une diminution de l'assimilation du carbone ce qui perturbe la photosynthèse (Cechin *et al.*, 2006).

On observe aussi une diminution de la vitesse d'élongation cellulaire, la balance hormonale est fréquemment altérée, est l'activité de nombreuses enzymes est changée, ainsi que l'expression du génome (Lamaze *et al.*, 1994).

➤ Effets à moyen terme: L'ajustement osmotique

L'ajustement osmotique a été défini comme un abaissement du potentiel osmotique par l'accumulation de solutés dans les cellules en réponse à un stress salin ou hydrique.

Les solutés accumulés sont très variés et appartiennent à diverses familles biochimiques comme les acides aminés (proline, arginine, citruline, ornithine, etc.), les amides (glutamines et asparagine), les polyamines, les acides organiques (citrate, malate, lactate, etc.), les sucres (saccharose, pinitol, sorbitol, mannitol, glycérol, etc.), les amines quaternaires (glycine-bétaine) et les sels minéraux (K^+ , Na^+ , Cl^-) (Lamaze *et al.*, 1994).

➤ Effets à plus long terme

On observe des modifications morphologiques, anatomiques, physiologiques et développementales de la plante. (Lamaze *et al.*, 1994). Elles comprennent principalement une baisse du volume des nouvelles cellules, une réduction de la surface des feuilles et une augmentation de leur épaisseur, un vieillissement prématuré des feuilles matures, une élévation du rapport racine/feuille en termes de biomasse et, dans le cas d'un stress dépassant la capacité de résistance de la plante, la dessiccation et la mort de celle-ci.

I.1.1.1. Mécanismes de résistance à la sécheresse chez les plantes

La résistance à la sécheresse est un terme générique qui comprend plusieurs processus. On en distingue classiquement quatre: L'échappement, la restauration, la tolérance à la déshydratation et l'évitement.

Jones (1992) in (Kiani, 2007) a défini et établi une classification des 'stratégies' d'adaptation des plantes à la sécheresse : la première consiste à 'éviter' le stress hydrique et l'autre à le 'tolérer'.

Les mécanismes d'évitement réduisent l'impact d'un stress bien qu'il soit présent dans l'environnement.

La première façon d'éviter la sécheresse est l'esquive. L'esquive permet à la plante de réduire ou d'annuler les effets de la contrainte hydrique par une bonne adaptation de son cycle de culture à la longueur de la saison des pluies. Le développement rapide avec une floraison précoce permet à la plante d'éviter les périodes sèches. Cette stratégie appliquée aux espèces cultivées a amené à décaler la date de semis et/ou à sélectionner des variétés plus précoces permettant d'éviter les déficits hydriques de fin de cycle (Fig. 01).

La deuxième façon d'éviter la sécheresse est la capacité de la plante à maintenir un état hydrique satisfaisant. La stratégie de l'évitement est principalement liée, d'une part, à la réduction de la transpiration et, d'autre part, à une optimisation de l'absorption d'eau par les racines.

La tolérance exige que l'organisme soit en équilibre thermodynamique avec le stress, ce qui signifie que les conditions qui règnent dans la plante sont en équilibre avec les conditions de l'environnement externe. La tolérance à la sécheresse implique que l'organisme survive à une dessiccation qui n'endommage pas son protoplasme et qu'il conserve la capacité de reprendre une croissance normale lorsque le protoplasme sera réhydraté.

La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates, de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire. Cette aptitude confère à la plante une meilleure tolérance au déficit hydrique interne. Cette tolérance au déficit hydrique interne permet un fonctionnement

prolongé de la photosynthèse. Les produits carbonés peuvent alors être utilisés autant pour l'ajustement osmotique que la croissance racinaire.

La tolérance à la sécheresse est le résultat de mécanismes physiologiques, biochimiques et moléculaires complexes. L'expression de différents gènes et l'accumulation de divers osmolytes (l'ajustement osmotique) couplés à un système antioxydant efficace sont souvent les principaux mécanismes de tolérance au déficit hydrique. Plusieurs de ces mécanismes ont été caractérisés chez différents plantes (Kiani, 2007).

Les différents mécanismes adaptatifs combinés entre eux peuvent conférer aux plantes des comportements différents en situation de contraintes hydriques (fig .01).

L'adaptation se rapporte à des modifications de structure ou de fonction hérissables, qui augmentent l'adéquation de l'organisme dans un environnement stressant. Les modifications morphologiques et physiologiques associées au métabolisme acide des crassulacées sont des exemples d'adaptation (Hopkins, 2003).

L'acclimatation, par ailleurs se rapporte à des modifications physiologiques non hérissables, qui interviennent au cours de la vie d'un individu. Ces modifications se produisent lors d'une exposition graduée au stress, elles permettent à l'individu de vivre et de se reproduire dans un environnement stressant. La capacité de s'acclimater est bien sûr un caractère génétique, mais les modifications produites en réponse au stress ne sont pas transmises à la génération suivante. Le processus d'acclimatation à un stress est appelé résistance et les plantes qui se sont acclimatées sont dites résistantes (Hopkins, 2003).

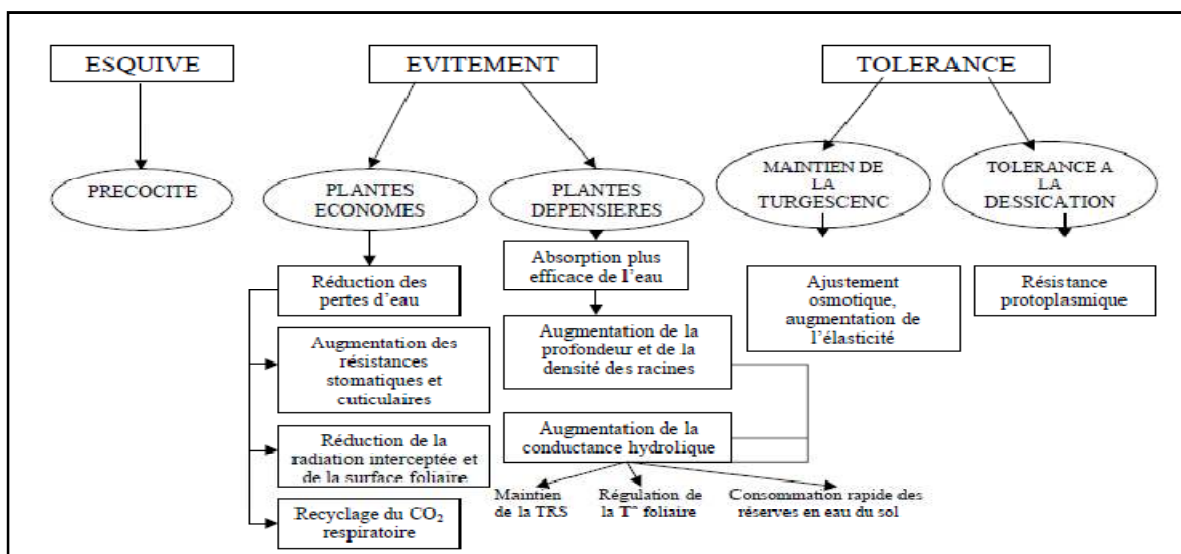


Figure 01. Mécanismes de résistance des plantes à la sécheresse (Nouri, 2002).

I.1.2. Le stress thermique: La résistance aux variations des températures

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable, certaines sont exterminées ou affaiblies par des baisses modérées de températures, alors que d'autres parfaitement acclimatées, sont capables de suivre au gel (des dizaines de °C en dessous de zéro), le stress provoqué par des températures élevées induit la synthèse d'un groupe de protéines particulières (Hopkins, 2003).

I.1.2.1. La réaction du phénomène végétale ver le stress

I.1.2.1.1. La transpiration

La température agit sur l'évaporation de l'eau des cellules. Son augmentation entraîne l'ouverture des stomatiques et donc une augmentation de la transpiration.

L'action de la température rappelle celle de la sécheresse de l'air : entre 25 à 30°C, une élévation des températures augmente la transpiration (Heller *et al.*, 1989). L'action de la température peut s'expliquer en partie de la même manière, elle agit essentiellement en modifiant l'humidité relative de l'air (Heller *et al.*, 2004).

I.1.2.1.2. La respiration

L'influence de la température sur la respiration est moins traitée par la littérature. La respiration fait intervenir des processus enzymatiques dans le cycle de Krebs et des transporteurs d'électrons qui sont influencés par la température.

La température maximale se situant entre 45 et 50°C (Berge et al, 2002).

Le phénomène de la respiration s'accompagne d'une production de chaleur d'autant plus importante qu'il est plus actif (Marche, 1972).

➤ Effet sur l'intensité respiratoire

- l'intensité respiratoire s'accroît quant la température augmente.

L'action de la température sur l'intensité respiratoire est à prendre en compte dans tous les problèmes de stockage des données agricoles, qu'il s'agisse de substance sèches comme les graines aqueuses comme les tubercules et les racines.

Toute élévation de températures entraîne ;

- Une consommation exagérée des glucides, d'où la perte de la matière.
- Une production plus intense de Co₂ susceptible de s'accumuler dans un local Clos (Diehl, 1975 in Meribai, 2004).

I.1.2.1.3. La photosynthèse

La réponse de la photosynthèse à haute température est affectée par la photo respiration, étant donné que la rubisco fixe préférentiellement l'O₂ quand la température est élevée.

La photo respiration diminue l'efficacité de la photosynthèse, c'est pour cela qu'on assiste à un plafonnement de celle-ci suivi d'une chute accélérée par la dénaturation des protéines (Berge *et al.*, 2002).

➤ Influences de la température sur la vitesse de la photosynthèse

L'influence de la température sur la photosynthèse occasionne des intensités lumineuses faibles et fortes, dans le premier cas, la vitesse de la photosynthèse ne change pratiquement pas avec l'augmentation de la température. La lumière étant alors un facteur limitant ; dans le second cas, la vitesse subit une augmentation considérable dans un certain domaine de température. Au-delà, la vitesse de la photosynthèse diminue rapidement, car les mécanismes de cette dernière sont endommagés par la chaleur.

La courbe présente un optimum caractéristique, dont les valeurs les plus hautes se situent entre 20 et 30°C pour les plantes supérieures avec un optimum de températures caractéristiques de 35 à 50°C. Cela est également valable pour les plantes supérieures qui sont adaptées à la vie dans des endroits extrêmement chauds (Richeter, 1993).

I.1.2.1.4. Liaison entre la réponse génétique et le stress thermique

Certains gènes exprimés en fin d'embryogenèse pourraient coder pour des protéines jouent un rôle par leur liaison avec l'eau, par leur pouvoir osmoprotecteur, comme canaux ioniques, en encore comme protéines régulatrices. Ces gènes, dont le rôle peut se situer au niveau des différentes voies métaboliques, de la régulation de l'expression du génome ou de la création et de la reconnaissance des signaux de stress (Monneveux, 1997).

I.1.2.1.5. Stabilité thermique des membranes cellulaires

Selon la conception traditionnelle, la température la plus élevée que la plupart des plantes peuvent supporter est déterminée par la dénaturation irréversible des enzymes. Bien que la fonction des enzymes joue certainement un rôle crucial, l'attention s'est plus récemment tournée vers les modifications des propriétés des membranes, qui seraient les causes principales des dommages provoqués par les températures élevées (Raison *et al.*, 1980 ; Quin, 1988).

I.1.3. Le stress salin

Le stress salin est défini comme une concentration excessive en sel. Le terme stress salin s'applique surtout à un excès des ions, en particulier Na^+ et Cl^- (Hopkins, 2003).

I.1.3.1. Effets de la salinité sur la physiologie de la plante

a. Effets de la salinité sur la germination

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (Maillard, 2001) Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in Bouchoukh, 2010). Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (Belkhouja et Bidai, 2004).

Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Bouda S et Haddioui ,2011).

b. Effets de la salinité sur la croissance et le développement de la plante

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (Bouaouina *et al.*, 2000). La salinité affecterait de plusieurs manières la croissance de la plante :

- La concentration élevée de NaCl diminue également l'absorption de Ca^{2+} qui est relativement tolérante au sel, l'augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg^{2+} , K^+ , N , P et Ca^{2+} dans la plante (Levitt, 1980). Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel

lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{2+} ou NO_3^- deviennent limitant (Soltani, 1988 in Haouala *et al.*, 2007).

▪ Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (Jabnoune, 2008).

c. Effets de la salinité sur la biochimie de la plante

La salinité réduit la vitesse de la photosynthèse suite à une diminution de la conduction stomatique de CO_2 (Santiago *et al.*, 2000). La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs comme la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO_2 , la toxicité du sel, la réduction de l'approvisionnement en CO_2 à cause de la fermeture des stomates, la sénescence accrue induite par la salinité et le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique (Iyengar et Reddy, 1996 in Parida et Das, 2005).

Chez diverses espèces plus ou moins résistantes, un taux élevé des sucres totaux résultant du blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une grande hydrolyse de l'amidon (Asloum, 1990).

d. Effets de la salinité sur la nutrition minérale des végétaux

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Levigneron *et al.*, 1995 in Haouala *et al.*, 2004).

L'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{2+} pour les mêmes sites de fixation cytoplasmique. L'interaction entre les ions Na^+ et Ca^{2+} (Jendoubi, 1997).

I.1.3.2. Comportement de la plante en milieu salin

Selon la tolérance au sel, on peut définir deux groupes des végétaux : les halophytes et les glycophytes.

- Les halophytes supportent les concentrations en sels et la croissance est stimulée par la concentration entre 200 et 500 mhos (Flowers *et al.*, 1997).

- Les glycophytes représentent la majorité des espèces végétales dont leur croissance est ralentie dès que la concentration des milieux externes dépasse 100 mhos et devient létale à partir de 300 mhos (Greenway et Munns, 1980).

Les halophytes et les glycophytes, peuvent développer plusieurs mécanismes pour assurer leur cycle de croissance et de développement. Certaines espèces utilisent le mécanisme d'exclusion des sels en excès (Alem *et al.*, 2005) ou les compartimentent dans la vacuole (Niu *et al.*, 2005 in Kaci *et al.*, 2012). On peut distinguer deux comportements des plantes vis-à-vis du sel : les inclure et les exclure.

- **Exclure** : Les plantes exclure sont généralement sensibles à la salinité et sont incapable de contrôler le niveau de Na^+ cytoplasmique. Cet ion est transporté dans le xylème, véhiculé vers les feuilles par le courant de transpiration puis en partie ré-circule par le phloème pour être ramené vers les racines ces espèces sensible contiennent donc Na^+ dans les feuilles et un excès dans les racines (Jabnour, 2008).

- **Inclure** : les plantes résistantes au NaCl, accumulant le Na^+ dans les feuilles ou est séquestré soit dans la vacuole de l'épiderme foliaire ou les limbes âgés (Jabnour, 2008). Le sel est stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires. Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est aussi isolé dans des constituants cellulaires vitaux (Berthmieu *et al.*, 2003), ou excrété par des glandes vers l'extérieur (Alem et Amri, 2005).

I.1.3.3. Mécanismes d'adaptation à la salinité

a. Caractéristiques morphologiques et anatomiques

On peut résumer ces caractéristiques par ces points :

- ✓ Une cuticule épaisse ;
- ✓ Des stomates rares (Heller *et al.*, 1998) ;
- ✓ Des cellules à grandes vacuoles pour favoriser le stockage de NaCl (Luttge *et al.*, 2002).

Une succulence des feuilles, qui deviennent épaisses ou cylindriques (Suaeda) ou de leurs tiges dans le cas de l'espèce aphyllé (Salicornia) (Lemee, 1978).

b. Caractéristiques physiologiques

Pour qu'elles puissent absorber l'eau et continuer leurs fonctionnements vitaux, les halophytes adoptent trois mécanismes essentiels :

✓ Répartition et accumulation des ions dans la plante

Une forte capacité d'absorption et une accumulation préférentielle de Cl^- et Na^+ dans les parties aériens surtout les feuilles chez les halophytes. Ainsi, plus de 90% de Na^+ sont accumulés au niveau de la partie aérienne (80% dans les feuilles) (Asloum, 1990), qui a pour but d'élever le potentiel osmotique qui peut dépasser 50 atm. Celui-ci contribue à maintenir le potentiel hydrique de la plante inférieur à celui de la solution du sol (Lemee, 1978).

✓ Compartimentation vacuolaire

La compartimentation est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de Na^+ sur des sites métaboliques dans le cytoplasme (Jebnoute, 2008). La plante utilise en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule; le sel est ainsi isolé dans des constituants cellulaires vitaux (Sentenac et Berthomieu, 2003 in Bouchoukh, 2010).

I.1.4. Similitude entre les stress abiotiques

L'ensemble des stress, qu'ils soient de nature thermique, hydrique ou saline, provoquent des modifications de l'état physique des membranes cellulaires. L'intégrité des canaux membranaires est rompue ce qui entraîne la dé-compartimentation et la fuite de solutés. L'assemblage des protéines des systèmes respiratoires, des photosystèmes et des systèmes métaboliques est déstructuré (Cattivelli *et al.*, 2008).

Sous l'effet de ce stress, la perte d'eau entraîne une augmentation de la concentration en soluté du cytoplasme provoquant ainsi un abaissement de son point de fusion de 1 à 2 °C (Burke *et al.*, 1976). La synthèse de nouvelles protéines constitue une réponse connue à ces stress. En effet l'induction de nouvelles protéines n'est pas limité au choc thermique (Heat shock proteins), d'autres stress, y compris ceux provoqués par des températures basses, le déficit

hydrique, la salinité et l'anoxie, induis artificiellement par du PEG, provoquent aussi la synthèse de nouvelles familles de protéines (Cattivelli *et al.*, 2008).

Les solutés qui contribuent à l'ajustement osmotique chez les halophytes sont les même solutés dont la proline, la bétaïne et le sorbitol qui s'accumulent en réponse au stress hydrique (Yeo et Flowers, 1983). Il est souvent difficile de séparer les effets de la salinité de ceux engendrés par un faible potentiel hydrique ou par des interactions complexes avec d'autres ions.

I.2. Les marqueurs biochimiques de la résistance aux contraintes abiotiques

Les facteurs de stress abiotiques environnementaux comme la sécheresse, la salinité et les températures extrêmes sont des facteurs limitant la croissance de la plante et la productivité des cultures, les organismes vivants dans ces habitats où ces facteurs sont prédominants développent des formes d'adaptation variés en accumulant des solutés organiques tels que sucres et alcools, acides amines principalement la proline. (Rathinisabapathi, 2000).

I.2.1. La proline

C'est un acide aminé dont les propriétés biochimiques sont assez voisines de celle des autres aminés, la proline (acide pyrrolidine 2 carboxylique ($C_5H_9O_2H$), dont la liaison C-N (Unay, 1988 in Chaib, 1997) fait de la proline un acide aminé rigide, son poids moléculaire est de **115.13** (g/mol).

La proline est un acide aminé non polaire caractérisé par un cycle pyrodique, il est à noter que la proline contient dans sa molécule une fonction amide, ce qui en fait un aminoacide. Sa fréquence moyenne dans les protéines est de **5.2%** (Wikipedia, 2015).

I.2.1.1. La proline et le stress

- L'accumulation des polyamides aliphatiques, dans les plantes supérieures résulte de nombreux stress biotiques et abiotiques, l'augmentation de leur concentration peut donc représenter un marqueur (Bagni, 1994).
- Le taux de proline s'accroît dans les feuilles lorsque la température s'élève (Knu et Chen, 1986 in Bounouar, 2001).
- La proline est un acide aminé particulièrement sensible au stress (Hopkins, 2003).

- La proline est un acide aminé dont la présence est souvent associée à des situations de stress (Richard *et al.*, 2006).

- La production et l'accumulation de la proline sont fréquemment associées à un stress tel que la sécheresse, salinité, température et lumière (Bellinger *et al.*, 1989).

I.2.1.2. Rôle de la proline

- La proline est un acide aminé indispensable chez les végétaux, elle est considérée comme un indicateur des stress.

- La proline semble jouer un rôle important dans la réponse des plantes à la sécheresse : son accumulation rapide lors du stress hydrique a été mise en évidence chez de nombreuses plantes, particulièrement chez l'orge (Lewin *et al.*, 1978) chez l'Eucalyptus (Chunyang, 2003), chez les blés tendres (Tan, 1982 ; Riazi, 1985 ; Monneveux et Nemmar, 1986 in Bezzela, 2005).

- Elle joue un rôle consistant dans l'osmoprotection et la régulation du pH cytoplasmique (Delaney and Verna, 1993 in Delaa, 2003).

- Elle fournit une réserve d'azote pouvant être utilisée en condition de stress comme moyen de réduction de l'acidité ou l'élimination de résidu (Schwakec *et al.*, 1999 in Delaa, 2003).

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

II .1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Situation et Géomorphologie

Notre région d'étude se trouve dans les parcours Nord-est de la commune de Hassi R'mel, à 72 kilomètres au sud du chef-lieu de la wilaya de Laghouat, sur la ligne de la route nationale RN1 (fig.02).

Sur le plan géomorphologique, cette région se présente principalement en surface plane caillouteuse communément appelée reg ou hamada, se sont des croûtes calcaires et sableuse recouvrant des argiles continentales tertiaires (Belhadj 1995 in Serdoun, 2009).

II.1.1.1. Localisation géographique du site étudié

Tableau 01 : Les coordonnées géographiques

Site	cordonnée	altitude
Site 01	33°15'28.04"N --- 3°14'8.49"E	771 m
Site 02	33°14'27.01"N --- 3°14'2.50"E	767 m



Figure 02. Localisation des sites dans la zone d'étude (Google Earthe, 2016).

II.1.2. Choix du site de l'étude

Nous avons veillé à respecter l'homogénéité dans le lieu lors du choix du site qui va nous permettre d'effectuer notre travail. En nous basons sur les définitions qui leurs ont été attribuées.

Un site est une surface ou les conditions écologiques sont considérées comme étant homogènes et/ou la végétation est uniforme (Le Floch, 2008).

En écologie, un « site » est un paysage végétal homogène ; "c'est un espace dans lequel les principaux facteurs écologiques, roche mère et sol, microclimat et exposition, végétation ligneuse et herbacée ; sont homogène" (Duchaufour, 1977).

II.2. Etude climatique

Afin de caractériser le climat de la zone nous nous sommes rapprochés de la station la plus proche de la commune de Hassi R'mel. Celle-ci est représentée par la station de L'ONM Hassi R'mel qui nous a fourni des données moyennes mensuelles couvrant une période de 12 ans, allant de Janvier 2004 à Décembre 2015. Ces données concernent les précipitations, les températures, les vents et l'humidité relative de l'air.

II.3. Pédologie de la zone d'étude

II.3.1. Echantillonnage sur le terrain

L'étude du sol du site a porté sur un ensemble de trois points échantillonnés aléatoirement. Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'une tarière. Un prélèvement s'effectue manuellement en 3 phases :

- En foncement de la vrille par rotation.
- Extraction de la vrille.
- Vidange de la vrille par rotation, la vidange se fait dans des sacs en plastiques.

Afin de discerner les différents horizons qui peuvent constituer le profil pédologique du point échantillonné, lors des prélèvements nos observations ont porté sur : la couleur de la terre prélevée, absence ou présence de racines dans la terre prélevée, absence ou

présence de cailloux et éventuellement leurs tailles respectives, la porosité. La terre prélevée a été aussi sujette à un toucher afin de détecter la texture des différences à l'effritement ou de consistance (Duchauffour, 2006).

Les échantillons prélevés sont mis dans des sacs hermétiquement fermés, étiquetés et ramenés aux laboratoires de l'université de Laghouat afin de subir différentes analyses.

II.3.2. Analyses physico-chimiques aux laboratoires

II.3.2.1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine (éléments < 2mm). Elle a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions de particules minérales constituantes des agrégats (Aubert, 1978).

La détermination de la distribution granulométrique du sol a été effectuée par tamisage mécanique des particules dont la grosseur est comprise entre 50 μm et 2000 μm . Cinq classes de particules minérales identifiées par leur taille (USDA, 2001):

- Argiles et limons : < 50 μm ,
- Sables fins : 50 à 250 μm ,
- Sables moyens : 250 à 500 μm ,
- Sables grossiers : 500 μm à 800 μm ,
- Sable très grossiers et cailloux 800 μm à 2000 μm ,

II.3.2.2. Détermination de la teneur en matières organiques (MO) par calcination

La méthode de la calcination est effectuée pour l'estimation de la teneur en matière organique pour l'ensemble des échantillons de sol, le principe consiste à incinérer l'échantillon du sol au four à moufle à 550 °C pendant 5 heures (Giva, 2011).

Cette méthode de dosage permet de déterminer la matière organiques totale dans le sol par soustraction du poids de l'échantillon incinère du poids du sol sec initialement mis au four à moufle.

La formule suivante permet de déterminer la proportion de matière organique contenue dans le sol :

$$\text{MO}\% = [(\text{Poids sol sec} - \text{poids sol calciné}) / \text{Poids sol sec}]$$

La relation entre la teneur en matières organiques et le taux de carbone organique (C_{org}) est obtenue par la formule suivante :

$$\text{MO}\% = C_{\text{org}} \times 1,72$$

Donc

$$C_{\text{org}} = \text{MO}\% / 1,72$$

II.3.2.3. La teneur en eau

Selon Jeanc et Guys (1981), la teneur en eau qui est, pour un certain volume de sol, le rapport du poids de l'eau au poids de la matière solide sèche. Elle, peut être exprimée de diverses manières ; par rapport à la masse de solide, à la masse totale, au volume de solide, au volume total et au volume des pores (Hilliél, 1984). Dans notre cas nous avons utilisé la même méthode pour l'estimation de la matière sèche apparier d'une l'étuve.

II.3.2.4. Le pH du sol

L'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) doit être déterminée, afin d'avoir une idée sur l'acidité ou l'alcalinité du sol. On la détermine souvent par la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre. La technique utilisée à cet effet (Aubert, 1978) est la suivante :

- On pèse 20g du sol et on le place dans un bécher de 100 ml, puis on ajoute 50 ml d'eau distillée (photo.01).

- On mesure à l'aide d'un pH-mètre le pH de la solution tout en agitant la suspension avec une barre magnétique.



Photo 01. Infiltration du sol (original)

II.3.2.5. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre. Cette conductivité (mS/cm) exprime la capacité d'un sol mis en solution à se faire traverser par un courant électrique. La mesure de ce paramètre a été faite selon la méthode décrite par (Aubert, 1978).

II.3.2.6. Détermination de la matière azotée

Le but est de mesurer la teneur en matière azotées de l'échantillon selon la méthode de Kjeldhal (Aubert, 1978).

II.3.2.7. Le rapport C/N

Une fois, le carbone et l'azote dosés. On peut calculer le rapport C/N qui traduit l'intensité de l'activité microbologique du sol.

Le niveau de décomposition de la matière organique des sols de la région est évalué par le rapport C/N qui exprime l'activité biologique dans le sol (Boyer, 1982).

II.3.2.8. Le dosage du phosphore et des éléments Na et K et Ca

Le phosphore (P). Le dosage du Na, K et Ca est réalisé sur filtrat, par une lecture directe au moyen d'un photomètre à flamme, et le phosphore avec un spectrophotomètre (Cerad, 2004).

II.3.2.9. Dosage du calcaire

A l'aide de la méthode de calcimètre de Bernard nous avons dosé le calcaire total dans la terre.

D'après Baize (1988), le taux du calcaire total est donné par biais de la formule suivante :

$$Ca CO_3 \text{ total } (\%) = \frac{V_E}{P_E} \times \frac{P_T}{V_T} \times 100$$

V_E (ml) : Volume de CO_2 produit par X g de $CaCO_3$ contenu dans un poids P_E de sol.

V_T (ml) : Volume de CO_2 produit par 0,1 g de $CaCO_3$ pur et sec.

P_E (g) : poids de la prise d'essai de terre en gramme.

P_T (g) : poids pour réaliser le témoin à blanc (0,1g de $CaCO_3$).

II.4. Etude floristique

II.4.1. Méthode d'échantillonnage

Afin d'atteindre notre objectif, nous avons fait recours à l'échantillonnage subjectif qui est défini par Floc'h (2008) comme étant : « l'échantillonnage le plus utilisé en phytosociologie, car le plus simple à mettre en œuvre. L'opérateur ne dispose généralement que d'un minimum d'information sur le terrain. Cet échantillonnage est donc souvent pratiqué en l'absence de données de terrain afin d'avoir une idée préliminaire ».

II.4.2. Relevé phytoécologique

Le relevé phytoécologique est réalisé dans notre cas, il est considéré généralement comme un échantillon, il est en réalité un ensemble de mesures, chacune correspondant à une variable (Aidoud, 1984). Notre objectif est d'étudier la végétation présente dans le

lieu, pour cela nous avons procédé dans notre étude à des relevés linéaires par la méthode de la ligne simple.

II.4.3. Mode opératoire sur le terrain

- Le Matériel utilisé est :

- Un ruban-mètre.
- Un sécateur.
- Des sacs en plastique.
- Des piquets.

- Emplacement des relevés

Le choix de l'emplacement du relevé est un élément essentiel dans l'observation d'un milieu du fait de la nécessité de sa représentativité (Prévost, 1999).

L'emplacement des relevés dans la zone d'étude, a été choisi en fonction de l'homogénéité, physionomique et géomorphologique dans les sites (Le Floc'h, 2008).

II.4.3.2. Relevé linéaire par la méthode de la ligne simple

La technique de la ligne consiste à placer entre deux piquets un ruban gradué d'un multiple de 30 cm tendu au-dessus de la végétation (Gounot, 1969 ; Lacoste et Salanon, 1999), les lectures s'effectuent à l'aide d'une règle en bois tous les 30 cm le long de la ligne ; un total de 100 lectures par ligne est réalisé. Des lignes de lectures sont réalisées sur chacun des deux sites. Les lignes sont orientées par rapport au nord de façon aléatoire les directions ne sont pas mesurées (fig.03).

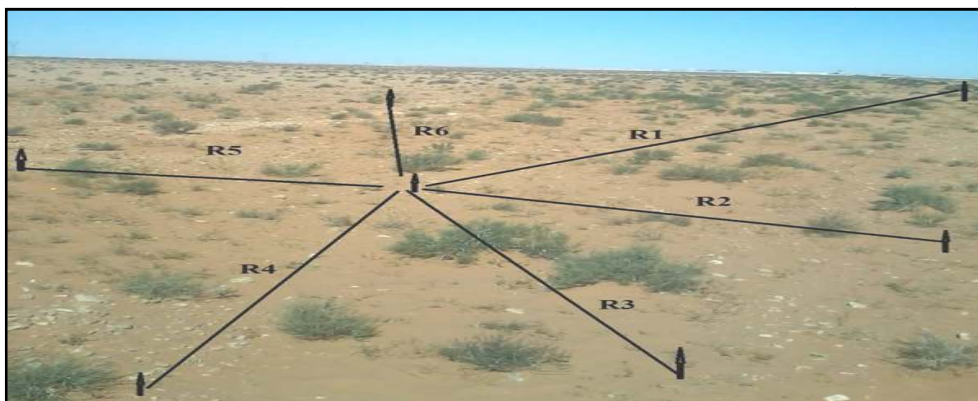


Figure 03. Prélèvement des échantillons du sol et des végétaux.

La technique de la ligne est une méthode fréquemment utilisée pour l'évaluation du couvert végétal des zones steppiques en Australie et en Afrique du Sud (Daget et Poissonnet, 1971).

II.4.4. Analyses des données floristiques

II.4.4.1. Identification des espèces

Un herbier a été préparé et l'identification des espèces a été effectuée selon des guides spécialisés tels que la flore : Quezel et Santa (1954) et Ozenda (1954-1994).

II.4.4.2. Analyse du patrimoine biologique

a. La richesse floristique

▪ Richesse totale

Richesse totale est le nombre total d'espèces que comporte peuplement considéré dans un écosystème donné. D'après Ramade (2003), la richesse totale d'une biocénose correspond à la totalité des espèces qui la composent. Elle représente en définitive un des paramètres fondamentaux caractéristique d'un peuplement et représente la mesure la plus féeriquement utilisé de sa biodiversité.

On utilise l'échelle de Daget et Poissonnet (1991) :

- Raréfiée : < de 5 espèces.
- Très pauvre : de 6 à 10 espèces.
- Pauvre : de 11 à 20 espèces.
- Moyenne : de 21 à 30 espèces.
- Assez riche : de 31 à 40 espèces.
- Riche : de 41 à 60 espèces.
- Très riches : de 61 à 75 espèces.

b. Recouvrement global des végétaux (RGV%)

Selon Gounot (1969), le recouvrement total de la végétation est définie théoriquement de la surface du sol qui serait recouverte par les végétaux .

La fréquence globale (souvent donnée comme étant le recouvrement de la végétation) exprime cette donnée en pourcentage du nombre totale de points lus (Le Floc'h, 2008).

Le recouvrement global dans notre étude est la proportion de chaque élément, végétale ou non végétale .

$$\text{RGV}\% = \frac{Nv \times 100}{N}$$

c. La fréquence spécifique (FSi)

Est le rapport en (%) du nombre (ni) de fois où l'espèce (i) est rencontrée par le nombre total (N) de point de lecture.

$$\text{FSi} = ni/N * 100$$

d. La contribution spécifique (CSi)

C'est le rapport en pourcentage entre la fréquence spécifique d'une espèce et la somme des fréquences de toutes les espèces recensées.

$$\text{CSi} = (\text{FSi} / \sum \text{FSi}) * 100$$

e. Indice de diversité spécifique de Shannon-Weaver (H') et Equitabilité (E)

L'indice de Shannon-Wiener se définit par le rapport entre l'indice de Shannon et l'indice de Shannon théorique qui correspondrait à une diversité maximale, c'est-à-dire à un peuplement où toutes les espèces présenteraient le même effectif (Lamotte, 1995).

Le concept de la diversité spécifique permet de rendre compte de l'abondance relative des espèces en plus de leur nombre (Barbault, 1981). L'indice de diversité de Shannon Weaver est considéré comme le meilleur moyen pour traduire la diversité d'un peuplement (Blondel, 1979). Selon Ramade (1984), Le calcul de l'indice de diversité de l'indice de Shannon-Weaver s'effectue à partir de la formule suivante :

$$H' = - \sum Pi \log_2 Pi$$

(Les logarithmes utilisés étant de base 2, H' s'exprime en bit : binary digit).

Où : $Pi = ni / N$.

Pi : Abondance relative de l'espèce de rang i.

N : Abondance du peuplement, ni Abondance de l'espèce i.

S : Richesse spécifique.

L'indice de Shannon est pratiquement indépendant de la taille de l'échantillon et tient compte de l'abondance relative de chaque espèce (Dajoz, 1982).

L'interprétation est complétée par le calcul de l'équitabilité (E) qui, pour l'indice de Shannon et Weaver répond à la formule suivante :

$$EQ = \frac{H'}{\log_2(S)}$$

S : Le nombre total d'espèces du relevé linéaire.

L'équitabilité est élevée quand toutes les espèces sont bien représentées. Son évaluation est utile pour détecter les changements dans la structure d'une communauté et a, quelquefois, prouvé son efficacité pour déceler les changements d'origine anthropique (Le Floc'h, 2008).

f. Spectre biologique de la végétation relevée

Pour les différentes de végétation, des critères de regroupement des espèces peuvent être fondés sur la survie durant la période défavorable. Établie sous des conditions tempérées froides, la classification des types biologiques de Raunkiaer (1934) est basée sur la localisation des bourgeons de rénovation par rapport à la surface du sol.

D'après Ramade (1970), on peut définir les types biologiques comme suite :

Les Hémicryptophytes (H) : pour lesquels les bourgeons sont situés à la surface du sol.

Les Phanérophytes (PH) : sont des bourgeons tous situés sur les branches à une hauteur supérieure à 25 cm.

Les géophytes (G) : les bourgeons sont souterrains, soit des rhizomes, soit sur tubercules caulinaires.

Les Thérophytes (TH) : Plante herbacées annuelle ayant un cycle de reproduction de la graine à la graine très bref, de quelques mois, voir en certains cas de quelques semaines.

Les Chmérophytes (CH) : Forme végétale caractérisée des bourgeons situés à moins de 25 cm au-dessus du sol.

g. Caractérisation biogéographique de la végétation relevée

Une étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité (Quèzel, 1991). Elle constitue également, un véritable modèle pour interpréter les phénomènes de régression (Olivier *et al.*, 1995).

Quèzel (1983), a expliqué l'importance de la diversité biogéographique de l'Afrique méditerranéenne par les modifications climatiques durement subies dans cette région depuis le Miocène ce qui a entraîné des migrations d'une flore tropicale.

h. Analyses de la matière fraîche de la végétation relevée

Détermination de l'eau

La teneur en eau est mesurée, pour chaque échantillon récolté immédiatement après la récolte.

Un échantillon de la plante est pesé et mis dans une étuve à 105 °c pendant 24 heures. Après dessiccation ; l'échantillon est pesé de nouveau et remis à l'étuve jusqu' à avoir un poids constant.

La teneur en eau est donnée par la formule :

$$w(\%) = \frac{y-x}{x} \times 100$$

Y : Poids humide de l'échantillon.

X : Poids de l'échantillon après dessiccation.

II.5. Dosage de la proline

La proline ou acide pyrrolidine2-carboxylique est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tricetohydrindène (photo. 02). Cette réaction se base sur le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires (El Jaafari, 1993). La méthode suivie est celle de Trolls et Lindsley (1955), simplifiée et mise au point par Rasio *et al* (1987).



Photo 02. Dosage de la proline (original).

II.6. Analyse statistique

Nos données ont subi une analyse de la classification hiérarchique ascendante afin de pouvoir observer la distribution des espèces dans la zone d'étude. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel MINITAB 17 qui nous a permis de tracer le dendrogramme de la distribution des espèces identifiées.

En tant que technique de classification, elle cherche à regrouper par similitude les individus d'un ensemble de données. La CAH bien utilisée permet la détection de la délimitation efficace de classe « homogène » (Briane *et al.*, 1974 in Bouchneb, 1999).

CHAPITRE III : RESULTATS

Dans ce chapitre nous présenterons les résultats des différentes analyses réalisés dans ce travail sur la zone d'étude.

III.1. Climatologie de la zone d'étude

La région de Hassi R'mel se caractérise par un climat saharien, qui se distingue par une grande amplitude thermique entre le jour et la nuit, d'été et d'hiver. La moyenne pluviométrique est de **116 mm /an** et cela pour une période de 12 ans (O.N.M, 2016) (Annexe I- Tab.01).

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants. Il dépend des nombreux facteurs : vent, lumière, pression atmosphérique, relief et nature du sol, voisinage ou éloignement de la mer (Faurie *et al.*, 2003).

Pour caractériser le climat de la région étudiée, nous avons utilisé une période climatique de (2004-2015) (Annexe I- Tab. 01).

III.1.6. Synthèse climatique de la région

a. Climogramme d'Emberger

Le calcul de l'indice selon la formule de Stewart pour la période 2004-2015 nous a permis d'obtenir une valeur de 9.36 ; avec une température minimale (m) de 0.76°C, nous pouvons donc classer la région de Hassi R'mel dans l'étage bioclimatique saharien, variante à hiver frais (Fig.04).

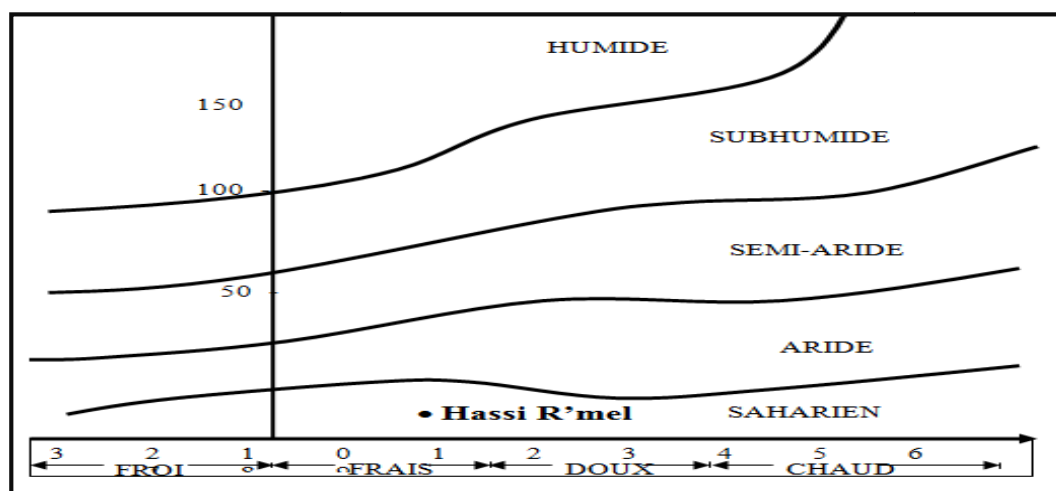


Figure 04. Climogramme pluviométrique d'Emberger pour la région de Hassi R'mel (2004-2015) Source :(ONM et nos calculs).

b. Indice d'aridité

D'après de Martonne, Suivant les valeurs de (I) obtenues nous pouvons établir la classification suivante :

- Le climat très sec ($I < 10$).
- Le climat sec ($I < 20$).
- un climat humide ($20 < I < 30$).
- Le climat très humide ($I < 30$).

Le climat très sec ($I < 10$).Après avoir calculé l'Indice d'aridité pour la région de Hassi R'mel, nous avons obtenu la valeur suivante : $I = p(T+10)$, ($I = 116.13 / (19.77+10) = 3.90$), qui nous permet de classer cette région comme région à climat très sec.

c. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année (Benseghir, 2006). Il représente les caractéristiques d'un climat local par la superposition des figures exprimant d'une part les précipitations et d'autre part les températures (Dalage et Metallé, 2000).

Pour Gaussen, un mois est «sec» si le quotient des précipitations mensuelles P exprimées en mm, par la température moyenne T exprimée en °C, est inférieur à 2 ($P \leq 2T$). La présentation sur un même graphique des températures et des précipitations moyennes mensuelles avec en abscisse les mois permet d'obtenir le diagramme Ombrothermique (fig.05) qui met immédiatement en évidence les périodes sèches et les périodes pluvieuses (Guyot, 1999).

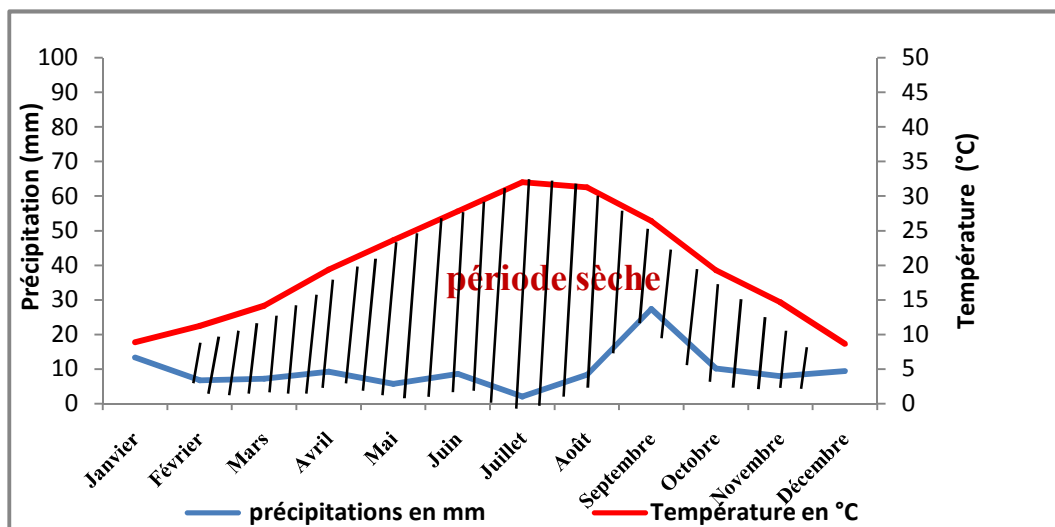


Figure 05. Diagramme Ombrothermique de Gaussen pour la région Hassi R'mel (2004-2015) Source :(ONM et nos calculs).

III.1.1. La pluviométrie

- **Variation de précipitation annuelle :** La pluviométrie entre la période de 2004 jusqu'à 2015 donne une moyenne annuelle de 116 mm de pluie. La lecture du (Annexe I- Tab. 01) montre que le mois le plus pluvieux est Septembre avec une valeur de 27.34 mm et le mois le plus sec est Juillet avec 2.05mm.

- **Variation de précipitation interannuelle :** La figure (06), fait ressortir une différence de précipitation entre les années soit une moyenne de 116 mm/an, nous remarquons que les périodes pluvieuses s'étalent en moyenne sur Cinq ans 2004, 2006, 2009 et 2011 par des valeurs supérieures à 150 mm/an, et durant les années 2005, 2010, 2012 et 2014, la précipitation présente une régression de jusqu'à 60 mm/an. cependant l'année 2015 est la plus sèche avec moins de 43 mm/an.

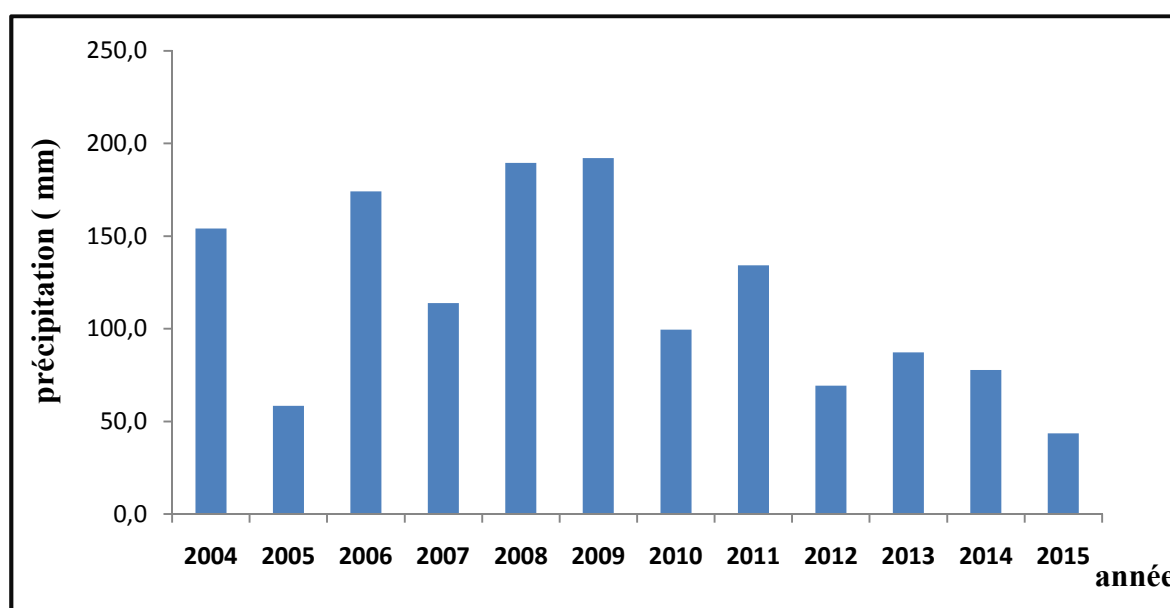


Figure 06. Variation interannuelle des précipitations de la région de Hassi R'mel (2004-2015) Source :(ONM et nos calculs).

III.2. Pédologie de la zone d'étude

Le profil du sol de la zone d'étude est composé de deux horizons : un horizon superficiel (H_1) à charge caillouteuse d'environ 3 cm d'épaisseur et un horizon sous jacent (H_2) fortement caillouteux à pénétration difficile ; d'environ 5 cm d'épaisseur (fig.07).

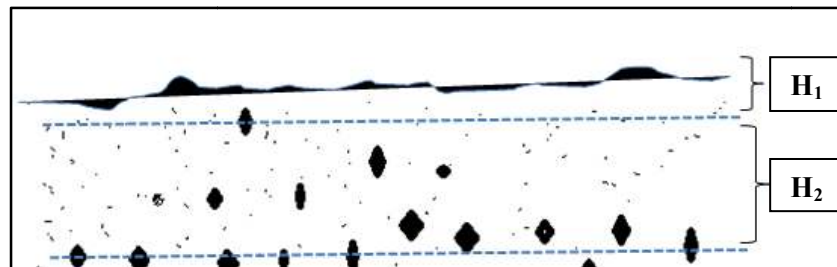


Figure 07. Profil des horizons du sol.

III.2.1. Analyses physico-chimiques du sol aux laboratoires

III.2.1.1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique réalisée pour les échantillons prélevés nous a permis d'obtenir les résultats représentés dans les figures 08 et 09.

Elles indiquent la dominance de sable pour les deux horizons, avec une faible proportion de limon et argile.

❖ Résultats d'analyse granulométrique d'horizon superficiel

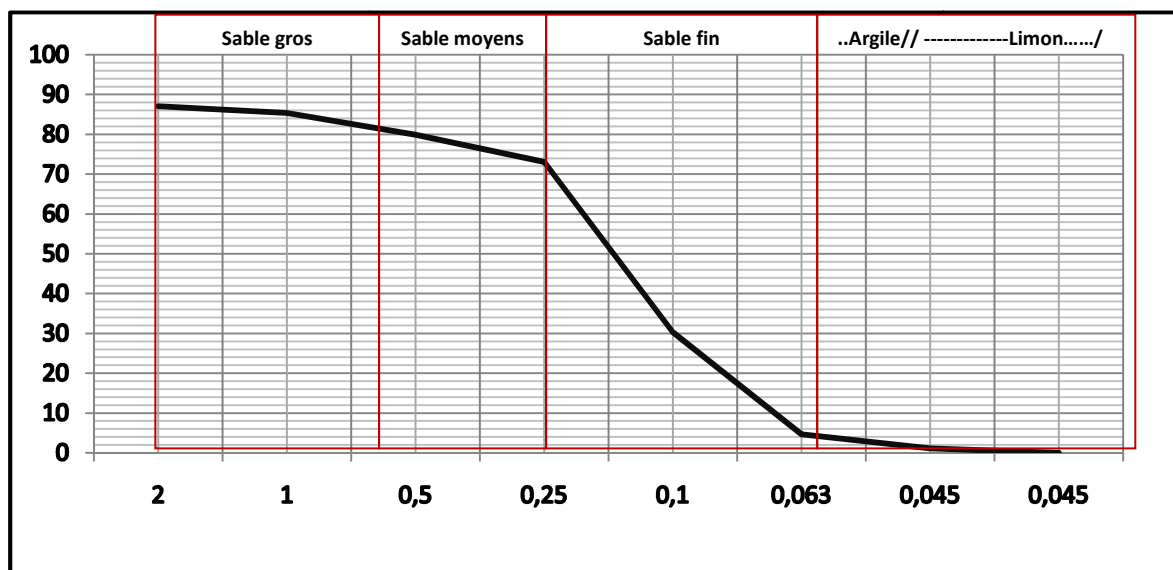


Figure 08. Courbe granulométrique d'horizon superficiel.

❖ Résultats d'analyse granulométrique d'horizon sous jacent

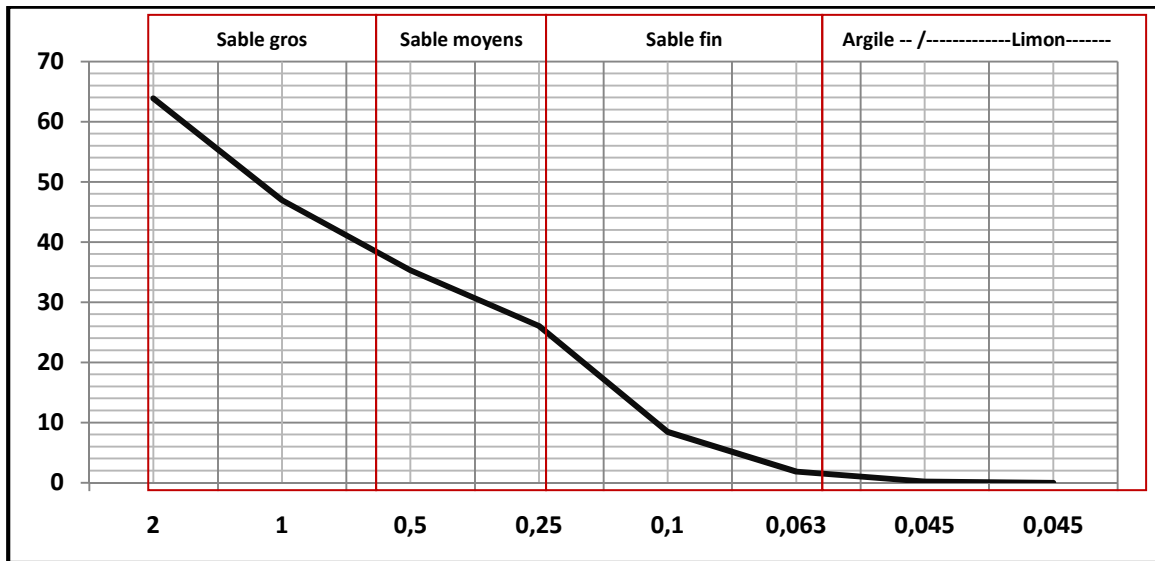


Figure 09. Courbe granulométrique d'horizon sous jacent.

III.2.1.2. Détermination de la teneur en matières organiques (M.O)

Les résultats de la teneur en matière organique sont résumés dans la figure 10 :

- la teneur la plus élevée a été observée dans l'horizon superficiel.
- la teneur minimale est enregistrée dans l'horizon sous jacent.

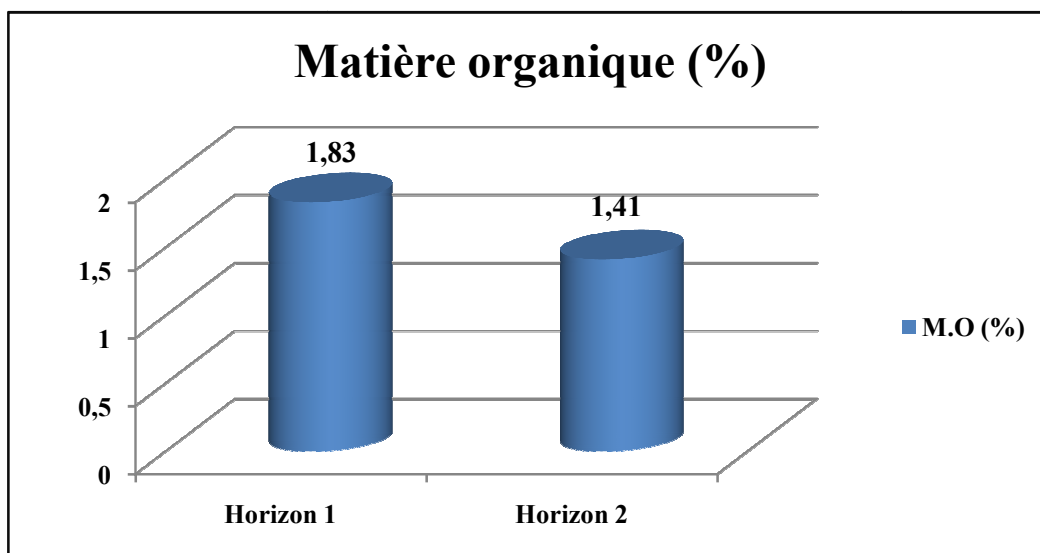


Figure 10. Pourcentage de la Matière organique du sol.

III.2.1.3. Le pH du sol

Le pH du sol étudié (fig.11) varie de 8.86 à 9.24, la petite valeur est enregistrée pour l'horizon superficiel et la plus élevée pour l'horizon sous jacent, mais reste toujours situé dans un contexte alcalin.

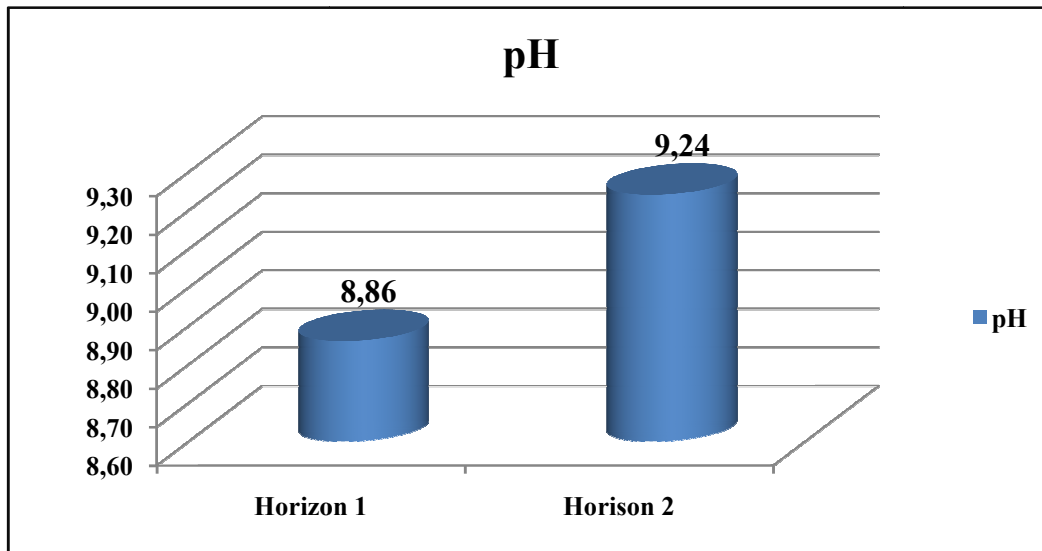


Figure 11. Valeurs du pH du sol.

III.2.1.4. La conductivité électrique (CE)

La C.E du sol étudié (fig.12) est de 1.15 et 1.64 (mmhos /cm), la valeur minimale est enregistrée pour l'horizon superficiel et la valeur maximale pour l'horizon sous jacent.

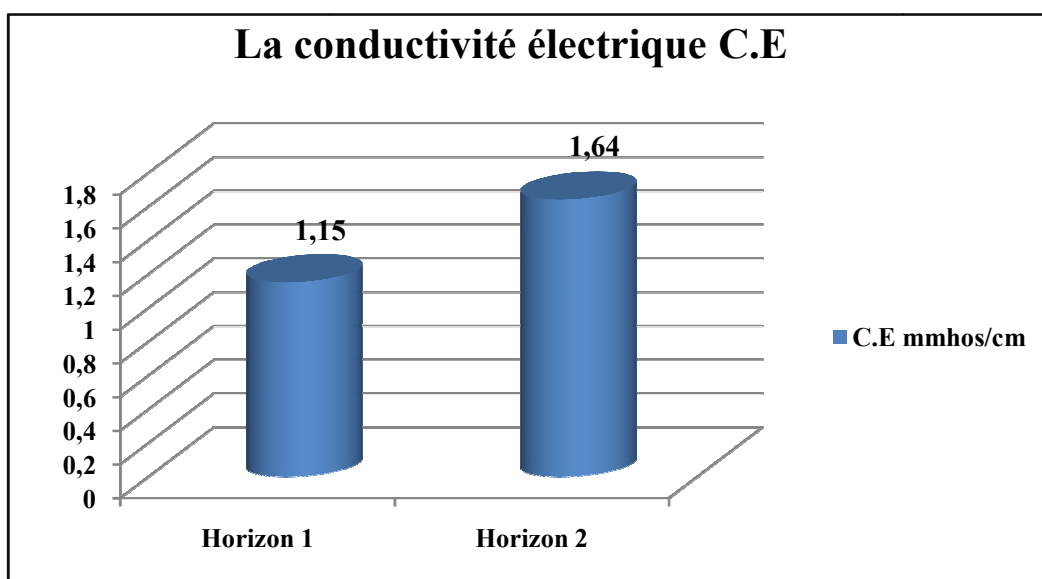


Figure 12. Valeurs de la Conductivité électrique du sol.

III.2.1.5. Détermination de la matière azotée

La figure 13, représente le pourcentage de l'azote total des deux horizons du sol. D'après les résultats de l'analyse, on remarque que le pourcentage de l'azote total pour les échantillons de l' horizon superficielle et sous jacent est de l'ordre de : (0.035 %, 0.017%).

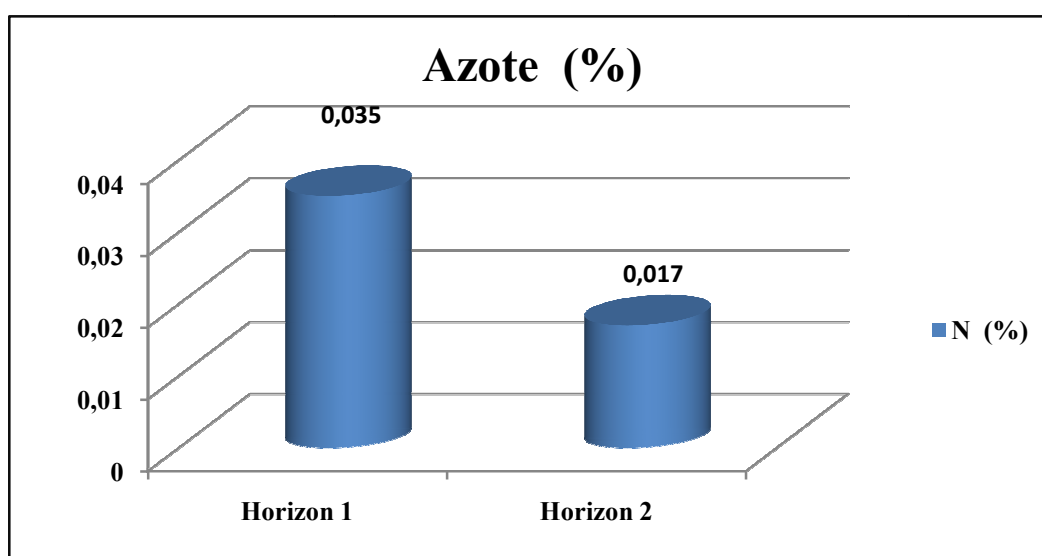


Figure 13. Pourcentage de l'azote total du sol.

III.2.1.6. Le rapport C/N

Le rapport C/N montre une valeur plus élevée (48.46) au niveau de l'horizon superficiel, et une valeur plus bas (30.43) au niveau de l'horizon sous jacent. La figure 14 représente les valeurs du rapport C/N.

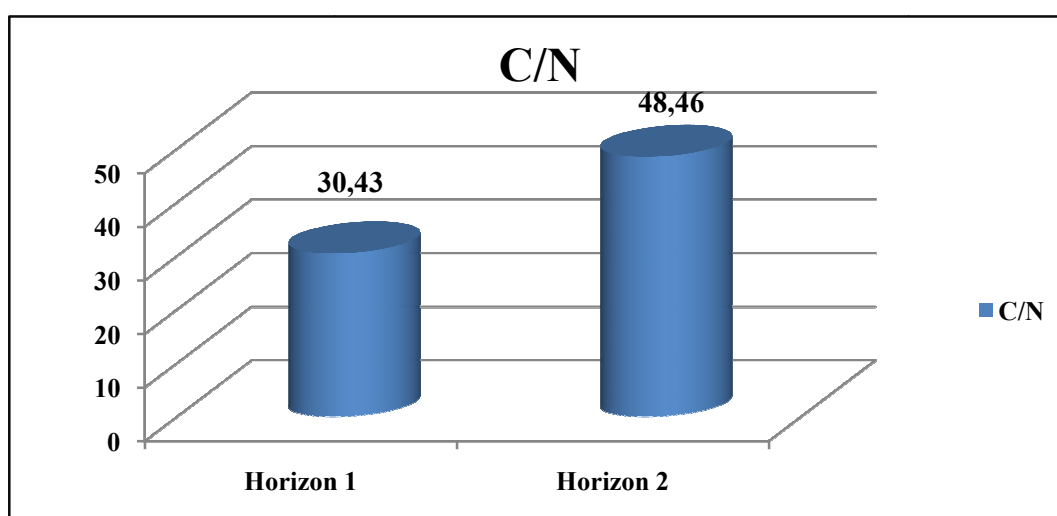


Figure 14. Le rapport C/N dans le profil du sol.

III.2.1.7. Le phosphore et des éléments Ca et K et Na dans le profil du sol

Le phosphore total

La figure 15 représente les résultats des taux de phosphore :

- la teneur la plus élevée a été observée dans l'horizon superficiel.
- la teneur minimale est enregistrée pour l'horizon sous jacent.

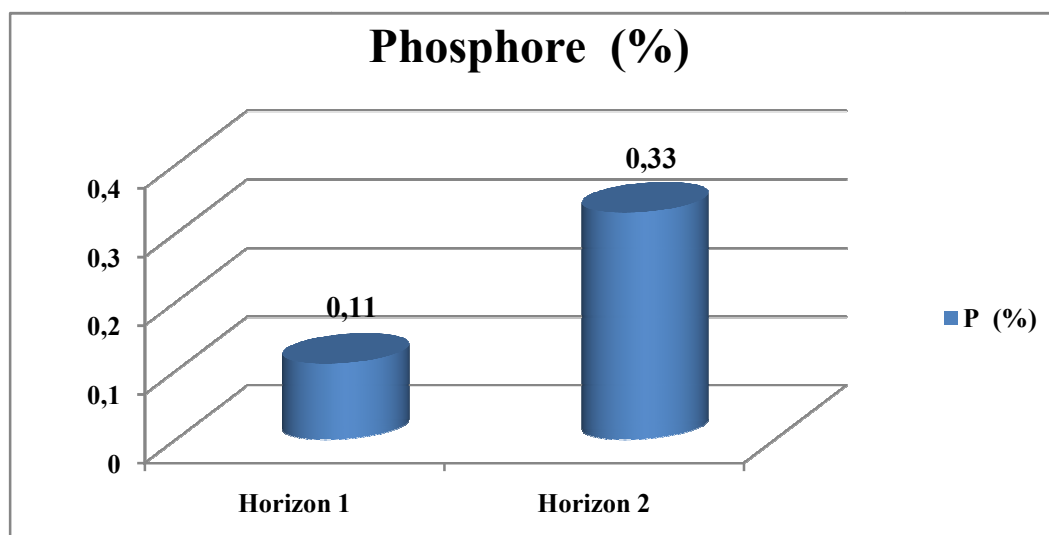


Figure 15. Pourcentage de Phosphore des deux échantillons du sol.

Les résultats de la teneur en élément chimique du sol (Ca, K, Na) sont résumés dans les figures 16, 17 et 18 :

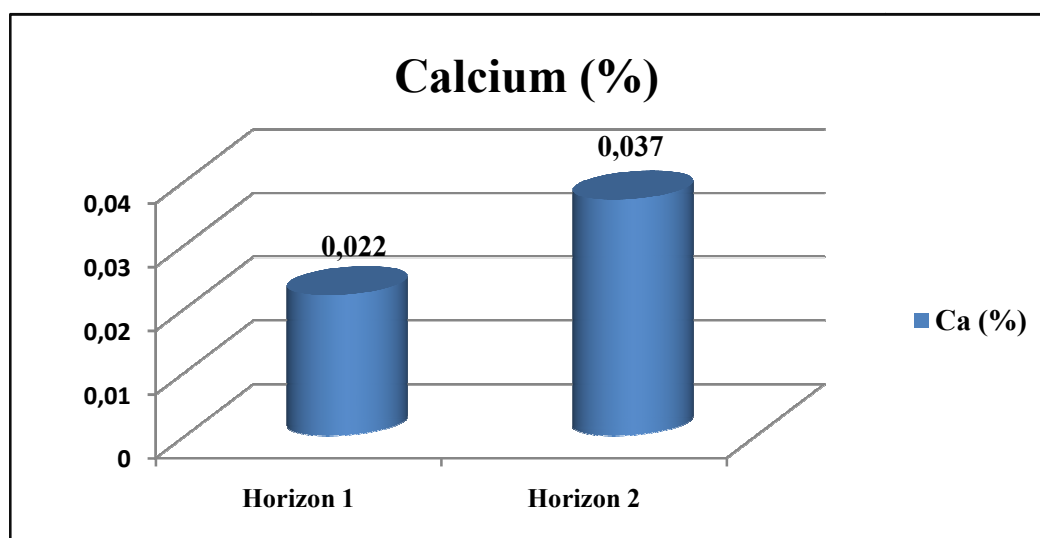


Figure 16. Pourcentage de Calcium du sol.

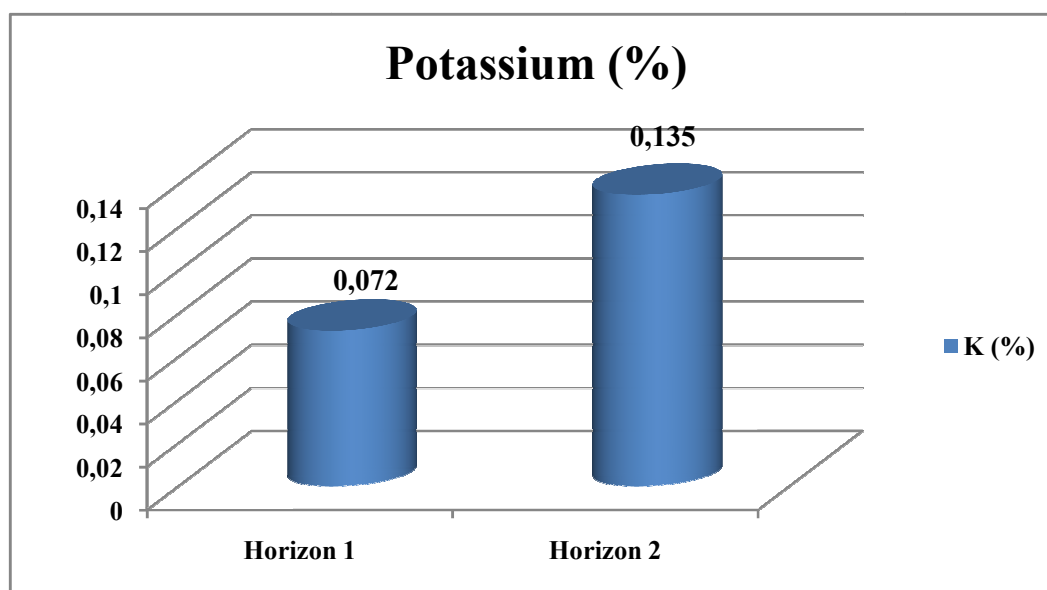


Figure 17. Pourcentage de Potassium du sol.

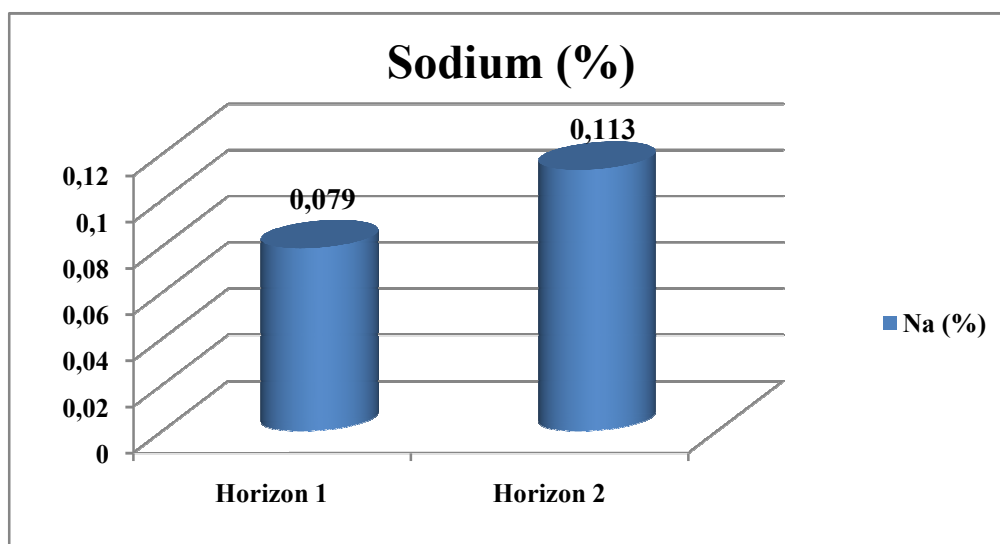


Figure 18. Pourcentage de Sodium du sol.

III.2.1.8. Dosage du calcaire

Le pourcentage maximale du Calcaire de 6.73 %, est obtenu dans l'horizon sous jacent, et le pourcentage le plus faible est de 3.16 % obtenu dans l'horizon superficiel.

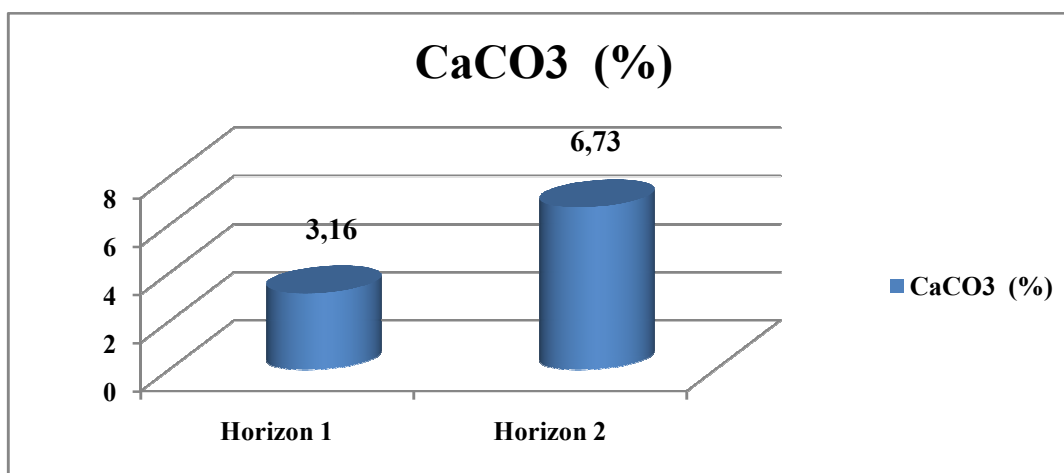


Figure 19. Pourcentage du Calcaire du sol..

III.3. Analyse floristique

III.3.1. Analyse du patrimoine biologique

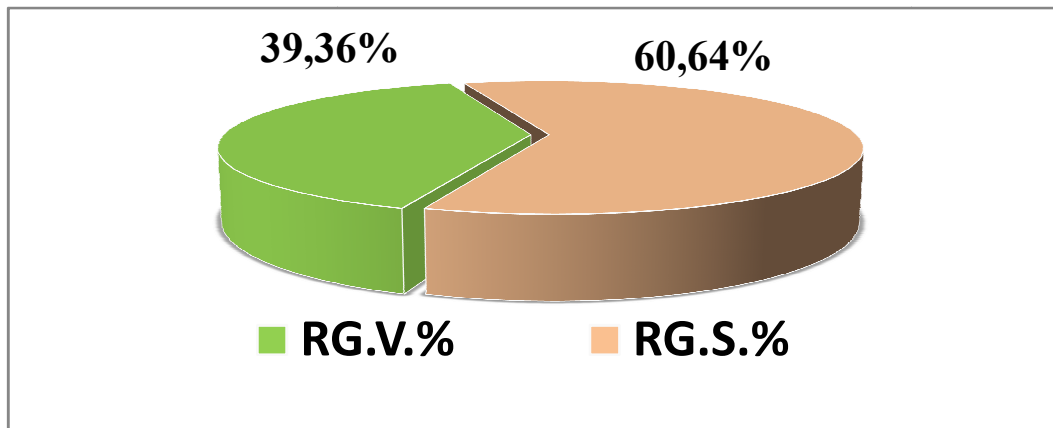
a. La richesse floristique

Les relevés floristiques nous ont permis de dénombrer **32** espèces appartenant à **18** familles avec **10** espèces vivaces et **22** éphémères. (Annexe II-Tab. 02).

Il faut noter que sur les **18** familles recensées, **14** ne sont représentées que par une seule espèce. Cependant, **5** familles, respectivement les Astéraceae (**25 %**), les Poaceae (**12.5 %**), les Fabaceae (**6.25 %**), les Brassicaceae (**6.25 %**), et les Rosaceae (**6.25 %**), représentent plus de la moitié de la totalité des espèces inventoriées dans les deux sites.

b. Recouvrement global de la végétation

La figure 20 représente le recouvrement global de la végétation dans les deux sites avec la valeur de 39.36 %. Les plus importants des points sont occupées par les différentes composantes de sol avec la valeur de 60.64 %.



La figure 20. Recouvrement par la végétation et de la surface du sol.

▪ Etat de surface du sol

La figure 21 représenté la répartition des éléments de surface de sol dans les deux sites. Le sable apparut en premier lieu avec plus de **40.09%**, suivi par les cailloux avec **14%**, les débris **4.45%**, les roches **1.91%** et Le phénomène de battance est présent avec une proportion de **0.18%**.

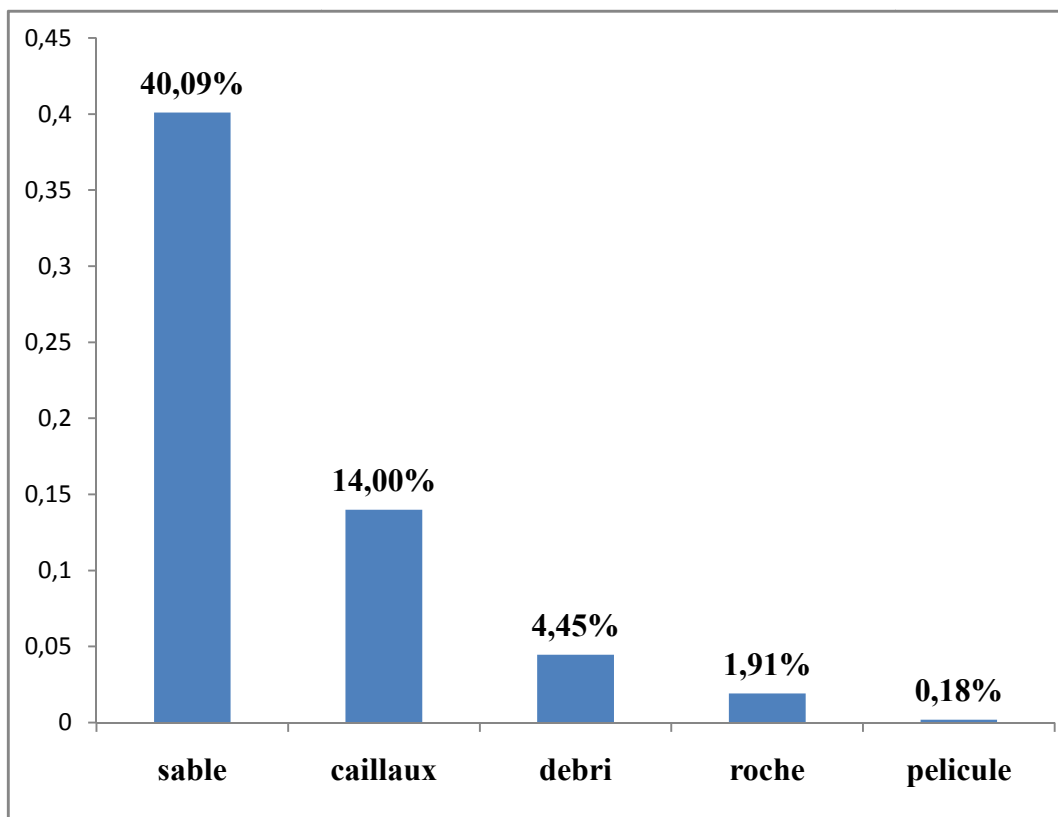


Figure 21. Taux des éléments de la surface du sol.

c. Fréquence spécifique et Contribution spécifique

L'étude du tableau (Annexe III- Tab.03), montre certaines espèces présentent une fréquence spécifique plus élevée que d'autre, cependant l'espèce *Oudneya africana* (**21.73%**) et *Artrophytum Scoparium* (**8.82 %**), ces espèces ont des proportions plus élevées dans les deux sites.

- Dominance

La dominance calculée à partir de la fréquence de chaque espèce, fait apparaître deux classes distinctes (Annexe III- tab.03). La première varie entre **12.75** et **5.17**, elle comprend successivement ; *Oudneya africana*, et *Arthrophytum scoparium*,. La deuxième comprend les autres espèces d'une dominance entre le **1.5** et **0.1**.

d. Diversité spécifique de Shannon (H') et Equitabilité (E)

Il existe dans notre zone d'étude une diversité floristique moyenne ; pour ces raisons et d'après les résultats que nous avons obtenus on observe donc une diversité moyenne de **2.05** bits suivant l'indice de Shannon (tab. 02).

Tableau 02 : Diversité de Shannon des deux sites et Equitabilité.

Indice du shannon (H')	Equitabilité (E)
2.05	54%

L'équitabilité (*E*) présente une valeur moyenne, pour les deux sites avec 54 %, ceci montre que les espèces sont pas bien représentées (au sens Le Floc'h, 2008).

e. Spectre biologiques

Parmi les types biologiques représentés dans la flore rencontrée dans les deux sites (Fig.22), la majorité sont des Thérophytes (**56.25%**), suivis par les Hémicryptophytes (**18.75%**) et les Chaméphytes (**18.75%**) puis les Phanérophytes (**3.13%**) et les géophytes en dernière position (**3.13%**).

Les spectres biologiques réels reflètent l'état concret de la répartition de la flore sur terrain. Ils prendront en considération le nombre d'individus de chaque type biologique, avec certaine différence par rapport au spectre biologique brut par l'absence des géophytes. Cependant, le spectre brut donne une idée globale sur l'état de la flore sans considérer le nombre d'individus.

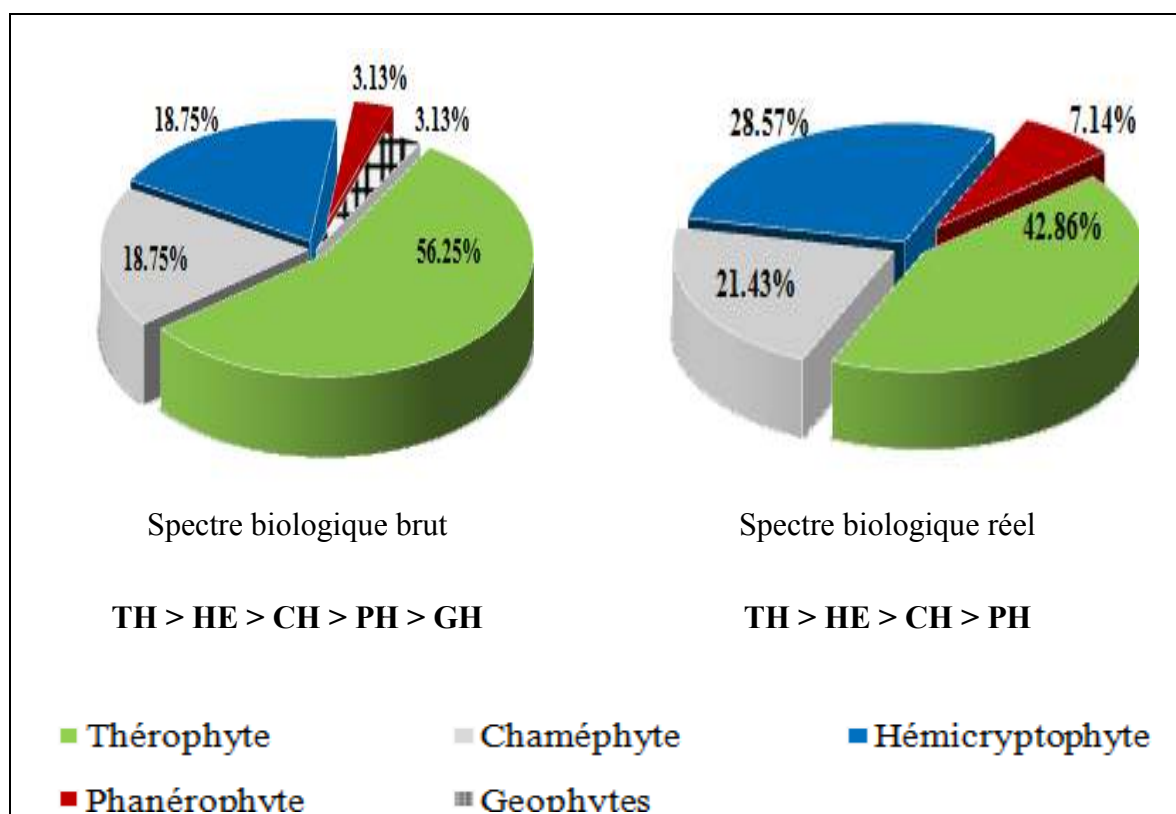


Figure 22. Spectre biologique de la zone d'étude.

III.3.2. Analyses de la matière fraîche de la végétation relevée

Teneur en eau

L'estimation de la teneur en eau des espèces rencontrées dans le relevé lainière (14 espèces), montre des variations importantes d'une espèce à l'autre. Les résultats obtenus sont reportés dans la figure 23.

D'après cette figure 23, nous remarquons que le taux d'eau est le composant le plus important de la matière fraîche (MF) avec une moyenne de **65.94%**. Mais deux espèces *Arthropytum scoparium* et *Hordeum murinum* représentent une proportion de matière sèche plus grande que de l'eau.

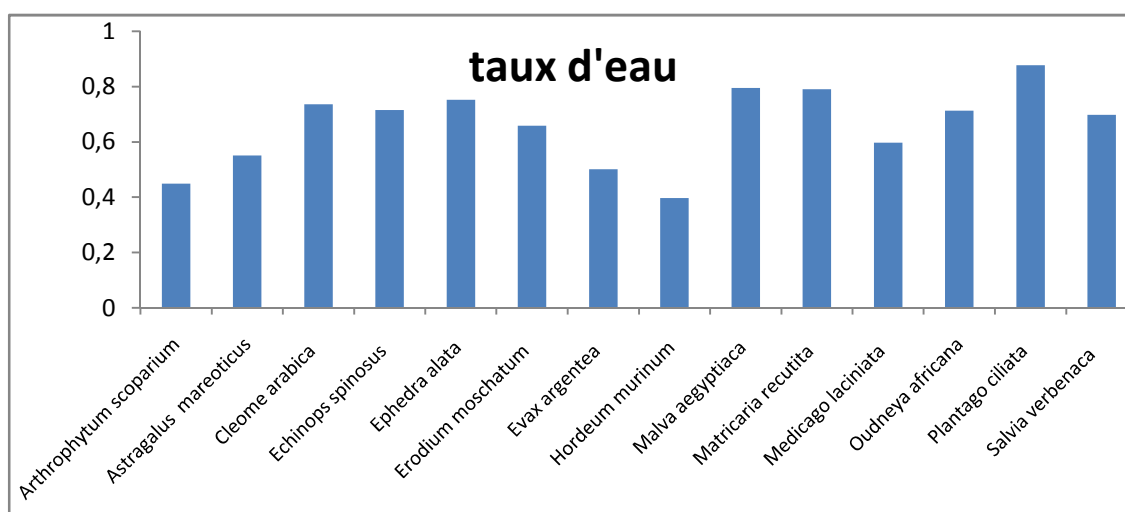


Figure 23. Taux d'eau des espèces relevées.

III. 3.3. La proline dans la matière fraîche végétale

Nous avons réalisé un dosage de la proline sur les 14 espèces de la relève, les résultats obtenus ont été enregistrés sur le graphique suivant (Fig. 24). Les trois espèces ; *Hordeum murinum*, *Oudneya africana* et *Cleome arabica* représentent un taux plus important de proline de l'ordre de 1.64, 1.19 et 1.15 (mmol/kgMF). Cependant ; *Plantago ciliata*, *Echinops spinosus*, *Salvia verbenaca*, *Ephedra alata* et *Astragalus mareoticus* montre des faibles valeurs avec respectivement : 0.3, 0.01, 0.39, 0.29 et 0.18. Les résultats obtenus sont exprimés en mmol/kgMF.

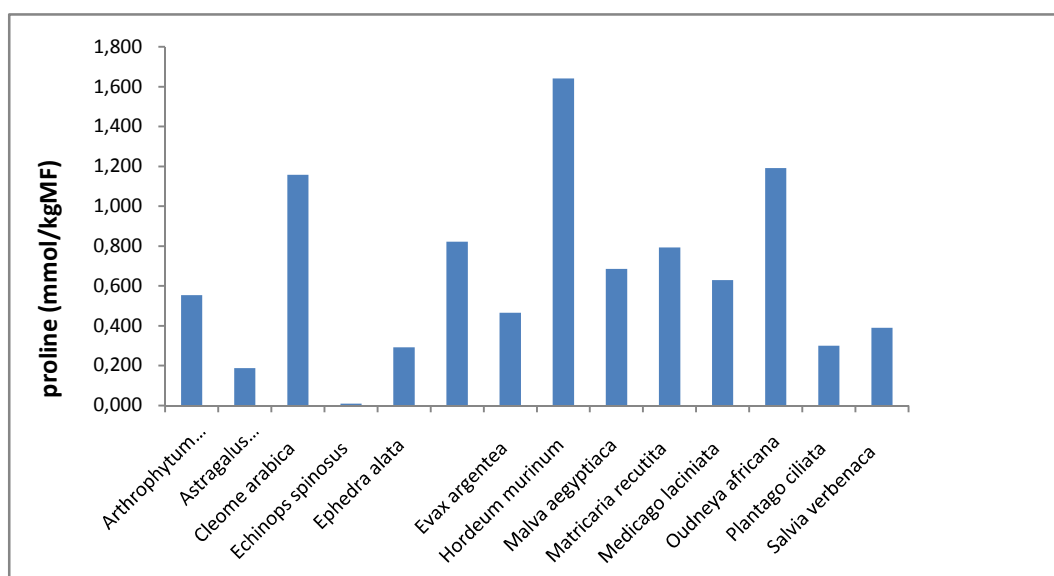


Figure 24. La teneur de la proline (mmol/kg MF).

III.4. Analyse statistique

▪ Classification hiérarchique (CH) (Eau, Proline).

A fin de mettre en évidence la similarité du métabolisme de la proline et de la teneur chez les espèces relevées, nous avons effectué une classification hiérarchique (CH) dans notre cas elle est présentée descendante suivant leur similarité (fig. 25).

Cette classification a permis de découper l'ensemble des espèces en trois groupes :

- 1- Le premier groupe est formé de 06 espèces (*Arthrophytum scoparium* , *Evax argentea* , *Erodium moschatum* , *Medicago laciniata* , *Malva aegyptiaca* et *Matricaria recutita*) avec une similarité supérieure à 67 % .
- 2- Le deuxième contient 05 espèces : (*Astragalus mareoticus*, *Echinops spinosus* , *Ephedra alata* , *Salvia verbenaca* , *Plantago ciliata*) avec une similarité supérieure à 69 % .
- 3- Le troisième englobe 03 espèces : (*Cleome arabica*, *Oudneya africana* , *Hordeum murinum*) à similarité supérieure à 50 % .

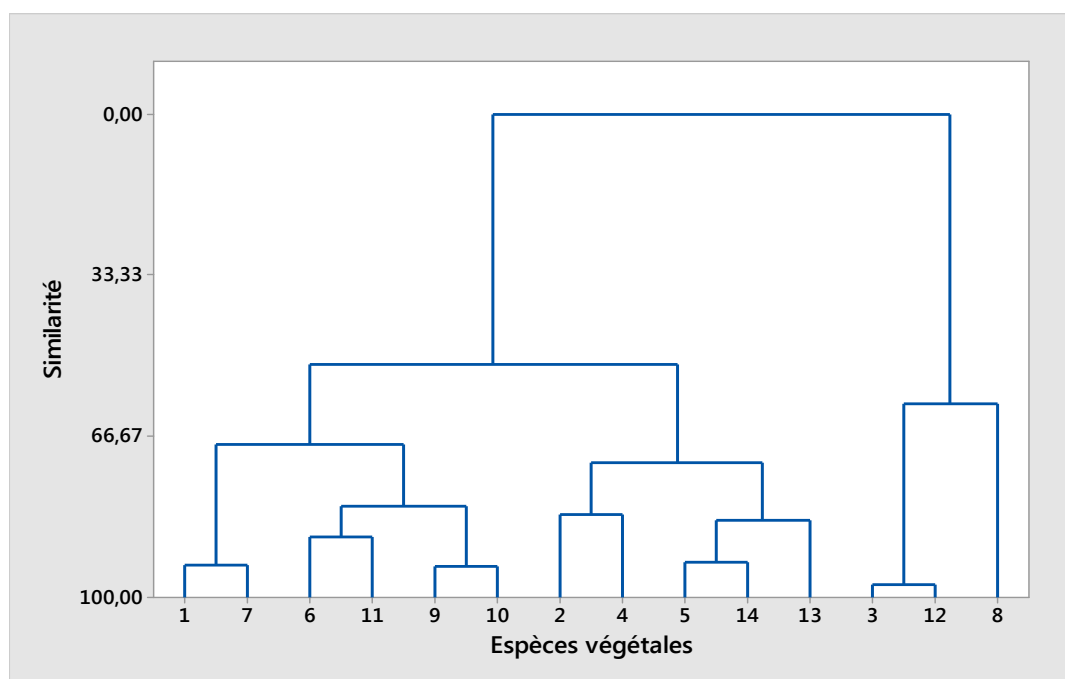


Figure 25. Dendrogramme de classification hiérarchique des espèces en fonction de leurs paramètres métaboliques (Eau, Proline).

- **Classification hiérarchique (CH) des espèces en fonction de leurs paramètres métaboliques (Eau et Proline) et leur contribution spécifique au tapis végétal (Csi).**

Afin de mettre en évidence le métabolisme et la répartition sur le terrain des espèces, nous avons effectué une classification hiérarchique (CH) dans notre cas elle est présentée descendante suivant leur similarité (Fig.26).

La classification obtenue nous a permis d'établir une partition en deux groupes :

- 1- Le premier groupe est formée par les Six éléments (*Astragalus mareoticus*, *Evax argentea*, *Echinops spinosus*, *Ephedra alata*, *Salvia verbenaca*, *Plantago ciliata*), avec une similarité supérieur à 95%.
- 2- Le deuxième groupe est formée par les Six éléments (*Cleome arabica*, *Erodium moschatum*, *Medicago laciniata* , *Malva aegyptiaca*, *Matricaria recutita*, *Hordeum murinum*), avec une similarité supérieur à 80%.

On remarque que *Oudneya africana* ne partage aucune similarité avec les autres espèces.

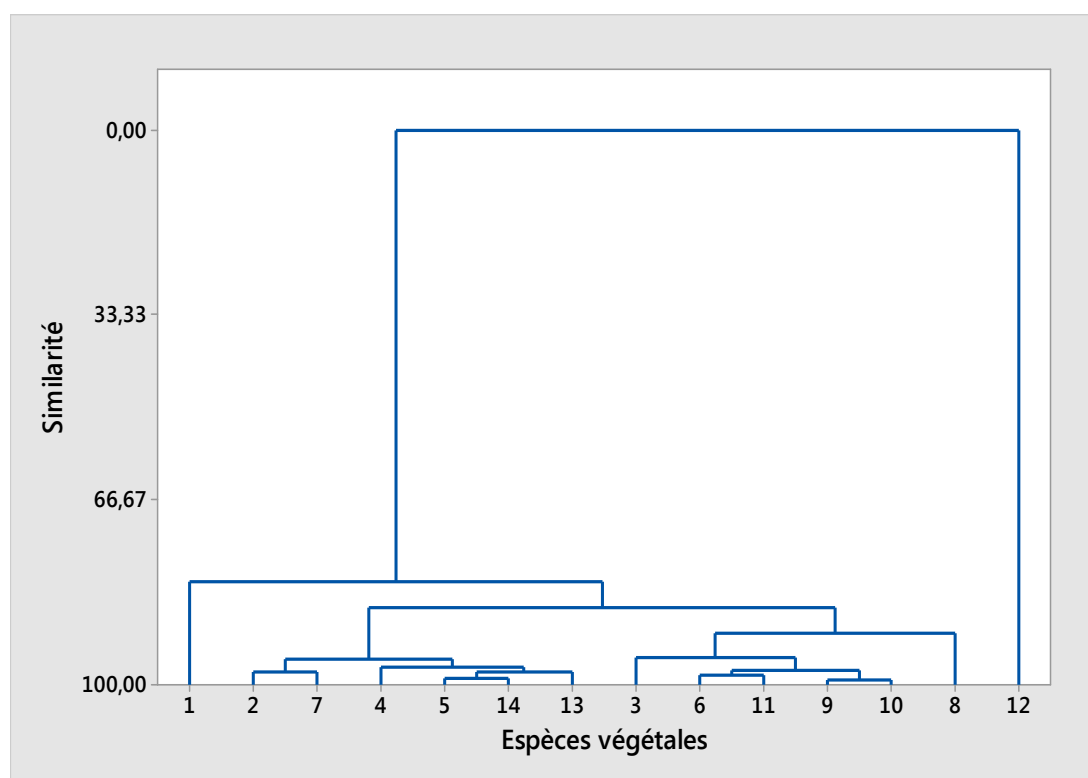


Figure 26. Dendrogramme de classification des espèces en fonction de leurs paramètres métaboliques (Eau et Proline) et la répartition sur le terrain (Csi).

▪ **Légendes du dendrogramme pour les espèces**

1 : *Arthrophytum scoparium*

2 : *Astragalus mareoticus*

3 : *Cleome arabica*

4 : *Echinops spinosus*

5 : *Ephedra alata*

6 : *Erodium moschatum*

7 : *Evax argentea*

8 : *Hordeum murinum*

9 : *Malva aegyptiaca*

10 : *Matricaria recutita*

11 : *Medicago laciniata*

12 : *Oudneya africana*

13 : *Plantago ciliata*

14 : *Salvia verbenaca*

CHAPITRE IV : DISCUSSIONS

Les précipitations et les températures de la région d'étude enregistrées durant la période de 2004 à 2015, montrent une grande variation, avec une régression important des précipitations et une augmentation de la température. Ce qui engendré une sécheresse aggravante dans ses milieu saharienne. Nos résultats sont en accord avec ceux qui ont précédemment décrit la région (Benhassine, 2012; Djoubar, 2011; Boumedienne, 2010; Rahmoune, 2009; Khelifi,2008).

Selon le climagramme d'Emberger, la région de Hassi R'mel est situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver frais. Il s'agit généralement d'une région ou la pluie est rare et les températures sont élevées. La sécheresse sera donc un phénomène ponctuel sur cette zone.

Le sol de la région d'étude est un sol pauvre et peu évolue superficiel reconstitué sur des dalle de calcaire. Le profil du sol est constitue par deux horizons peu profonds de 08 cm de profondeur.

L'analyse granulométrique des échantillons du sol dans les deux horizons montre que le sol de notre zone d'étude est généralement a texture sableuse, avec faible proportion d'argile et limon.

La matière organique est une source importante d'élément nutritif pour les plantes et la connaissance de sa teneur totale dans le sol renseigne sur sa potentialité fertilisante.

En comparant nos résultats aux normes citées dans le tableau (Annexe IV- Tab.06) de classification des sols suivant leur teneur en matière organique (Schafeer, 1975 in Raula, 2005), nous pouvons dire que notre sol est pauvre en matière organique, qui expliqué par le faible couvert végétal due a l'influence des contraintes abiotiques.

Cette analyse a pour but de définir la structure du sol, le pourcentage de ses différents éléments constitutifs expliquent ses propriétés physiques et mécaniques liées à la teneur en eau et son mouvement, à son comportement vis à vis de l'air, et des racines (Soltner, 2000 ; Pansu et Gautheyrou, 2003).

Selon ces indications et les valeurs du rapport C/N du sol étudié mentionnées dans la bibliographie (duchaufour, 2006). Nous remarquons que notre sol a très faible taux de décomposition de la matière organique.

Le taux de carbone est très faible dans les horizons du sol. Le niveau de décomposition de la matière organique des sols de la région est évalué par le rapport C/N qui exprime l'activité biologique dans le sol (Boyer, 1982). Le rapport révèle le taux de minéralisation (faible) de la matière organique du sol.

Les sols de la région de Laghouat sont généralement peu profonds. Les roches mères de ces sols sont le plus souvent constituées par des formations marneuses et calcaires, ce qui explique leur richesse en sels soluble et en calcaires (Khadraoui, 2004).

L'aridité du milieu et l'activité insuffisante des systèmes racinaires n'exercent pas d'influence efficace sur la dynamique des calcaires et des sels (Pouget, 1980). Ce qui justifie les teneurs enregistrés dans nos résultats :

Le sol étudié ont des teneurs variables en calcaire le taux varie de 3.16 et 6.73%.

Selon les normes de Baize (1988) (Annex IV- Tab.07) concernant les teneurs en calcaire on a :

- Le sol d'horizon superficiel, c'est un sol Peu calcaire.
- Le sol sous jacent, c'est un sol Modérément calcaire.

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

La conductivité électrique CE, donne une idée sur la concentration des électrolytes dans la solution du sol d'une part et le degré de salinisation d'autre part. La conductivité électrique dépend de la teneur en électrolytes (SO_4^{-2} , Cl^- , K^+ , Na^{+2} , Mg^{+2} , Ca^{+2} , CO_2^{-3} , HCO^{-3}), qui exprime la concentration en sels.

La valeur de CE obtenu situé entre 0.75 et 2.25 mmhos/cm permet de classé les échantillons à la classe sol Fortement salé (Annexe III- Tab.05).

D'après Halitime (1998), les sols dans la zone arides d'Algérie sont généralement hydromorphe, des minéraux bruts, nos sol est classés parmi les sols riche en sels de la roche mère.

Le pH peut jouer un rôle important dans le contrôle des équilibres entre l'immobilisation et la solubilisation des métaux lourds et du phosphore. En effet, on estime que les métaux lourds sont moins mobiles et moins disponibles quand le pH est élevé.

Le pH des sols étudiés varie de 8.86 à 9.24. Ceci est dû aux teneurs en calcaire, la valeur minimale est enregistrée pour l'horizon superficiel et la valeur maximale pour l'horizon sous jacent. Selon l'échelle du pH eau signalé par (Aubert, 1978) (Annexe III- Tab.04), le sol du notre site est fortement alcalin.

Dans beaucoup de cas, les carences en oligo-éléments sont dues à un pH du sol trop faible (sol acide) ou plus fréquemment un pH trop élevé (sol alcalin) (F.A.O, 2003). Ce dernier entraîne la formation d'hydroxydes insolubles (Heller *et al.*, 1998).

Le dosage d'azote total montre que le taux varie de 0.017% à 0.035% .Ces taux permettent de classer les sols étudiés au sol très pauvre selon Calvet et Vellemin (1986) (Annexe IV-tab.08), nos résultats sont similaire a Hanifi (1994) et Goffin (2009).

Andrieu et Weiss (1981) et Demarquilly *et al.* (1981) lient la faiblesse en azote des espèces sahariennes à leurs stratégies d'adaptions aux conditions désertiques. Selon Ozenda (1994), l'adaptation des plantes au climat saharien se traduit généralement par la diminution de la grandeur et du nombre de feuilles (feuilles de petites tailles, écailles..), absence de feuilles (aphyllie), feuilles transformées en épines... Cette stratégie se traduit par l'appauvrissement des espèces sahariennes en azote et leur enrichissement en cellulose. Jarrige (1981) souligne que le climat joue un rôle très important sur la composition des parois des plantes. Généralement, les températures élevées dans les milieux sahariens agissent directement sur l'augmentation du taux de cellulose brute. Cet effet a été mentionné par plusieurs auteurs (Wilson *et al.*, 1976 ; Demarquilly, 1982).

Les résultats de Na, K et P montre que le sodium et le phosphore se trouve aux niveaux de sol étudié sous forme des traces.

L'étude des plantes spontanées et leur importance écologique dans les parcours saharienne étudiées a révélé que la couverture végétale dans les deux sites est de 39%. Ce qui représente une certaine richesse floristiques malgré les conditions d'aridité très remarquable dans cette région. Cependant, les autres éléments de la surface (sable, litière, roche, cailloux et pellicule...) dépassent les 60%. Dans cette année, les précipitations enregistrées est très faible, ce qui reflète sur un recouvrement végétal moyen dans ces régions. Un résultat marquant par Chehma (2005) avec un taux de 8.65% dans les Hamadas, où les précipitations étaient moindres. Par rapport aux autres milieux sahariens. Selon Nedjraoui (2003), le couvert végétal est inférieur à 12,5% dans une steppe à Remth.

L'application des indices quantitatifs, quels soient écologiques ou pastorales a permis d'avoir un aperçu sur l'état actuel des parcours des hamadas. Notre étude montre que les majorités des espaces sont des « éphémères » végétations caractéristique des régions aride qui profite les périodes de la pluie pour se développées.

La richesse totale en espèces est de l'ordre de 32 espèces (22 espèces éphémères) dans les deux sites appartiennent à **18** familles, cette richesse est expliquée par la nature topographique et les conditions climatiques (précipitations) défavorables à l'installation de la végétation. Chehma en 2005, noté dans les hamadas de la région de Ghardaïa une richesse totale de 41 espèces (36 espèces éphémères) avec 16 familles. Pouget (1980) a signalé 44 espèces dans les régions désertiques, ces résultats sont comparables aux nôtres.

La dominance des Asteraceae (25%) avec 08 espèces est très marquée même dans des milieux étudiées par ; Chehma (2005) qui a noté 18,5% de cette famille pour tous les milieux étudiés. Bouzenoune (1999) signale 09 genres et 12 espèces de la même famille à Nâama et Steinhauer et al, (2008) ont noté que 19% de la flore de l'Afrique de Nord sont des Astéracées. Ces résultats sont comparables aux nôtres.

Les deux sites sont similaires de point de vue occupation du sol et structure végétale, mais elles montrent une différence avec celles étudiées par Chehma (2005) où nous n'avons trouvé que cinq espèces communes.

Les éléments de la surface du sol (sable, cailloux, litière, débris...) sont autant des paramètres écologiques qui influent sur la qualité et la quantité de végétation (Lemée, 1978 et Melzi, 1986). Dans les deux sites les éléments de la surface du sol représentent une proportion

très important de 60% qui seraient due à l'effet des conditions désertique du milieu, simultanément nous avons noté que la part du sable est très importante dans les sites suive par les cailloux. En parallèlement, Chehma (2005) a signalé que les éléments de la surface du sol occupé aient une grande importance avec **86.44%**. Les mêmes résultats seraient obtenus si les observations étaient faites dans une même saison. D'ailleurs, la présence d'organisations particulières (sable, cailloux, pellicule...) à la surface des sols est une caractéristique des régions arides (Le Floc'h, 2008).

Dans les deux sites en remarque une dominance important de deux espèces successivement; *Oudneya africana*, et *Arthrophytum scoparium*, similaire aux études de Chehma (2005).

La richesse moyenne des deux sites est de 14 espèces, cependant, La richesse stationnelle classe les sites permet le parcours a flore pauvre, résultat comparable à celui de Chehma (2005).

Les deux sites apparu une faible diversité, figurant sur la valeur de l'indice de Shannon (2.05 bits), Cette richesse est expliqué par la valeur de l'équitabilité avec 54%, ce qui témoigne que les espèces ne sont pas bien représentées.

Les espèces pérennes physionomiquement dominantes ont une grande importance dans la conservation et l'installation des cortèges floristiques (Acheb) (Nedjraoui, 1982), dans notre cas, c'est *Oudneya africana*, et *Arthrophytum scoparium*, qui sont dominantes. Elles piègent les particules de sable et permettent de stocker les semences des plantes spontanées dans ces milieux. Le cortège floristique de cette association est assez faible, avec un nombre important en Thérophytes, qui se développent après une bonne saison de pluies. L'*Oudneya africana*, et *Arthrophytum scoparium*, constituent pour les herbivores sauvages comme pour les troupeaux des nomades la principale ressource fourragère pendant les périodes de sécheresse dans la zone saharienne (Steinhauer *et al.*, 2008).

La fréquence et la contribution spécifique dans les deux sites fait apparaître une dominance de *Oudneya africana*, et *Arthrophytum scoparium*,. Par contre, l'étude de Chehma (2005) dans les hamadas de Ghardaïa a révélée qu'elles sont marquées par la dominance de *Rantherium adpressum*, elles sont différent largement des autres milieux steppiques et désertiques.

Cette homogénéité entre les deux sites est expliquée par l'homogénéité des conditions climatiques et topographiques qui règnent sur ses milieux.

Les « formes biologiques » (Delpech *et al.*, 1985) constituent un élément de référence intervenant dans la définition des formations végétales. Les Thérophytes occupent la première position entre **42.86 et 56.25%** des espèces rencontrées dans les deux sites, suivis par les Hémicryptophytes, les Chaméphytes, les Phanérophytes et les géophytes avec moins de **3.13%**. Plusieurs auteurs ont noté une dominance importante des Thérophytes; Franchimont (2001) et Steinhauer (2008) au Maroc, Corra (2006) en Mauritanie, Nedjraoui (1981), Aidoud (1983,1986) et Kaabeche (1990) dans la steppe algérienne.

Les Thérophytes sont des annuelles, à cycle de développement court, colonisent facilement et rapidement les dépressions et les milieux aquatiques temporaires [Les autres types biologiques peuvent s'installer durablement si le biotope d'accueil est soumis à une sécheresse prolongée]. Il existe en effet, une relation étroite entre le spectre biologique d'une station et les conditions écologiques stationnelles (Aidoud, 1986).

Nous avons obtenu comme production en matière sèche un taux de **34.06%** pour les deux sites et nous remarquons que le taux d'eau est le composant le plus important de la matière fraîche (MF) avec une moyenne de **65.94%**.

Selon Nedjraoui (2003), la steppe à Remth présente un couvert végétal qui ne dépasse pas les 12,5%, ce qui donne aux notre sites d'études une grande importance fourragère comparable aux parcours sahariens.

L'étude des rendements végétaux de 14 espèces, donne des valeurs qui reflètent les conditions stationnelles. Le taux en matière sèche est moins important (34.06%) par rapport au taux d'humidité chez les espèces dans les deux sites. Le taux d'humidité élevé reflète les conditions stationnelles particulièrement, la topographie, la pédologie et la saison d'étude.

Du point de vue pérennité, il faut noter que si les **5** espèces vivaces recensées sont présentes durant toute l'année, les **32** éphémères inventoriées ne le sont que partiellement. Cette différence de la répartition saisonnière des plantes est directement liée à leur mode d'adaptation à la sécheresse (Ozenda, 1977). Au printemps, et dans les années humides, la végétation Thérophytique se développe. Appréciée par les ovins et les caprins, cette couverture

végétale se dessèche en avril et la disponibilité fourragère se réduit fortement (Steinhauer, 2008).

La liste des espèces relevée durant le mois de mars, présente une richesse floristique moyenne avec **32** espèces et un taux de recouvrement très élevé (**39%**), nous avons une Thérophytie importante (plus de **42.86%**), ces espèces sont caractérisées par un cycle biologique très court (période favorable seulement). La fructification débute rapidement après la floraison, ce qui est l'une des principales caractéristiques des milieux arides (Aidoud et Boucheneb, 1990).

Les parcours saharienne connaissent aujourd'hui une dégradation très étendue à cause de multiples facteurs, parmi lesquels, la sécheresse prolongée (faibles précipitations), l'érosion éolienne, le dépôt de sable, la modification des systèmes de production en associant culture céréalière et l'élevage, ce qui provoque la disparition des espèces végétales endémiques dans ces endroits. Le surpâturage est aussi un facteur de dégradation très important, les travaux d'Aidoud (1989) montrent que les parcours se sont fortement dégradés et la charge pastorale potentielle est supérieure à la charge réelle des parcours donnant lieu à un surpâturage intense.

Les résultats obtenus constituent une évaluation qualitative et quantitative de l'état actuel de nos parcours et l'impact des facteurs, anthropozoïque et climatique sur la végétation et le milieu. Une éventuelle dégradation qui s'exprime par une réduction des potentialités végétales des parcours, une diminution du recouvrement global de la flore, une diminution de la richesse par station et une colonisation des éléments indicateurs de dégradation (éléments grossiers). Plusieurs études montrés que les facteurs abiotiques notamment le sol et le climat, influent de façon considérable sur le comportement morphologique et physiologique des plantes ou des groupements de végétation (Lamaze *et al.*, 1994).

La nature immobile des plantes exigée de développer des mécanismes moléculaires de résistance (Madhava Rao, 2006).

Parmi les composés organiques et minéraux qui interviennent dans l'ajustement osmotique, on évoque fréquemment les nitrates, le potassium, les acides organiques, les sucres solubles et la proline (Monneveux, 1991).

L'accumulation des solutés organique varie d'un organe à l'autre et d'une espèce à l'autre selon la nature et l'intensité du stress. (Bentamer et Bennadir).

L'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limitée les effets de stress (Acevedo *et al*, 1989).

La teneur relative en eau est l'un des critères d'évaluation de la tolérance à la sécheresse, proposée par Clark et Mac-Gaig (1982), ces auteurs ont montré que La teneur relative en eau diminue lorsque le stress hydrique augmente.

Si on accord notre résultats avec les résultats de (Khouildat et Benzahi., 2013) chez une espèce halophyte spontanée : *Zygophyllum album* prélevée de deux biotopes différents l'un irrigué et l'autre non irrigué. Leur dosage effectué montre que la quantité de la proline est plus élevée chez les plantes du biotope non irrigué avec une concentration de **0.44** mmol/l par contre dans l'autre biotope elle est de **0.23** mmol/l.

Cette valeur a été enregistrée aussi au niveau des feuilles de chêne liège témoin (0.23 mmol/mg MF) par (Ferhati maria, 2007).

Nous avons obtenu un taux moyennement élevé de **0.65**mmol/kgMF, avec une valeur plus élevée enregistrée chez l'espèce *Hordeum murinum* (**1.64** mmol/kgMF), et l'espèce *Echinops spinosus* avec une faible valeur (**0.01** mmol/kgMF). De cela on a déduit que chez cette espèces la concentration de la proline est influencée par l'intensité du stress et sons accumulation est aussi bien suite à une augmentation de sa synthèse que par une réduction de sa dégradation.

L'accumulation de la proline chez diverses espèces des plantes stressées a été corrélée à leur capacité de tolérance, et sa concentration est généralement plus élevée chez les plantes tolérantes que les plantes sensibles (Ashraf et Foolad., 2007).

La lecture graphique de MINITAB 17 (Fig.25; 26), reliée aux différents groupes dégagés de la classification hiérarchique, nous montre que ces groupes floristiques sont répartis suivant leur tendance en fonction de leur paramètres métabolique (Eau, Proline) en trois groupes.

D'une façon globale, le premier et le troisième groupe sont caractérisés par les taux les plus élevés en proline avec un moyenne de **0.88** mmol /Kg MF.

Cette augmentation de taux de proline est revenue à la sécheresse et la salinité du sol.

Chez les plantes supérieures, la proline est accumulée en cas de stress, aussi bien suite à une augmentation de sa synthèse et une réduction de sa dégradation (Nakashima *et al.*, 1998).

Le deuxième groupe enregistre le taux le plus faible en proline avec une moyenne de 0.23mg/ml/Kg MF chez les espèces suivantes (*Astragalus mareoticus*, *Echinops spinosus*, *Ephedra alata*, *Salvia verbenaca*, *Plantago ciliata*). Leur teneur en eau est élevée qui indique la relation (l'eau et la proline). C'est-à-dire ces espèces ne sont pas stressées.

Les mécanismes d'adaptation des plantes aux contraintes abiotiques (Sécheresse et salinité) résultent d'un ensemble de stratégies, non exclusives, qui sont de nature développementale, morphologique, anatomique, métabolique et/ou physiologique. La mise en place de ces mécanismes contribue au maintien des fonctions vitales et de l'équilibre hydrique. (Morot-Gaudy, 2009 ; Roger prat, 2009).

La teneur en proline chez les espèces de groupe 1 et 3 est presque 4 fois plus élevée que les espèces de groupe 2.

A partir de nos résultats obtenus, il ressort que généralement les taux de proline chez la majorité des espèces sahariennes sont plus élevés. A cet effet, les espèces les plus stressées sont celles qui enregistrent des valeurs élevées en proline (*Arthrophytum Scoparium*, *Evax argentea*, *Erodium moschatum*, *Medicago laciniata*, *Malva aegyptiaca*, *Matricaria recutita*, *Cleome arabica*, *Oudneya africana*, *Hordeum murinum*).

Ainsi les résultats montrent que les espèces de groupe 2 sont les plus résistantes au stress salin et hydrique. Cette tolérance est liée à une capacité à accumuler plus de matière fraîche des parties aériennes et racinaires sous stress salin et hydrique.

Conclusion

Les parcours des zones sahariennes connaissent aujourd'hui une forte dégradation progressive sous l'effet des multiples facteurs, parmi lesquels, la sécheresse prolongée, faibles précipitations et l'érosion éolienne et hydrique, Et sont influence sur la végétation du milieu.

Afin d'atteindre notre objective ; le présent travail que nous avons exploré sur ces régions désertique saharienne aux les conditions de vie sont très difficiles, montre qu'il existe une grande capacité de résistance chez les végétaux sahariennes quelque soit morphologique ou physiologique contre les différents contraintes abiotiques (La sécheresse, la salinité et la pauvreté du sol en éléments nutritifs) sans oubliée l'effet d'une surpâturage aggravent sur ce milieu fragile caractérise par une recouvrement végétal très faible de l'ordre de 12 % malgré que nous avons marquer plus de sa valeur (**39%**), représenté par *Arthrophytum scoparium* et *Oudneya africana* avec un cortège floristique limité portent une richesse floristique de **32** espèces herbacées formée généralement par des Thérophytes on vue de spectre des types biologiques .

Les paramètres abiotiques ont révélés a travers des relevés de végétation la présence des psammophils, et la dominance des Asteraceaes indicatrices d'une adaptation morphologique de la végétation à la sécheresse. Une Equitabilité Moyenne d'environ **54%**, indique qu'il n'ya pas une compétitivité entre les espèces et ne sont pas bien représenté. D'autre coté le recouvrement indique que la végétation prend assez faible place par rapport aux éléments de la surface du sol ce l'effet de la sécheresse. On note que durant le moment des relevés, les éphémères prenaient une part de plus de **68.8%**.

L'analyse des données climatiques placé la région d'étude dans un étage saharien à hiver frais. La période sèche s'étale de mars a septembre, durent cette période le couvert végétale est semis a un manque d'eau.

Le sol de région est formé de deux horizon ; les sable grossier est la fraction plus élevé **65%**.

D'un autre coté le dosage de la proline a montré que les espèces végétale n'auraient le même comportement physiologique vis-à-vis à leur adaptation au milieu dans lequel elles évoluent. Les Asteraceae dominant en Csi montraient ne faible teneur en proline sous l'effet de

leur morphologie d'adaptation a sécheresse, alors que les poaceae secrètent relativement peu de proline, ceci est révélateur que la morphologie de la plante intervient dans son comportement physiologique.

Les résultats obtenus constituent une évaluation qualitative et quantitative de l'état actuel de nos parcours et l'impact des facteurs, anthropiques et climatiques sur la végétation et le milieu. Une éventuelle dégradation qui s'exprime par une réduction des potentialités végétales des parcours, une diminution du recouvrement global de la flore, une diminution de la richesse par station et une colonisation des éléments indicateurs de dégradation (végétation non palatable, éléments grossiers). Plusieurs études montrent que les facteurs abiotiques notamment sol et climat, influent de façon considérable sur le comportement morphologique et physiologique des plantes ou des groupements de végétation.

Notre étude constitué un premier aperçus sur la physiologie d'adaptation des plantes spontanées vise a vise les contraintes abiotiques d'aridité dans la région saharienne algérienne. Qui peut été donne une débat pour les autres études permettront de bien établir une classification pouvant contribuer aux choisi des espèces dans les plantations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACEVEDO, E., (1989):** CONESA, A.P, MONNEVEUX, P; SRIVASTAVA, J.P;"Physiology breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments", INRA Stat.Biocimatologie, pp.50-66.
- AÏDOUD, A., (1983) :** Contribution à l'étude des écosystèmes steppique sud Oranais. Thèse 3eme cycle. USTHB, Alger. 255 p.
- AÏDOUD-LOUNIS, F., (1984) :** Contribution à la connaissance des groupements à sparte (*Lygeum spartum*) des hauts plateaux sud-oranais. Etude phytoécologique et syntaxonomique. Thèse doct. 3^{eme} cycle, USTHB. Alger, 253p.
- AÏDOUD, A., (1996) :** La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. Sécheresse, 7(3), 187-193pp.
- ALEM, C ; AMRI A., (2005) :** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. Reviews in Biology and Biotechnology, Vol. 4, No. 1 : 20-31.
- ANDRIEU, J ET WEISS, PH., (1981) :** Préviation de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages verts de graminées et de légumineuses : in préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Ed.INRA publications, Versailles. pp. 60 à 79.
- ASHRAF, M AND FOOLAD, M.R., (2007):** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ.
- ASLOUM, H., (1990) :** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicum esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis : 24- 32.
- ASSMANN, S. M; SNYDER, J. A ET LEE Y. J., (2000):** ABA-deficient (*aba1*) and ABAinsensitive (*abi1-1, abi2-1*) mutants of Arabidopsis have a wild-type stomatal reponse to humidity. *Plant Cell Environ.* 23: 387-395.
- AUBERT, G., (1978) :** Méthodes d'analyses des sols . Marseille : C.H.A.D.R. 188P.
- BAIZE, D., (1988) :** Guide des analyses courantes en pédologie. Ed. INRA, Paris., 171 P.
- BARBAULT, R., (1981) :** Ecologie des populations et des peuplements. Ed. Masson, paris, 200 p.
- BELKHODJA ,M., BIDAI Y., (2004) :** Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L à la salinité au stade de la germination .Sécheresse, Vol.15 N°4 :331-335.
- BELLINGER ET WITCOMBE, J., (1989) :** Evaluation of spécifique deshydratation tolérance.
- BENSEGHIR, A., (2006) :** Contribution à l'étude de l'état nutritionnel par la méthode du diagnostic foliaire de trois variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca* L.) en zone aride (commune de Doucen - w. Biskra). Mémoire d'ingénieur : Université de Biskra.

- BERGE ET AL., (2002):** Effect of temperature on growth rate.
- BEZZELA, A., (2005) :** Essai d'introduction de l'arganier (*argania Spinosa L Skeels*) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres des résistances à la sécheresse; thèse de magister. Uni Batna.115p.
- BLONDEL, J., (1979) :** Biogéographie et écologie. Ed. Masson, paris, 173 p.
- BOUAOUINA, S ; ZID, E. ET HAJJI, M., (2000) :** Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum L.*) CIHEAM –Options Méditerranéennes. pp.-2.
- BOUCHOUKH, I., (2010) :** Comportement écophysiological de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35.
- BOUDA, S ; HADDIOUI A., (2011) :** Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. Revue « nature & technologie ». N° 05/juin 2011. P 72 à 79.
- BOUMEDIENNE, M ., (2010) :** Effet de l'application des boues d'épuration sur la biomasse de la culture d'orge en sec l'état de surface d'un sol dans la région de Laghouat. Mémoire d'Ingénieur : Université d'Amar Thelidji de Laghouat.79p.
- BOUNOUAR, J., (2001) :** Effet d'une contrainte abiotique (stress hydrique sur la plante et les composants de la graine de *Vicia faba L.* Thèse de magister.
- BOUZENOUNE, A., (1999) :** Projet relatif à la conservation de la biodiversité et de la gestion durable des ressources naturelles. N°: Alg/00/G35/A/1g/99. M.D.A.E.D.D.R. Nâama. 32-40pp.
- BOYER, J.S., (1982):** Plant productivity and environment. *Sci*, New series. **218**: 443 - 448 p.
- BURKE, MJ. LV;GUSTA, HA; QUAMME, CJ; WEISER, PH. LI., (1976):** Freezing and injury in plants. *Annual Review of plant physiology*, **27**: 507-528.
- CATTIVELLI L, F ; RIZZA, FW ; BADECK, E; MAZZUCOTELLI, AM; MASTRANGELO, E. FRANCIA, C; MARE, A; TONDELLI, M; STANCA., (2008):** Transcriptome analysis of cold acclimation in barley Albina and Xantha mutants. *Plant physiology*, **141**: 257-270.
- CECHIN, I; ROSSI, S.C; OLIVEIRA, V.C ET FUMIS, T.F., (2006):** Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. *PHOTOSYNTHETICA* 44 (1): 143-146.
- CHAIB, G., (1997) :** Teneur en proline des différents organes du blé dur, essai d'exploitation de conditions d'accumulation sous manque d'eau.20 p.
- CHEHMA, A., (2005) :** Etude floristique et nutritive des parcours camelin du Sahara septentrional algérien. Cas des régions d'Ouargla et Ghardaïa. Thèse Doct., UniversitéBadji Mokhtar, Annaba, 178 p.
- CLARK ET MAC-GAIG., (1982):** Existed leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Can. J. Plant. Sci.* **62**: 571-578.

- CORRERA, A., (2006) :** Dynamique de l'utilisation des ressources fourragères par les dromadaires des pasteurs nomades du parc national du banc d'arguin (Mauritanie). Thèse. Doc. Eco. 90-235pp.
- DAGET, PH. ET POISSONET, J., (1971) :** Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. Ann. Agron., 22 (1) : 5-41.
- DAGET, PH. ET POISSONET, J., (1991) :** Prairies permanentes et pâturages. Méthodes d'étude. Montpellier, France. Institut de Botanique, 331p.
- DAJOZ, R., (1971) :** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- DAJOZ, R., (1982) :** Précis d'écologie. Ed. Gautier- Villars, Paris, 503 p.
- DALAGE. ET METAILLE., (2000) :** Comparer des relevés de dates différentes au même emplacement. Exemple du Tchad. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop. 56 (3-4) : 163-166pp.
- DELAIA, Y., (2003) :** utilisation des végétaux dans l'approche ecotoxycologique, thèse de magister à l'université de Mentouri- Constantine, p172.
- DELPECH, R ; DUME G. ET GALMICHE., (1985) :** Typologie des stations forestières, vocabulaire. Inst. Dével. Fores., Minist. Agr., Direction des forêts, 243 p.
- DEMARQUILLY, C., (1982) :** Influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l'herbe : in Actions du climat sur l'animal au pâturage, Séminaire
- DJOUBAR, S., (2001) :** Contribution à l'étude de la structure d'un parcours steppique mis en défend (Choucha) dans la région de Laghouat. Mémoire d'Ingénieur : Université d'Amar Thelidji de Laghouat. 69p.
- DUCHAUFFOUR., (2006) :** livre Introduction de la science d'étude.
- DUCHAUFFOUR, PH., (1977) :** Pédologie, Pédogenèse et classification. Tome I, Edition: Masson, Paris, 477p.
- EL JAAFARI, S., (1993).** Contribution à l'étude des mécanismes biophysiques et bio- chimiques de la résistance à la sécheresse chez le blé (*Triticum aestivum* L.). Thèse de doctorat d'état, 3 – 34.
- ENCYCLOPEDIE LIBRE., (2015) :** "<http://fr.wikipedia.org>.
- FAURIE, C., FERRA, CH., MEDORI P. et al., (2003) :** Ecologie approche scientifique et pratique. 5ème éditions. Paris : Lavoisier. 407 p.
- FERHATI MARIA., (2007) :** Comportement du chêne liège (*Quercus suber* L.) aux températures extrêmes. Université Mentouri Constantine, thèse de magistère 79 p.
- FLOWERS, TJ., TROKE, PF., YEO AR., (1977):** The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annual Review of Plant Physiology 28, 89–121. Doi :10.1146/annurev.pp.28.060177.000513.

- FRANCHIMONT, J. ET SAADAOU, M., (2001):** National Study On Biodiversity Synthetisis report 15. Kingdom of Morocco, Ministry of Territorial Planing, Water and Environment. Maroc. 40-150p.
- GOUNOT, M., (1969):** Méthode d'étude quantitative de la végétation. Editeur Masson et Cie, Paris.314p.
- GUYOT, G., (1996):** Agriculture et statistique agricoles. In Précis de télédétection, volume 2, applications thématiques. Edited by P. D. L. U.D. Québec.
- HALITIME, A., (1998) :** Les sol des régions arides d'Algérie. Ed. OPU, Algérie, 384 p
- HANIFI, A., (1994) :** L'alfa en Algérie. Syntaxonomie, relations milieu- végétation, L'agriculture et du développement rural. L'hydraulique et l'environnement des forets. 73p.
- HAOUALA, F., FERJANI H ; BEN EL HADJ, S., (2004) :** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 11 (3) ,235 -244.
- HELLER ET AL., (1998) :** Physiologie végétale. Nutrition. En collaboration avec R Esnalt et C Claude. 4^{eme} édition. Masson et Cie. Paris. 266p.
- HELLER, R. ROBERT, E ET CLAUDE., (2004) :** Physiologie végétale. Nutrition, 6^{eme} édition France. 323p.
- HOPKINS W. G., (2003) :** Physiologie végétale. Editions De Boeck Université : 451.
- JABNOUNE, M., (2008) :** adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation de la transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat, univ Montpellier II.
- JARRIGE, R., (1981) :** Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA. 471 p.
- JENDOUBI, S., (1997) :** Contribution à la caractérisation physiologique et biochimique de parois racinaires.
- KAABECHE, M., (1990):** Les groupements végétaux de la Région de Bou-Saada. Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèse de Doct. es-Sce. Uni. Paris-
- KHADRAOUI, A., (2004) :** Eaux et sols en Algérie (Gestion et impact sur l'environnement). Ed. Houma, Ouargla, Algérie. 393p.
- KHELIFI, A., (2008) :** Rendement des plantes spontanées de quelques parcours steppiques de la région de Laghouat. Mémoire d'Ingéniorat : Université d'Amar Thelidji de Laghouat. 60p.
- KHOULDAT, A., (2013) :** Dosage de la proline pour une espèce halophyte dans deux ; biotopes différents. Mémoire Licence ; université Kasdi Merbah Ouargla.
- KIANI, P., (2007) :** Analyse génétique des réponses physiologiques du tournesol (*Helianthus annus L.*) soumis à la sécheresse. Thèse Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.
- L'ONM Hassi R'mel Office National de la Météorologie (O.N.M), (2004; 2015) :** Bulletin d'information climatique. Centre climatique national, Hassi R'mel.

- LACOSTE, A. ET SALANON, R., (2006)** : Eléments de biogéographie et d'écologie. Ed. Paris, Nathan, 300p.
- LAMAZE, T ; TOUSCH, D ; SARDA, X ; GRIGNON, C. DEPIGNY-THIS, D ; MONNEVEUX, P et BELHASSEN, E., (1994)** : Résistance de plantes à la sécheresse : mécanismes physiologiques. *Le sélectionneur Français* 45 : 75-85.
- LAMOTTE, M., (1995)** : A propos de la biodiversité. *Le courrier de l'environnement*, 24 p.
- LARCHER, W., (1995)**: Plant under stress. *In*, *Physiological Plant Ecology*. Third edition. *Springer*. :321-448.
- LE FLOC'H, E., (2008)** : Guide méthodologique pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation, Collection Roselt/OSS. C.T N° 1. Tunis, 7-169pp.
- LE FLOC'H, E., (2008)** : Guide méthodologique pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation, Collection Roselt/OSS. C.T N° 1. Tunis, 7-169pp.
- LE HOUEROU, H.N., (1990)**: Définition et limites bioclimatiques du Sahara. *sécheresse*, 1 (4) .pp. 246-259.
- LEMEE, G., (1978)** : Précis d'écologie végétale. Ed. Masson, Paris, 285 p.
- LEVITT, J., (1980)**: Responses of plants to environmental stresses. Academic Presse, New York.
- LUTTGE, U. KLUGE M. BAUER G., (2002)**: Botanique. 3ème édition, Tec et Doc-Lavoisier, Paris: 439- 450.
- MADHAVA RAO, K.V; RAGHAVENDRA, A.S. et JANARDHAN REDDY K., (2006)**: Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer:1-14 p.
- MAILLARD, J., (2001)** : Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. *Handicap International*. Novembre 2001, 34 p.
- MAIRE, R., (1933)**: Etude sur la flore et la végétation du Sahara central, *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. du N.*, n° 3, 2 vol, 433 pages., 36 p.
- MARCHE, M., (1972)** : Le monde végétal en Afrique intertropicale.
- MAROUF ABDERRAZAK ET REYNAUD JOEL., (2007)** : la botanique de A à Z.
- MELZI S., (1986)** : Approche phytoécologique de processus de la désertification dans le secteur présaharien : Messaad (w.Djelfa). Thèse mag. Univ. Sci. Technol. Houari Boumediène. Alger. 133p.
- MONNEVEUX, D., (1991)** : La génétique face aux problèmes de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse: espoirs et difficultés. *Cahiers" sécheresse"*. V, 8; N°1.p29-37.
- MOTT ET PARTHURST., (1991)** : A propos de la biodiversité. *Le courrier de l'environnement*, 24 p.

- NEDJRAOUI, D., (1981) :** Teneurs en éléments biogénèse et valeurs énergétiques dans trois principaux faciès de végétation dans les Hautes Plaines steppiques de la wilaya de Saida. Thèse Doct. 3^e cycle, USTHB, Alger, 156p.
- NEDJRAOUI D ET BECHET., (1982) :** Valeur énergétique des principales espèces des Hautes plaines steppiques de la wilaya de Saida. Biocénoses : 1. 79-94pp
- NEDJRAOUI D., (2003):** Country pasture, forage resource profiles. Ed. FAO, Grassland and pasture crops, Algérie, 1-29pp.
- NOURI L., (2002) :** Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez le blé dur (*Triticum durum*, Desf.), en conditions de déficit hydrique. Thèse de magister en Biologie Végétale, 4 – 16.
- OLIVIER, L ; MURACCIOLE M ET RUDERON, J.P., (1995) :** Premier bilan sur la flore des îles de la méditerranée. Etat des connaissances et observations diagnostic et proposition relatif aux flores insulaires de méditerranée par les participants au colloque d' Ajaccio. Corse. France (5-8 octobre, 1993) à l'occasion de débat et conclusion. Pp : 356-358.
- OZENDA P., (1954) :** Observation sur la végétation d'une région semi-aride, les hauts plateaux du sud algérois. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 45 : 189-224 pp.
- OZENDA, P., (1983) :** La végétation dans la biosphère. Ed. Masson. 335p
- OZENDA, P., (1994) :** Flore et végétation du Sahara. 3^e Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- OZENDA., (1977) :** Flore du Sahara septentrional et central. Paris : C.N.R.S. 468p.
- PRÉVOST, P., (1999) :** Les bases de l'agriculture. 2^{ème} Ed. Technique et documentation, Paris, 243p.
- QUÉZEL, P., (1983) :** Flore et végétation de l'Afrique du Nord, leur signification en fonction de l'origine, de l'évolution et des migrations des flores et structures de végétation passées. Bothalia, 14 pp : 411-416.
- QUEZEL, P. et SANTA, S., (1954) :** Contributions à la Flore de l'Afrique du Nord. IV- Contribution à la Flore du Hoggar. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord 44 : 55-67pp.
- QUEZEL, P., (1991) :** Structure de végétation et flore en Afrique du Nord, leurs incidences sur les problèmes de conservation. Actes Editions. Pp : 19-32.
- RAHMOUNE, S., 2009.** Etude diachronique de la végétation spontanée dans la région de Laghouat. Mémoire d'Ingénieur : Université d'Amar thelidji de Laghouat. 62p.
- RAISON, J; K.J; A. BERRY. P.A ARMONDE; C .S PIKE., (1980)** Membrane properties in relation to the adaptation of plants to temperatures stress. pp, 261-273.
- RAMADE., (1970) :** Eléments d'écologie (Ecologie fondamentale). Paris : DUNOD. 690p.
- RAMADE, F., (1984):** Elément d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Hill P, Paris. 397p.
- RAMADE, F., (2003) :** Eléments d'écologie (Ecologie fondamentale). 3^{ème} Ed. DUNOD, Paris, 690p.

- RATHINISABAPATHI, B., (2000):** Metabolic engineering for stress tolerance : installing osmoprotectants synthesis pathwys. *Annals of botany*, 86, 709-716.
- RICHARD, R.A. ET PASSIOURA, J.B., (2006):** Seminal root morphology and water use of wheat. II.Genetic variation. *Crop Sci.* 21: 253-255.
- SANTIAGO, L.S; LAU, T.S; MELCHER, P.J; STEELEO.C. AND GOLDESTEIN G., (2000):** Morphological and physiological responses of hawiian *Hibiscus tiliaceus* populations to light and salinity, *Int.J. Plant Sci.* 161: 99-106.
- 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 (S.A.G.E.) - cas de la région de Ghardaïa. These magister : Univ. Ouargla. 81p.
- SERDOUN, M., (2009) :** Caractérisation de la végétation des quelques dépression fermées (daya) au sud de Laghouat. Mémoire d'Ingéniorat : Université d'Amar Thelidji de Laghouat.
- SERDOUN, M.,(2009) :** Caractérisation de la végétation des quelques dépression fermées (daya) au sud de Laghouat. Mémoire d'Ingéniorat : Université d'Amar Thelidji de Laghouat.
- STEINHAUER-BURKAR, B. et AZIKIAL, S., (2008) :** Plan cadre de gestion de la Réserve de Biosphère des Oasis du Sud Marocain. Min. Agri. Dév. R. Rabat, V I – R.P. 29-35pp.
- WILSON, J.R; TAYLOR, A.O; DOLBY, G.R., (1976):** Temperature and atmospheric humidity effects on cell wall content and dry matter digestibility of some tropical and temperate grasses. *New Zealand Journal of Agricultural Research.*, 19 (1): 41-46.
- YEO AR, TJ; FLOWERS., (1983):** Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. *Physiol. Plant.* 59: 189-195.
- YOKOTA, A; TAKAHARA K et AKASHI K., (2006):** Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. *Springer.* pp: 15–39.

ANNEXE I

Tableau 01 : Données météorologiques de la région de Hassi R'mel (2004-2015) (O.N.M.,2016).

Année 2004/2015 (Moyenne)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Température (°C)	8.88	11.23	14.13	19.37	23.65	27.77	32.01	31.25	26.38	19.27	14.67	8.63
Vents (m/s)	67.80	85.80	91.20	84.30	87.90	88.80	71.10	79.20	81.00	60.00	54.90	60.00
Précipitation (mm)	13.30	6.79	7.20	9.21	5.75	8.63	2.05	8.33	27.34	10.18	7.94	9.41
Humidité %	82.17	76.50	68.50	64.88	59.88	55.79	48.92	56.79	66.08	71.18	78.08	86.05
Evaporation (mm)	83.53	110.48	172.00	221.11	280.46	340.58	378.11	351.30	243.58	169.36	111.51	70.83
Insolation en Heure	243.42	231.61	272.26	298.36	329.56	337.69	341.99	319.73	258.49	245.18	230.02	213.32

ANNEXE II

Tableau 02 : Structure floristique des sites d'études

Famille	Espèce	Catégorie
Asteraceae	<i>Atractylis serratuloides</i>	Vivace
	<i>Atractylis aristata</i>	
	<i>Calendula algeriensis</i> Boiss	
	<i>Echinops spinosus</i>	
	<i>Eryx argentea</i>	
Asteraceae	<i>Hloga spicata</i>	
	<i>Lamnaea resedifolie</i>	Ephémère
	<i>Matricaria recutitia</i>	
Brassicaceae	<i>Erica vesicaria</i>	Ephémère
	<i>Oudneya africana</i>	Vivace
Capparidaceae	<i>Cleome arabica</i>	Vivace
Caryophyllaceae	<i>Herniaria mauritanica</i>	Ephémère
Chenopodiaceae	<i>Arthrophytum scoparium</i>	Vivace
Cistaceae	<i>Heliantemum sp.</i>	Vivace
Ephedraceae	<i>Ephedra alata</i>	Vivace
Fabaceae	<i>Astragalus mureoticus</i>	Ephémère
	<i>Medicago laciniata</i>	
Geraniaceae	<i>Erodium moschatum</i>	Ephémère
Labiaceae	<i>Salvia verbenaca</i>	Ephémère
Malvaceae	<i>Mahya aegyptiaca</i>	Ephémère
Orobanchaeae	<i>Orobanche variegata</i>	Vivace
Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i>	Ephémère
Plantaginaceae	<i>Plantago ciliata</i>	Ephémère
	<i>Cynodon dactylon</i>	Vivace
Poaceae	<i>Bromus rubens</i>	
	<i>Hordeum murinum</i>	
	<i>Schismus barbatus</i>	Ephémère
Renonculaceae	<i>Adonis dentata</i>	
	<i>Adonis annua</i>	Ephémère
Rosaceae	<i>Reseda pruinosa</i>	Ephémère
	<i>Reseda villosa</i>	Vivace
	<i>Pegannum harmala</i>	Vivace
Zygophyllaceae		

ANNEXE III

Tableau 03 : Liste des espèces du relevé

Especes	F(x)	Csi	Dominance
<i>Arrtrophytum Scoparium</i>	8.82	22.40	12.75
<i>Astragalus mareoticus</i>	0.91	2.31	1.55
<i>Cleome arabica</i>	2.64	6.70	0.21
<i>Echinops spinosus</i>	2.18	5.54	0.80
<i>Ephedra alata</i>	1.36	3.46	0.05
<i>Erodium moschatum</i>	0.09	0.23	0.43
<i>Evax argentea</i>	0.09	0.23	0.05
<i>Hordeum murinum</i>	0.73	1.85	0.05
<i>Malva aegyptiaca</i>	0.18	0.46	0.53
<i>Matricaria recutita</i>	0.09	0.23	0.11
<i>Medicago laciniata</i>	0.36	0.92	0.05
<i>Oudneya africana</i>	21.73	55.20	1.28
<i>Plantago ciliata</i>	0.09	0.23	0.05
<i>Salvia verbenaca</i>	0.09	0.23	5.17

Tableau 04 : Classification des sols suivant leur pH

Ph eau	Nature du sol
6,75 < pH ≤ 7,25	Neutre
7,25 < pH ≤ 8,5	Alcalin
> 8,5	Très alcalin

Source : Aubert, 1978

Tableau 05 : Classification des sols selon leur teneur en sels

CE (mmhos /cm a 25 ⁰ C)	Nature su sol
<0,25	Excellente (non salin)
0,25 à 0,75	Faible salinité
0,75 à 2,25	Forte salinité
> à 2,25	Très forte salinité

Source Lambert, 1975 .

ANNEXE IV

Tableau 06 : Classification des sols selon la teneur en matière organique

MO	Nature du sol
<0,5%	Très pauvre en MO
0,5 à 1,5%	Pauvre en MO
1,5 à 2,5%	Moyennement pauvre en MO
2,5 à 6%	Riche en MO
6 à 15%	Très riche en MO

Source : Schafeer, 1975 in Raula, 2005.

Tableau 07 : Classification des sols suivant le taux de calcaire

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

Source : Baize, 1988 in Roula, 2005.

Tableau 08 : Classification des sols suivant le taux Azote

(%) KJELDHAHL	Nature du sol
< 0.05	Très pauvre
0.05- 0.1	Pauvre
0.1- 0.15	Moyen
0.15- 0.25	Riche
> 0.25	<i>Très riche</i>

Source : (CALVET ET VELLEMIN, 1986)

Tableau 09 : Classification des sols suivant le taux phosphor P₂O₅

P ₂ O ₅ assimilable(‰) (JORET HEBERT)	Nature du sol
>0,05	Très Faible
0,06- 0,09	Faible
0,10- 0,15	Moyenne
0,16- 0,20	Fort
> 0,20	Très fort

ANNEXE V

Tableau 10: Résultats des analyses de la biomasse réalisées sur les espèces du relevé

Espece	Eau %	MS %
<i>Arthrophytum scoparium</i>	44.96%	55.04%
<i>Astragalus mareoticus</i>	55.08%	44.92%
<i>Cleome arabica</i>	73.58%	26.42%
<i>Echinops spinosus</i>	71.48%	28.52%
<i>Ephedra alata</i>	75.29%	24.71%
<i>Erodium moschatum</i>	65.81%	34.19%
<i>Evax argentea</i>	50.13%	49.87%
<i>Hordeum murinum</i>	39.67%	60.33%
<i>Malva aegyptiaca</i>	79.56%	20.44%
<i>Matricaria recutita</i>	79.06%	20.94%
<i>Medicago laciniata</i>	59.69%	40.31%
<i>Oudneya africana</i>	71.35%	28.65%
<i>Plantago ciliata</i>	87.72%	12.28%
<i>Salvia verbenaca</i>	69.81%	30.19%
Moyenne	65.94%	34.06%