UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Année: 2017/2018 **N° d'enregistrement:**

/…../…../…../…../

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES

Thèse

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de

Doctorat ès Sciences

Spécialité : ***Sciences Biologiques***

Par : **Amina HANNANI**

Caractérisation des propriétés d'adaptation anatomiques et physiologiques, au milieu saharien de *Vachellia tortilis* (Forssk.) Galasso & Banfi subsp. *raddiana* (Savi) Kyal. & Boatwr. (cas de Méguiden).

Soutenue publiquement le : **24 / 10 / 2018**

Devant le jury :

M^{r}	**CHELOUFI Hamid**	**Professeur**	**U.K.M .Ouargla**	**Président**
Mme	**BISSATI-BOUAFIA Samia**	**Professeure**	**U.K.M .Ouargla**	**Directrice de thèse**
M^{r}	**CHEHMA Abdelmadjid**	**Professeur**	**U.K.M .Ouargla**	**Co- Directeur de thèse**
M^{r}	**BAALI-CHERIF Djamel**	**Professeur**	**ENSA. Alger**	**Examinateur**
M^{r}	**HALIS Youcef**	**MCA**	**CRSTRA, Touggourt**	**Examinateur**
M^{r}	**BOUALLALA M'hamed**	**MCA**	**U. Adrar**	**Examinateur**

Je dédie ce travail à la mémoire de mon père, que Dieu ait son âme dans sa sainte miséricorde.

Remerciements

Ce travail a été réalisé au laboratoire de **B**io **R**essources **S**ahariennes : Préservation et valorisation, de la faculté des sciences de la nature et de la vie, à l'université de Ouargla, sous la direction de Madame **Samia BISSATI**, et Monsieur **Abdelmadjid CHEHMA**, Professeurs à l'université de Ouargla, à qui j'adresse mes remerciements pour les orientations, tout au long de ce travail.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur **Hamid CHELOUFI**, Professeur à l'université de Ouargla, qui m'a honoré de présider le jury.

Mes sincères remerciements vont à :

Monsieur **Djamel BAALI-CHERIF**; Professeur à l'E.N.S.A. d'Alger,

Monsieur **Youcef HALIS;** Maître de conférences au C.R.S.T.R.A. de Touggourt,

et à Monsieur **M'Hamed BOUALLALA ;** Maître de conférences à l'université d'Adrar,

qui m'ont fait un grand honneur en acceptant d'être membre de ce jury.

Mes vifs remerciements vont aussi à mes amis et collègues **Afifa** et **Raouf**,

Rouicha, **Hafida**, **Soumia**.

Enfin, je ne pourrais finir ces remerciements sans penser à ma famille dont l'encouragement et le soutien et surtout les sorties sur terrain ont contribué à l'aboutissement et à la finalisation de ce travail.

A Tous ceux et celles qui ont participé de prés ou de loin à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de ma considération

Liste des abréviations

Sigles

APG: Angiosperm Phylogeny Group.

CDER: Centre de Développement des Energies Renouvelables.

O.I.V.V : Organisation Internationale de la Vigne et du Vin.

S. I. FOR: Système d'Information Forestier.

Botanistes

Brenan: Tohn Patrick Micklethwait-Brenan **(1917-1985).**

Florentin Giuseppe Radd: selon DOMMERGUES et *al*. (1999), le nom de l'arbre *Acacia raddiana* a pris son origine du nom du botaniste **(1770-1829)**.

Forssk.: Pehr Forsskal **(1732-1763).**

Hayne: Friedrick Gott lob Hayne **(1763-1832).**

L. : Carl von Linné **(1707-1778)**, en zoologie, on indique **Linnaeus.**

Savi: Gaetano Savi **(1769-1844).**

Webb: Philip Barker Webb **(1793-1854).**

Galasso: Gabriele Galasso **(1967-).**

Banfi: Enrico Augusto Banfi **(1948-).**

Kyal. : Bruce Kyalangalilwa **(1970-**).

Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre du tableau	Page
1	Les températures mensuelles (°C) entre 2007 et 2016 à Timimoun.	25
2	Les cumuls annuels des précipitations (mm) entre 2007 et 2016 à Timimoun.	26
3	Les cumuls mensuels des précipitations (mm) entre 2007 et 2016 à Timimoun.	26
4	Les vitesses mensuelles du vent (m/s) entre 2007 et 2016 à Timimoun.	28
5	Tableau récapitulatif des prétraitements germinatifs.	39

Liste des figures

Numéro de la figure	Titre de la figure	Page
1	Aire de répartition d'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan (LE FLOC'H et GROUZIS, 2003).	09
2	Planche descriptive d'un rameau feuillé florifère d'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan. (NONGONIERMA, 1978).	11
3	Fleur de *Vachellia raddiana* .	12
4	Fruit de *Vachellia raddiana*.	13
5	Epines de *Vachellia raddiana*.	13
6	Mensurations de *Vachellia raddiana à* Meguiden.	14
7	Profil racinaire de *Vachellia raddiana* en fonction de 3 classes d'âge ; jeune, moyen et adulte (HANNANI, 2011)	16
8	Représentation modélisée de l'effet de la perte en eau sur la structure de la paroi cellulaire (MOORE et *al.*, 2008).	18
9	Morphologie et anatomie de la rupture de dormance physique de *Rhus glabra* (Anacardiacées) d'après BASKIN et *al*. (2000)	21
10	L'effet de l'incendie sur les téguments de *Rhus glabra* (Anacardiacées) d'après BASKIN et *al*. (2000).	21
11	Situation géographique de la région d'étude.	24
12	Répartition saisonnière des précipitations entre 2007 et 2016 à Timimoun.	27
13	Diagramme ombrothermique de la région de Timimoun entre 2007 et 2016.	29
14	Climagramme pluviothermique d'Emberger de la région de Timimoun	30
15	Protocole expérimental des traitements des graines de *Retama raetam* par les extraits de *Vachellia raddiana*.	37
16	Stomates au niveau d'un fragment d'épiderme de la feuille cotylédonaire de *Vachellia raddiana* (GrX400).	42
17	Etats des ostioles foliaires cotylédonaires en fonction de la concentration du PEG et du temps.	43

18	Ouverture de l'ostiole en fonction de la concentration du PEG et du temps	44
19	Coupe transversale dans la tige de *Vachellia tortilis* (Forssk.) Galasso & Banfi subsp. *raddiana* (Savi) Kyal. & Boatwr. (Fabaceae) sans stress (GrX100).	46
20	Coupes transversales dans les tiges (Grx400) en fonction de la concentration du PEG et du temps.	47
21	Rapport C/D de la tige en fonction de la concentration du PEG et du temps	50
22	La strate sous jacente de *Vachellia raddiana* dans Oued Méguiden	46
23	Photos de quelques espèces de la strate sous jacente de *Vachellia raddiana* dans Oued Méguiden	51
24	Espèce *Retama raetam (Fabaceae)*	52
25 (a)	Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux des feuilles en fonction de différentes doses.	53
25 (b)	Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux des rameaux en fonction de différentes doses.	54
25 (c)	Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux de l'écorce en fonction des différentes doses.	55
25 (d)	Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux des racines en fonction de différentes doses.	56
25 (e)	Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux du mélange en fonction des différentes doses.	57
25 (f)	Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux du sol en fonction de différentes doses.	58
26	Histogramme des délais de germination des graines de *Retama raetam* en fonction des différents traitements	59
27	Histogramme des vitesses de germination des graines de *Retama raetam* en fonction des différents traitements	60
28	Teneurs des échantillons en polyphénols.	61
29	Cercle de corrélations des variables (ACP sur TG(%), TMG(j) et les polyphénols)	63
30	Représentation superposées des indices de germinations en fonction des traitements.	63
31	Dendrogramme de la CAH sur les coordonnées des échantillons sur les deux	64

	premiers axes de l'ACP en fonction des indices de germinations et des traitements	
32	**Graphique symétrique sur les coordonnées des échantillons sur les deux premiers axes de l'AFC en fonction des indices de germination et des traitements.**	**65**
33	**Graphique asymétrique sur les coordonnées des échantillons sur les deux premiers axes de l'AFC en fonction des indices de germination et des traitements**	**66**
34	**Effet des prétraitements sur le taux de germination des graines de *Vachellia raddiana*.**	**69**
35	**Effets du prétraitement à base de solution de *Capsicum* sur le taux de germination des graines de *Vachellia raddiana.***	**70**
36	**Effets de la combinaison du prétraitement (Sable/*Capsicum*) sur le taux de germination des graines de *Vachellia raddiana***	**71**
37	**Effets de la combinaison du prétraitement (Sable/H_2SO_4) sur le taux de germination des graines de *Vachellia raddiana.***	**72**
38	**Effet des prétraitements sur le délai de germination.**	**73**

TABLE DES MATIÈRES

Résumés

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale……. 2

Partie1 : Esquisses bibliographiques **5**

Chapitre1. Présentation de l'espèce végétale étudiée…….. 6

1.1. Description systématique…… 6

1.1.1. La famille des Fabacées……. 6

1.1.2. La sous famille des Mimosacées …….. 7

1.1.3. Le genre *Vachellia*…….. 7

1.1.4. L'espèce *Vachellia raddiana* …….. 7

1.1.5. L'écologie de *Vachellia raddiana*…….. 8

1.2. Description floristique de l'espèce…….. 10

1.2.1. Les feuilles ……. 10

1.2.2. Les fleurs et inflorescences …… 12

1.2.3. Les fruits …… 12

1.2.4. Les épines …….. 13

1.2.5. Le tronc et l'écorce……. 14

1.2.6. Les racines ……. 15

1.3. L'utilisation de l'espèce et son intérêt phytothérapeutique …… 16

Chapitre 2. Le stress abiotique…….. 18

Chapitre 3. L'hormèse et l'allélopathie stimulatrice de *Vachellia raddiana*…… 19

Chapitre 4. La dormance tégumentaire…… 20

Partie2 : Matériel et méthodes **23**

Chapitre 1. Présentation de la région d'étude…….. 24

1.1. Situation géographique …….. 24
1.2. Traitements des données climatiques…… 24
1.2.1. Les températures…… 25
1.2.2. Les précipitations …….. 26
1.2.3. Les vents……. 27
1.2.4. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen 1953……. 28
1.2.5. Climagramme pluviothermique d'Emberger 1932……..….. 29
Chapitre 2.Effets de la déshydratation (Stress hydrique) sur la cytologie et l'histologie des jeunes plants de *Vachellia raddiana*…… 31
2.1. Matériel végétal …….. 31
2.2. Substrat …… 31
2.3. Potentiel osmotique (Sécheresse osmotique)…… 31
2.4. Paramètres étudiés…… 32
Chapitre 3. Effets des extraits aqueux de *Vachellia raddiana* sur les graines de *Retama raetam* (Fabaceae)…… 32
3.1. Matériel allélopatique potentiel…… 33
3.1.1. Matériel végétal…….. 33
3.1.2. Matériel inorganique (Sol)……. 34
3.1.3. Matériel récepteur (Graines de *Retama raetam*)……... 34
3.2. Préparation de l'extrait aqueux (solution mère)…….. 34
3.2.1. Préparation des solutions filles……... 34
3.2.2. Témoins…….. 35
3.2.3. Incubation……... 35
3.4. Paramètres étudiés…….. 35
3.4.1. Indices de germination des graines de *Retama raetam*…… 35
3.4.2. Dosage des polyphénols totaux ……. 36
3.5. Traitement statistique des résultats……... 36
Chapitre 4. Traitement pour lever la dormance tégumentaire des graines de *Vachellia raddiana*…… 38
4.1. Les graines de *Vachellia raddiana*…… 38
4.2. Traitements pré-germinatifs……... 38
4.3. Paramètres étudiés……... 40

4.3.1. Taux de germination …….. 40
4.3.2. Délai de germination…….. 40
4.4. Traitement statistique des résultats……... 40

Partie3 : Résultats et discussion **41**

Chapitre 1. Effet de la déshydratation (Stress hydrique) sur l'anatomie des jeunes plants de *Vachellia raddiana*…… 42
1.1. Surface d'échanges gazeux…….…….. 42
1.2. Rapport histologique au niveau de la tige……. 45
Chapitre 2. Effet des extraits aqueux de *Vachellia raddiana* sur la germination des graines de *Retama raetam* (Fabaceae)…….……... 49
2.1. Taux de germination…….…… 52
2.1.1. Feuilles……...……..... 53
2.1.2. Rameaux……...….. 54
2.1.3. Ecorce……. ……... 55
2.1.4. Racines…… 56
2.1.5. Mélange……..…… 57
2.1.6. Sol…….…… 58
2.2. Délai de germination……... 59
2.3. Temps moyen de germination (TMG%)…….…. 60
2.4. Teneurs en Polyphénols…….. 61
Chapitre 3. Alternatives pour lever la dormance tégumentaire des graines de *Vachellia raddiana* (Fabaceae)…… 68
3.1. Taux de germination……..…… 68
3.2. Délai de germination……..…… 73
Conclusion et perspectives…… **77**
Références bibliographiques……..…….. **81**
Annexes…… **94**

Résumé

Caractérisation des propriétés d'adaptation anatomiques et physiologiques, au milieu saharien de *Vachellia tortilis* (Forssk.) Galasso & Banfi subsp. *raddiana* (Savi) Kyal. & Boatwr. (cas de Méguiden).

Ce travail a eu pour objectif d'établir une connaissance des propriétés anatomiques et physiologiques d'adaptation et de tolérance à la sécheresse de *Vachellia raddiana* appelé anciennement *Acacia raddiana*, un taxon à port arboré appartenant à la famille des Fabacées, qui lui ont permis sa progression et sa reproduction dans le Sahara algérien, milieu réputé pour ses conditions édapho-climatiques sévères. Pour parvenir à cette finalité, nous avons abordé 3 dispositifs :

Le premier, une simulation de stress par l'induction du PEG afin de permettre aux traits physiologiques de l'acclimatation de s'exprimer, appliquée sur des plantules de *Vachellia raddiana* âgées de huit semaines, en réalisant 3 niveaux de potentiel (0, -0.25 et -0.5 MPascal).

Le deuxième dispositif, a consisté à appliquer quatre concentrations d'extraits aqueux de *Vachellia raddiana* adulte (2 ; 1 ; 0.5 ; et 0.25%), sur les graines de *Retama raetam* et calculer leurs indices de germination. Enfin**, le troisième** a été consacré à l'étude du taux et de la durée de germination des graines de *Vachellia raddiana* sous l'effet du prétraitement germinatif.

Les résultats obtenus ont indiqué que l'espèce *Vachellia raddiana* est caractérisée par un pouvoir d'ajustement osmotique face au stress hydrique en manifestant une tolérance vis-à-vis du desséchement. En effet, les ostioles ont décliné leurs ouvertures de 16.89±2.55 µm face au stress, le plus faible étant à 4.21±0.4 µm après application du stress extrême. Selon notre essai, la plantule présente une « tolérance » anatomique au niveau de l'ostiole, qui a été entretenue durant les premières 24 heures après induction du stress S2 (Ψ_h à -0,25 bar), correspondant à une tolérance vis-à-vis de celui-ci. De même, pour le stress extrême Ψ_h à -0.5 bar, où la plante a présenté une biométrie faible du ratio Cortex/Diamètre de la tige durant toute l'expérience, qui a été causée par la sortie de l'eau et la déshydratation des parois de cellules, influant sur les dimensions de celles-ci.

Concernant, l'impact de la strate arborée sur la flore sous jacente, nos résultats ont révélé qu'en appliquant l'extrait du sol à 0.5% nous avons obtenu un taux de 13±1.48%. Il en est de même pour l'extrait pur de la totalité de la plante *Vachellia raddiana,* avec une teneur en polyphénols de 146.26 mg Equi. AG /g de MS, qui a présenté une certaine efficacité sur la germination des graines de *Retama raetam* avec 12±1.49% de graines germées.

Concernant le délai de germination, 50% de la totalité des traitements appliqués (physique, chimique et combiné) ont manifesté un temps semblable à celui du contrôle positif à savoir 3 jours.

Pour ce qui est du troisième aspect, nos résultats ont montré que le traitement combiné entre le sable et la solution de *Capsicum frutescens* L. diluée à 25%, a présenté le meilleur taux, à savoir 100% où la complémentarité de l'action abrasive du sable et l'action exothermique de la solution de piment, ont exprimé un effet additif positifs sur le taux de germination. Toutefois, le délai de germination n'a été amélioré que sous l'effet de la solution de *Capsicum* diluée à 25%.

A l'appui de ce qui a été cité précédemment, concernant les caractères d'adaptation du taxon au milieu saharien, et selon nos résultats, l'interaction de ces paramètres a permis à la plante une meilleure adaptation face à un élément crucial dans le milieu saharien à savoir la déshydratation, et ceci durant les phases juvénile, adulte et latente de son cycle de vie.

Mots clés : *Vachellia raddiana*, stress hydrique, ajustement osmotique, extrait aqueux, polyphénols, germination, *Retama raetam*, Méguiden.

Abstract

Characterization of the anatomical and physiological properties of adaptation, in saharan area of *Vachellia tortilis* (Forssk.) Galasso & Banfi subsp. *raddiana* (Savi) Kyal. & Boatwr. (case of Meguiden).

This work aimed to establish an anatomical and physiological properties and drought tolerance of *Vachellia raddiana* called formerly *Acacia raddiana*, which is a taxon with raised stately belonging to Fabaceae family, that allowed it to progress and to reproduce in the algerian Sahara; environment known for its severe edaphic and climatic conditions. To achieve this end, we have approached 3 aspects:

The first, a stress simulation by induction of PEG to allow the physiological traits of acclimatization to express, applied on *Vachellia raddiana* seedlings aged of eight weeks, achieving 3 levels of potential (0, -0.25 et -0.5 MPascal).

The second aspect**,** consisted of applying four concentrations of aqueous extracts of *Vachellia raddiana* adult (2; 1; 0.5; and 0.25%), on the seeds of *Retama raetam* and calculate their germination indices. Finally**, the third** was devoted to study of the rate and duration of *Vachellia raddiana*'s seeds germination under the effect of pretreatment.

The results obtained indicated that the species *Vachellia raddiana* is characterized by an osmotic adjustment capacity face of water stress by showing a tolerance towards the desiccation. In fact, the stomas declined their openings from 16.89 ± 2.55 µm face of stress, the weakest being at 4.21 ± 0.4 µm after application of extreme stress. According to our test, the seedling has an anatomical "tolerance" in the stoma, which was maintained during the first 24 hours after induction of stress S2 (Ψ_h at -0.25 bar), corresponding to a tolerance vis-à-vis to this level. Similarly for extreme stress Ψ_h at -0.5 bar, where the plant exhibited a low Cortex /Diameter ratio of the stem biometrics throughout the experiment, which caused by water withdrawal and dehydration of cell wall, influencing their size.

Regarding the impact of the tree on the underlying flora, our results revealed that by applying the soil extract at 0.5% we obtained a rate of 13 ± 1.48%. It is the same for the pure extract of the whole plant of *Vachellia raddiana*, with a content of 146.26 mg Equi. AG / g MS in polyphenols, which showed some efficiency on seed germination of *Retama raetam* with 12 ± 1.49% germinated seeds.

Concerning the delay of germination, 50% of the totality of the applied treatments (physical, chemical and combined) showed a time similar to the positive control namely 3 days.

Regarding the third aspect, our results showed that the combined treatment between sand and *Capsicum frutescens* L. solution diluted at 25%, presented the best rate which is 100%, where the complementarity between the abrasive action of the sand and the exothermic action of the *Capsicum* solution, expressed a positive additive effect on the germination rate. However, the germination time was only improved by the 25% diluted *Capsicum* solution.

In support to the abovementioned, concerning the adaptation characteristics of the taxon in the saharan environment, and according to our results, the interaction of these parameters allowed the plant to a better adaptation to a crucial element in the saharan area, namely dehydration, during the juvenile, adult and latent phases of its life cycle.

Key words: *Vachellia raddiana*, water stress, osmotic adjustment, aqueous extract, polyphenols, germination, *Retama raetam*, Meguiden.

مُلخَّـــص

توصيف خصائص التكيف التشريحية والفيزيلوجية للطلح *Vachellia tortilis* (Forssk.) Galasso & Banfi subsp. *raddiana* (Savi) Kyal. & Boatwr. في البيئة الصحراوية (حالة مْقِيدْن)

كان الهدف من هذا العمل هو فهم للخصائص التشريحية والفيزيولوجية للتكيّف وتَحَمُّل الجفاف عند *Vachellia raddiana* المسماة قديما *Acacia raddiana* ، و هي من بين الأشجار التي تنتمي للعائلة الفوليّة *Fabaceae* ، هذه الخصائص التي سمحت لها بالنمو والتكاثر في الصحراء الجزائرية ، وهي وسط معروف بظروفه المناخية والبيئية الشديدة. لتحقيق هذه الغاية، قمنا باستعراض 3 جوانب :

الأول، محاكاة الإجهاد عن طريق إحداث PEG للسماح للسّمات الفسيولوجية للتأقلم بالظهور، و ذلك بتطبيقه على شتلات *Vachellia raddiana* ذات ثمانية أسابيع من العمر ، وتجريب 3 مستويات من القوة الاجهادية (0 ، -2.5 و - 0.5 MPascal).

الثاني يتألف من تحقيق أربعة تراكيز من المستخلصات المائية ل *Vachellia raddiana* البالغة(2 ;1;،0.5 و 0.25 ٪) و تطبيقها على بذور *Retama raetam* وحساب مؤشرات الإنتاش. وأخيرا، تم تخصيص الجانب **الثالث** لدراسة معدل ومدة إنتاش بذور *Vachellia raddiana* تحت تأثير المعالجة الإنتاشية.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن النوع *Vachellia raddiana* يتميز بقدرة التعديل الأسموزي في مواجهة الإجهاد المائي من خلال إظهار مرونة تجاه الجفاف. في الواقع، انخفضت أبعاد الثغور من 16.89 ± 2.55 ميكرومتر في مواجهة الإجهاد ، إلى 4.21 ± 0.4 ميكرومتر بعد تطبيق الإجهاد الشديد. وفقا للإختبار الذي أجريناه ، فإن الشتلات تتميز ب "توازن" تشريحي على مستوى الثغور، والذي تمت المحافظة عليه طيلة ال 24 ساعة الأولى بعد تطبيق الإجهاد S2 (Ψ_h = -0.25 بار). وبالمثل، بالنسبة للإجهاد الأعلى Ψ_h الذي يعادل -0.5 بار ، حيث أن النبتة قد أظهرت قياسًا بيولوجيًا ضعيفًا في نسبة قشرة / قطر الساق طيلة التجربة ، والذي كان سببه خروج المياه وجفاف جدران الخلايا، مما أثَّر على أبعادها.

فيما يتعلق بتأثير الشجرة على الطبقة السفلية للفلورا، أظهرت نتائجنا أنه بتطبيق مستخلص التربة بنسبة 0.5٪ حصلنا على معدل 13 ± 1.48٪ من انتلش البذور . و بالمثل فيما يخص المستخلص الخام من نبات *Vachellia raddiana*، الذي احتوى على 146.26 MS g / AG Equi.mg من متعدد الفينولات، والذي أظهر بعض الكفاءة في إنتاش بذور *Retam raetam* ب 12 ± 1.49 ٪ من مجموع البذور المنتشة.

فيما يتعلق بمدة الانتاش، أظهرت نسبة 50٪ من مجمل العلاجات الا نتاشية(الفيزيائي،الكيميائي و المشترك) زمنًا مشابهًا للشاهد الإيجابي وهو 3 أيام.

فيما يتعلق بالجانب الثالث ، أظهرت نتائجنا أن المعاملة المشتركة بين الرمل و محلول *Capsicum* المخفف إلى 25٪ ، عرض أفضل معدل للانتاش و هو 100٪ حيث أن تكامل عمل المادة الكاشطة للرمل و كذا الحرارة لمحلول الفلفل الحار ، أظهر تأثيرًا إيجابيًا على معدل الإنتاش. ومع ذلك، تم تحسين وقت الإنبات عن طريق محلول الفلفل الحار المخفف 25٪ فقط.

ودعماً لما سبق ، فيما يتعلق بخصائص تكيُّف هذا الصنف في البيئة الصحراوية ، ووفقاً لنتائجنا ، فإن تـداخل هذه المعطيات قد أتاح للنبات أن يتكيف بشكل أفضل مع عنصر حاسم في البيئة الصحراوية وه و الجفاف ، وهذا خلال كل مراحل دورة حياة النبات و المتمثلة في مراحل الشتلة ، البلوغ ومرحلة السُّكون.

كلمات مفتاحيّة: *Vachellia raddiana*، إجهاد مائي، تعديل أسموزي، مستخلص مائي، بوليفينول، إرتّاش ، *raetam* *Retama*، مُقِيدْن.

Introduction

Introduction générale

L'Algérie, vaste pays africain, se trouve menacé par une multitude de contraintes écologiques liées d'une principalement aux caractéristiques innées du biotope. En raison du pourcentage important qu'occupe l'écosystème saharien en Algérie, défini comme étant une unité fonctionnelle selon **MONOD (1992**), et à cause de l'expression timide et le peu de végétation au Sahara, cet aspect de vie végétale se trouve présenté en mode contracté dans les lits des Oueds, en disposition linéaire. Parmi ces contraintes, demeure la désertification, présentant un péril pour l'Algérie, conditionnée par un couvert végétal faible et une corrélation entre le repeuplement et la pluviométrie **(BENSAID et *al.*, 1996)** , accentuée par la longue durée de la dynamique de la végétation dans les écosystèmes arides et semi-arides **(WIEGAND et JELTSCH, 2000)**, engendrant dans une étape ultime une lenteur de la régénération naturelle des plantes spontanées. Cet écosystème éremien (mot associé selon MONOD au nom d'une discipline scientifique appelée l'érémologie) est défini par des conditions physiques très difficiles. A cet effet, il est caractérisé par des ressources hydriques composées essentiellement par des eaux en fossile et des précipitations rares et irrégulières, d'importantes amplitudes thermiques, ainsi qu'une évaporation élevée amplifiée par des vents soufflant presque toute l'année **(DUBIEF, 1963), (KASBADJI, 1999).**

Dans ce contexte, l'existence de formations d'arbres se développant naturellement dans le Sahara septentrional est très rare **(CHOPRA et *al.*, 1960)**. Parmi ce cortège floristique saharien particulier, *Vachellia raddiana* est l'un des rares ports arborés pouvant atteindre 12 m de hauteur **(DEPOMMIER, 1991)**, **(DIAGNE, 2003)** et 2,4 m de circonférence du tronc **(HANNANI, 2011)**.En Algérie, et selon **NONGONIERMA (1978)**, cette essence a une aire de répartition s'étalant sur les régions du Sahara occidental (Touat et Saoura) et central (Tidikelt et Hoggar).

Vachellia raddiana est une espèce, réputée pour son pouvoir de fixation d'azote atmosphérique **(DOMMERGUES et *al.* ,1999), (CAMPA et *al.*, 2000),** et pour son caractère phréatophyte typique **(DOMMERGUES et *al.*, 1999), (WARD, 2009)**, qui lui permet de faire face au déficit hydrique en exploitant l'eau de la nappe phréatique, malgré les profondeurs importantes de celle-ci. En outre, l'espèce est connue pour son efficacité dans la fixation biologique des formations éoliennes **(MANZO et *al.*, 2009).** Cependant, le taxon à l'image de la plupart des Fabacées se trouve confronté à un trait physioécologique ralentissant sa propagation. En effet, les téguments de leurs graines sont imperméables à l'eau et à

l'oxygène et nécessitent une scarification permettant leur imbibition et par la suite leur germination (**BARKOUDAH et VAN DER SAR, 1982),** (**DANTHU et *al.*, 2003).** Dans le but de la reconstitution du couvert végétal dans les zones dégradées au Sahara central dans le territoire algérien, des recherches ont été lancées sous forme de projet scientifique **(ABDELLAOUI et *al.*, 2000).**

La notion structuro-fonctionnelle chez les plantes selon **LEVITT (1972) in ANNEROSE (1990)**, est dictée par le phénomène de l'adaptation de la plante ou une partie d'elle vis-à-vis de la sécheresse ce qui engendre 2 grands types d'adaptations ;

- Arido-passive, concernant la plante vivace géophyte ; hémichryptophyte, qui limite sa croissance. concernant la graine (Ombro-éphèmere).
- Arido active, concernant la plante xérophyte: caractérisée par une microphyllie ou aphyllie où la modification est exprimée par une réduction foliaire, position des stomates ainsi qu'un dépôt de la cuticule.

Le xéromorphisme ainsi que le caractère phréatophyte de *Vachellia raddiana* se traduisent par des modifications relatives à ses traits morphologiques, anatomiques et chimiques **(MARIAUX, 1975), (OZENDA, 1991), (SAADOUN, 2002), (KADI-BENNANE et *al.*, 2003), (DENDEN et *al.*, 2005), (SAADOUN, 2005), (LOGBO et *al.*, 2006)**, **(MAHAMANE et MAHAMANE ,2009), (WARD, 2009)**, **(ZAMAN et PADMESH, 2009).**

Contrairement à ce que laissaient penser les climatologues concernant les modèles apocalyptiques et phénoménaux du changement climatique, des études récentes menées par l'équipe de **STEFAN KRÖPELIN** en **2008** dans le Nord du Sahara dans le pays du Tchad, ont révélé des scénarios loin d'être déplorables pour cette entité, en apportant de nouvelles informations sur le retour de la végétation dans cet espace aride de la planète. Dans ce contexte, le but de la conservation *in situ* des sites dégradés, nécessite impérativement l'étude de la végétation qui s'y développe et l'interaction entre les différentes strates composant cette végétation. Parmi ce cortège floristique, l'observation directe *de visu* relève le développement des espèces appartenant à la même famille que *Vachellia* et s'évoluant à proximité d'elle comme l'espèce *Retama raetam* qui est sujette, à l'instar des ligneux sahariens, à des pressions anthropiques à cause de son bois.

Cette étude a pour but de caractériser le développement de cette essence, en relevant différents aspects de cette adaptation et par la suite définir des paramètres d'étude du

comportement de ce taxon vis-à-vis du milieu ainsi que son impact allélopathique stimulateur probable sur sa strate sous jacente. Par conséquent, trois volets seront élucidés, à savoir :

1-l'anatomie de la plante au stade juvénile vis-à-vis d'un stress hydrique simulé,

2-La composition chimique des extraits de ses organes (en particulier leurs teneurs en polyphénols totaux) et leurs effets promouvoir potentiel sur la germination des graines de *Retama raetam* ; espèce de la même famille botanique et appartenant à sa strate sous jacente,

3-enfin la physiologie de ses graines.

Dans la partie 1, une esquisse bibliographique sur *Vachellia raddiana* est présentée.

- La partie 2, sera consacrée à décrire la démarche expérimentale et la méthodologie instaurée.
- L'interprétation des résultats obtenus ainsi que leur discussion seront rapportées dans la partie 3.

Partie1

Esquisses bibliographiques

Chapitre 1. Présentation de l'espèce végétale étudiée

1.1. Description systématique

1.1.1. La famille des Fabacées

La famille des Fabacées regroupe des plantes dicotylédones à intérêt économique mondiale. Elle compte des espèces alimentaires, fourragères et ornementales. Le caractère commun entre les espèces appartenant à ce groupe est la présence de fruit ou gousse bivalve. Anciennement connu sous l'appellation de légumineuses, ce groupe est considéré -après les Astéracées- comme étant la seconde famille des Eu-dicotylédones. **ROLLET (1992),** affirme que les espèces de Fabacées sont cosmopolites et que la famille possède des représentants dans tous les types biologiques. Dans d'autres citations, la notion de superfamille est remplacée par celle d'« ordre », par conséquent l'ordre de légumineuses se répartit en trois familles : les Mimosacées, les Césalpiniacées et les Fabacées, dont la plupart sont des espèces fixatrices d'azote et qui ont une importance sur le plan économique **(HOPKINS, 2003).** D'autre part, **GUIGNARD et DUPONT (2004)** signalent que les Fabacées forment une super famille, divisée à son tour en trois familles ; les Faboidées, les Césalpiniacées et les Mimosacées.

Les Faboidées ou Papilionacées sont nommés ainsi à cause de la forme de leurs corolles, les fleurs sont zygomorphes et les espèces sont généralement herbacées. Par contre, les Césalpiniacées et les Mimosacées présentent un port globalement arboré ou lignifié. On retrouve au niveau des racines des Fabacées, des microorganismes symbiotiques qui interviennent dans leur nutrition, dont les bactéries appartenant au genre *Rhizobium*, formant des excroissances racinaires appelées communément nodosités ou nodules, ainsi que des champignons endomycorhiziens à vésicules et arbuscules (MVA) développant des structures intra et extra racinaires **(CORNET et DIEM, 1982).** Prés de 90% des espèces de Papilionacées et de Mimosacées et plus de 30% des Césalpiniacées sont pourvues de nodosités, ceci montre que la fixation de l'azote est un phénomène fréquent, mais non obligatoire, de la nutrition des plantes de cette super famille **(BA, 2008).** En revanche, Il faut noter que dans la nature, d'une façon générale, il est difficile d'observer les nodules sur les racines des arbres **(DE LAJUDIE et *al*., 1996).** Cette super famille est caractérisée par un ovaire formé d'un seul carpelle qui se transforme en un fruit d'un type particulier, appelé gousse. C'est un fruit sec, déhiscent par deux fentes longitudinales dont l'une suit le bord ventral et l'autre la nervure dorsale **(OZENDA, 1977).** Cependant, les caractères floraux représentent le principal élément distinctif entre les 3 groupes.

1.1.2. La sous famille des Mimosacées

En effet, les Mimosacées possèdent une corolle régulière, formée de 4-5 pétales et de très nombreuses étamines. Les fleurs sont actinomorphes (régulières), possédant plusieurs plans de symétrie. Les genres les plus importants, du point de vue représentativité, sont ceux des *Acacias* et *Mimosas*. Cependant les *Cassias* représentent un genre important de la sous famille des Césalpiniacées à fleurs zygomorphes **(OZENDA, 2000).**

1.1.3. Le genre *Vachellia*

Le genre comprend environ un millier d'espèces **(OZENDA, 2000).** Ce sont des espèces tropicales et subtropicales. Une seule espèce *Acacia raddiana* vit au Sahara septentrional alors que *Acacia raddiana* et *Acacia ehrenbergian* peuplent le Sahara central caractérisant ainsi la « savane à Acacia-Panicum ». Le nombre d'espèces, selon **VASSAL (1993)**, varie de 1300 à 1400 et sont pour la plupart australiennes.

Concernant les espèces africaines, **LE FLOC'H et GROUZIS (2003)** signalent l'existence de 155 taxons spontanés du genre *Acacia*, reconnus par **LOCK (1989)** en Afrique. Elles sont essentiellement adaptées aux conditions de l'environnement aride et semi-aride, spécialement le déficit hydrique **(CAMPA et *al.*, 2000).** La nomenclature botanique de ce genre a été actualisée en substituant le genre « *Acacia* » par « *Vachellia* » selon **DYER DIRECTOR, (2014).**

1.1.4. L'espèce *Vachellia raddiana*

Selon **ARBONNIER (2002)**, l'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne *ssp. raddiana* (Savi) Brenan, fait partie des Mimosacées, ayant comme synonyme *Acacia raddiana Savi*, *Acacia fasciculata*, et avant d'être classée comme espèce indépendante, *Acacia raddiana* était considérée comme variété ou sous- espèce de *Acacia tortilis* appelée « ombrella tree » à cause de la forme de sa couronne, avec la distinction des sous espèces correspondant à des zones écologiques différentes :

- subsp. *tortilis*, Sahel, Moyen Orient,
- subsp. *raddiana* (Savi) Brenan var. *pubescens*, Soudan, Moyen-Orient, Sahel,
- subsp. *spirocarpa* (Hochst.) Brenan var. *spirocarpa*, Afrique de l'Est, Soudan,
- subsp. *spirocarpa* (Hochst.) Brenan var. *crinita*,
- subsp. *heterocantha* (Burch.) Brenan : Afrique du Sud.

D'après **DOMMERGUES et *al*. (1999)**, le nom de l'arbre *Acacia raddiana* a pris son origine du nom du botaniste Florentin Giuseppe Radd (1770-1829). *Acacia raddiana* se différencie des autres *Acacias* par l'existence des épines stipulaires brunes mesurant 1.5 - 2 cm. L'espèce *raddiana* forme des peuplements caractéristiques des zones arides et semi arides associée à *Pistacia atlantica*, constituant ainsi une formation caducifoliée de type pré-désertique ou pré-steppique **(QUEZEL et MEDAIL, 2003).**

La nomenclature botanique de cette espèce a été actualisée au niveau du genre. De ce fait, la plante étudiée dans ce document sera citée comme suit : *Vachellia tortilis* (Forssk.) Galasso & Banfi subsp. *raddiana* (Savi) Kyal. & Boatwr. (**LE FLOC'H et *al*. 2010), (KYALANGALILWA et *al*., 2013),** (**DYER DIRECTOR, 2014), (BOATWRIGHT, 2015).**

1.1.5. L'écologie de *Vachellia raddiana*

Le taxon est présent de l'Arabie méridionale à l'Afrique orientale allant jusqu'au Sénégal **(BATANOUNY et BAESHIN, 1982)**. Il est réputé pour son caractère xérophyte supportant des milieux déficitaires en eau avec une pluviométrie de l'ordre de 50 mm, il exprime aussi une résistance aux importantes différences de températures **(VASSAL, 1996)**.

D'après **LE FLOC'H et GROUZIS (2003)**, ce taxon, de très large répartition, est présent à la fois sous bioclimat tropical sec et aride du Sahel et du Sahara, mais également sous bioclimat méditerranéen aride et semi-aride. Le taxon présente une plasticité envers l'altitude, allant de 0 (le niveau de la mer au Sénégal), jusqu'à 2100 m dans l'Ahaggar, bien qu'à cette altitude les sujets deviennent chétifs. Dans les notes de MAIRE, l'espèce a été rencontrée fréquemment, lors de la mission de l'auteur en 1933, dans les lits sablonneux-limoneux et pierreux des Oueds et les zones d'épandage, montant aussi dans le massif du Hoggar, où il est appelé « Abser », juste vers 1800-1900 m, et exceptionnellement, par pieds isolés et buissonnants, jusqu'à 2100 m. Par ailleurs, le taxon est absent, de façon quasi absolue, de la zone «extrêmement aride », où elle n'occupe que les lits d'Oueds et quelques dépressions. En effet, *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* ne fait donc défaut que dans les zones hyperarides et dans les grands Ergs du Sahara septentrional du Sud algérien et Sud tunisien **(Figure 1).** Sa limite vers le nord se situe, exception faite du peuplement de Bled Talah, en Tunisie aride sur le revers septentrional du Tademaït et de la Hammada de Tinhert **(LE FLOC'H et GROUZIS, 2003).**

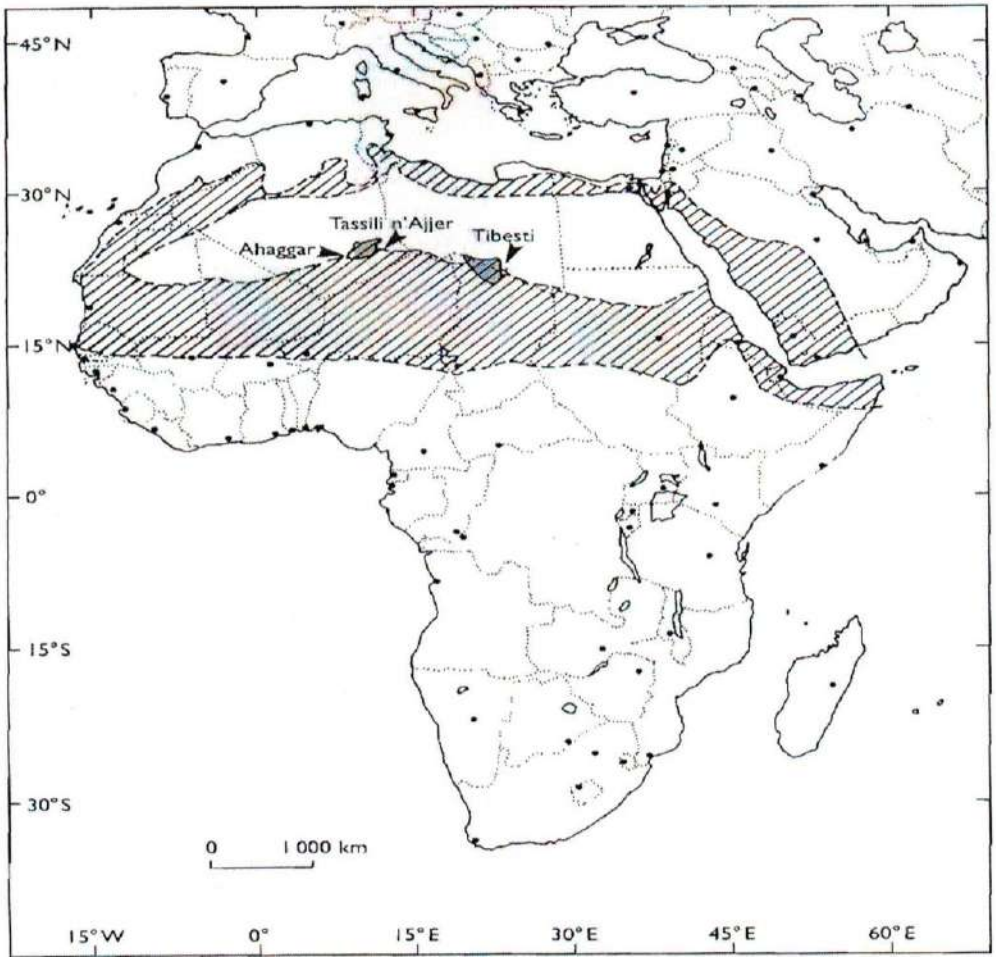


Figure 1 : Aire de répartition d'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan (LE FLOC'H et GROUZIS, 2003).

Par conséquent, l'espèce est classée selon **CHADE et REVEAL (2009)** comme suit:

- Règne : Plantes
- Embranchement : Spermatophytes
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Sous classe : Résidées
- Ordre : Rosales
- Famille : Fabacées
- Sous famille : Mimosacées
- Genre : *Acacia*, synonyme
- Espèce : *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne
- Subsp : *Acacia raddiana* (Savi) Brenan

1.2. Description floristique de l'espèce

1.2.1. Les feuilles

Les *Acacias* présentent des feuilles bipennées (deux fois divisées) : la nervure centrale porte d'autres paires de nervures latérales appelées pennes portant des paires de folioles. La phyllotaxie des feuilles est de type alterne **(OZENDA, 1991).** Le stade phénologique de l'espèce *Acacia raddiana* a fait l'objet d'une recherche réalisée par **DIOUF et ZAAFOURI (2003),** où ils ont suivi les phases de la feuillaison, floraison et fructification. Les observations ont été réalisées pendant les périodes respectives de juin 1993 à juillet 1994 pour les sites tunisiens (Nord du Sahara) et de juin 1993 à octobre 1994 pour les stations sénégalaises (Sud du Sahara). Ces deux zones représentent respectivement les limites Nord et Sud de l'aire de répartition du taxon. Il est intéressant de noter que plusieurs facteurs endogènes et exogènes déterminent et contrôlent ces phénoplastes entres autre l'état hydrique interne de la plante influant à son tour la tension de la sève et sa circulation. La dynamique de la réserve hydrique du sol donc les facteurs édaphiques ainsi que les variations climatiques ont présenté des corrélations avec les facteurs génotypiques.

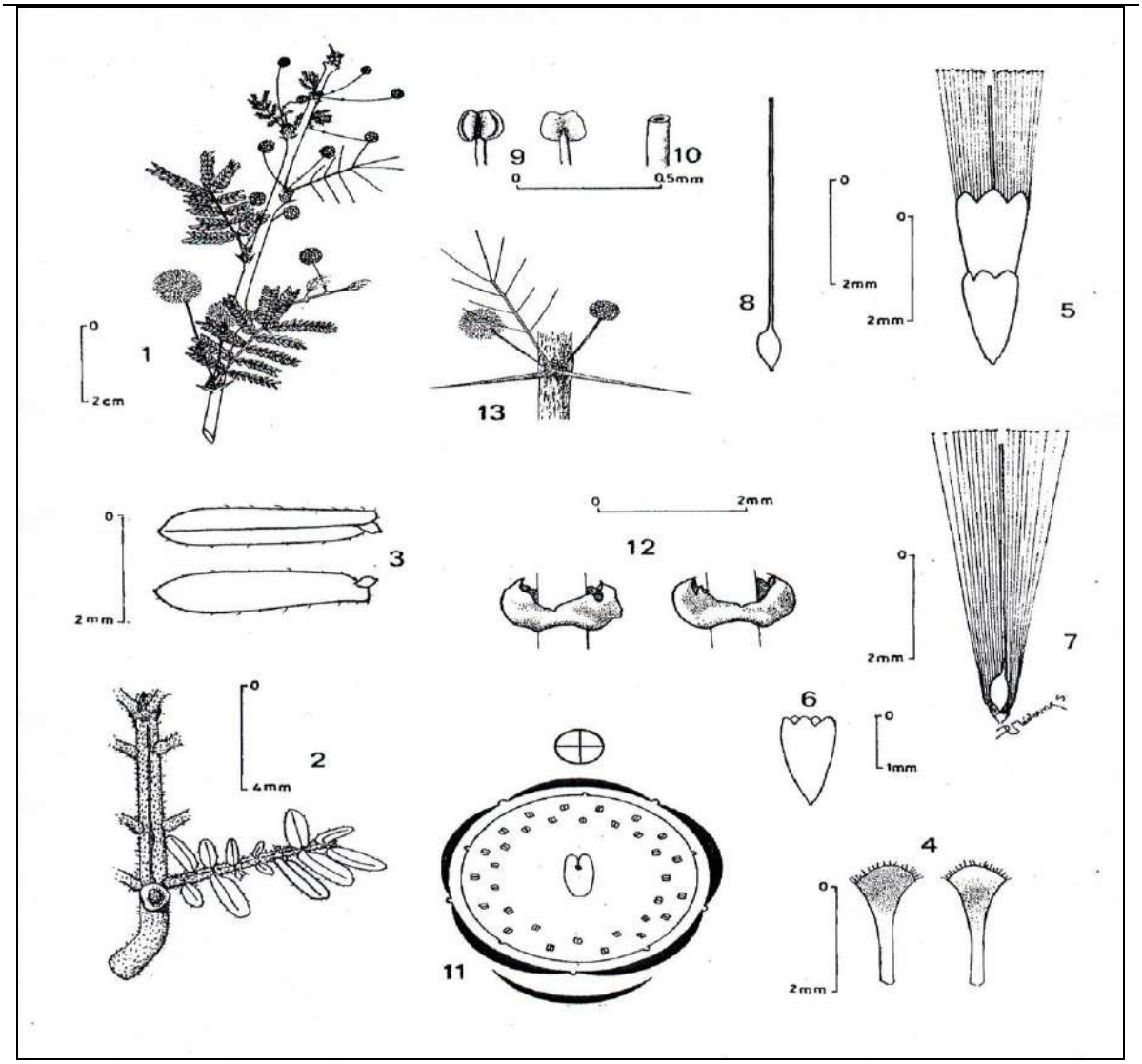


Figure 2 : Planche descriptive d'un rameau feuillé florifère d'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan. (NONGONIERMA, 1978).

- 1) Rameau feuillé florifère.- 2) Détail d'une feuille montrant les morphologies du pétiole et de sa glande, du rachis principal et de ses quatre paires de pennes et des folicolules vue de dessous et de dessus.- 3) Morphologie d'une folicolule vue de dessous et de dessus.- 4) Morphologie d'une bractée florale vue de dessous et de dessus.- 5) Fleur épanouie.- 6) Calice.- 7) Androcée et gynécée.- 8) Gynécée.- 9) Etamine : anthère et filet vus de face et de dos.- 10) Extrémité du style et stigmate.- 11) Diagramme floral. - 12) Morphologie de la bractée du glomérule inflorescentiel sur son axe, vue de dos et de face.- 13) Portion de rameau florifère montrant les dispositions respectives des deux épines stipulaires, de la feuille et de deux glomérules inflorescentiels.

1.2.2. Les fleurs et inflorescences

Elles sont regroupées en capitules denses, de 1 à 2 cm de diamètre et sont portées par des pédoncules **(Figure 2).** Elles sont presque glabres **(BARKOUDAH et VAN DER SAR, 1982), (HANNANI, 2011).**

La fleur de l'espèce est régulière, avec une corolle à 5 pétales réduits **(Figure 3a)**. Les étamines sont très nombreuses et libres entre elles **(Figure 3b)** avec des filets longs **(Figure 3c).**

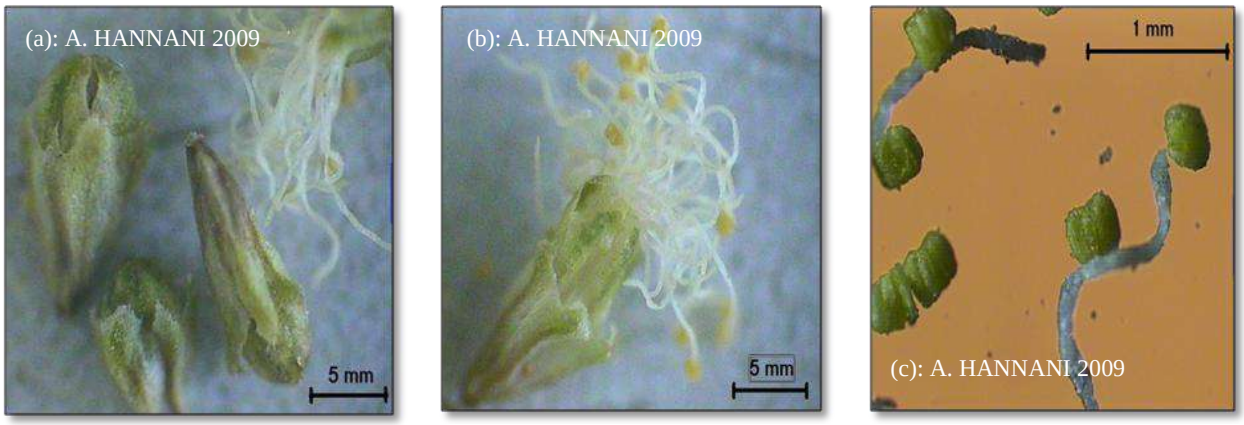


Figure 3 : Fleur de *Vachellia raddiana*

(a): Fleurs isolées (GrX40), (b): Etamines émis par une fleur de *Vachellia raddiana* (GrX40), (c): Anthères (sacs polliniques) de *Vachellia raddiana* portés par leurs filets (GrX400).

1.2.3. Les fruits

Les fruits sont des gousses spiralées **(Figure 4a)** renfermant les graines. Chaque fruit **(Figure 4b)** contient jusqu'à 10 graines brunes, ovales. Le fruit est issu d'un ovaire monocarpelé. Etant donné que le fruit sec est déhiscent, la déhiscence se fait par la ligne de suture du carpelle et la nervure dorsale.

La graine est caractérisée par une dormance (inhibition) tégumentaire **(DANTHU et *al.*, 2003)**,**(JOUADI et *al.*, 2010), (BENBADA, 2013), (HANNANI et *al.*, 2016)**.

Figure 4 : Fruit de *Vachellia raddiana.*

(a) : Fruits sur des rameaux feuillus, (b): Gousses contenant les graines.

C'est-à-dire que si l'embryon possède une aptitude à germer, il suffira d'une fissuration ou scarification ponctuelle, pratiquée chimiquement ou physiquement, sur le tégument - qui est très dur - pour déclencher une germination épigée.

1.2.4. Les épines

C'est une espèce très épineuse (**Figure 5a).** Les épines sont de deux sortes, les unes sont longues, axillaires, droites et blanches, accompagnées par l'autre type qui sont des épines non axillaires, courbées et brunâtres, les premières peuvent atteindre plus de 10 cm, elles se disposent par paire (**Figure 5b)**. Le deuxième type d'épines regroupe celles stipulaires, arquées ou crochues, d'une couleur brune **(OZENDA, 1991)**, **(DOMMERGUES et *al.*, 1999), (HANNANI, 2011)**.

Figure 5 : Epines de *Vachellia raddiana*

(a): Rameaux épineux, (b): Les types d'épines.

Les longues épines ont pour rôle essentiel de cacher et protéger les petites feuilles de l'espèce contre les facteurs asséchants du milieu extérieur **(WARD, 2009)**.

1.2.5. Le tronc et l'écorce

Il peut être unique ou double. L'écorce est rugueuse et fissurée, elle est de couleur brune à marron foncé. L'espèce est classée parmi les arbres à moyenne hauteur **(Figure 6a)**. Elle est utilisée comme brise vent ou haie vive et notamment comme fixatrice de dunes **(DEPOMMIER, 1991)**, **(BENSAID, 1991), (DIAGNE, 2003)**. Elle est aussi une espèce à gomme **(LE FLOC'H et GROUZIS, 2003)**. La circonférence du taxon mesurée à 150 cm du sol varie selon la littérature de 50 à 100 cm. Néanmoins, dans quelques cas, et selon la disponibilité de l'eau, elle peut dépasser les 200 cm **(Figure 6b)**.

Figure 6 : Mensurations *de Vachellia raddiana à* Meguiden.

(a): Tronc de 2 m d'hauteur, (b): Tronc de 2.4 m de circonférence.

Toutefois, **LE FLOC'H et GROUZIS (2003)** rapporte que Adanson, signale avoir rencontré en 1884, à proximité de Rhédir El Talha, un individu de 4 m de circonférence. Par conséquent, les bandes ou cernes utilisées, normalement dans la déduction et l'estimation de l'âge de l'arbre, ne sont pas formées régulièrement **(GOURLAY et KANOWSKI, 1991), (HANNANI, 2011)**. Ceci est dû à la dormance du cambium qui rend difficile le recours à cette méthode. Dans cette même étude, les auteurs, en utilisant la méthode de datation, signalent que l'âge de l'*Acacia raddiana* varie de 200 à 650 ans.

La longévité de l'*Acacia raddiana* et le développement de la circonférence de son tronc sont dépondant des précipitations **(ANDERSEN et KRZYWINSKI, 2007).**

L'écorce de l'*Acacia raddiana* a des propriétés vermifuges et guérit les maladies de peau, elle est utilisée efficacement pour cicatriser les plaies. Le bois est utilisé comme bois de chauffe, charbon, de service, d'œuvre, d'artisanat, tannerie, et dans la fabrication des enclos pour les animaux.

1.2.6. Les racines

Selon **BENSAID et *al.*, (1996)**, le taxon est considéré comme étant le plus xérophile des angiospermes arborescentes, essentiellement par son système racinaire pivotant et très puissant, puisant l'eau en profondeur allant au-delà de 30 mètres. Le système racinaire de l'*Acacia raddiana* joue un rôle décisif dans le contrôle du niveau d'hydratation interne de l'individu. Cette constatation est évoquée par plusieurs chercheurs qui ont signalé l'activité floristique des populations dans les zones déficitaires, notamment les sites désertiques en saisons sèches où les plantes commencent à fleurir dans ces conditions édapho-climatiques sévères engendrant des déséquilibres entre le potentiel matriciel du sol et la tension de la sève. Le taxon est caractérisé par une croissance radiculaire rapide variant entre 0.15 cm par jour durant la période hivernale et 1.37 cm par jour durant l'automne **(BEN SALEM et *al.*, 2008)**.

Ces constatations ont orienté les scientifiques à suggérer, sans pour autant délimiter, un enracinement profond de l'espèce donnant accès à une nappe phréatique dans ces sols.

En effet, une recherche sur le système racinaire d'*Acacia tortilis* au Sénégal, révèle l'existence de trois types de racine **(LOGBO et *al.*, 2006)**. Le système racinaire de l'espèce est caractérisé par un pivot et des racines latérales (primaires et secondaires) de dimensions variables permettant de définir une unité structurale. L'état orthotrope du pivot et sa pérennité lui confèrent un rôle essentiel d'ancrage et d'exploration des horizons profonds du sol.

Les racines latérales primaires constituent des racines à direction principalement horizontale. Elles possèdent une très large extension latérale. Leur direction horizontale permet de définir leur spécialisation par rapport au pivot. Ce type de racines, par leur forme ainsi que leur direction, joue un rôle dans son édification et dans l'exploitation maximale du milieu, se retrouvant ainsi dans les différents horizons du sol.

Les racines latérales secondaires, représentées par une très faible proportion, sont portées par les racines latérales primaires. Elles contribuent également dans l'exploration du milieu et dans l'édification du système racinaire.

Cette double stratégie d'occupation du milieu permet à *Vachellia raddiana* d'exploiter à la fois les horizons superficiels et profonds du sol (**Figure 7).**

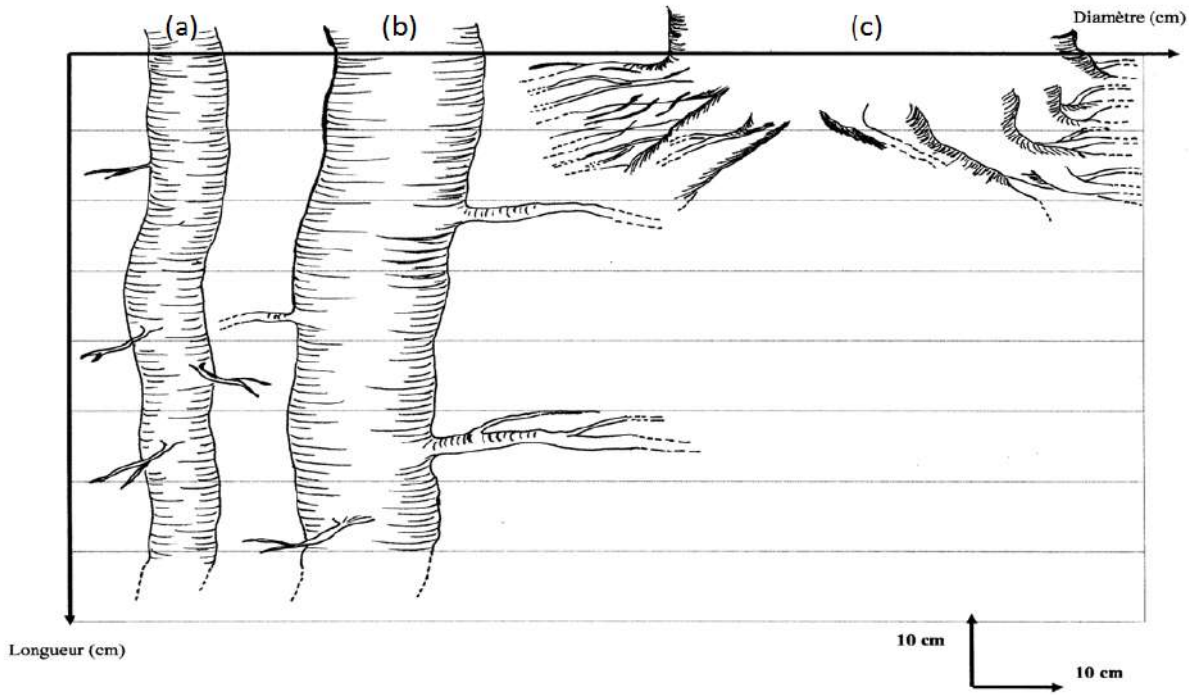


Figure 7: Profil racinaire de *Vachellia raddiana* en fonction de 3 classes d'âge ; jeune (a), moyen (b) et adulte (c) (HANNANI, 2011)

Toutefois, le système peut présenter parfois des courbures et prend alors un cheminement différent qui peut être dû à des obstacles, liés à la texture du sol.

Ces chercheurs ont constaté que la réduction de l'humidité édaphique stimule la croissance racinaire, ce résultat exprime l'état du sol dans ces régions. Ce même constat peut être extrapolé sur la zone saharienne.

1.3. L'utilisation de l'espèce et son intérêt phytothérapeutique

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

Les gousses et les feuilles sont utilisées, selon **LE FLOC'H et GROUZIS (2003)**, dans l'alimentation humaine de façon occasionnelle (en cas de disette), ainsi que l'alimentation du bétail **(RICHARD, 1989)**, **(KIEMA et *al.*, 2008)**. Cependant, elles sont utilisées dans les soins traditionnels **(S.I.FOR, 2009)**. En effet, Les feuilles, pilées avec du haricot, sont employées dans le traitement des dermatoses allergiques, des œdèmes et dans

certaines affections de la peau. Elles sont également utilisées dans les soins des cheveux, le traitement de la teigne. Les fruits sont utilisés contre les inflammations et les maux de dents.

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

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

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

Chapitre 2. Le stress abiotique

Le stress abiotique est défini comme une réponse de la plante à des changements environnementaux (lumière, eau, carbone, minéraux) induisant une réduction du développement et de la croissance **(BOYKO et KOVALCHUK, 2011)**. D'après **SAWICKI et *al.*, (2012),** un stress abiotique est un facteur environnemental susceptible de déclencher des modifications chimiques ou physiques dommageables. Ces modifications représentent une contrainte (qui peut être plastique ou élastique). Par commodité, il est considéré parfois que le facteur environnemental est la contrainte. Un stress peut l'être pour une plante sans l'être pour une autre. Des facteurs comme l'âge sont également importants. Selon **AUSSENAC (1973)**, il est admis que la croissance en diamètre est plus sensible aux conditions climatiques de l'année que l'élongation et la multiplication du cambium se produit sur une période plus longue que le développement du méristème apical des bourgeons. Il est aussi probable que les jeunes arbres sont beaucoup plus sensibles aux conditions de l'année (particulièrement pour le bilan hydrique) que les arbres adultes. La paroi pectocellulosique est sensiblement affectée par le stress hydrique **(Figure 8).**

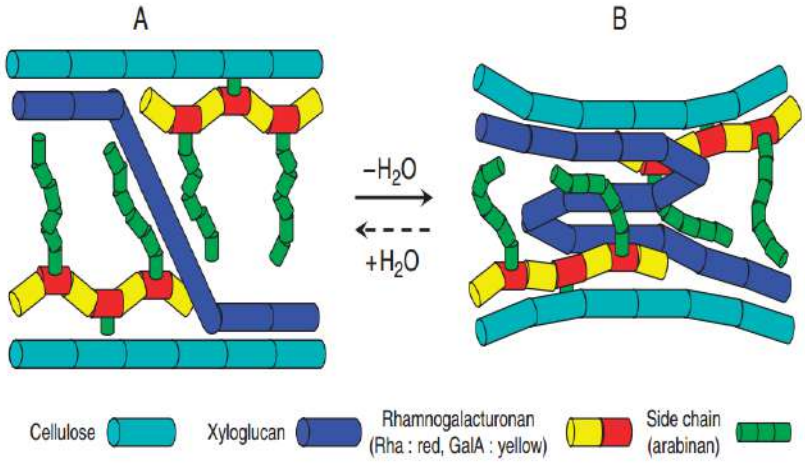


Figure 8: Représentation modélisée de l'effet de la perte en eau sur la structure de la paroi cellulaire (MOORE et *al.*, 2008).

Le modèle réalisé par les chercheurs démontre la résurrection (l'hydratation et la déshydratation) de la paroi par le mouvement d'entrée et sortie d'eau. Ils soulignent aussi que ce phénomène devient irréversible, si la plante représente 80% de réserve en eau. Car de ce fait la plante perd ses réserves hydriques.

Chapitre 3. L'hormèse et l'allélopathie stimulatrice de *Vachellia raddiana*

Les résultats des recherches menées par **LE HOUEROU (1980), FLORET et LE FLOC'H (1980), GROUZIS et *al.* (1990), ALEXANDER (2002), GROUZIS et AKPO (2003), AKBO et *al., (*2003), AKPO et GROUZIS (2004), GROUZIS et AKPO (2006), ABDALLAH et *al., (*2008)**, mettent en évidence le cortège floristique des phytocénoses et sa richesse. I1 y apparait que l'arbre augmente significativement la richesse floristique puisque les espèces associées exclusivement au couvert ligneux représentent plus du tiers (37 %) de la flore inventoriée dans ce type de végétation. I1 apparait par ailleurs, selon les mêmes auteurs que l'arbre a une influence positive sur la production de la strate herbacée. A cet effet, la production est environ deux fois plus élevée sous couvert ligneux. Les études phytochimiques mettent en évidence la présence des métabolites secondaires dans les organes de *Vachellia raddiana* à savoir le groupe des polyphénols **(BELHADJADJI et *al.* 2008).** L'arbre joue donc un rôle déterminant sur les phytocénoses inféodées à la couronne et à l'extérieur des arbres. L'influence générale de l'arbre sur la strate herbacée se manifeste donc sur :

1. la structure spécifique,
2. la richesse floristique,
3. la composition chimique,
4. et sur la production de phytomasse.

Plusieurs auteurs dont **AARSSEN et EPP (1990), CALLAWAY (1997),** mettent en revue les interactions des espèces entres elles d'une part et avec leur milieu d'autre part. Ils utilisent souvent le terme « facilitation » pour désigner les manipulations voisines dans la végétation naturelle. La littérature met l'accent sur les différents mécanismes de la facilitation sur la structure et la dynamique communautaire des plantes.

Chapitre 4. La dormance tégumentaire

Selon **FOLEY (1999)**, la dormance suscite un intérêt croissant par les malherbologues. Elle a été considérée comme étant une clé caractéristique, associée avec les mauvaises herbes dans les agro systèmes. La dormance optimise la germination des semences au fil du temps et exige l'application des mesures de lutte contre les mauvaises herbes année après année. **SIMPSON (1990)**, définit la dormance comme l'échec temporaire d'une graine viable à germer, après une durée spécifique, dans un ensemble particulier de conditions environnementales qui évoquent plus tard la germination lorsque l'état restrictif a été résolu par des conditions naturelles ou artificielles. Par ailleurs et selon **DEKKER (1999)**, il existe deux façons communes de distinguer la dormance: la dormance imposée par le manteau ou les couvertures des semences restrictives (manteau et péricarpe) et la dormance embryonnaire où réside le contrôle de la dormance dans l'embryon lui-même.

Le comportement des semences défini par **ROLLIN (2015)** est caractérisé par leur développement sur la plante mère, la post-maturation dans la banque de semences du sol et la germination des graines et l'établissement des semis. Les embryons isolés peuvent s'allonger alors que la graine entière ne germe pas. La cause de la dormance réside alors dans les enveloppes séminales (albumen, téguments, péricarpe). Dans d'autres cas, les embryons ne croissent pas; il s'agit alors d'une dormance embryonnaire. Cette distinction n'est pas toujours aisée à réaliser. Ainsi, suivant les espèces, les inhibiteurs de germination peuvent être localisés soit dans les téguments, soit dans l'embryon, soit encore dans l'ensemble de la graine. **ROLLIN (2015)** juge préférable de classer les dormances suivant les causes qui leur donnent naissance.

La dormance physique (PY) due aux téguments des graines (ou fruit) est causée par l'imperméabilité de ces derniers à l'eau **(Figure 9).**

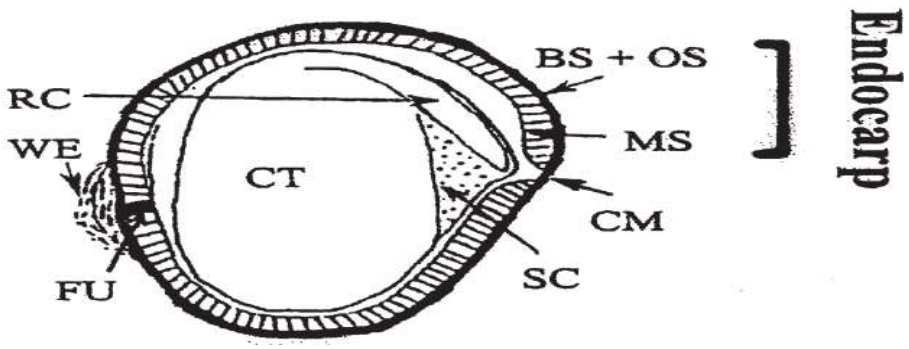


Figure 9 : Morphologie et anatomie de la rupture de dormance physique de *Rhus glabra* (Anacardiacées) d'après BASKIN et *al*. (2000).

BS, brachysclereids; CM, carpellary micropyle; CT, cotyledon; FU, funiculus; MS, macrosclereids; OS, osteosclereids; RC, radicle; SC, seed coat; SD, secretory duct; VB, vascular bundle;WE, whitish exudate.

Selon **BASKIN** et ***al***., **(2000)**, ce caractère est soit connu ou hautement suspecté chez 9 ordres et 15 familles tous appartenant aux angiospermes (sensu APG 1998). Les cellules qui composent la couche palissadique, imperméable à l'eau, sont localisées dans les téguments des graines de 13 familles botaniques, ainsi que dans les téguments des fruits des Anacardiacées et ceux des Nelumbonacées. Selon les mêmes auteurs, la rupture de cette PY nécessite la perturbation ou le déplacement de ces structures, qui agira comme un « détecteur de signal » environnemental pour la germination **(Figure 10)**.

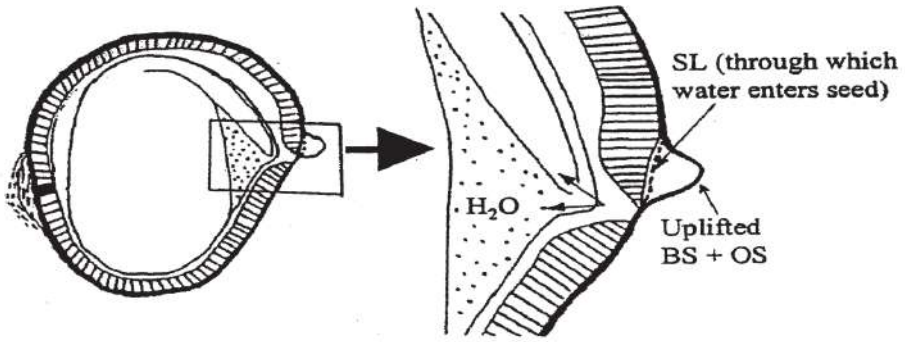


Figure 10 : L'effet de l'incendie sur les téguments de *Rhus glabra* (Anacardiacées) d'après BASKIN et *al*., (2000).

BS, brachysclereids; OS, osteosclereids.

Selon **BASKIN et *al*., (2000)** et **JAYASURIYA et *al*., (2007),** il est suggéré que le développement de cette dormance physique (PY), a été dicté par les premiers agents ou

précurseurs sélectifs, survenus lors d'une sécheresse climatique (Éocène) suivis par un refroidissement climatique (Éocène -Transition oligocène). Les données phylogénétiques et les données fossiles semblent soutenir la séquence évolutionnaire de la PY et la dormance combinée entre la dormance physique et physiologique (PY + PD) chez les *Anacardiaceae*, et qui peut également avoir eu lieu chez les *Leguminosaceae* dont les deux espèces (*Vachellia raddiana* et *Retama raetam*) appartiennent.

Dans le but de relever le défi de l'amélioration germinative due à la dormance tégumentaire des graines, **STATWICK (2016)** considère que tout procédé excepté la scarification des téguments des graines est un gaspillage absolu de temps et de graines.

Partie2

Matériel et méthodes

Chapitre 1. Présentation de la région d'étude

1.1. Situation géographique

La région de « Méguiden » est située dans le Gourara, au Sahara septentrional Ouest algérien. Elle est localisée sur la route nationale n°51 qui relie la Daïra d'El-Menia (wilaya de Ghardaïa) avec la Daïra de Timimoun (wilaya d'Adrar), à partir du 140ème km au Sud-ouest d'El-Goléa **(Figure 11)**. La région d'étude est limitée par le grand Erg occidental à l'Ouest, et le plateau de Tademaït à l'Est.

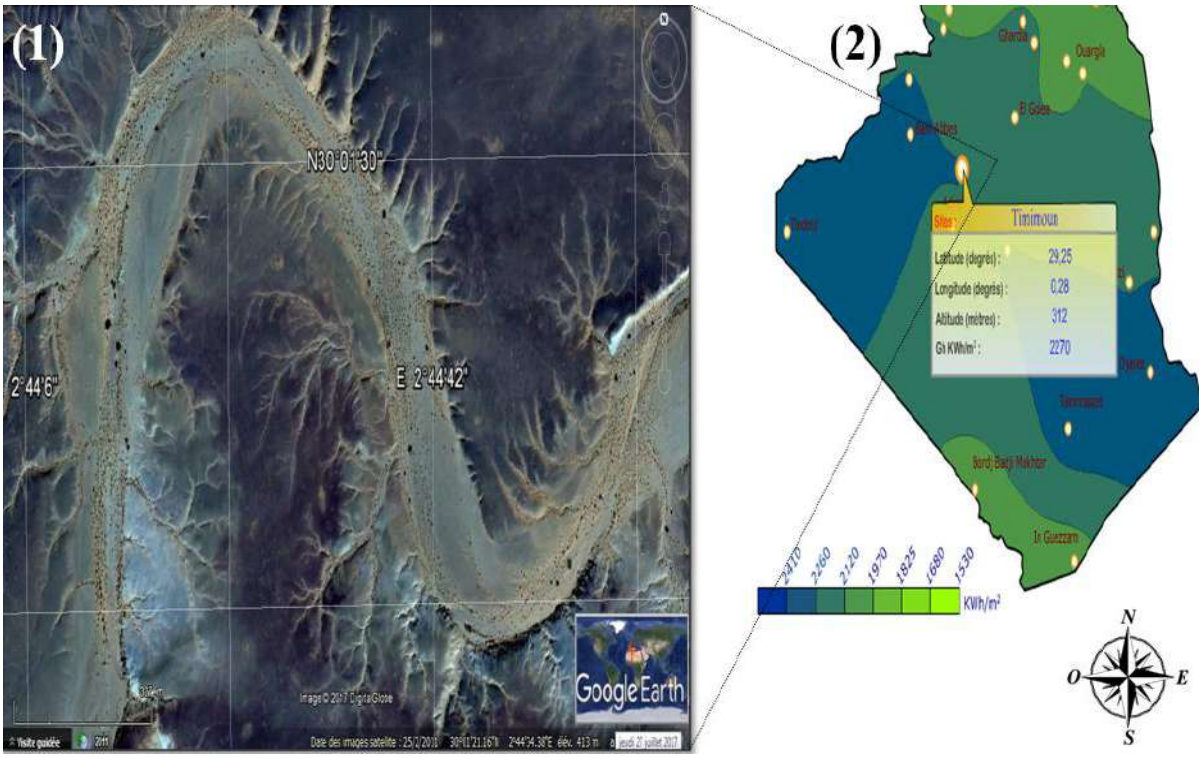


Figure 11 : Situation géographique de la région d'étude.

(1): http://googleearth, (2) :http://portail.cder.dz

1.2. Traitements des données climatiques

La classification du climat ainsi que la détermination de la période sèche de l'année, sont établies à partir du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953), ainsi que le climagramme pluviothermique d'Emberger.

1.2.1. Les températures

Les températures mensuelles à Timimoun de 2007 à 2016 sont analysées et rapportées dans le **tableau 1.**

Tableau 1 - Les températures mensuelles (°C) entre 2007 et 2016 à Timimoun.

		Jan	Fèv	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
	TM	21,1	24,7	24,9	31,4	35,6	42,6	44,6	44,3	41,7	34,1	24,8	19,4
2007	Tm	6,3	9,7	10,2	15,2	19,5	24,3	28,2	28,4	26,3	18,6	9,6	4,9
	moy	13,3	17,3	17,8	24	28,3	34,6	37,2	36,9	34,1	26,4	17	11,8
	TM	18,7	24	27,9	32,1	36,9	42,4	45,8	44,1	40,4	30,7	22	18
2008	Tm	4,7	9,4	12,5	15,9	20,8	25,4	29,5	27,7	27,5	18,6	9,9	5,4
	moy	11,6	16,6	20,4	24,4	29,6	34,6	38,5	36,8	33,2	24,4	15,7	11,3
	TM	18,7	21,9	25,8	29,2	36,7	41,8	45,6	44,3	36,3	33,2	25,9	22,9
2009	Tm	6,2	8,2	12,9	14,5	20,5	25,4	28,7	27,3	22,1	17,8	10,4	8,2
	moy	12,1	15,2	19,6	22,2	29,4	34,6	38,1	36,6	29,2	25,5	17,8	15,1
	TM	22,4	27,5	30,5	35,1	35,8	42,4	45,4	44,1	38,6	31,8	25,3	22,9
2010	Tm	6,4	12,1	14,5	18,5	20,5	25	29,3	29,1	25	18	10,5	8,6
	moy	14,1	19,7	22,6	27,2	28,7	34,4	38,1	37,1	32	24,7	17,7	15,3
	TM	21,8	20,7	26,4	33	35	40,4	45,3	43,7	42,4	29,7	25,1	19,2
2011	Tm	7	6,2	11,7	17,2	19,7	24,5	28,1	27,5	34,5	16,4	10,7	6,2
	moy	14,1	13,5	19,2	25,6	28,1	33,4	37,5	36,3	26,1	23,2	17,7	12,4
	TM	17,4	17,9	25,1	30,4	37,7	44,1	45,9	43,6	39,5	34,2	27,1	19,8
2012	Tm	4,4	3,8	10,4	14,4	20,3	26,9	29,1	27,5	23,8	19,6	13,2	5,6
	moy	10,4	10,9	18,1	22,9	30,2	36,6	38,2	36,2	31,8	26,8	19,7	12,2
	TM	20	21,4	28,9	31,3	37	42,2	45,3	42	38,3	37,2	24	17,7
2013	Tm	4,7	5,5	13,2	16,7	20,1	25,5	29	26,7	24,4	20,9	10,8	6,3
	moy	12,1	13,6	21,3	24,2	29	34,4	38	35	31,6	28,8	17,1	11,7
	TM	20,2	23,5	25,8	33	38,6	40,9	46,3	44,7	42,2	34	25,7	19,1
2014	Tm	6,7	9	11,3	16,8	21,8	24,4	30,07	29,7	26,9	19,4	11,7	6,2
	moy	13,1	16,2	18,7	25,3	30,7	33,3	38,8	37,5	34,6	26,6	18,6	12,4
	TM	18,8	21,5	24,8	35,9	39,1	41,6	43,1	44,3	39,1	33,3	25,1	20,5
2015	Tm	4,5	7,2	9,4	18,6	22,6	24,7	27	30,2	25,5	19,7	12,1	7,5
	moy	11,3	14,3	17,4	27,6	31,3	33,9	35,8	37,5	32,4	26,6	18,6	13,7
	TM	22,3	24	26,4	35	37,1	42,7	45,2	43,1	40,1	34,6	24,9	19,9
2016	Tm	6,7	8,8	9,6	18	22	26,1	28,6	27,6	33,2	19,8	11,3	8,1
	moy	14	16,3	18,5	27	30,1	35,1	37,6	36	25,8	27,2	18	13,9

(www.TuTuempo.net, 2007- 2016)

Tm : température moyenne mensuelle minimale en °C (minima), TM moy : température moyenne mensuelle maximale en °C (maxima). Moy : température moyenne mensuelle des températures maxi et mini en °C.

Le mois le plus chaud au cours de cette décennie, est Juillet avec une température moyenne de 37.78 °C. Par contre, le mois le plus froid est Janvier en enregistrant une température moyenne de 12.61 °C. Les plus fortes températures se manifestent durant le mois de Juillet avec un maxima (TM) de 45.25 °C, par contre le mois le plus froid est Janvier avec un minima (Tm) de 5.76 °C.

1.2.2. Les précipitations

Le cumul des précipitations durant les années 2007 à 2016 est mentionné dans le **tableau 2** enregistrant le plus haut niveau durant 2008 avec un cumul de 33.02 mm.

Tableau 2-Les cumuls annuels des précipitations (mm) entre 2007 et 2016 à Timimoun.

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Cumuls des précipitations (mm)	0	33.02	23.37	23.63	0	16.26	27.43	11.43	04.06	10.67

(www.TuTuempo.net, 2007- 2016)

Les mois concernés par les précipitations durant la même durée, sont analysés et rapportés dans **le tableau 3.**

Tableau 3-Les cumuls mensuels des précipitations (mm) entre 2007 et 2016 à Timimoun.

Juin	Jullt	Août	Sptm	Octb	Nvmb
0	0	0	0	0	0
0	4,06	0	0	26,92	0
0	0	1,02	14,22	0	0
0	0	0	21,08	1,02	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	4,06	7,11	0
0,5	0	0	1,02	8,89	0
0	0	0	0	0	5,84
0	0	0	0	1,27	0

(cf. annexe I)

La période automnale est la plus marquée **(Figure 12)** durant toutes les années correspondant aux mois de Septembre et d'Octobre.

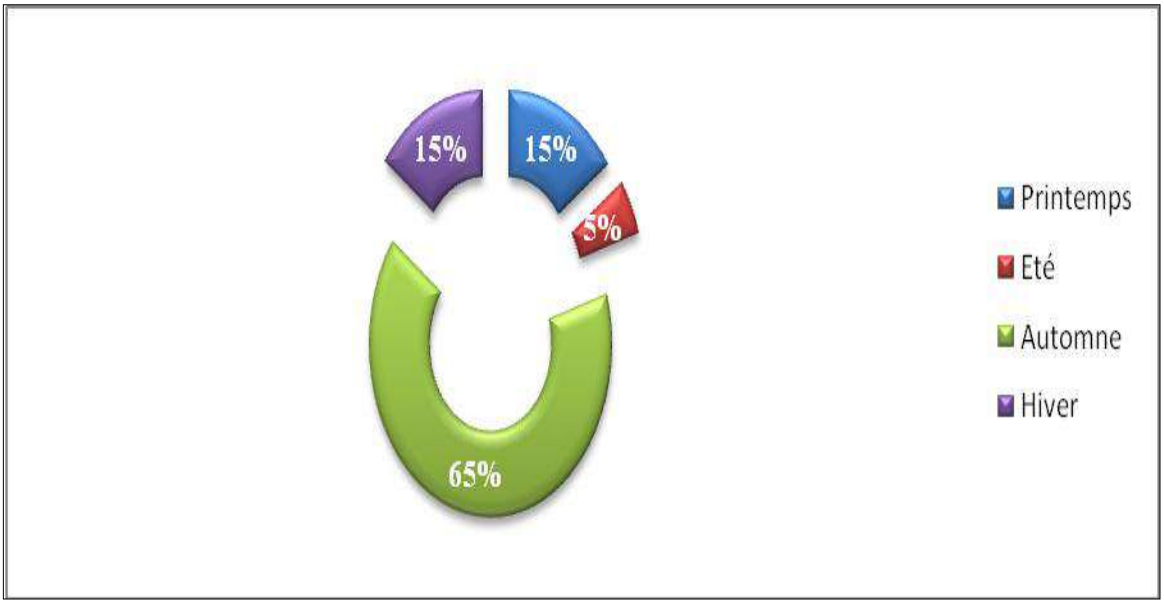


Figure 12 : Répartition saisonnière des précipitations entre 2007 et 2016 à Timimoun.

Une sécheresse absolue est enregistrée durant l'été due à un volume de précipitation de moins de 5% pendant la période estivale.

1.2.3. Les vents

En Algérie, les valeurs de la vitesse du vent, enregistrées généralement à des hauteurs manométriques égales à 10 mètres du sol, sont comprises entre 1 et 5,5 m/s. Ces dernières passent de 1 à 7 m/s, à 25 mètres du sol. Les régions les plus ventées sont situées au Sud, soit aux environs d'Adrar **(KASBADJI, 1999)**. Dans la région de Timimoun, les vitesses annuelles enregistrées varient de moins de 3.56 m/s à 5.56 m/s respectivement durant les années 2014 et 2008 **(Tableau 5)**, avec une manifestation beaucoup plus accentuée durant la saison printanière pour presque toutes les années.

Tableau 4-Les vitesses mensuelles du vent (m/s) entre 2007 et 2016 à Timimoun.

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Vitesse moyenne annuelle du vent (Km/h)	14.0	20.7	13.6	13.4	14.95	14.15	16.0	12.8	13.6	14.8
La vitesse de vent maximale (Km/h)	83.2	74.1	59.4	66.5	55.4	66.5	59.4	66.5	55.4	64.8
Date enregistrée	21 Fèv	27 Fèv	02 Fèv	29 Juil	29 Avr	20 Jan	5 Mar	29 Nov	04 Avr	09 Mai

(www.TuTuempo.net, 2007- 2016)

Selon le **tableau 4**, le pic du vent peut avoir lieu hors saison des vents de sable, d'où la notion de pays venteux attribué au Sahara liée à l'aspect du vide de l'espace et non à la puissance de la force éolienne.

1.2.4. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Ce graphique est une représentation de deux courbes sur un seul diagramme, dont les mois de l'année sont reportés sur l'axe des abscisses, la pluviométrie (P) en mm est reportée sur l'axe droit des ordonnées. Par contre la température moyenne (T) exprimée en degré Celsius est représentée sur l'axe gauche, sachant que l'échelle du diagramme est calculée à partir de la formule P = 2T.

L'aire comprise entre les deux courbes correspond à la période sèche ou humide selon la superposition des courbes l'une par rapport à l'autre **(Figure 13)**.

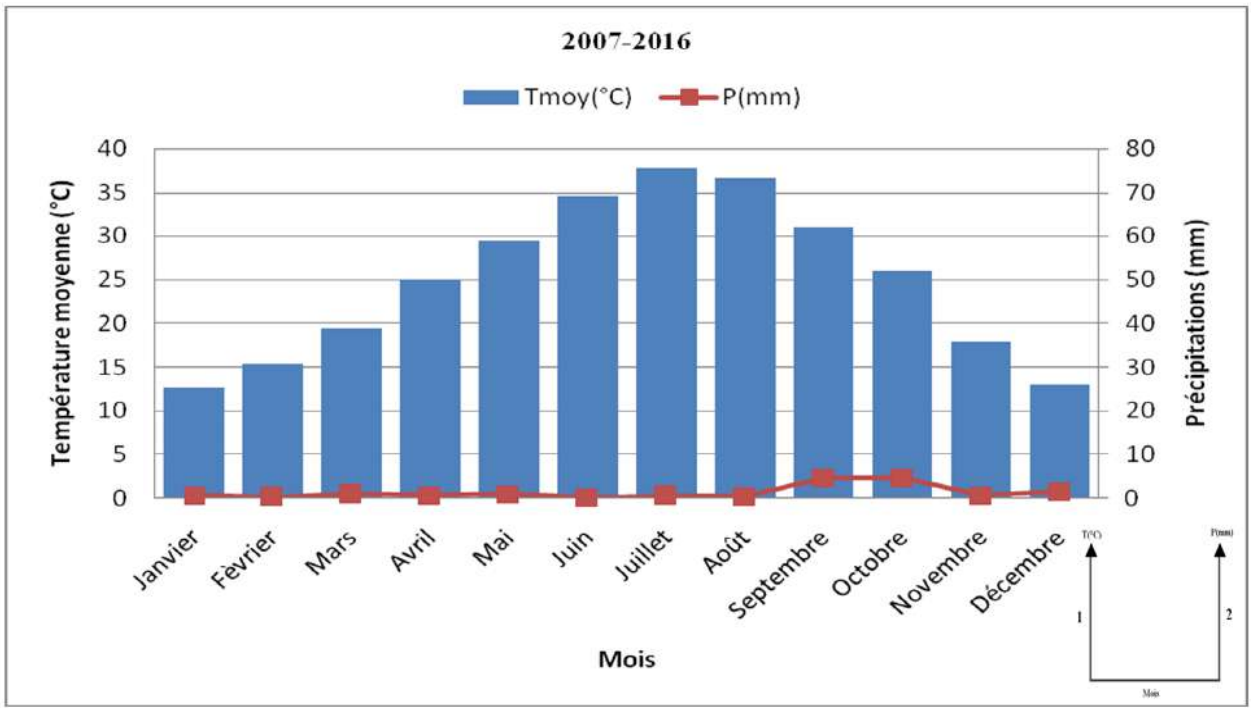


Figure 13 : Diagramme ombrothermique de la région de Timimoun entre 2007 et 2016.

D'après ce diagramme, nous constatons que la période sèche s'étale sur toute la décennie.

1.2.5. Climagramme pluviothermique d'Emberger 1932

Grâce au quotient pluviothermique d'Emberger (Q_2), caractérisant le climat méditerranéen, le climagramme pluviothermique permet de situer une zone d'étude x dans un étage bioclimatique.

Sur le graphe, le Q_2 figure en ordonnée et la moyenne des minima du mois le plus froid (m) en abscisse.

Cet indice est la combinaison des 3 principaux facteurs du climat. En effet, il tient compte des précipitations et des températures maxima et minima. Il est déterminé selon la formule suivante :

$$Q_2=3,43 \times P/ (M-m) \text{ ; dont}$$

- Q : le quotient pluviométrique d'Emberger ;
- P : Somme des précipitations annuelles moyennes (en mm) ; P= 14.99 mm,
- M : Moyenne maximale du mois le plus chaud (en °C) ; M= 46.30 °C,
- m : Moyenne minimale du mois le plus froid (en °C) ; m= 4.4 °C où (5 < m< 7).

De ce fait, la valeur du quotient de la région est égale à 1.23, ce qui permet de classer la région de Timimoun dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux **(Figure 14)**.

Les zones à hivers doux, dont la moyenne minimale du mois le plus froid est comprise entre 5 et 7 °C, sont caractérisées par un nombre de jours de gel sous abri variant de 5 à 15, et le repos hivernal de végétation dure 10 à 30 jours.

Par conséquent, l'isotherme de m = 5 constitue pour la végétation spontanée la limite thermique inférieure d'un grand nombre d'espèces d'affinité tropicale **(LE HOUEROU, 1989),** comme *Vachellia raddiana*.

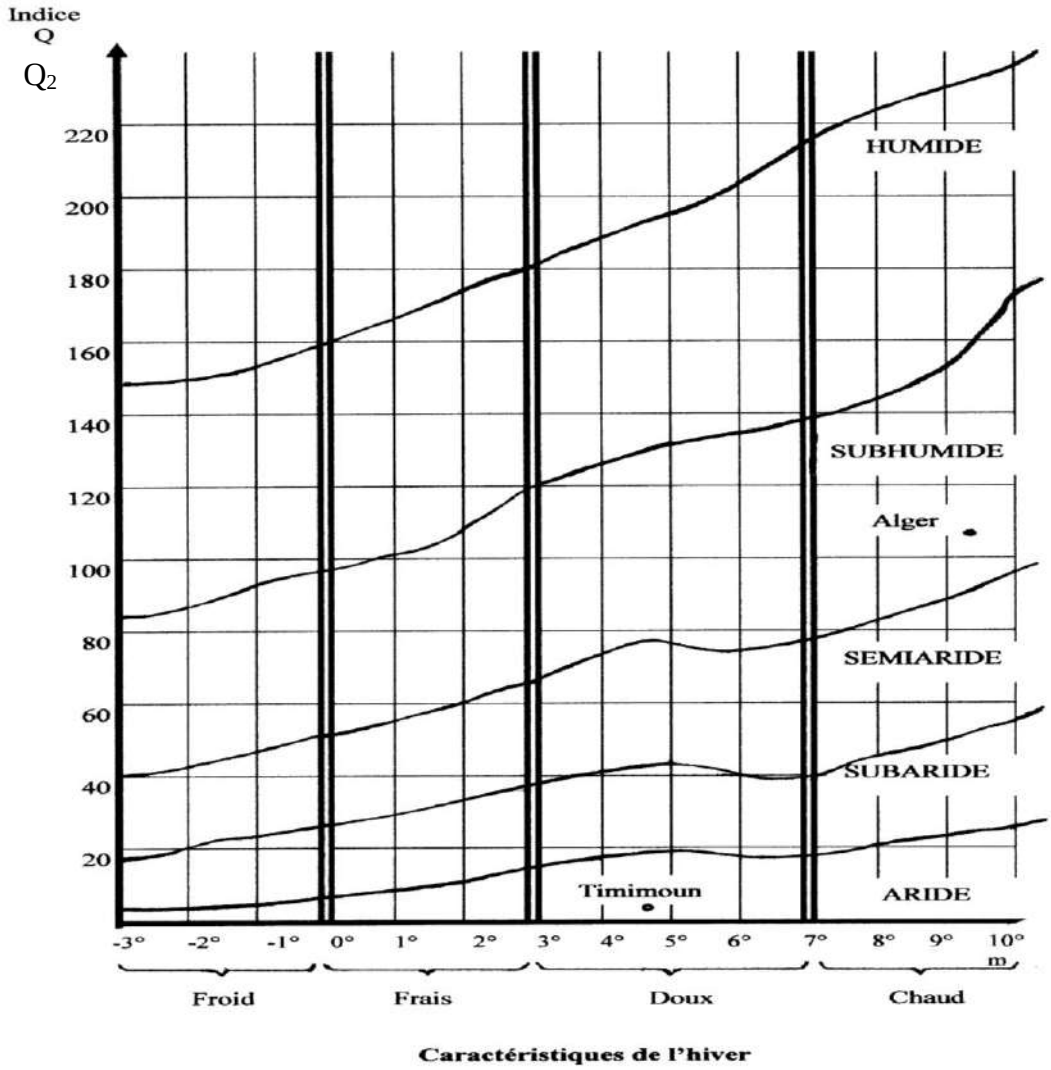


Figure 14 : Climagramme pluviothermique d'Emberger de la région de Timimoun.

Chapitre 2.Effets de la déshydratation (Stress hydrique) sur la cytologie et l'histologie des jeunes plants de *Vachellia raddiana*.

L'adaptation à la sécheresse chez une espèce peut être mise en évidence par l'anatomie de ses organes. Le but de cet essai est d'étudier les modifications observées au microscope optique sur les feuilles cotylédonaires et les tiges des plantules de *Vachellia raddiana,* cultivées *in-vivo* sous l'effet d'un potentiel osmotique après l'application de PEG 10000 (simulateur de la sécheresse).

2.1. Matériel végétal

Les graines de *Vachellia raddiana*, ont été scarifiées et mises en germination dans des boites de Pétri de 60 mm de diamètre dans des conditions semi contrôlées. Les graines germées sont semées dans un plateau à semis en plastique à raison d'une graine/alvéole rempli de terreau et irriguées selon nécessité. Les individus ont été élevés jusqu'à l'âge de l'apparition de la première feuille après les feuilles cotylédonaires. Elles sont par la suite transplantées dans des sacs en polyéthylène remplis d'un substrat préparé et sont entretenues jusqu'à l'âge de 8 semaines dans des conditions semi contrôlées.

2.2. Substrat

Les sacs en polyéthylène recevant les plantules d'*Vachellia raddiana* sont remplis d'un mélange de terreau / sol (2/1, V/V) dont le sol a été prélevé du lit d'Oued Méguiden puis stérilisé.

2.3. Potentiel osmotique (Sécheresse osmotique)

Les plantes dans cet essai n'ont pas réellement été privées d'eau, c'est le PEG qui mime un stress hydrique. L'application du stress hydrique a été effectuée par l'addition de la solution de PEG 10000, en réalisant 3 niveaux de potentiel hydrique (0, -0.25 et -0.5) MPascal en se référant aux équations de **CHAK KIM (1979)** et **MONEY (1989),** basées sur la formule établie par **Michel et Kaufman (1973),** reliant les paramètres de culture à savoir le potentiel hydrique (Ψ_h), la température (T), et le PEG (C):

$$\Psi_h = -(1{,}18.10^{-2})\,C - (1{,}18.10^{-4})\,C^2 + (2{,}67.10^{-4})\,C.T + (8{,}39.10^{-7})\,C^2.T.$$

Ψ_h : potentiel hydrique (en bar) ; C : concentration de PEG6000 (g/l) et T : température d'incubation (en °C).

Les relevés des résultats ont été effectués après 12h, 24h et 48h d'application du stress. Les coupes ont été réalisées au niveau des tiges et des feuilles cotylédonaires des jeunes plants.

Sachant que chaque plant est considéré comme parcelle élémentaire et les coupes sont considérées comme réplications, les expériences s'appliqueront donc sur un total de 12 échantillons : 3 témoins (12 h -24 h - 48 h) et 9 traités (12 h -24 h - 48 h).

2.4. Paramètres étudiés

Dans cet essai il a été retenu l'étude comparative immédiate (selon 03 prélèvements chronologiques) des caractères anatomiques foliaires (feuilles cotylédonaires) à savoir la dimension de l'ouverture de l'ostiole correspondant à la surface d'échanges gazeux (CO_2 et vapeur d'eau), ainsi que le rapport tissulaire de la tige entre le cortex et le diamètre, en utilisant un microscope optique muni d'un logiciel de mesure.

Chapitre 3. Effets des extraits aqueux de *Vachellia raddiana* sur les graines de *Retama raetam* (Fabaceae)

Plusieurs auteurs dont **LE HOUEROU (1980), FLORET et LE FLOC'H (1980), GROUZIS et *al.*, (1990), ALEXANDER (2002), GROUZIS et AKPO (2003), AKBO et *al.*, (2003), AKPO et GROUZIS (2004), GROUZIS et AKPO (2006), ABDALLAH et *al.*, (2008)** ont indiqué la sensibilité de la strate herbacée à l'influence de l'*Acacia raddiana*. Les résultats de leurs recherches mettent en évidence le cortège floristique des phytocénoses et sa richesse. A cet effet, l'objectif de notre essai est de confirmer l'existence ou l'absence d'une interaction allélopathique de l'arbre, via les métabolites secondaires dans ses organes à l'instar des polyphénols, sur la germination des graines de *Retama raetam*, souvent présent sous la plante voûte. Une analyse de corrélation entre cet effet et les teneurs en polyphénols totaux a été effectuée.

3.1. Matériel allélopatique potentiel

3.1.1. Matériel végétal

Des pesées de 2 g de la matière sèche broyée des organes de *Vachellia raddiana* à savoir ; feuilles, rameaux épineux, écorce et racine ainsi que le mélange de ces derniers (2 g de chaque organe) sont pesés. Ces parties ont été échantillonnées en Septembre 2015, période correspondant à la phase de fructification, à partir de 5 arbres adultes ayant un âge approximativement proche en se référant aux mesures de la circonférence du tronc à 1.30 m

de hauteur **(HANNANI, 2011)**, **(HANNANI et CHEHMA, 2012)**.Conformément aux usages établis en sylviculture, cette hauteur correspond à la hauteur de poitrine du technicien et qui est en rapport avec le niveau repère classique de l'évaluation de la biomasse. Cette hauteur est considérée par plusieurs auteurs (**BOURA et De FRANCESCHI, 2008)** comme étant la zone de récolte optimale à cause de l'existence de la totalité ou presque des cernes de bois le plus homogène et le plus stabilisé situé à distance des deux zones d'influence à savoir les racines et les feuilles.

Rappelons que la circonférence du tronc de l'arbre est le critère qui a été utilisé par **BARKOUDAH et VAN DER SAR (1982)** pour déterminer l'âge des individus du peuplement d'*Acacia raddiana* de la région de Béni-Abbés. Le principe de la méthode, consistait à élaborer dans un premier temps une relation entre la croissance de la circonférence du tronc et le nombre de cicatrices annuelles sur les branches apicales, ensuite introduire une donnée climatique (ici les précipitations). Etant donné que dans la nature, une averse de 13-14 mm suffirait à faire couler un Oued et alimenter les *Acacias*, les auteurs ont suggéré que la fréquence de la croissance apicale des branches d'*Acacia* sera identique à celle de l'averse supérieure à 13 mm. A Béni- Abbés, où l'étude a été réalisée, le pourcentage des jours pluvieux c'est-à-dire quand la pluviosité dépassait 0.1 mm, est de 8.4. Par conséquent, la fréquence moyenne des averses est de 0.336, soit une averse tous les 2.98 ans.

A cet effet, chaque augmentation de la circonférence d'un tronc égale à 0.874 cm, représentera 2.98 ans soit 1 cm de circonférence pour 3.4 ans. A cet effet, la formule est la suivante ;

Âge de l'arbre (ans) = la circonférence du tronc (cm) x 3.4

3.1.2. Matériel inorganique (Sol)

Les échantillons du sol ont étés prélevés dans l'espace environnant le pied de l'arbre selon un couple distance : profondeur correspondant à environ 100:30 cm.

3.1.3. Matériel récepteur (Graines de *Retama raetam*)

Les graines de *Retama raetam* appartenant à la famille des Fabaceae, ont été prélevées à partir d'arbres se développant à proximité de *Vachellia raddiana* dans le lit d'Oued de Méguiden pendant l'année 2014. La récolte des semences a été effectuée à partir de 3 plantes adultes productives. Après les opérations de tri, décortication et séchage, les graines ont été conservées dans des flacons, hermétiquement fermés et conservés à température ambiante. Avant leur utilisation, les graines ont subi une étape de stérilisation 5-

5-5 qui consiste en une immersion dans l'hypochlorite de sodium 5% pendant 5 mn, puis dans l'acide acétique 5% pendant 5 mn et enfin un rinçage à l'eau distillée. Les graines ont été ensuite étalées sur un papier absorbant sur une paillasse désinfectée à proximité d'un bec bunsen.

3.2. Préparation de l'extrait aqueux (solution mère)

Dans cet essai chaque échantillon (organe et sol) a été macéré dans 100 ml d'eau distillée chaude à 40 °C, agité mécaniquement à l'aide d'un mélangeur rotateur « Reax 2 », pendant 10 minutes à une vitesse de 5 tours/minute et laissé reposer pendant 15 minutes. Le mélange ainsi préparé constitue la solution mère de l'extrait aqueux. Les solutions appliquées sur les graines de *Retama raetam*, pour constituer le traitement choc, sont obtenues à partir de cette solution mère selon les concentrations suivantes : 2% (extrait brut), 1%, 0.5% et 0.25%**.**

3.2.1. Préparation des solutions filles

A partir des solutions mères des différents extraits, 3 dilutions de 1% ,0.5% et 0.25% ont été préparées. Les boites de Pétri de 9 cm de diamètre sont tapissées chacune par un disque de papier filtre Wattman, revêtu de 20 graines de *Retama raetam* et arrosé de 10 ml de l'extrait aqueux. Cinq répétitions ont été réalisées pour chaque traitement. Dans le but d'éviter la possibilité de la contamination des extraits, ces derniers ont été utilisés immédiatement après leurs préparations **(Figure 15).**

3.2.2. Témoins

Pour les témoins, la même procédure a été effectuée avec substitution de l'extrait aqueux par :

→ L'eau distillée pour le contrôle négatif.

→ L'acide sulfurique à 75% pendant 30 minutes pour le contrôle positif sachant que ce couple concentration : durée est le meilleur ensemble sélectionné parmi plusieurs essais, et qui a optimisé les taux de germination des graines de *Retama raetam*.

3.2.3. Incubation

Les graines ont été placées dans un phytotron réglé à 25 ± 1.5°C, pendant 44 jours. Le comptage des graines de *Retama raetam* germées, et dont les radicules ont percé les téguments, est effectué toutes les 48 heures.

3.4. Paramètres étudiés

3.4.1. Indices de germination des graines de *Retama raetam*

Dans cet essai nous avons retenu comme indice de germination ceux cités par **ROSSELLO et MAYOL (2002), ANJUM et BAJWA (2005), RANAL et GARCIA DE SANTANA (2006), CARVALHO DE CASTRO et *al.*, (2014)**;

-Le total de germination (GT) ou taux cumulé en % est calculé selon la formule :

$$GT = (N_T X100) /N \text{ ; dont :}$$

N_T = nombre total de graines germées pour chaque traitement.

N = nombre total de graines mises en germination.

-La vitesse de germination ou le temps moyen de germination, représentant l'inverse du coefficient de vélocité (CVG). Ce dernier n'est pas dépendant du taux de germination. Cependant, il est influencé par le temps moyen de germination et est noté comme suit :

$$CVG=100*(n_1+n_2+\ldots+n_x)/ (n_1t_1+n_2t_2+\ldots+n_xt_x) \text{ ; dont}$$

nx : le nombre de graines germées pour une observation x, tx : le jour correspondant à la germination des graines.

- Le délai d la germination des graines correspond au temps séparant l'incubation (J_0) et le temps de la première graine germée dans un lot donnée (J_1) :

Délai de germination = J_{1-} $J_{0,}$ et est exprimé en jours.

3.4.2. Dosage des polyphénols totaux

Les polyphénols sont extraits en liquide-liquide en utilisant l'eau comme solvant. Cette extraction libère les polyphénols présents dans des structures vacuolaires par rupture du tissu végétal et par diffusion. Le Dosage des polyphénols totaux - par le réactif de Folin-Ciocalteu exprimé en mg de EAG/mg de MS est obtenu selon le principe de coloration produite au niveau des extraits, dont l'absorption maximum à 760 nm, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux, **(BOIZOT et CHARPENTIER , 2006), (O.I.V.V., 2016).** Pour des résultats plus fiables, la lecture de la densité optique par spectrophotomètre UV et le dosage de chaque composé phénolique ont été réalisées en trois essais, puis la moyenne des densités optique a été mesurée. Les teneurs en polyphénols dans les solutions filles sont estimées mathématiquement.

3.5. Traitement statistique des résultats

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse statistique, à savoir la comparaison des moyennes, l'analyse de variance à l'aide de l'outil Microsoft Excel 2007, suivie par l'analyse en composante principale (ACP), l'analyse factorielle des correspondances (AFC), et la classification ascendante hiérarchique (CAH) en utilisant le logiciel XLSTAT 2014.

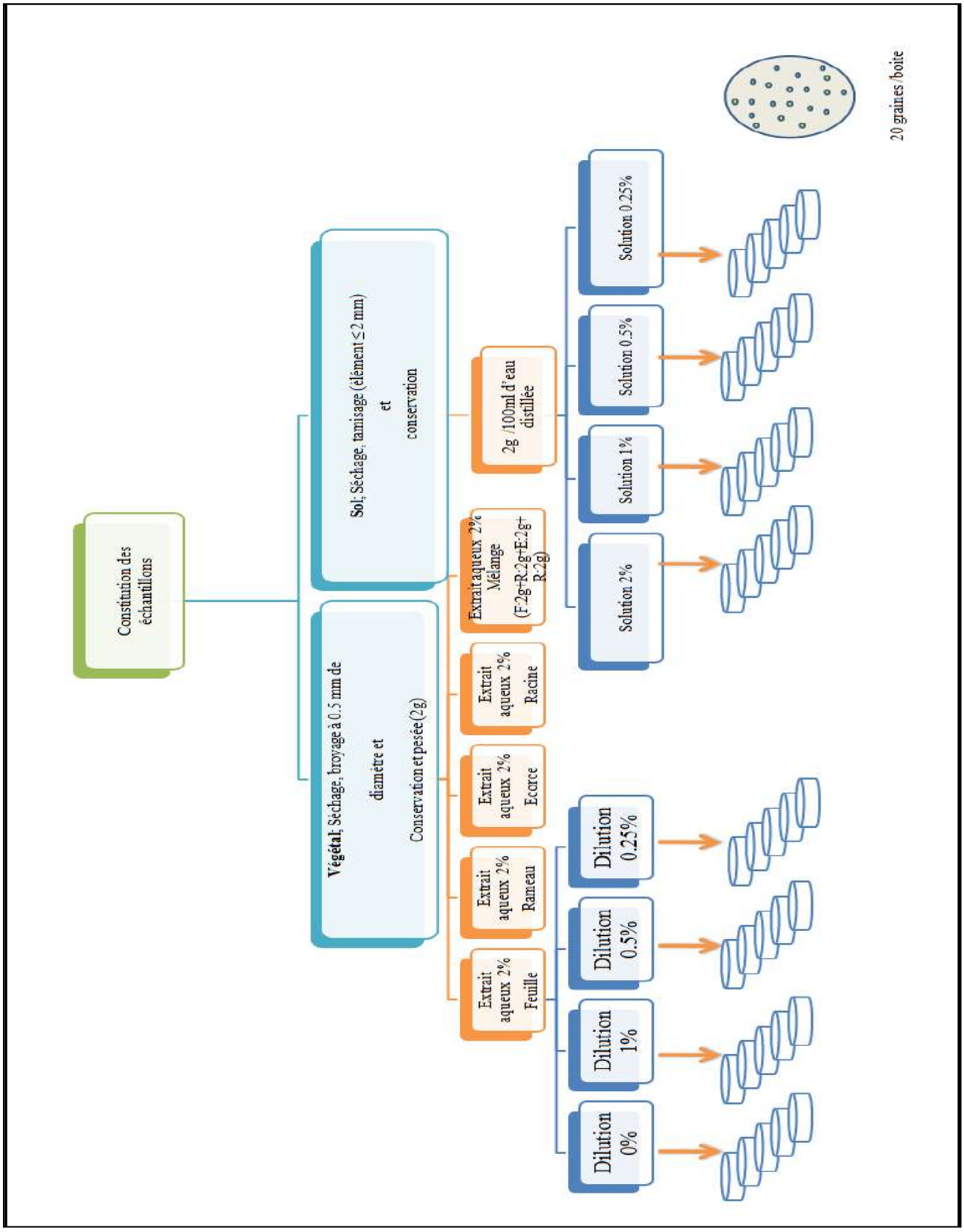


Figure 15 : Protocole expérimental des traitements des graines de *Retama raetam* par les extraits de *Vachellia raddiana*.

Chapitre 4. Traitement pour lever la dormance tégumentaire des graines de *Vachellia raddiana*

La nécessité de rétablir le paysage spontané des Oueds, s'insère dans le cadre du développement durable de l'écosystème fragile. En effet, dans un milieu aussi hostile que celui du Sahara, le recours à des méthodes rustiques pouvant être intégrées dans les programmes de reboisement, est impératif. C'est dans cette optique que s'inscrit ce volet, ayant pour objectif, l'étude de l'effet de quelques prétraitements germinatifs sur le taux et le délai de germination des graines de ce taxon.

4.1. Les graines de *Vachellia raddiana*

Elles ont été collectées à partir de trois régions, à savoir Méguiden (Timimoun) et Kerzaz (Béchar), appartenant à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux, ainsi que Tamanrasset, caractérisée par un climat méditerranéen, durant les années 2009 et 2013. Après nettoyage et tri, elles ont été placées dans du papier kraft, mises dans des boites hermétiquement fermées et enfin, conservées sous température ambiante.

4.2. Traitements pré-germinatifs

Les prétraitements germinatifs utilisés sont divisés en 3 lots ou catégories; pour les prétraitements germinatifs des graines, de taille moyenne, à téguments imperméables, et parmi la gamme des acides (l'hypochlorite de sodium et le peroxyde d'hydrogène), l'acide sulfurique est très recommandé dans la scarification chimique **(MOHAMMADI et *al.*, 2013),(BALIČEVIĆ et *al.*,2016)**.

→Un traitement physique (sable grossier) employé pour son action abrasive sur le tégument de la graine. L'opération consiste à brasser les graines dans un mortier, avec du sable grossier.

→Un traitement chimique avec de l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré (95% à 98%) et une solution de *Capsicum frutescens* L. (piment) utilisés pour leur action exothermique.

→Un traitement combiné (H_2SO_4+ solution de *Capsicum*).

La solution de *Capsicum* a été préparée selon **LEPENGUE et *al.*,(2012a)** à savoir : 1 Kg de fruits secs de piment (*Capsicum frutescens* Linn., Solanaceae), préalablement moulus à 1.5 mm de diamètre, solubilisés dans 1 L d'eau distillée pendant 24 h puis filtrés sur un morceau de gaze, pour constituer la solution mère de concentration 100%. Différentes dilutions de cette préparation ont par la suite permis d'obtenir les solutions diluées de concentrations 75%, 50% et 25%. Trois répétitions par traitement ont été retenues, à raison de 05 graines par boîte de Pétri de 9 cm de diamètre. Les graines sont placées sur deux couches

de papier filtre et mises dans un incubateur à température réglée à 25 ± 1.14°C. Le **tableau 5** résume les différents essais.

Tableau 5: Tableau récapitulatif des prétraitements germinatifs

Catégorie de traitement	Type de traitement	Dose de traitement	Durée de traitement (mn)		Abréviations
			Physique	Chimique	
Physique	Sable grossier	-	15	-	S
Chimique	Acide sulfurique	100 %	-	60	A
	Solution de *Capsicum frutescens* L.	100%	-	60	Cap100%
		75%	-	60	Cap 75%
		50%	-	60	Cap 50%
		25%	-	60	Cap 25%
Combiné (physique+chimique)	Sable + Acide sulfurique	-	15	60	SA60
		-	15	40	SA40
		-	15	25	SA25
		-	15	15	SA15
	Sable + Solution de *Capsicum frutescens* L.	75%	15	60	SCap75%
		50%	15	60	SCap50%
		25%	15	60	SCap25%

S : sable, A : acide sulfurique, Cap100% : solution mère de *Capsicum* , Cap75% : solution de *Capsicum* à 75% , Cap50% : solution de *Capsicum* à 50%, Cap25% : solution de *Capsicum* à 25%, SA60 : traitement combiné constitué du sable et de l'acide sulfurique pendant 60 minutes, SA40 : traitement combiné constitué du sable et de l'acide sulfurique pendant 40 minutes, SA25 : traitement combiné constitué du sable et de l'acide sulfurique pendant 25 minutes, SA15 : traitement combiné constitué du sable et de l'acide sulfurique pendant 15 minutes, SCap75% : traitement combiné constitué du sable et solution de *Capsicum* à 75%, SCap50% : traitement combiné constitué du sable et solution de *Capsicum* à 50%, SCap25% : traitement combiné constitué du sable et solution de *Capsicum* à 25%,

Une répétition sans traitement, avec de l'eau distillée constitue le témoin. Afin de maintenir le papier filtre humide, nous l'avons imbibé d'eau distillée à chaque fois que cela a été nécessaire. La durée du test s'est étalée sur 30 jours et le comptage des graines germées (apparition de la radicule) a été effectué tous les deux jours.

4.3. Paramètres étudiés

Dans cet essai nous avons retenu comme indice de germination deux paramètres dont le taux cumulé et le délai de germination :

4.3.1. Taux de germination

Le total de germination (GT) ou taux cumulé en % est calculé selon la formule :

$$GT = \frac{(N_T \times 100)}{N} \quad ; \text{dont :}$$

N_T = nombre total de graines germées pour chaque traitement.

N = nombre total de graines mises en germination.

4.3.2. Délai de germination

Le délai d la germination des graines correspond au temps séparant l'incubation (J_0) et le temps de la première graine germée dans un lot donnée (J_1) :

Délai de germination = J_{1-} $J_{0,\ et}$ est exprimé en jours.

4.4. Traitement statistique des résultats

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse statistique, par comparaison des moyennes à l'aide du logiciel Excel 2007.

Partie3

Résultats et discussion

Chapitre 1. Effet de la déshydratation (Stress hydrique) sur l'anatomie des jeunes plants de *Vachellia raddiana*.

1.1. Surface d'échanges gazeux

Chez les plantes vasculaires, les phénomènes des échanges gazeux et la régulation de l'évaporation s'achèvent au niveau des stomates. Ce sont des ouvertures minuscules organisées en deux cellules de garde et un orifice anatomique appelé ostiole **(figure 16)**, qui par ses mouvements d'ouverture et de fermeture, permettent les entrées et sorties des gaz et de la vapeur d'eau. La surface moyenne des ostioles correspond à la surface moyenne d'échanges stomatiques **(HOPKINS, 2003).**

Figure 16 : Stomates au niveau d'un fragment d'épiderme de la feuille cotylédonaire de *Vachellia raddiana* (GrX400)

1 : ostiole, 2 : cellules de garde, 3 : cellule annexe, 4 : cellule épidermique.

Les fragments des épidermes des plantes ont manifesté des variations de mouvements des stomates en fonctions des différents états de stress **(Figure 17).**

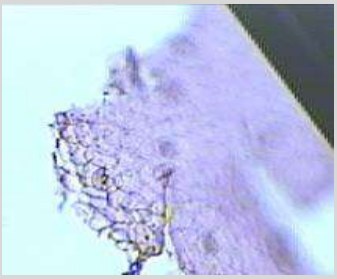
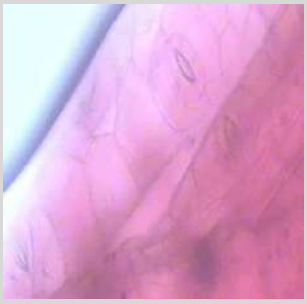
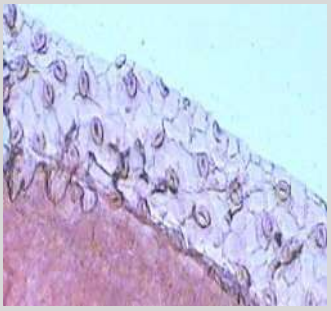
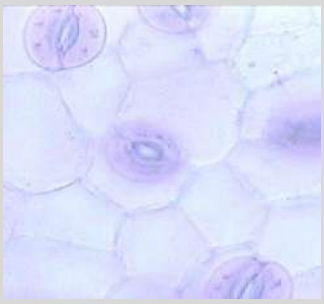
	12 h	24h	36h
SS			
	(GX400)	(GX400)	(GX400)
S1			
	(GX100)	(GX400)	(GX400)
S2			
	(GX400)	(GX100)	(GX400)
S3			
	(GX400)	(GX100)	(GX400)

Figure 17: Etats des ostioles foliaires cotylédonaires en fonction de la concentration du PEG et du temps.

En se référant aux résultats illustrés dans la **figure 18**, l'ouverture de l'ostiole est proportionnellement inverse à la concentration du PEG, qui représente le stress hydrique (S) induit et elle diminue chronologiquement dans le temps.

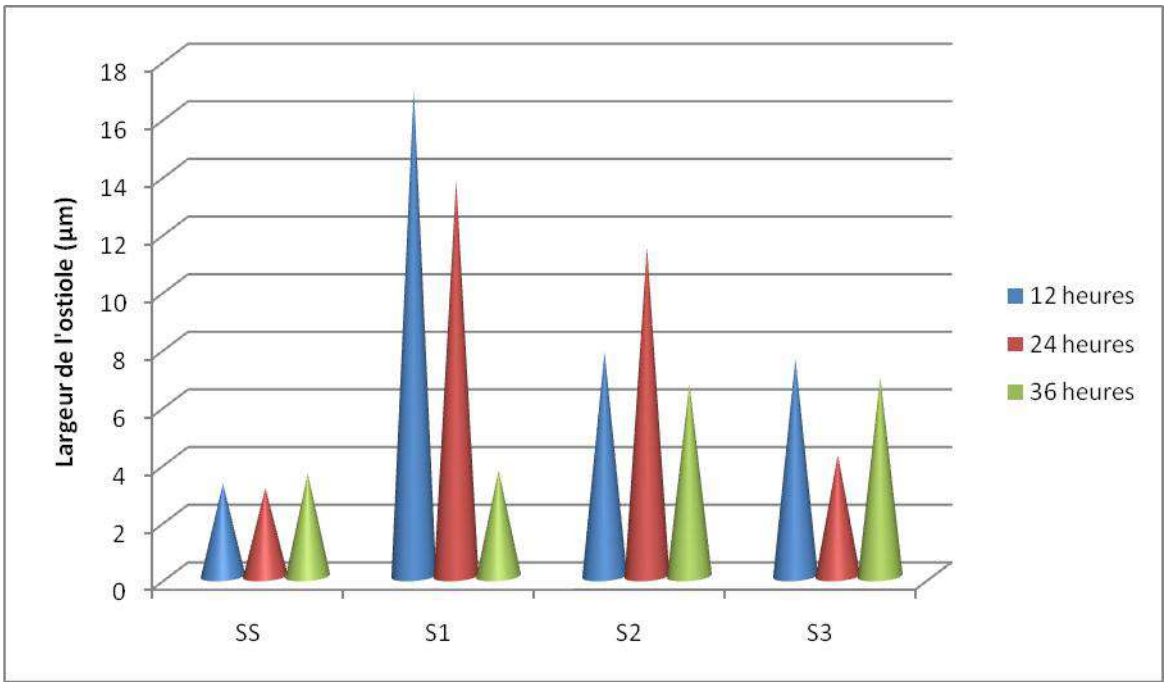


Figure 18 : Ouverture de l'ostiole en fonction de la concentration du PEG et du temps.

SS: sans stress, S1: Ψ_h à 0 bar, S2: Ψ_h à -0.25 bar, S3: Ψ_h à -0.5 bar.

Les résultats ont montré que les stomates de la plante qui n'a pas subit de stress ont maintenu des largeurs plus ou moins stables durant toute l'expérience, à savoir 3.2±0.58, 3.06±0.52 et 3.56±0.63µm respectivement durant 12, 24 et 36 heures. Cependant, Le premier niveau du stress S1, correspondant au plus faible PEG (Polyéthylène Glycol), a manifesté la plus importante surface d'échange 16.89±2.55 µm, la plante tend vers la diminution de la largeur des stomates dans les 12 heures qui suivent et arrive à l'abaisser légèrement (13.72±1.45 µm), le niveau optimum proche de celui du témoin n'est atteint qu'après 36 heures (3.67±1.19µm). Il faut rappeler que chez les plantes chlorophylliennes, le fonctionnement des stomates est confronté à une double contrainte ; minimiser les pertes d'eau et maximiser le gain de carbone **COWAN et FARQUHAR (1977) in DAMOUR (2008)**. Dans cet essai et en considérant que la dimension de l'ouverture anatomique correspond à la surface des échanges gazeux (gaz et vapeur d'eau) de la plante, celle-ci opte pour un maintien d'un niveau d'hydratation interne de la plante en diminuant l'ouverture stomatique. Exception faite pour le niveau du stress S2 qui a montré en premier lieu une augmentation de la surface d'échange 11.43±2.19 µm durant 12 h c'est-à-dire 24h après l'application du traitement puis un retour vers un niveau similaire (6.67±1.67 µm) par rapport

au départ (7.8±1.09 µm).Entre le stress modéré S2 et le stress extrême S3, la plante a manifesté une réaction similaire après 12 et 36 heures de l'application du stress. La différence réside durant les 24 heures de l'application du stress extrême où les stomates ont tendance à minimiser au maximum l'ouverture des ostioles (4.21±0.4 µm) et par la suite résister à la perte d'eau par évaporation.

Nous signalerons que la plante par cette stratégie, même à un jeune âge, diminue la perte en eau par évaporation, et par conséquent contribue à la réduction de la conductance stomatique, suscitant à la fin une diminution de l'intensité transpiratoire. La persistance de cet état va générer un faible métabolisme constant, influant probablement d'une manière irréversible le bilan énergétique de la photosynthèse. **DAMOUR (2008)**, souligne que l'une des fonctions principales des stomates est de contrôler le flux transpiratoire et que transpiration et conductance stomatique sont de ce fait étroitement liées. Selon **BOCQUET (2014),** l'effet du stress par le PEG débute à de faibles concentrations (1mM), il s'accentue rapidement et prend de l'importance avec le temps. Selon notre essai, la plantule présente une « tolérance » anatomique au niveau de l'ostiole, qui a été entretenue pendant les premières 24 heures après induction du stress S2 (Ψ_h à -0,25 bar), correspondant à une tolérance vis-à-vis de celui-ci. Cette action s'exprime par l'élasticité de la paroi cellulaire et le maintien de la turgescence pour un certain temps. Si par analogie, les contraintes abiotiques *in vivo* ne se seraient pas améliorées, il est probable que la diminution de la surface d'échanges gazeux persisterait. Ce comportement physiologique peut être une explication à la mortalité observée des jeunes plantules sur les sites sahariens.

1.2. Rapport histologique au niveau de la tige

L'apport des nutriments à la plante nécessaires à son métabolisme de structure tissulaire est assuré essentiellement par la photosynthèse qui se trouve influencée par les modifications et les altérations des surfaces d'échanges gazeux. Les modifications observées au microscope optique sur les tiges de plantules de *Vachellia raddiana,* cultivées *in-vivo* sont comparées à celle du témoin. **(Figure 19).**

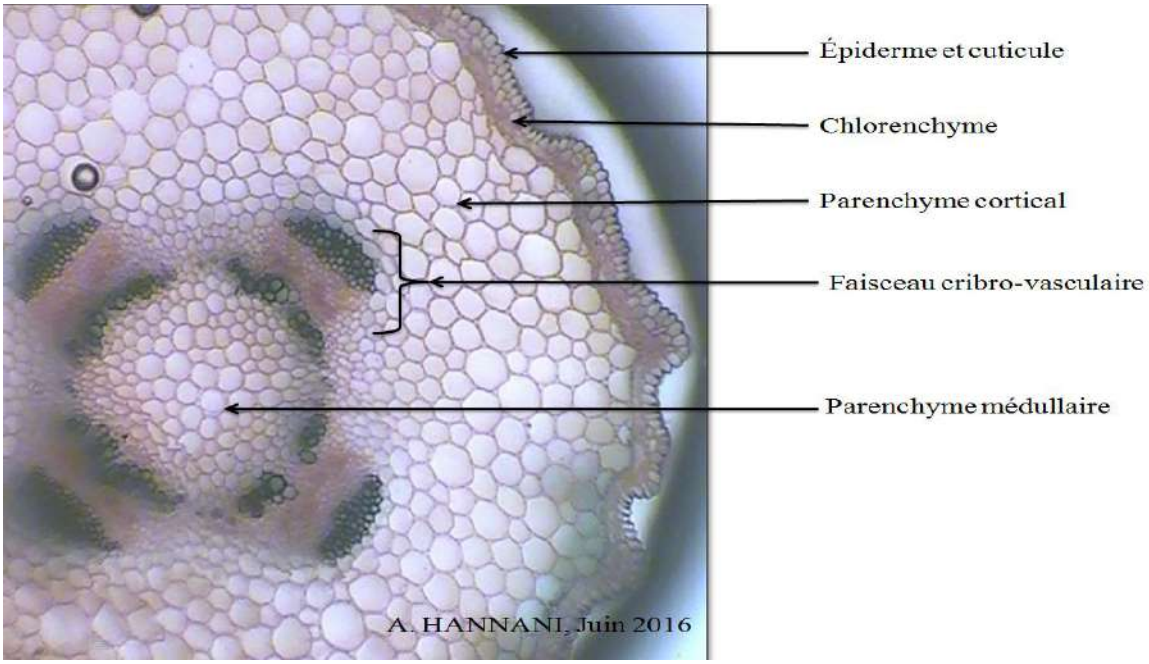


Figure 19 : Coupe transversale dans la tige de *Vachellia tortilis* (Forssk.) Galasso & Banfi subsp. *raddiana* (Savi) Kyal. & Boatwr. (Fabaceae) sans stress (GrX100).

Les résultats dans cet essai ont présenté une variabilité biométrique due aux différents stress appliqués aux jeunes plants et durant les 3 prélèvements **(Figure 20)**.En effet, les coupes transversales dans les tiges ont montré des points de compressions au niveau des épidermes, correspondant aux altérations des parois pectocellulosiques jusqu'à une destruction partielle ou totale des cellules épidermiques (S1-36h).Il en est de même pour le tissu parenchymateux chlorophyllien (S2-12h) et (S3-36h).Lorsque le stress s'installe, les parois minces de l'épiderme sont parmi les premières affectées, même à faible contrainte osmotique et l'altération se poursuit jusqu'à un niveau plus élevé de concentration et durant un temps plus prolongé. Les parois sont généralement composées de polysaccharides **(MOORE et *al.*, 2008)**, la plante compense le manque d'apport des métabolites suite à la diminution de la photosynthèse, par la dégradation de ces polysaccharides pariétaux **(BUVAT, 1989).**

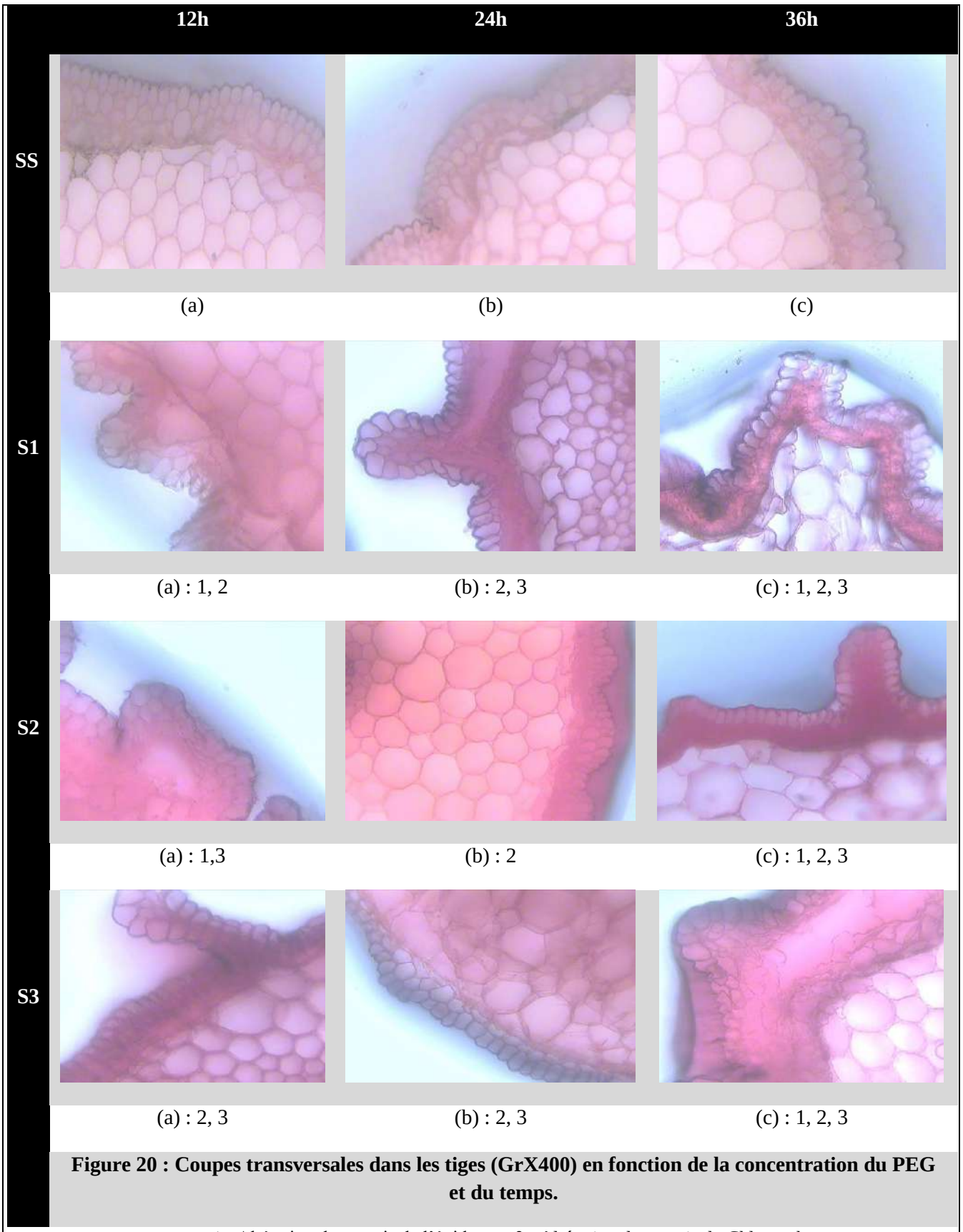


Figure 20 : Coupes transversales dans les tiges (GrX400) en fonction de la concentration du PEG et du temps.

1 : Altération des parois de l'épiderme, 2 : Altération des parois du Chlorenchyme,
3 : Altération des parois du Parenchyme cortical.

Le rapport calculé entre le diamètre de la tige et le cortex **(Figure 21)** a pour but de quantifier en pourcentage, les variabilités des altérations en fonction des niveaux et de la durée du stress**.**

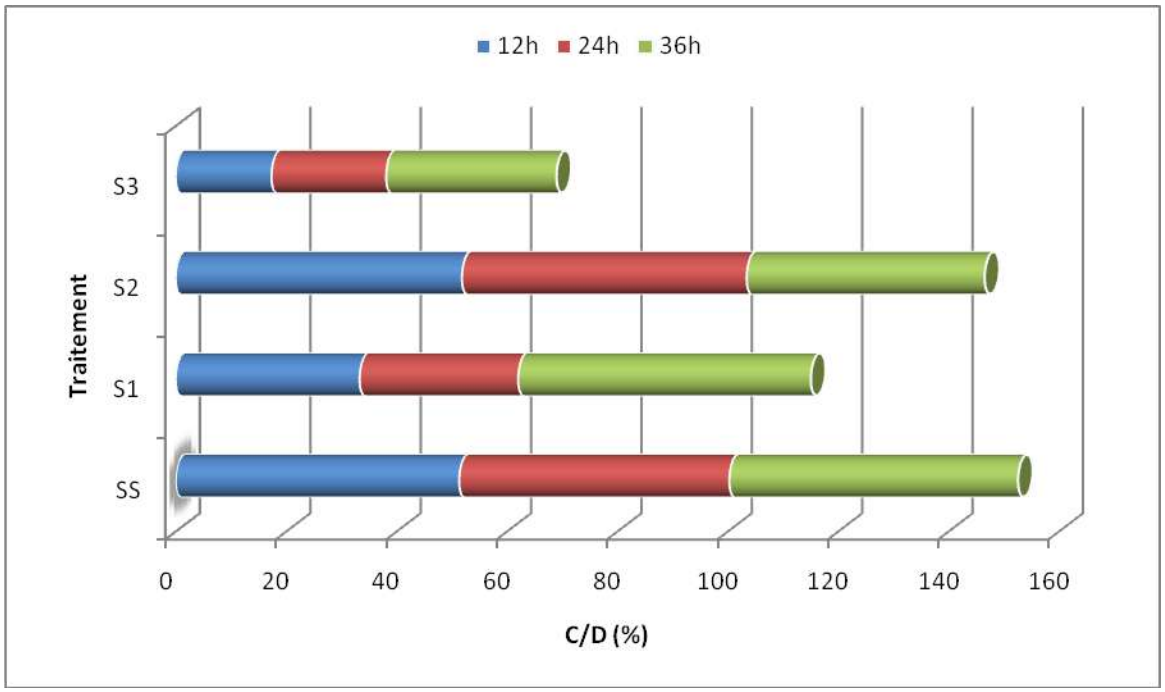


Figure 21 : Rapport C/D de la tige en fonction de la concentration du PEG et du temps.

C : cortex de la tige, D : diamètre de la tige

Au niveau des coupes du sujet non stressé (SS), le rapport C/D de la tige durant toute l'expérience a présenté un niveau équivalent entre les biométries des cortex et celles des diamètres. Ceci correspond à un développement harmonieux des cortex et des stèles dans la tige. La plante a montré une certaine tolérance au stress S2 pendant 24 h ce qui concorde avec les premiers résultats (ouverture de l'ostiole). La plante vis-à-vis du stress S3, présente une biométrie faible du rapport C/D de la tige durant tout l'essai, provoquée par la sortie de l'eau et la déshydratation des parois de cellules, influant sur les dimensions de celles-ci, ce qui a été démontré par **MOORE et *al.*, (2008)** chez les plantes caractérisées par le phénomène de résurrection où ces espèces présentent une capacité de survivre au desséchement.

À l'issue de cette expérience, la sécheresse est simulée par l'application de solution de PEG 10000 à un potentiel hydrique variable (0, -0.25 et -0.5 bars) sur les plants de *Vachellia raddiana* âgés de 8 semaines. La comparaison des résultats du calcul de la largeur d'ouverture de l'ostiole des feuilles cotylédonaires, avec ceux du rapport Cortex /Diamètre de la coupe transversale de la tige (Cortex+Stèle), ont démontré que les 2 paramètres

anatomiques tendent vers les mêmes finalités du point de vue comportement anatomique de l'espèce face au stress hydrique à -0.25 bars. En effet, l'espèce a montré une tolérance vis-à-vis de ce niveau de stress pendant 24 heures.

Selon **GRASSI et MAGNANI (2005)**, lorsque le stress devient sévère dans le temps et l'intensité, des limitations quantitatives relatives au métabolisme peuvent s'installer.

A partir de ces résultats et en comparant ces 2 interprétations, nous pouvons déduire un paramètre d'analyse cytologique afin de substituer l'étude anatomique sur les coupes des tiges par l'étude biométrique des stomates. Ce paramètre d'analyse peut être considéré comme alternatif dans le souci de diminuer le recours à l'échantillonnage destructif dans la culture des plants *in-vivo.*

Chapitre 2. Effet des extraits aqueux de *Vachellia raddiana* sur la germination des graines de *Retama raetam* (Fabaceae).

Le paysage de végétation dans Oued Méguiden **(Figure 22),** est composé de plusieurs espèces qui se sont développées au voisinage de l'arbre révélant l'effet positif de l'espèce sur la strate sous jacente mis en évidence à partir de calculs des indices de végétation effectuées par plusieurs auteurs, à savoir **LE HOUEROU (1980), FLORET et LE FLOC'H (1980), GROUZIS et *al.* (1990), ALEXANDER (2002), GROUZIS et AKPO (2003), AKBO et *al.*, *(*2003), AKPO et GROUZIS (2004), GROUZIS et AKPO (2006), ABDALLAH et *al.*, *(*2008)**.

Figure 22 :La strate sous jacente de *Vachellia raddiana* dans Oued Méguiden

Ces derniers ont décrit et démontré l'influence de l'arbre sur la strate herbacée qui se manifeste sur sa richesse floristique, et la production en phytomasse des plantes qui est deux fois plus élevée sous couvert ligneux.

Parmi les espèces et les familles identifiées, la famille dominante est celle des Poacées, formant parfois des associations avec ; *Zilla sp.* (Brassicacées), *Stipagrostis plumosa* (Poacées), *Reseda villosa* (Résédacées) et les jeunes pousses de *Vachellia raddiana*. D'autres en touffes uniques et isolées ; *Pergularia tomentosa* (Asclépiadacées) sont présentes tout au long de l'Oued **(Figure 23).**

(a)

Jeune plant de *Vachellia raddiana* (*Fabacées*) germant à la base du pied mère

(b)

Jeune plant de *Vachellia raddiana* (*Fabacées*)

***Zilla macroptera* (*Brassicacées*)**

***Stipagrostis plumosa* (*Poacées*)**

***Reseda villosa* (*Résédacées*)**

***Pergularia tomentosa* (*Asclépiadacées*)**

Bubonium graveolens (Astéracées)

Astragalus gomboformis (Fabacées)

Figure 23 : Photos de quelques espèces de la strate sous jacente de *Vachellia raddiana* dans Oued Méguiden

Selon **BA (2008),** plusieurs espèces appartenant à la superfamille des Fabacées (Papilionacées, Mimosacées et Césalpiniacées) sont pourvues de nodosités, ceci montre que la

fixation de l'azote est un phénomène fréquent, mais non obligatoire, de la nutrition des plantes. Ceci corrobore les résultats de **HANNANI (2011)**, où les organes de l'arbre voûte ainsi que les sols aux alentours du tronc sont pauvres en MAT. Le lessivage de la partie aérienne de l'arbre actionné par les précipitations, laisse supposer l'effet stimulateur sur le développement de la flore sous jacente entre autre le R'tem. Les traitements des graines de *Retama raetam* par l'extrait aqueux de *Vachellia raddiana* appartenant à la superfamille (Fabacées), est un essai analogique pour mettre en exergue cette interaction des espèces entres elles et faire ressortir l'action probable des extraits aqueux de l'arbre voûte (*Vachellia raddiana*) sur l'amélioration de la germination de la strate herbacée (*Retama raetam).*

Les semences de *Retama raetam* ont été récoltées de Oued Méguiden, et les graines ont été par la suite séparées de leurs gousses **(Figure 24).**

Figure 24 : Espèce *Retama raetam (Fabaceae)*

(1) : Pied de *Retama raetam*, (2) : Gousses et graines

2.1. Taux de germination

Les résultats obtenus des traitements des graines sont illustrés dans les **figures 25 (a, b, c, d, e, f)**. Le traitement des graines de *Retama raetam* par l'acide sulfurique considéré comme témoin d'appoint (contrôle positif) dans cet essai, a permis à 47% des graines de germer. Le choix du contrôle positif a été fixé suite à des essais préliminaires, qui ont été élaborés en variant la concentration et le temps de trempage des graines de *Retama raetam* dans H_2SO_4 .La totalité des traitements ont fourni des taux de

germination inférieurs à 50%, à l'instar du traitement à l'H_2SO_4 considéré dans cet essai comme contrôle positif et donnant le taux de germination maximal.

2.1.1. Feuilles

Les traitements à partir d'extraits aqueux des feuilles **(Figure 25 /a)** ont révélé

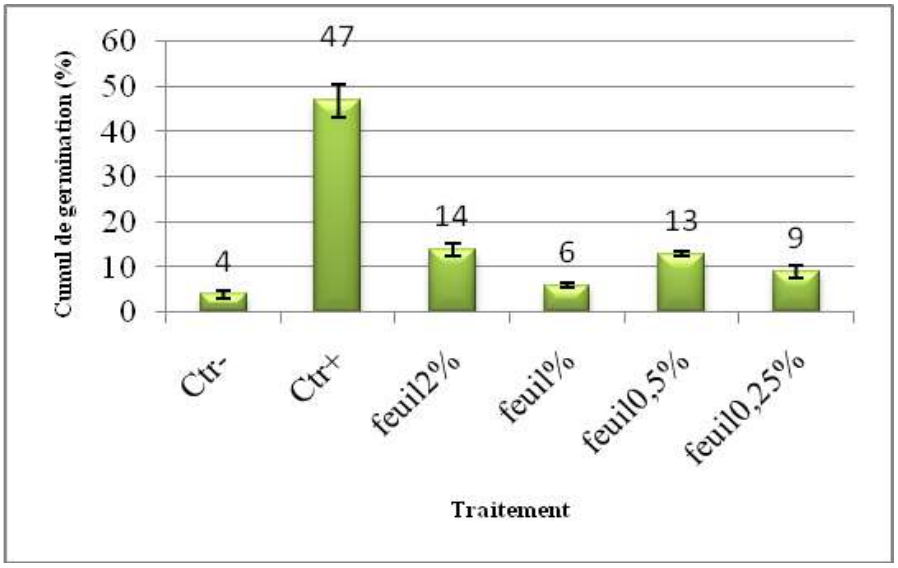


Figure 25 (a) : Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux des feuilles en fonction de différentes doses.

Ctr- : contrôle négatif à l'eau distillée, Ctr+ : contrôle positif à l'H_2SO_4

une amélioration allélopathique à effet stimulateur presque égal sur la germination pour la solution mère et celle à 0.5% contrairement aux solutions à 1 et 0.25%.Les résultats montrent que le concept de l'hormèse relatif à ces doses est minime sur la germination. En effet, la solution mère à 2% et la dilution à 0.5% ont respectivement exprimé des taux de germination de 14±1.41% et 13±0.45%.**TADELE (2014)**, a montré un effet allélopathique potentiel des feuilles de *Lantana camara* L. (Verbenaceae) sur la germination des graines de *Zea mays* et *Eleusine coracana* (Poaceae), positivement corrélé avec la concentration de l'extrait aqueux. Par ailleurs, **NOUMI et CHAEB (2011)** ont révélé un effet négatif des extraits aqueux des feuilles de l'*Acacia raddiana* sur la germination de *Hordeum vulgare*, *Triticum sativum* L. et *Triticum aestivum* L. Poaceae cultivés dans l'agro système de Bled Taleh en Tunisie ainsi qu'une autotoxicité de l'arbre sur la germination de ses graines. Ceci peut être du à la variation comportementale du taxon.

2.1.2. Rameaux

Les traitements à partir d'extraits aqueux des rameaux **(Figure 25 /b)** ont montré

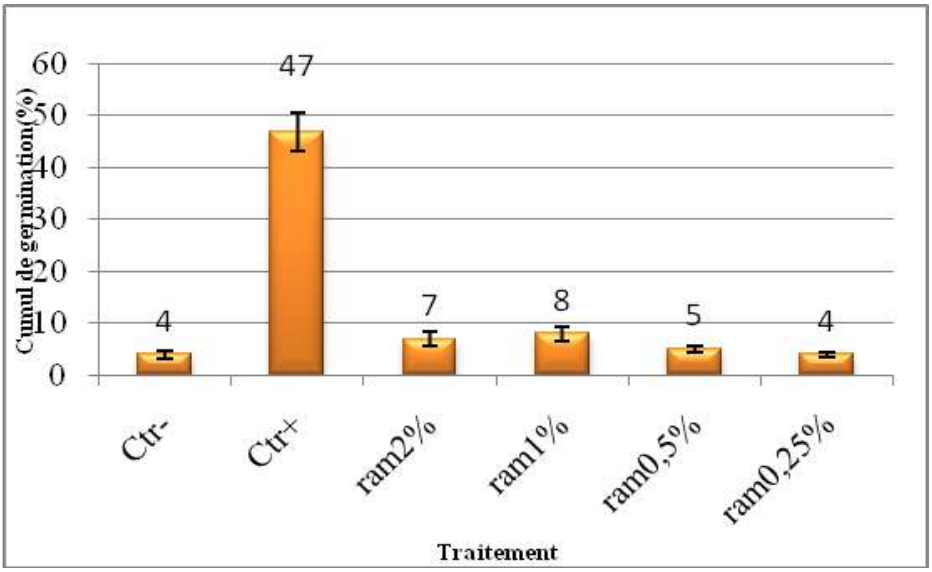


Figure 25 (b) : Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux des rameaux en fonction de différentes doses.

Ctr- : contrôle négatif à l'eau distillée, Ctr+ : contrôle positif à l'H_2SO_4 à 75%

une amélioration très faible. En effet, la solution mère ainsi que les solutions à 1% et 0.5% ont révélé respectivement, des taux de 7±1.34%, 8±1.48%, et 5±0.71%. La dilution à 0.25% peut être considéré comme inhibitrice à la germination avec un taux égale au témoin (4±0.45%).Les résultats montrent que l'effet de la dose sur la germination est négligeable.

2.1.3. Ecorce

Les traitements à partir d'extraits aqueux de l'écorce **(Figure 25 /c)** ont montré

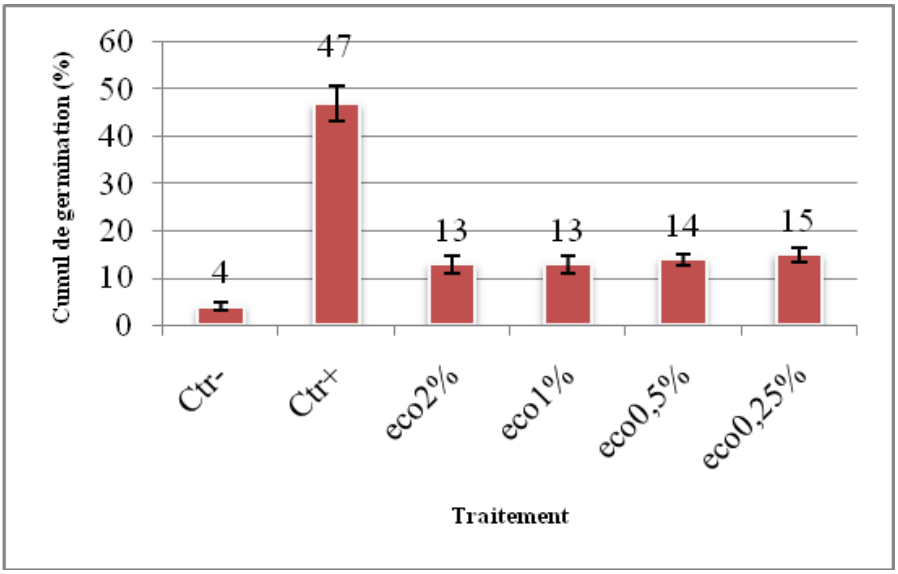


Figure 25 (c) : Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux de l'écorce en fonction des différentes doses.

Ctr- : contrôle négatif à l'eau distillée, Ctr+ : contrôle positif à l'H_2SO_4

que ce type de traitement a augmenté progressivement les taux de germination avec 13±1.82%, pour la solution mère et la solution à 1% et 14±1.22%,15±1.48% pour respectivement l'extrait à 0.5% et 0.25%. Ceci amène à dire que l'impact de la concentration de l'extrait de l'écorce sur la germination est proportionnellement inverse à la dose de l'extrait d'où la probabilité d'affermir la théorie de l'hormèse.

2.1.4. Racines

Les traitements à base d'extraits aqueux des racines **(Figure 25 /d)** ont révélé

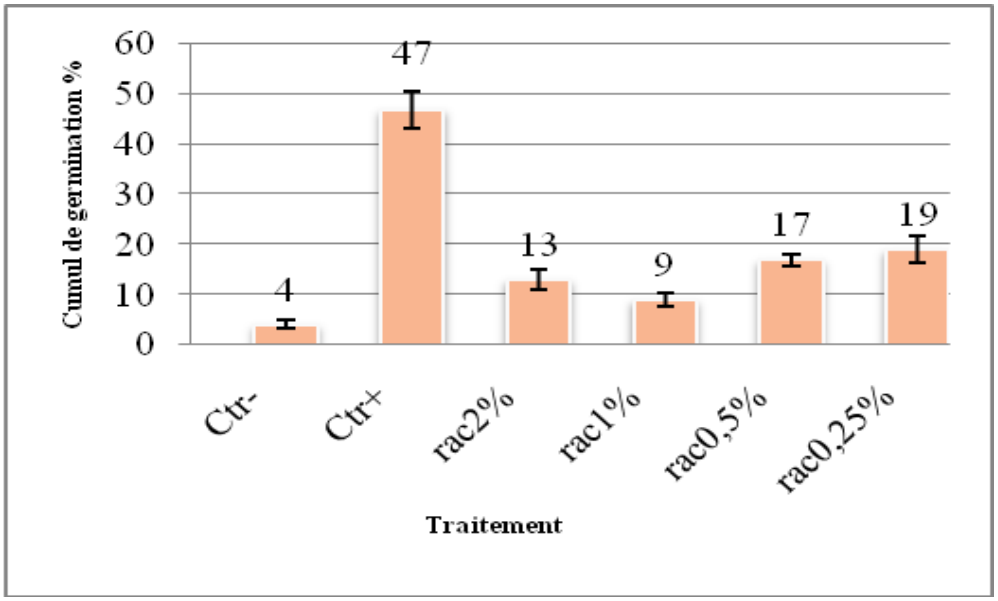


Figure 25 (d) : Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux des racines en fonction de différentes doses.

Ctr- : contrôle négatif à l'eau distillée, Ctr+ : contrôle positif à l'H_2SO_4

une action inversement proportionnelle à la germination. Excepté pour la solution à 1% avec 9±1.30%. En effet, la dilution progressive de la solution mère a fait évoluer positivement le taux de germination avec 13±1.95%, 17±1.14%, et 19±2.59%, respectivement pour les traitements à 2%, 0.5% et 0.25%. Cela laisse supposer la probabilité de l'hormèse pour des doses plus faibles où l'effet positif du traitement s'exprime avec le décroissement de la concentration de l'organe dans la solution aqueuse. Ce résultat a montré la probabilité de l'importance de l'exsudat racinaire par rapport aux autres parties relatives à la plante.

2.1.5. Mélange

La **Figure 25/e** montre l'action de l'extrait de mélange de la plante entière (les

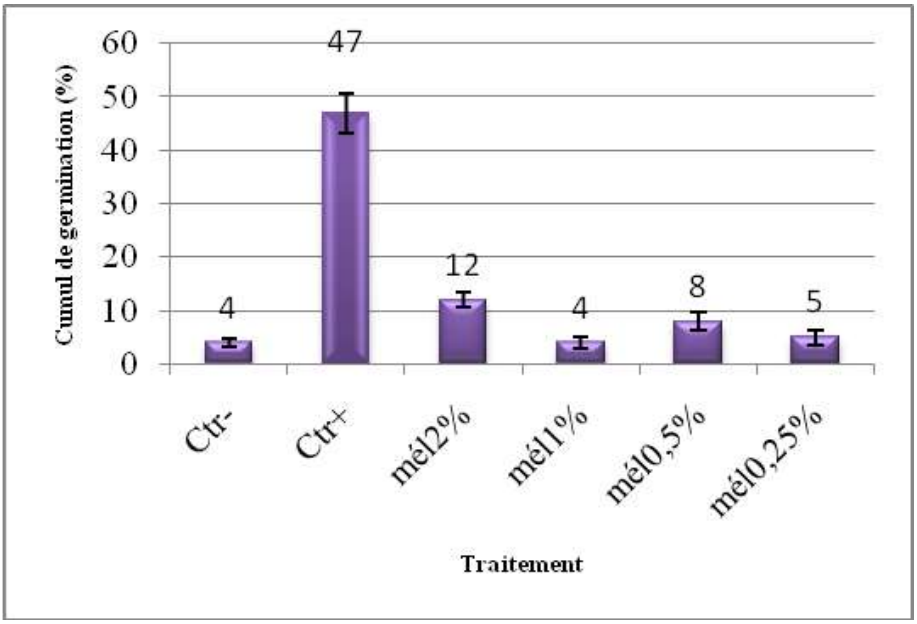


Figure 25 (e) : Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux du mélange en fonction des différentes doses.

Ctr- : contrôle négatif à l'eau distillée, Ctr+ : contrôle positif à l'H_2SO_4

quatre organes en proportions égales) où il n'a pas eu un effet favorable, excepté pour la solution mère qui a montré une action positive sur la germination (12±1.49%) à l'instar de la solution mère à base de feuilles. La solution fille à 0.5% a manifesté un taux de 8±1.64%, alors que les doses de 1 et 0.25% ont révélé des taux avoisinant celui du témoin (Ctr-) avec des taux respectifs de 4±1.00% et 5±1.41%. Il est probable que la fraction du mélange dilué ne peut agir positivement qu'avec une solution concentrée (solution mère).Il faut rappeler que le mélange dans cet essai est constitué des organes de la plante entière en proportion égale (2 g pour chaque partie végétale), ceci peut privilégier l'effet de la dose au dépend de l'organe.

2.1.6. Sol

Hormis les solutions à 2 et 0.25% présentant respectivement un taux de germination de 6±1.14% et 8±0.89%, les traitements à base d'extraits aqueux du sol (**Figure 25 /f)** ont également révélé une amélioration inversement proportionnelle à la

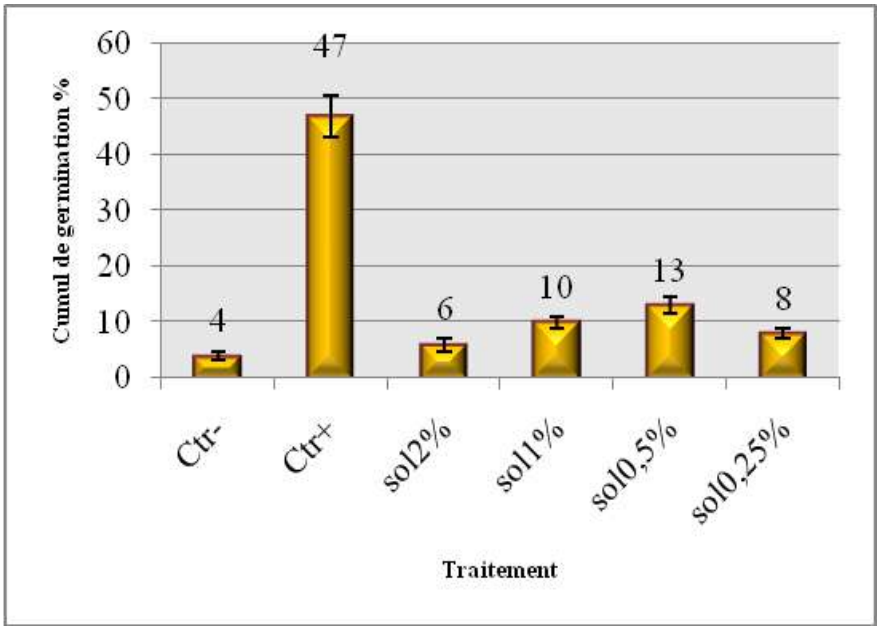


Figure 25 (f) : Taux de germination des graines de *Retama raetam* traitées à l'extrait aqueux du sol en fonction de différentes doses.

Ctr- : contrôle négatif à l'eau distillée, Ctr+ : contrôle positif à l'H_2SO_4

germination. Les solutions à 1 et 0.5% ont affiché respectivement des taux de germination de 10±1.00% et 13±1.48%. En effet la dilution progressive de la solution mère a fait évoluer positivement le taux de germination, passant de 6 à 13% (sol 2% à sol 0.5%). Globalement, un effet non significatif a également été obtenu pour tous les traitements sous la dose de 1%, ainsi qu'avec les extraits de la racine **(Figure 25 /d)**, de l'écorce **(Figure 25 /c)**, et du sol **(Figure 25 /f)** sous la dose de 2%. Le sol dans cette expérience est considéré comme étant un support pour le mélange des organes de la plante. Ainsi, l'objectif est de trouver une relation de similitude entre les 2 traitements. En effet, la signification de l'un (Mélange 2% et Sol 0.5%) a probablement induit respectivement une absence de signification pour l'autre (Sol 2% et Mélange 0.5%).

2.2. Délai de germination

Les résultats obtenus sont illustrés dans la **figure 26.**

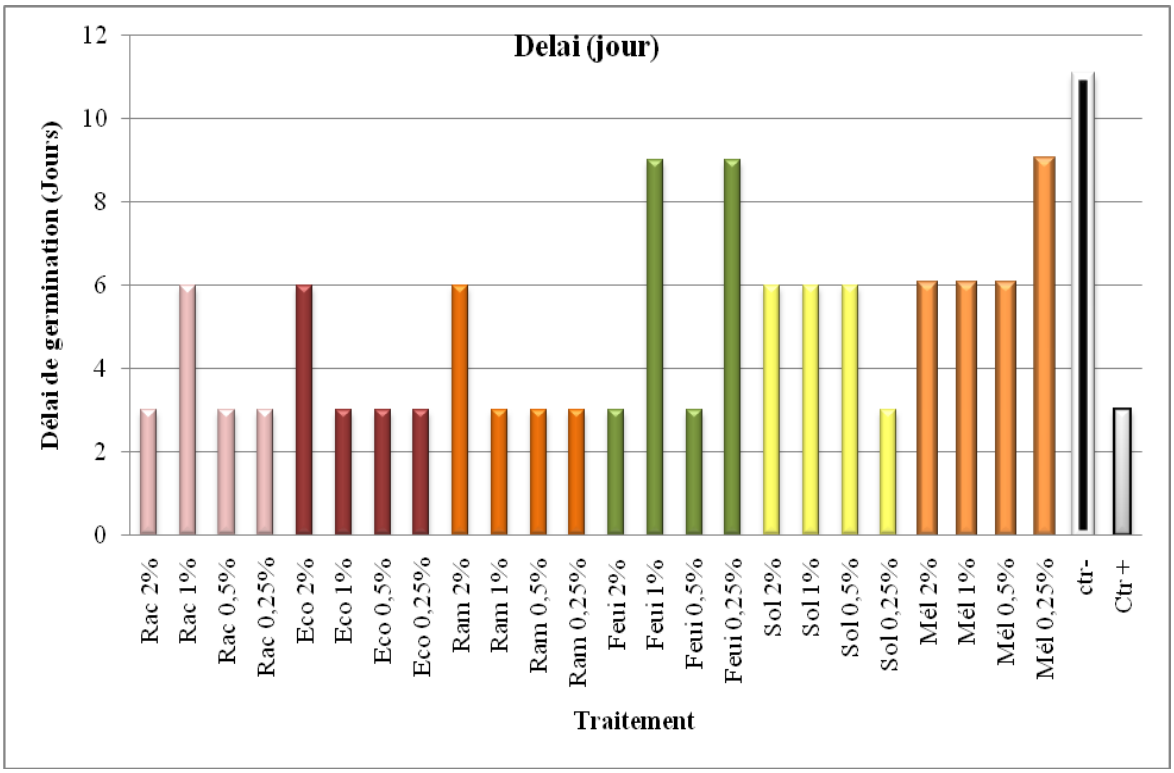


Figure 26 : Histogramme des délais de germination des graines de *Retama raetam* en fonction des différents traitements.

Globalement, les traitements ont affecté les délais de germination en diminuant les périodes d'apparition des radicules, tout type/dose confondus ont accéléré ces délais. L'histogramme fait ressortir 03 niveaux d'effet positif. Le premier niveau affiche une amélioration du délai de germination semblable à celle du contrôle positif (3jours), et représente 12 traitements (50% de la totalité des traitements appliqués).Il est obtenu chez les graines traitées par les extraits aqueux de racines (2%,0.5% et 0.25%), d'écorce et des rameaux avec des doses similaires (1%,0.5% et 0.25%), les feuilles (2% et 0.25%) et le sol (0.25%). On note le faible effet du mélange des 4 organes de l'arbre, probablement à cause d'un phénomène d'antagonisme. Cela laisse à supposer que les 12 traitements ont une incidence semblable à celle de l'acide sulfurique sur le délai de germination et est expliqué, initialement, par une forte hydratation des parois tégumentaires des graines. Le deuxième niveau inclut les 37.5% des traitements influençant le délai de germination en multipliant par deux celui du contrôle positif. Dans cette classe de traitement, les effets similaires ont été

exprimés également avec l'écorce et les rameaux d'une part et avec le sol et le mélange d'autre part. Le troisième niveau inclut le reste des traitements (8.33%), à savoir les extraits des feuilles 1% et 0.25% et le mélange 0.25%.

2.3. Temps moyen de germination (TMG%)

Les résultats obtenus sont illustrés dans la **figure 27.**

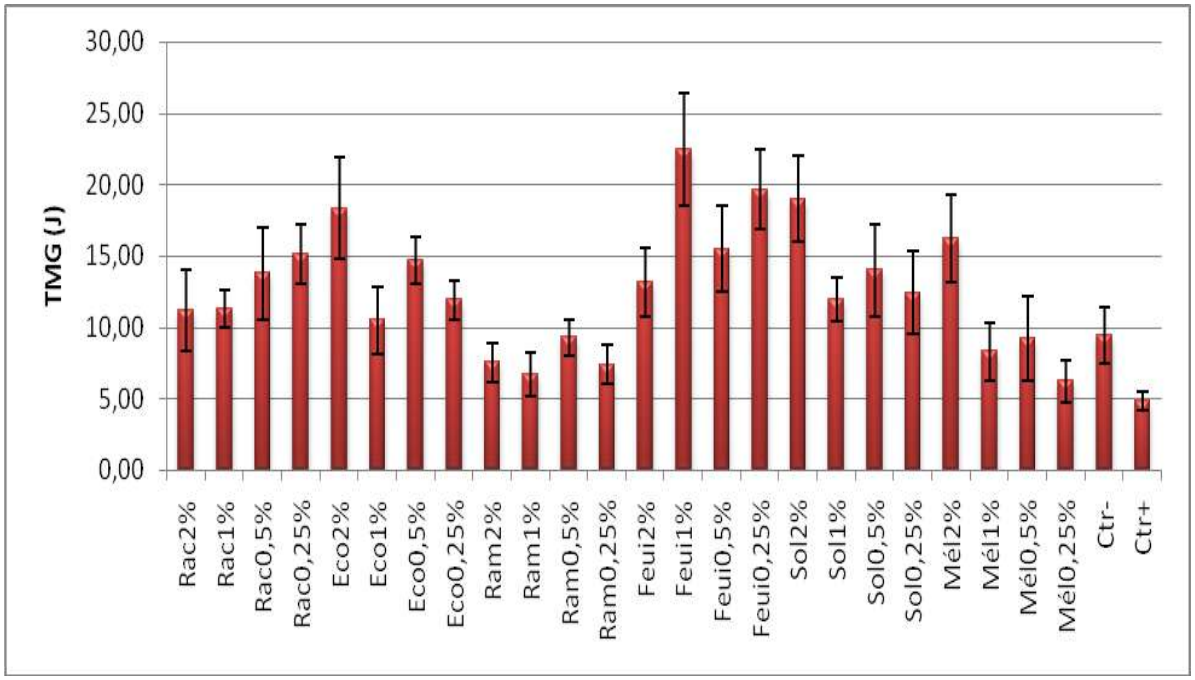


Figure 27 : Histogramme des vitesses de germination des graines de *Retama raetam* en fonction des différents traitements.

Le temps moyen de germination exprimé en jours, appelé aussi vitesse de germination est un indice de germination utilisé dans l'interprétation du comportement des lots de graines vis-à-vis du traitement. Le meilleur temps moyen de germination est noté pour le traitement à base de mélange dilué à 0,25%, se rapprochant du ctr+ et exprimant un temps de 6.20±1.47 jours. Par ailleurs, l'extrait à base de feuilles dilué à 1% a montré la plus faible vitesse 22.5±3.95 jours dépassant de loin celui du témoin. Ce qui peut laisse supposer que la vitesse de germination des graines dans notre essai est indépendante du traitement via les extraits de la plante.

2.4. Teneurs en Polyphénols

Les polyphénols, appelés communément composés phénoliques représentent, une famille de substances chimiques issues du métabolisme secondaire des plantes, et sont impliquées dans plusieurs interactions physiologiques ; entre autre, la stimulation de la germination **(MACHEIX, 1996).**

Les résultats du dosage des polyphénols dans les extraits aqueux concentrés sont illustrés dans la **figure 28.**

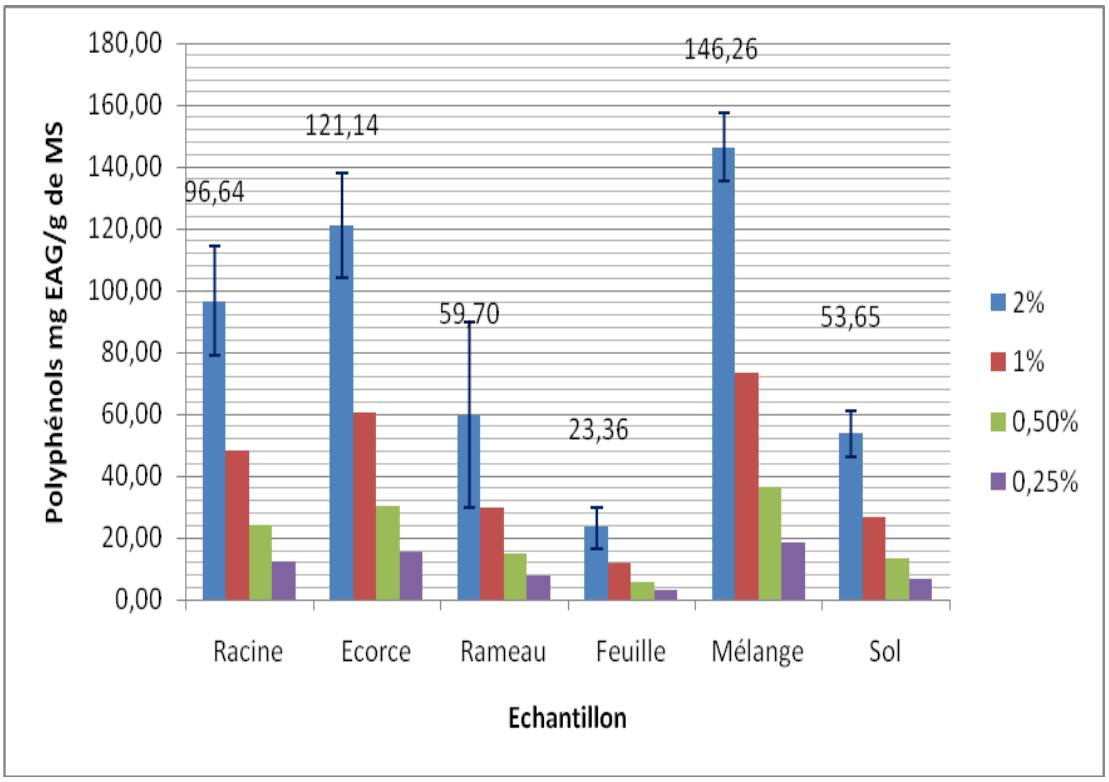


Figure 28 : Teneurs des échantillons en polyphénols.

Les extraits aqueux présentent des teneurs moyennes en polyphénols totaux variant de 146.26 à 23.36 mg Equi. AG /g de MS. La richesse la plus importante est représentée par celle du mélange d'organes (146.26 mg Equi. AG /g de MS), constitué par la partie aérienne et souterraine, ce qui a généré un résultat additif des teneurs en polyphénols dans les fractions composantes. Concernant les organes isolés, l'extrait aqueux à base d'écorce a présenté la valeur la plus élevée (121.14 mg Equi. AG /g de MS), ce qui corrobore l'hypothèse de **BOIZOT et CHARPENTIER (2006)** concernant les bois de différentes essences ligneuses étudiées dans leur recherche (teck, eucalyptus, robinier,..) selon laquelle la

durabilité et la qualité du bois de leurs taxons est tributaire de leurs richesses en polyphénols. La teneur en polyphénols la plus faible est révélée par l'extrait foliaire (23.36 mg Equi. AG /g de MS), contrairement aux résultats de **MGHEZZI HABELLAH et *al.*, (2016)** qui ont attribué aux feuilles de l'*Acacia ehrenbergiana* des teneurs importantes en polyphénols totaux avec 133.89 mg EAG/g MS. Ceci peut être expliqué par la spécificité des propriétés du réactif utilisé dans l'extraction à savoir l'éthanol. En effet **KANOUN (2016)** confirme l'efficacité de l'extrait éthanolique par rapport à celui de l'extrait aqueux pour lequel elle a pu identifier en utilisant l'HPLC, neuf molécules dans l'extrait éthanolique de feuilles contre seulement trois molécules dans l'extrait aqueux. Cependant, nos résultats pour les racines (96.64 mg Equi. AG /g de MS) sont meilleurs que ceux enregistrés chez *Lawsonia inermis* (**ENNEB et *al.*, 2015**) avec seulement 13.82 mg Equi. AG /g de MS. Les rameaux et le sol ont présenté respectivement des valeurs moyennes de 59.70 et 53.65 mg Equi. AG /g de MS. Le sol au Sahara est caractérisé par sa teneur très faible en nutriments, cependant cette teneur en polyphénols totaux peut être d'origine végétale non prise en compte dans cet essai, à savoir les fruits de l'arbre et les autres plantes potentiellement riches en composés phénoliques. Dans ce contexte, **DIALLO et *al.*, (2016)** ont démontré que l'*Acacia raddiana* présente le pourcentage de perte de phytomasse le plus important des litières parmi plusieurs espèces ligneuses avec 70%, suivi de l'*Acacia senegal* (65%) et de *Boscia senegalensis* (61%). Ces variations quantitatives sont sous l'influence de facteurs endogènes (génétiques) et exogènes tels que les agressions biotiques et abiotiques **(MACHEIX, 1996).**

L'analyse en composante principale ACP **(Figure 29)**, répartit les variables en 3 groupes nettement distincts.

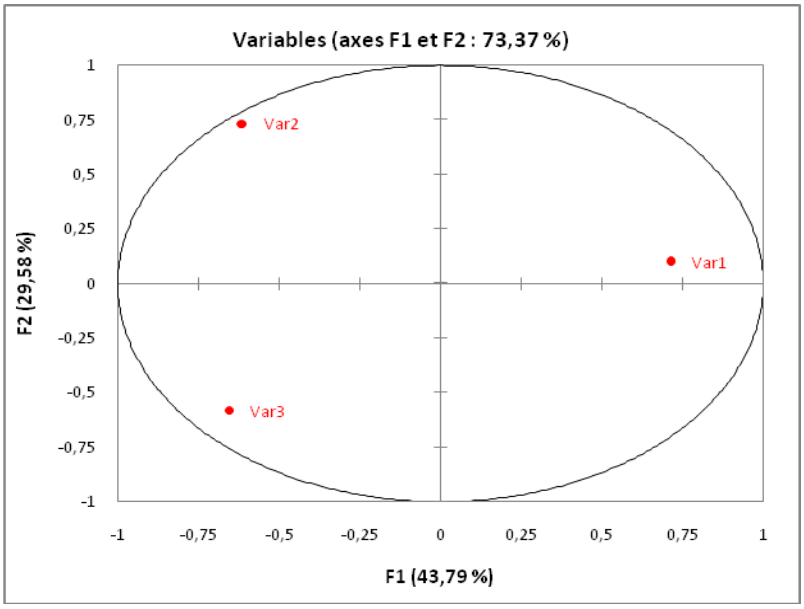


Figure 29:Cercle de corrélations des variables (ACP sur TG(%), TMG(j) et les polyphénols)

TG(%) : taux de germination en pourcentage, TMG(j) : temps moyen de germination en jours

Cette représentation montre une indépendance entre les teneurs en polyphénols dans les extraits de *Vachellia raddiana* d'une part et les indices de germinations de *Retama raetam* d'autre part (à savoir le taux et la vitesse de la germination).

La projection des groupes sur la **figure 29** est démontrée dans la **figure 30.**

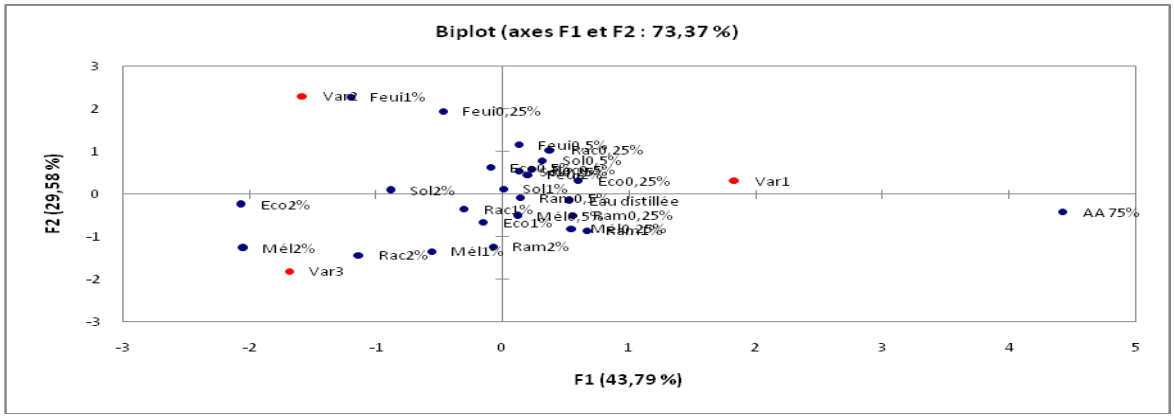


Figure 30:Représentation superposée des indices de germinations en fonction des traitements.

La classification ascendante hiérarchique (CAH) des coordonnées des échantillons sur les 2 premiers axes de l'ACP a permis de distinguer 4 groupes **(Figure 31).**

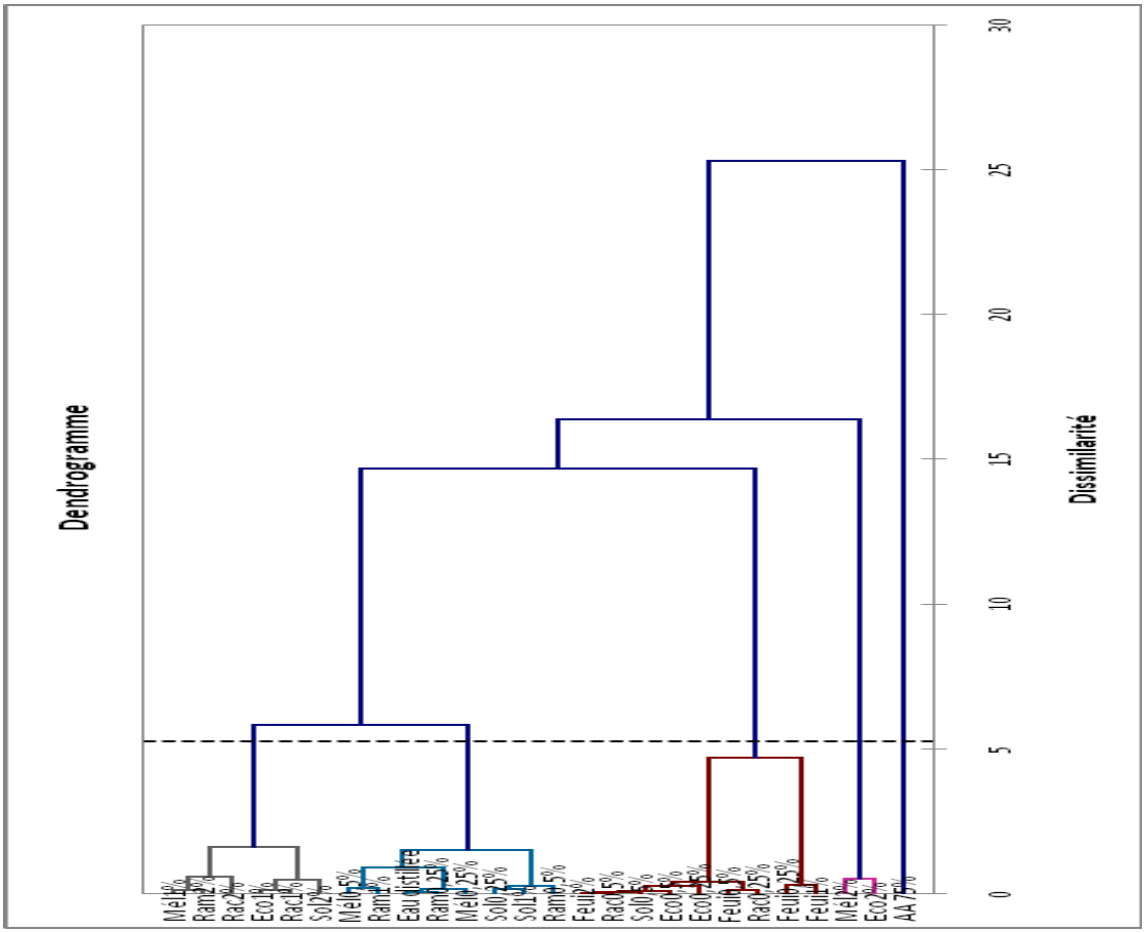


Figure 31:Dendrogramme de la CAH sur les coordonnées des échantillons sur les deux premiers axes de l'ACP en fonction des indices de germinations et des traitements.

La ligne en pointillé sur la **figure 31,** représente la troncature de l'arbre ou dendrogramme et permet de visualiser que quatre groupes homogènes ont été identifiés **(cf. annexe II)**:

- Le premier groupe (ayant une troncature importante) comprend les observations (traitements) suivantes : Racine (2%, 1%) , Ecorce (1%), Rameaux (2% ,1% ,0.5%, 0.25%) , Sol (2% ,1% ,0.25%),et Mélange (1% , 0.25%, 0.5%).Ce groupe comprend celui à l'eau distillée (considéré dans cet essai comme contrôle négatif) exprimant les plus faibles indices de germination. Les extraits aqueux des rameaux, toutes doses confondues, ont eu un effet non significatif sur la germination des graines de *Retama raetam*. Ce qui laisse supposer que l'organe peut avoir un effet inhibiteur sur la germination malgré la variation de la dose.

- Le deuxième groupe englobe les observations suivantes : Racine (0.5%, 0.25%), Ecorce (0.5%, 0.25%), Feuilles (2%,1% ,0.5% ,0.25%), et Sol 0.5%.Ces traitements ont enregistré un effet significatif sur la germination des graines de *Retama raetam.*
- Le troisième groupe réunit les deux observations suivantes : Ecorce 2% et Mélange 2%, représentant les solutions mères de l'écorce et la totalité de la plante, Ce groupe a eu un effet hautement significatif sur la germination des graines de *Retama raetam*.
- Le quatrième groupe comprend à lui seul le contrôle positif à l'acide sulfurique.

Sur les 24 traitements appliqués sur les graines *Retama raetam*, 13 traitements ont eu un effet non significatif, 09 traitements à effet significatif et 2 traitements ont montré un effet hautement significatif sur la germination des graines de *Retama raetam.*

La symétrie des graphiques est démontrée sur la **figure 32**.

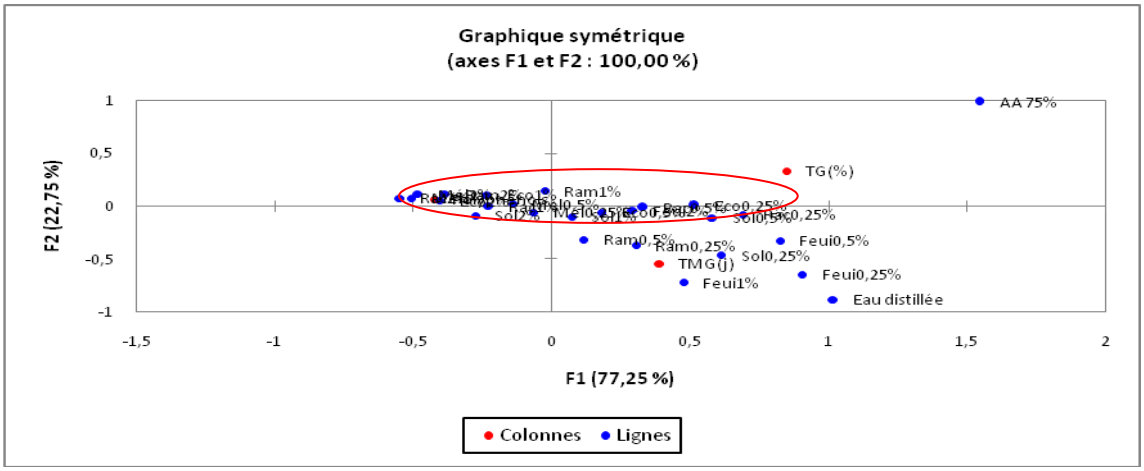


Figure 32 : Graphique symétrique sur les coordonnées des échantillons sur les deux premiers axes de l'AFC en fonction des indices de germination et des traitements.

Et l'asymétrie de ces graphes est présentée dans la **figure 33 (a) et (b).**

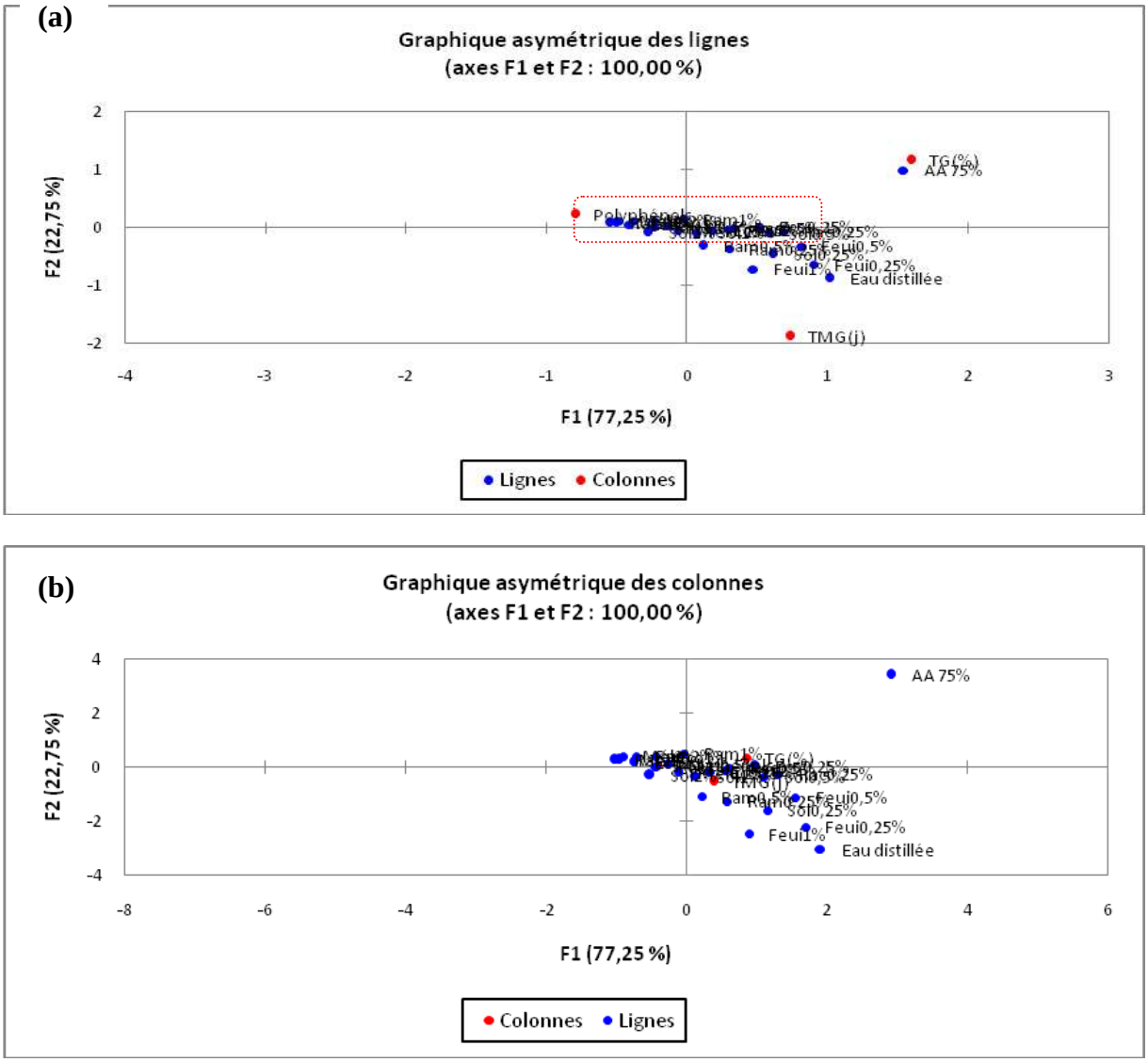


Figure 33 : Graphique asymétrique sur les coordonnées des échantillons sur les deux premiers axes de l'AFC en fonction des indices de germination et des traitements

L'axe 2 représente un pourcentage d'information faible (22.75% d'inertie).Les analyses statistiques montrent une corrélation entre la teneur des échantillons en polyphénols et les taux de germinations des graines de *Retama raetam.* Lorsque la variable (polyphénols) indiquée sur les figures, est positionnée sur les ordonnées d'un axe traduisant faiblement l'inertie, cela exprime l'indépendance de ce facteur vis-à-vis des autres variables à savoir le taux et la vitesse de germination.

Il faut rappeler que selon **PARAMATHMA et *al.*, (2000),** les métabolites secondaires responsables de l'allélopathie peuvent s'exprimer selon 3 mécanismes, à savoir la

volatilisation, les exsudats racinaires, le lessivage ou par voie de décomposition des résidus organiques de la plante. Leur mécanisme tient compte, d'après les mêmes auteurs, de 3 facteurs à savoir l'organe ou la partie de la plante, la concentration de cet organe et l'espèce cible par ces molécules allélopathiques. Dans notre essai, l'expression de l'allélopathie de *Vachellia raddiana* a été expérimentée analogiquement par voie d'exsudat racinaire (l'extrait des racines), par lessivage (les extraits des feuilles, rameaux, écorce et mélange) et par la décomposition des résidus organiques (sol).

Chapitre 3. Alternatives pour lever la dormance tégumentaire des graines de *Vachellia raddiana* (Fabaceae)

L'imperméabilité des téguments à l'eau induite par l'existence du tissu palissadique **(KHAN, 1982),** (**BASKIN et *al.*, 2000)**,(**BASKIN et BASKIN,2001),** a suscité le recours à la scarification en utilisant les prétraitements artificiels appliqués aux graines pour briser leur dormance et améliorer la germination. En effet, plusieurs chercheurs ; **LEPENGUE et *al.*, (2012a), LEPENGUE et *al.*, (2012b),** ont opté pour les traitements chimiques (acide sulfurique, peroxyde d'hydrogène,..) à cause de leur production de chaleur exothermique qui influe sur la rigidité des tissus composant les téguments des graines orthodoxes tout en enregistrant un taux élevé des graines germées dans un laps de temps réduit.

3.1. Taux de germination

Les meilleurs résultats ont été enregistrés avec le traitement combiné incluant l'acide sulfurique et le sable. En effet, un taux de 100% de germination a été obtenu **(Figure 34)**. Dans les deux traitements (l'acide sulfurique et le sable pendant 40 et 60 minutes), la durée de l'essai n'a pas eu d'effet significatif, par contre l'augmentation de la durée de trempage des graines dans l'acide sulfurique a régressé le taux de germination (-50%).En diminuant la durée de trempage des graines dans l'H_2SO_4 (25 minutes),le taux de germination continue à régresser de 20% ,et se fixe à 80% de la totalité des graines mises en incubation, dans des essais antérieurs (**MOULAY, 2012**). Le fait de réduire la durée à une valeur de 15 minutes pour ce traitement combiné, cela n'a pas eu un effet sur la germination et le taux s'est fixé à 80% de la totalité des graines. Toutefois, le rabaissement de la durée à moins de 15 minutes, provoque une diminution du taux de germination, ce qui laisse supposer que le temps minimum d'immersion des graines dans l'acide sulfurique est fixé à 15 minutes pour le traitement combiné (SA).

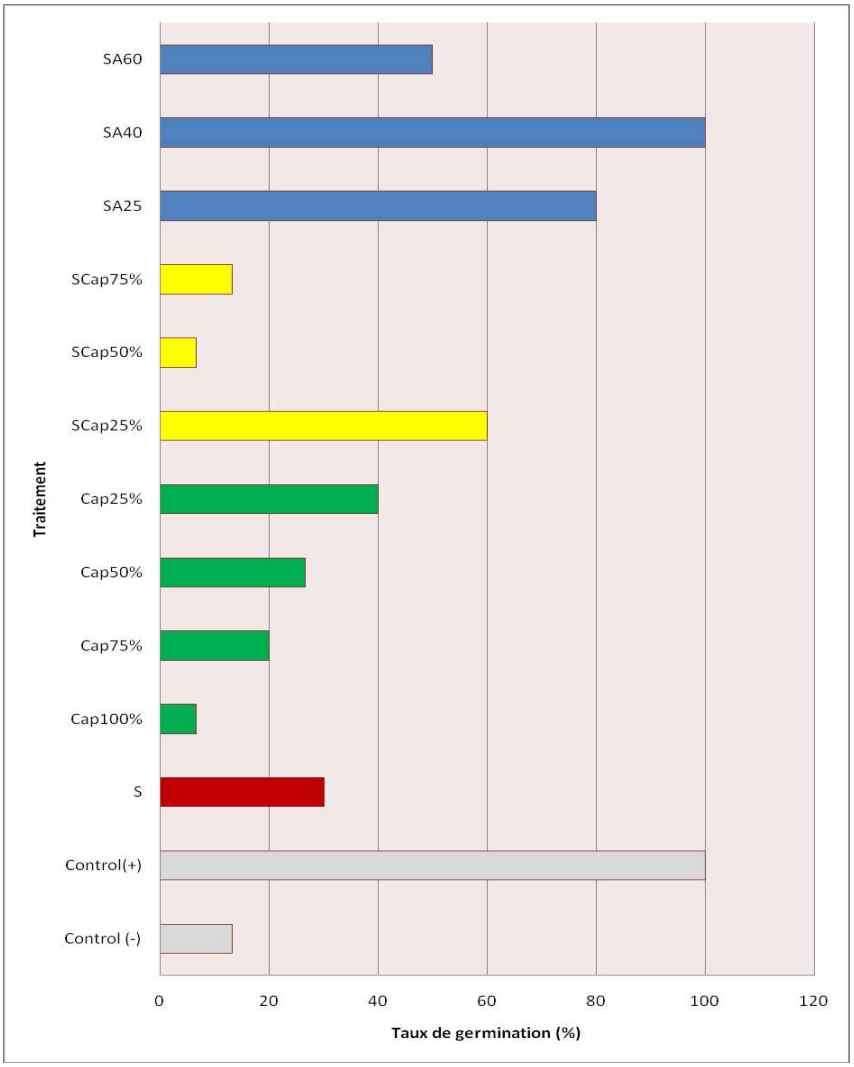


Figure 34: Effets des prétraitements sur le taux de germination des graines de *Vachellia raddiana*.

L'effet améliorateur du prétraitement par le sable fin a été déterminé et prouvé sur des graines ayant une biométrie plus faible **(BOUZIANI, 2009).**Ces deux essais à savoir, la scarification par le sable fin et celui par le sable grossier, laissent supposer qu'il existe un rapport corrélatif entre la biométrie de la graine et la granulométrie du sable utilisé causé par son action abrasive.

Concernant le traitement chimique par la solution de *Capsicum frutescens* L., le pourcentage de germination a été sensiblement amélioré et est inversement proportionnel à la concentration de la solution **(Figure 35)**.

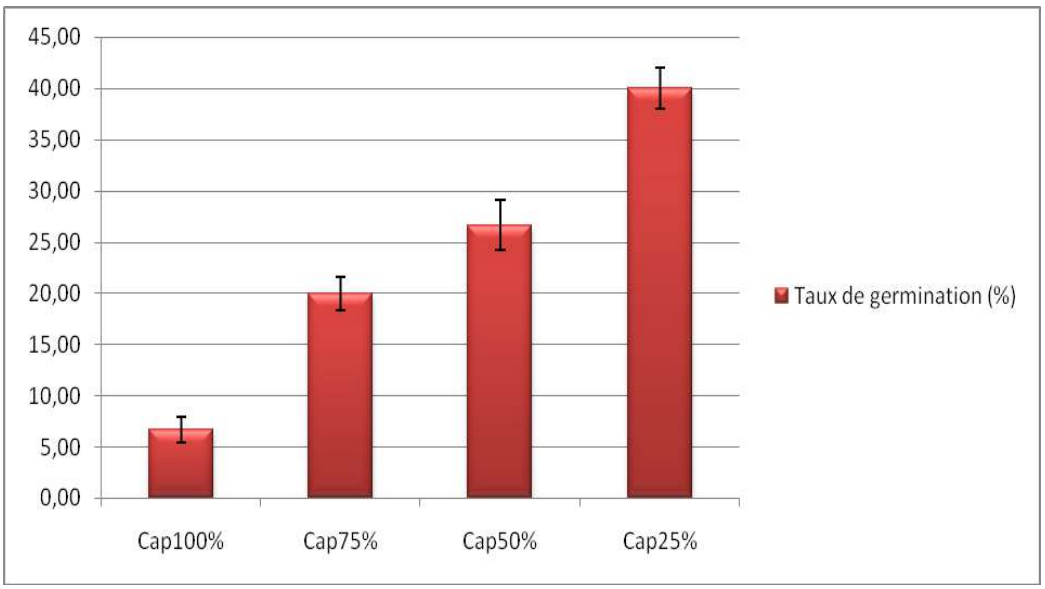


Figure 35: Effets du prétraitement à base de solution de *Capsicum* sur le taux de germination des graines de *Vachellia raddiana.*

A cet effet, la dilution la plus faible (25%) a donné le meilleur résultat à savoir 40±2,06 %, tandis que l'utilisation de la solution sans dilution a produit un effet négatif, par rapport à la solution mère Cap 100%, sur le taux et le délai de germination en exprimant un taux de 6,66±1,29% et un délai de germination de 8 jours. Les résultats montrent que tout en diluant la solution, les taux de la germination s'améliorent à savoir 20±1,63 % pour Cap75% et 26,66±2.41% pour Cap50%. Ceci, peut être expliqué par la propriété toxique ou inhibitrice de la solution de *Capsicum frutescens* L. sur la germination des graines.

Il faut signaler que **LEPENGUE et *al.*, (2012a)** ont prolongé l'incubation des graines dans la solution pendant 24 heures mais avec des dilutions inferieures à 30%, ce qui laisse supposer que l'effet toxique de la solution de *Capsicum frutescens* L. est présent malgré la variation de la dose et la durée d'incubation. L'utilisation du *Capsicum frutescens* L. à hautes concentrations (supérieurs au niveau de la désensibilation des douleurs) a eu des effets néfaste sur le développement normal des fœtus des cobayes et il a été démontré qu'il existe une corrélation entre les tumeurs gastriques et la consommation excessive de cet aliment, due à la présence de la Capsaïcine, appartenant au groupe des alcaloïdes, active les facteurs induisant le cancer **(CHANDA et *al.*, 2006)**,**(BODE et DONG, 2011)**. Le fruit du piment est caractérisé par son goût piquant et est influencé par la forte irritabilité des capsaïcinoides totaux **(BEN MANSOUR-GUEDDES et TARCHOUN, 2013).** Une action semblable a été observée avec les graines d'*Atriplex halimus* L. traitées à l'hypochlorite de sodium dans le but d'améliorer la germination, où une corrélation négative a été enregistrée

entre l'effet améliorateur du traitement et la concentration de la solution **(ADRAWI-ALAIB et SHARASH, 2002).**

L'association du traitement à base de sable avec la solution de *Capsicum,* a amélioré sensiblement le taux de germination pour la dilution de 25% en l'améliorant de 40±2.06 % à 60±3.46% **(Figure 36).**Ceci peut être justifié par l'effet additif du sable sur l'incision des téguments des graines et par la suite la levée de dormance des graines.

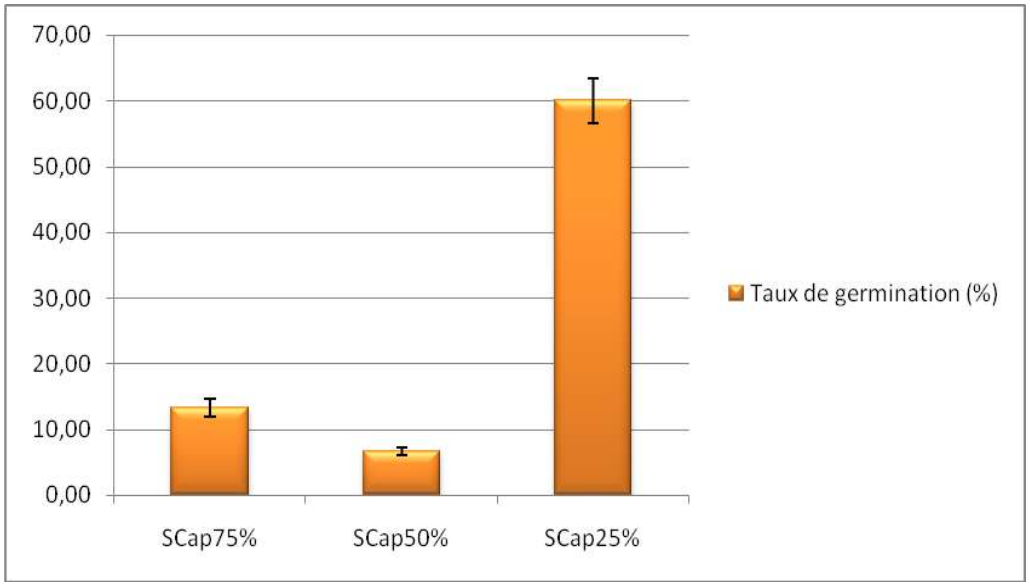


Figure 36: Effets de la combinaison du prétraitement (Sable/ *Capsicum frutescens* L.) sur le taux de germination des graines de *Vachellia raddiana.*

En revanche, et concernant les dilutions de 50 et 75% la combinaison du traitement à base de sable grossier et la solution de *Capsicum frutescens* L. ont eu un effet négatif en décroissant les taux de germination ; 13,33±1.29% pour le traitement SCap75% à 6,66±0.60 % pour le traitement SCap50%, avoisinant respectivement ceux de l'eau distillée (control -) avec un taux de 13.33±4.24% et l'acide sulfurique (control +) avec un taux de 100%, comme il est démontré sur la **figure 34.**

Les résultats issus du deuxième type de combinaison à savoir l'acide sulfurique et le sable grossier sont illustrés dans la **figure 37.**

L'amélioration maximale a été enregistrée avec le traitement SA40 en atteignant le taux de 100%, la submersion des graines pendant 40 minutes dans l'acide associée à l'action du sable ont favorisé un taux semblable à celui du control+.Ceci laisse à supposer que l'action

abrasive du sable a substitué celle de l'acide favorisant la réduction du temps de trempage dans l'acide ce qui donne au traitement son aspect utile et pratique.

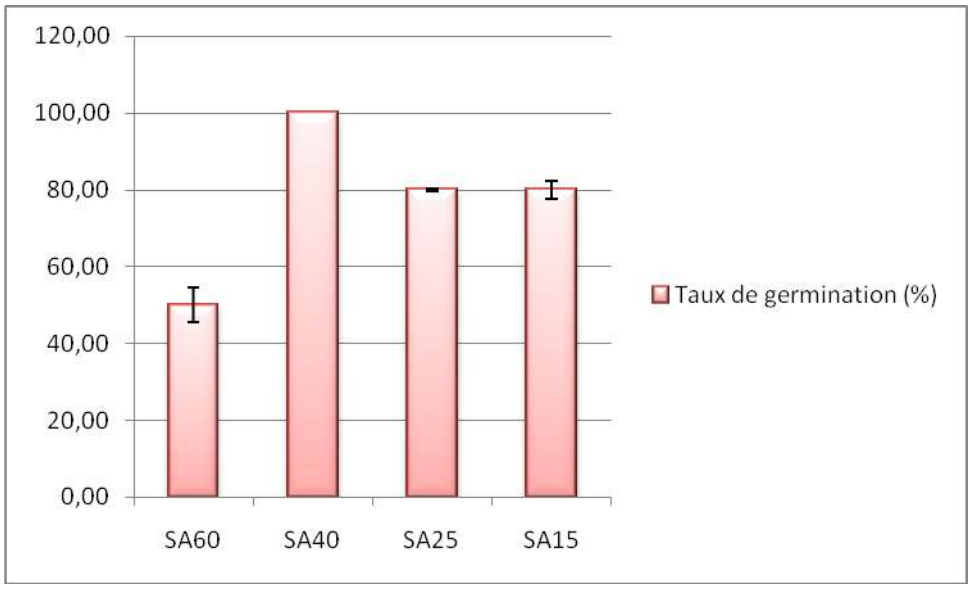


Figure 37: Effets de la combinaison du prétraitement (Sable/H_2SO_4) sur le taux de germination des graines de *Vachellia raddiana.*

Une amélioration sensible a été constatée avec les traitements SA15 et SA25 en atteignant respectivement des taux de 80±2.33% et 80±0.25%. Concernant ces traitements on a pu retenir que le prolongement de la durée de l'immersion des graines dans l'acide sulfurique n'a pas donné un effet additif sur le taux de germination. En effet, **MOULAY (2012)** a constaté que le décroissement du temps de trempage des graines dans l'acide à 10 et 05 minutes a eu comme effet la diminution du taux de germination de plus de 20 points à savoir 60±0.01% pour SA10 et 40±17,89%. De ce fait on a pu constater dans cet essai que le prolongement ou le décroissement de la durée de trempage au-delà d'une durée bien définie (40 minutes) diminueraient le pourcentage des graines germées. Le plus faible taux a été enregistré en appliquant le traitement SA60 avec 50±4.55%, avoisinant la moitié du meilleur essai parmi la catégorie du traitement combiné du Sable et l'H_2SO_4, ce qui peut être expliqué par une perturbation importante de la structure du péricarpe de la graine causé par une durée jugée assez longue, puisqu'elle a été associée à l'action du sable, provoquant une altération de l'embryon et engendrant par la suite la détérioration de la semence. De ce fait, les résultats montrent que l'amélioration du taux de germination pour ce type de traitement est conditionnée par l'ajustement du temps de trempage des graines dans l'acide. De ce fait, la durée de 40 minutes semble suffisante.

3.2. Délai de germination

Le traitement des graines a amélioré sensiblement le délai de germination par rapport au témoin **(Figure 38).** En effet, nous avons enregistré une diminution du temps relatif à la levée de dormance tégumentaire, variant entre 6.67±2.49 jours pour le sable jusqu'à 07 jours d'intervalle pour l'acide sulfurique concentré et le traitement Cap25%.

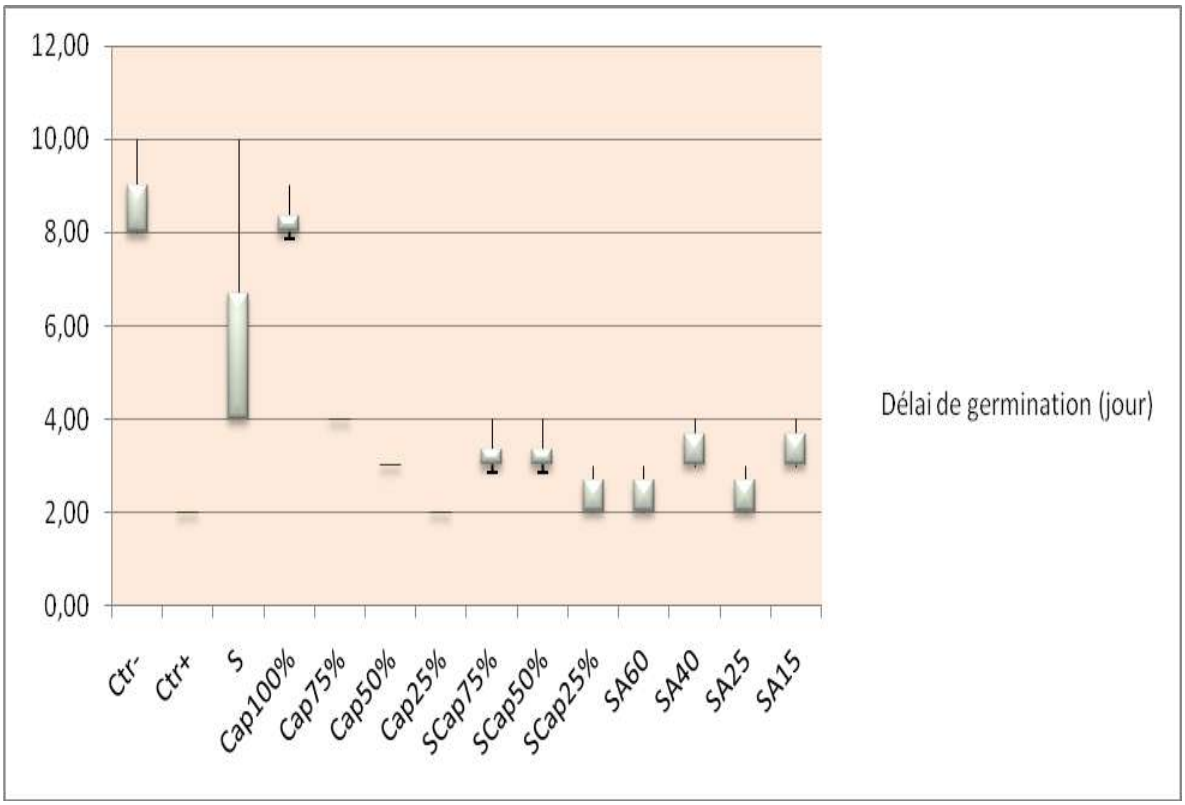


Figure 38: Effets des prétraitements sur le délai de germination

En effet, le frottement des particules de sable contre l'enveloppe de la graine, altère ce dernier et cause des incisions sur ses couches facilitant l'entrée de l'eau et l'air. Mais il a été enregistré dans cet essai qu'en le combinant à l'acide sulfurique, il donne le même résultat que celui de l'acide seul à savoir 2 jours. Le Cap25% a eu un effet identique à celui de l'acide. En effet, cette dilution en est la seule qui a révélé une valeur similaire à celle du control+, et par un degré proche celles des traitements combinés à base de sable et de *Capsicum frutescens* L. (SCap25%) d'une part et de l'acide (SA60 et SA25%) d'une autre part, en montrant un taux de 2.67 ±0,47 jours, ce qui laisse dire que la durée du traitement influe positivement sur le résultat final. Une durée relativement longue a été enregistrée avec les traitements à base de *Capsicum frutescens* L. dilués à 50 et 75% notant respectivement des

délais de 3±0,47 et 4±0,47 jours. Les traitements combinés ont attribué des valeurs se situant entre les deux précédentes à savoir 3.33±0,47 jours pour (SCap50%, SCap75%) et 3.67±0,47 jours pour (SA15%, SA40%). Le traitement à base de *Capsicum frutescens* L. concentré a eu un effet négatif sur la durée de traitement (8.33 ±0,47 jours) avoisinant celle du contrôle négatif à savoir l'eau distillée.

Les résultats illustrés dans la **figure 38** laissent voir que les traitements chimiques ont des effets très significatifs sur la germination par rapport au traitement physique. Néanmoins, l'application des traitements chimiques non synthétiques ainsi que l'association entre les différents types de prétraitement ont des effets positifs sur l'amélioration de la perméabilité des péricarpes indispensable à la levée de dormance physique des graines.

Nos prétraitements sont sensiblement meilleurs que ceux préconisés par **KEBBAS, LEKEHAL et AID (2015)** qui n'ont guère dépassé 85% et 3 jours respectivement pour le taux et la durée de germination.

La dormance physique, ou dormance d'origine tégumentaire appelée aussi inhibition tégumentaire, peut être considérée comme un phénomène adaptatif préservant la survie de l'espèce dans un environnement fragilisé par les perturbations édapho climatiques et accentué par des aggravations anthropiques. Néanmoins, ces interventions humaines peuvent être envisagées dans un contexte de préservation de l'écosystème saharien. Les essais pratiqués depuis plusieurs années, dans les programmes de restauration et réaménagement des aires dégradées, sont tributaires de l'homogénéisation de la germination des semences dans le but de mieux gérer la plantation. Sur les 13 traitements germinatifs pratiqués lors de cette étude ,9 ont amélioré le taux de germination à savoir le S, A, SA60, SA40, SA25, SA15, Cap50, Cap25% et SCap25%. Celui de Cap75% n'a pas amélioré le taux alors que les traitements au Cap100%, SCap75%, et SCap50% ont affectés négativement la germination. Cependant tous les traitements sans exception ont amélioré le délai de germination en se référant à ceux traités à l'eau distillée.

Après analyse il s'avère que les résultats qui peuvent être pris en compte sont les traitements combinés entre le sable et la solution de *Capsicum frutescens* L. diluée à 25%, où la complémentarité des effets des deux catégories du prétraitement (chimique et combiné), à savoir l'action abrasive du sable et l'action exothermique de la solution de piment ont eu un effet additif.

Conclusion

et

perspectives

Conclusion générale

Les lits des Oueds au Sahara septentrional constituent le biotope le plus privilégié pour la flore spontanée. *Vachellia raddiana* appartenant à la famille des Fabacées, est l'espèce à port arboré, la plus représentée dans le Sud-ouest du Sahara septentrional. Cette étude a été menée dans l'objectif d'expliquer l'épanouissement exceptionnel de cette essence dans un milieu considéré comme hostile, étant donné ses conditions très rudes. Par conséquent, trois volets ont été élucidés, à savoir :

→**La description histologique** de la plante au stade juvénile vis-à-vis du stress hydrique appliqué, en utilisant 03 concentrations de Polyéthylène Glycol. Face à un stress hydrique, nous avons montré, par le biais de cette étude, que les comportements de la plante, en termes de régulation de l'ouverture des stomates et le développement de la tige, étaient très variables. En effet, à un stade très précoce (08 semaines), la plante a présenté un pouvoir d'ajustement de ses ostioles, sans nuire au bilan hydrique des tissus de son organisme. Entre le stress modéré à -0.25 bars et le stress extrême à -0.5 bars, la plante a manifesté un comportement similaire après 12 et 36 heures de l'application du stress. La différence réside pendant les 24 heures de l'application du stress où la plante a tendance à minimiser au maximum l'ouverture des ostioles de ses stomates cotylédonaires et par la suite résister à la perte d'eau par évaporation. Selon nos résultats, la période critique pour les plantules de *Vachellia raddiana* âgées de 8 semaines dans la stratégie de l'homéostasie face à la sécheresse, est celle qui suit l'installation du stress. De même, pour un stress extrême à -0.5 bars, la plante a présenté une faible biométrie du ratio Cortex/Diamètre de la tige durant toute l'expérience, qui a été provoquée par la sortie de l'eau et la déshydratation des parois des cellules ; influant sur les dimensions de celles-ci. Ce résultat pourrait être interprété par le phénomène de résurrection des plantes ayant cette capacité. En parallèle à cette expérience, nous pouvons déduire que les 2 paramètres anatomiques interprétés tendent vers les mêmes finalités du point de vue comportement histologique de l'espèce face au stress hydrique.

→**La teneur en polyphénols des extraits de ses organes** et leurs effets allélopathiques potentiels sur la germination des graines de *Retama raetam* (Fabaceae), espèce appartenant à sa strate sous jacente. Concernant l'impact de la strate arborée sur la flore sous jacente, nos résultats ont révélé que les organes de *Vachellia raddiana*, telles que la racine, l'écorce et les feuilles ont eu des effets positifs sur les indices de germination des

graines de *Retama raetam.* En effet, avec les concentrations de 0.5% et 0.25% pour les racines, 2%, 0.5% et 0.25% pour les écorces, 2%, 1%, 0.5% et 0.25% pour les feuilles et le Sol à 0.5% ont amélioré ces indices. Cependant, l'extrait pur de la totalité de la plante a présenté un effet très efficace sur la germination des graines de *Retama raetam.* Le test de l'hypothèse d'une allélopathie stimulatrice à effet d'hormèse, relatif à *Vachellia raddiana* sur la germination des graines de *Retama raetam* n'a été en réalité ni écartée ni validée. Ceci est justifié par le fait que la question de l'allélopathie positive dans notre essai a été abordée initialement par l'utilisation d'une concentration unique, à savoir 2 g (poids de départ de l'échantillon) pour préparer les solutions mères. D'où il convient de prévoir l'utilisation d'autres choix de concentrations.

Enfin, **La biologie de ses graines** en pratiquant un traitement alternatif d'origine biologique, pour lever leur dormance tégumentaire. La propagation de *Vachellia raddiana* est assurée surtout par les graines. Cette extension se trouve entravée par une notion paradoxale en faveur de l'espèce. En effet, ce taxon à l'instar des Fabacées et par la dormance tégumentaire de ses graines, montre un caractère adaptatif face aux aléas climatiques critiques, caractérisant le Sahara. Par ailleurs, ce même caractère relève un défi aux biologistes face aux régénérations et rétablissements floristiques dans les systèmes agro-pastoraux. Dans le but de substituer le recours à l'utilisation excessive des traitements chimiques (acide sulfurique) pour briser la barrière tégumentaire de la graine, l'utilisation de combinaisons de traitements d'origine physique et biologique à base de *Capsicum frutescens* L. s'est avérée relativement intéressante. A ce titre, le traitement combiné entre le sable et la solution de *Capsicum frutescens* L. diluée à 25%, où la complémentarité des effets des deux catégories de prétraitement (chimique et combiné), à savoir l'action abrasive du sable et l'action exothermique de la solution de piment, ont eu un effet additif sur les indices de germination des graines de *Vachellia raddiana.* Il faut encore noter que d'autres essais sont à planifier en utilisant une autre gamme de dilutions de solution de *Capsicum frutescens* L. inférieure à 25%, sans pour autant omettre les autres paramètres environnementaux influençant la physiologie de la germination.

Perspectives

A l'appui de ce qui a été cité précédemment, à propos d'adaptation des xérophytes au milieu saharien, ce point important dans l'écophysiologie d'une essence, prend toute sa dimension chez ce taxon. Point sur lequel nous avons testé une démarche expérimentale générant des résultats cognitifs, alors que d'autres ont davantage des répercussions appliquées, lesquels il serait intéressant de les compléter en étudiant le comportement de l'espèce *in vivo* en modifiant les paramètres étudiés dans ce travail.

Dans la perspective de répondre aux enjeux écologiques ayant guidé ce travail de thèse, un nombre de points restent à éclaircir et à compléter, tant en ce qui concerne la compréhension des modifications anatomiques et physiologiques qui surgissent lorsque le stress hydrique s'installe, que sur l'interaction de la végétation entre les espèces appartenant aux différentes strates.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **AARSSEN L. W. et EPP G. A., 1990**- Neighor manipulations in natural vegetation: A review. Journal of Vegetation Science. 1: 13-30. Url; http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/3236049/
2. **ABDALLAH F., NOUMI Z., TOUZARD B., OULED BELGACEM A., et NEFFATI M., 2008 -** The influence of *Acacia tortilis* (Forsk.) subsp. *raddiana* (Savi) and livestock grazing on grass species composition, yield and soil nutrients in arid environments of South Tunisia.Rev. Flora-Morphology,Distribution,Functional Ecology of plants, 203 (2) : 116 - 125.
3. **ADRAWI-ALAIB M. et SHARASH O., 2009-**Eco-Physiological Study of Native *Atriplex halimus* L. for Purpose of Sand Fixation Seed Germination and Seedling' Development. Al Mokhtar for sciences N°9.
4. **AKBO L.-E., BANOIN M., et GROUZIS M., 2003** - Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragères de la végétation herbacée : bilan pastoral en milieu Sahélien .Rev. Méditerranéenne Vétérinaire, 154 (10) : 619 - 628.
5. **AKPO L.-E. et GROUZIS M., 2004 -** Interactions arbre/herbe en bioclimat semi-aride : influence de la pâture. Rev. Sécheresse, 5 (3) :253-61.
6. **ALEXANDER D.-Y., 2002** - Initiation à l'agroforesterie en zone sahélienne; les arbres des champs du plateau central au Burkina Faso. Edi. IRD-KARTHALA, Paris.220 p.
7. **ANDERSEN G. - L. et KRZYWINSKI K., 2007** - Longevity and growth of *Acacia tortilis*; insights from ^{14}C content and anatomy of wood. Rev. BMC. Ecology, 7(4).
8. **ANJUM T., et BAJWA R., 2005-** Importance of Germination Indices in Interpretation of Allelochemical Effects. International Journal Of Agriculture & Biology:1560–8530/2005/07.Vol. 3:417-419 . Url; http://www.ijab.org.
9. **ANNEROSE D J.-M., 1990-** Recherches sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Application au cas de l'arachide (*Arachis hypogea L.*) cultivée au Sénégal. Thèse Doctorat. Université PARIS VII, Paris, 286 p. Url; intranet.isra.sn/greenstone/collect/tmisra/index/assoc/HASH01eb.dir/doc.pdf
10. **ARBONNIER M., 2002** - Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Edi. CIRAD-MNHN, 573 p.

11. **ASHTON ACTON Q., 2011**-Ethylene Glycols: Advances in Research and **A**pplication. ISBN: 1464927448, 9781464927447.143p. Url; https://books.google.dz/books
12. **AUSSENAC G., 1973-**Climat, microclimat et production ligneuse. **Ann. Sci. forest.** 30 (3) :239-258. Url; http://www.afs-journal.org ou http://dx.doi.org/10.1051/forest/19730303
13. **BA E-H. M., 2008 -** Etude des propriétés biomécaniques et de la capacité de vie symbiotique des racines d'arbres d'*Acacia senegal* Willd. et de *Prosopis juliflora* DC. Thèse Doctorat, Université Sheikh Anta Diop, Dakar. Univ. Bordeaux I.122 p.
14. **BALIČEVIĆ R., RAVLIĆ M. and BALIĆ A., 2016**-Dormancy and germination of Johnson grass seed (*Sorghum halepense* (L.) Pers.). Journal of Central European Agriculture, 17(3): 725-733 doi: 10.5513/JCEA01/17.3.1769
15. **BARKOUDAH Y., et VAN DER SAR D., 1982** - L'*Acacia raddiana* dans la région de Béni-Abbés (Algérie). Bull. Soc. Hist. Nat.fr. du Nord, 70 (1 à 4) : 79-121.
16. **BASKIN J.-M., BASKIN C. - C. et XIAOJIE, 2000**-Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. Plant Species Biology.Vol.15:139-152. DOI: 10.1046/j.1442-1984.2000.00034.x. Url; https://www.researchgate.net/publication/249443866_Taxonomy_anatomy_and_evolution_of_physical_dormancy_in_seeds .
17. **BASKIN J.-M., et BASKIN C. - C., 2001-**Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Nordic Journal of Botany 20(5):598-598. DOI:10.1111/j.1756-1051.2000.tb01610.x. Url; https://www.researchgate.net/publication/249497608_Baskin_C_C_Baskin_J_M_2001_Seeds_Ecology_Biogeography_and_Evolution_of_Dormancy_and_Germination/references.
18. **BATANOUNY K.H., et BAESHIN N.A., 1982-** Studies on the flora of Arabia. Bull.Fac.Sci., K.A.U., Djeddah, (6):1-26.
19. **BELHADJADJI Y., MELEKMI N., BELBOUKHARI N., et CHÉRITI A., 2008 -**Une approche environnementale par phytoexitration assistée par micro-ondes (MAE) d'*Acacia raddiana*. Colloque National sur la Chimie et l'Environnement CNCE. Saida.
20. **BEN MANSOUR-GUEDDES S. et TARCHOUN N., 2013-** Genetic analysis of total capsaicinoids in tunisian hot pepper varieties (*Capsicum annuum* L.).Agricultural Science 7 (2): 1-9.ISSN: 2141-4203.doi:10.5707/cjagricsci. Url; http://www.wiloludjournal.com

21. **BEN SALEM F., OULED BELGACEM A., et NEFFATI M., 2008-**Etude de la dynamique du système racinaire des plantules de certaines espèces arbustives autochtones de la Tunisie aride. Rev. Sécheresse, 19 (2) : 3-8.
22. **BENBADA S., 2013-** Amélioration du taux de germination des graines *d'Acacia raddiana* pour lever leur dormance tégumentaire. Mém. Ing. UKMOuargla 32p.
23. **BENSAID S., 1991** - Germination au laboratoire et en conditions naturelles et croissance en minirhizotron d' *Acacia raddiana*. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi arides. Groupe d'étude de l'arbre, France.
24. **BENSAID S., AIT MOHAND L. et ECHAIB B., 1996-**Évolution spatio-temporelle des peuplements d' *Vachellia tortilis* (Forsk.) Hayne *raddiana* (Savi) Brenan dans les monts Ougarta (Sahara nord-occidental).Science et changements planétaires / Sécheresse. Vol.7 (3) :173-178.
25. **BIDEL L.P.R., COUMANS M., BAISSAC Y., DOUMAS P., et JAY-ALLEMAND C. ,2010-**Biological Activity of Phenolics in Plant Cells, Recent Advances in Polyphenol Research, Wiley-Blackwell: 163-205.
26. **BODE A. - M. et DONG Z., 2011-**The Two Faces of Capsaicin. Vol. 71(8). Doi: 10.1158/0008-5472.CAN-10-3756. Url; http://cancerres.aacrjournals.org/content/71/8/2809, https://www.researchgate.net/publication/51045704_The_Two_Faces_of_Capsaicin
27. **BOIZOT N., et CHARPENTIER J.- P., 2006-** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Le Cahier des Techniques de l'Inra : Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques. Numéro spécial : 79-82.Url; http://prodinra.inra.fr
28. **BOURA A., et De FRANCESCHI D., 2008-** Une méthode simple de collecte de bois et d'écorce pour des études anatomiques. Rev. Adansonia, sér. 3, 30 (1) : 7-15.
29. **BOUZIANI N., BOUAKKA M., BELABED A. et TAHRI EH., 2009-** Amélioration du taux de germination des graines de l'hélianthème (*Helianthemum le-difolium*), plante hôte des truffes du désert (Terfez) au Maroc Oriental. Reviews in Biology and Biotechnology.8(1).
30. **BOYKO A., et KOVALCHUK I., 2011-** Genome instability and epigenetic modification - heritable responses to environmental stress? Current Opinion in Plant Biology 14:260-266. Url; https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21440490

31. **BUVAT R., 1989-**Ontogeny, Cell Differentiation, and Structure of Vascular Plants.Ed. Springer Science & Business Media. 2012, 581p.ISBN:3642736351,9783642736353.pp530-531.doi:10.1007/978-3-642-73635-3. Url; https://books.google.dz/books
32. **CALLAWAY R.-M., 1997-**Positive interactions in plant communities and the individualistic-continuum concept. Oecologia 112:143–149. Url; https://link.springer.com/article/10.1007/s004420050293
33. **CAMPA C., DIOUF D., NDOYE I., et DREYFUS B., 2000 -** Differences in nitrogen metabolism of *Faidherbia albida* and other N_2-fixing tropical woody *Acacia*s reflect habitat water avail ability. Rev.Research New Phytol, (147):571-578.
34. **CARVALHO DE CASTRO T., SIMÕES-GURGEL C., RIBEIROMARSEN I.-G., COELHO PINTO G., et ALBARELLO N., 2014-** Morphological aspects of fruits, seeds, and seedlings in vivo and in vitro germination of species of the genus Cleome. Journal of Seed Science, Vol.36 (3):326-335. Url; http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v36n31013.
35. **CHADE M. - W. et REVEAL J. - L., 2009-** A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. Botanical Journal of the Linnean Society (161): 122–127. Url; https://www.idigbio.org/wiki/images/.../Chase_and_Reveal_2009.
36. **CHAK KIM M., 1979-** Water potential components» growth and physiological responses of soybeans to osmotically induced water stress. Retrospective Theses and Dissertations. 6658. Iowa state university. Url; http://lib.dr.iastate.edu/rtd/6658.
37. **CHANDA S., SHARPER V., HOBERMAN A., BLEY K., 2006-** Developmental Toxicity Study of Pure *trans*-Capsaicin in Rats and Rabbits. International Journal of toxicology. Vol 25(3): 205-217. Url; http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1080/10915810600683317
38. **CHATTERJEE N. et NAGARAJAN S., 2006-**Evaluation of water binging, seed coat permeability and germination characteristics of wheat seeds equilibrated different relative humidifies, Indian Journal of Biochemistry and BioPhysicals. Vol. 43: 233-238.
39. **CORNET F., DIEM H.G., 1982-** Etude comparative de l'efficacité des souches de rhizobium d'*Acacia* isolées des sols du Sénégal et effet de la double symbiose-*Glomus mosseae* sur la croissance de *Acacia holosericea* et *Acacia raddiana*. Rev. Bois et Forêts des Tropiques, 4(198) :3-15.

40. **DAMOUR G., 2008 -** Bases théoriques et approches expérimentales de la modélisation des effets de la contrainte hydrique sur les échanges gazeux foliaires du manguier et du litchi. Sciences de la Terre .Thèse Doctorat, Université de la Réunion. France.237p. Url; https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00473059
41. **DANTHU P., ROUSSEL J., NEFFATI M.O, 2003 -** La graine et la germination d'*Acacia raddiana*. Un arbre au désert, *Acacia raddiana*. Édi. IRD. Paris:269-287.
42. **DE LAJUDIE P., BOIVIN C., DUPUY, GILLIS M., NDIAYE A., DREYFUS B., NEYRA M., 1996** - *Acacia* ; Nodulation et rhizobiums associés. Séminaire l' *Acacia* au Sénégal, 3-5 décembre - Dakar.
43. **DEKKER J., 1999-** Emergent Weedy Foxtail (Setaria spp.) Seed Germinability Behaviour. CABInternational2000.Seed Biology: Advances and Applications (eds M. Black, K.J. Bradford and J. Vázquez-Ramos), Proceeding of the sixth International Workshop on Seeds, Merida, Mexico.pp 411-423. Url; www.cabi.org
44. **DEPOMMIER D, 1991**- Propagation et comportement d'espèce à usages multiples en haies vives pour la zone Sahélo - Soudanienne :résultat préliminaires d'essais menés à Gonze et Dinderesso (BurkinaFasso).IRBET –CTFT. Ouagadougou (b.f). Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi arides. Groupe d'étude de l'arbre, Paris. France.
45. **DIAGNE A.L., 2003** - Transpiration globale et fonctionnement hydrique unitaire chez *Acacia tortilis* en conditions de déficit pluviométrique. Rev.Sécheresse,14(4) : 235-40.
46. **DIALLO M.-D, MAHAMAT-SALEH M., GOALBAYE T., DIOP L., WADE T.-I. , NIANG K., DIOP A. et GUISSE A., 2016-** Chute et décomposition de la litière de cinq espèces ligneuses et leur influence sur la biomasse herbacée dans la zone Nord Ferlo du Senegal.J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), 2016, Série A, 18(3) : 1-18. Url; http://www.researchgate.net/publication/311208137
47. **DIOUF M., ZAAFOURI M. S., 2003**- Phénologie comparée d' *Acacia raddiana* au nord et au sud du Sahara. Un arbre au désert : *Acacia raddiana*. Edi.IRD.Paris:103-118. Doi: 10.1158/0008-5472.CAN-10-3756. Url; horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers10-07/010033280.pdf
48. **DOMMERGUES Y., DUHOUX E., DIEM H.-G., 1999**- Les arbres fixateurs d'azote. Ed. CIRAD, ESPACES, FAO, IRD.502 p.Ed Atlanta, Georgia 2012. Url; http://www.scholarlyeditions.com . https://books.google.dz/books

49. **ENNEB H., BELKADHI A., CHEOUR F., et FERCHICHI A., 2015-** Comparaison des composés phénoliques et du pouvoir antioxydant de la plante de henné (*Lawsonia inermis* L.).Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, 20(2) : 788-793.
50. **FLORET C. et LE FLOC'H E., 1980 -** Contribution des espèces ligneuses à la valeur pastorale des steppes du sud tunisien. Colloque sur les fourrages ligneux en afrique, état actuel des connaissances. Colloque, Adis Abbeba: 8-12 .
51. **FOLEY M.-E., 1999-**Genetic model for dormancy in wild Oat; *Avena fatura* CABInternational2000.Seed Biology: Advances and Applications (eds M. Black, K.J. Bradford and J. Vázquez-Ramos), Proceeding of the sixth International Workshop on Seeds,Merida,Mexico: 323-329. Url; www.cabi.org.
52. **GOURLAY I.-D., KANOWSKI P.-J., 1991 -** Marinal parenchyma bands and crystalliferous chains as indicators of age in Afric *Acacia* species.Rev.IAWA Bulletin, 12(2):187-194.
53. **GRASSI G., MAGNANI F., 2005**- Stomatal, mesophyll conductance and biochemical limitations to photosynthesis as affected by drought and leaf ontogeny in ash and oak trees. Plant Cell and Environment 28: 834-849. Url;
54. **GROUZIS H. et AKPO L.-E., 2003**- Influence d' *Acacia raddiana* sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée dans le Ferla sénégalais. Un arbre au désert : *Acacia raddiana*. Édi. IRD .Paris : 249-262.
55. **GROUZIS H. et AKPO L.-E., 2006-**Interactions arbre-herbe au Sahel. Rev. Sécheresse, 17 (1):318-25.
56. **GROUZIS H., NIZINSRI G., et FOURNIER Ch., 1990-** L'arbre et l'herbe au Sahel. Dynamique des interactions, Application à la régénération des systèmes écologiques. Séminaire "Physiologie des arbres et des arbustes des zones arides".27 mars - 6 avril 1990.Nancy, France.21p.
57. **GROUZIS M., 1991** - Phénologie de 2 espèces ligneuses sahélienne :aspects méthodologiques et influence des facteurs du milieu. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi arides .Paris : 145-153.
58. **GUIGNARD J.-L, et DUPONT F., 2004 -** Botanique ; Systématique moléculaire. Edi. 13ème Masson. Paris : 157-180.

59. **HANNANI A., 2011**- Essais de caractérisation de quelques propriétés morphologiques, anatomiques et chimiques de l'*Acacia raddiana* au milieu saharien. Mémoire Magister. Univ.K.M. Ouargla, 87 p.
60. **HANNANI A. et CHEHMA A., 2012-** Développement végétatif et longévité de l' *Acacia raddiana* au Sahara septentrional. Rev. BioRessources, 2 (1) :50-57.
61. **HANNANI A., BISSATI-BOUAFIA S. CHEHMA A., MOULAY S., BENBADA S., 2016**- Assays of alternative pre-treatment to remove *Acacia raddiana* savi (Fabaceae) seed dormancy. Ponte .Vol. 72 (3). doi:10.21506/j.ponte.2016.3.11 Url;http://www.pontejournal.net/mainpanel/abstract.php?TOKEN=gRkgF5411G&PID=PJ-NC0TD.
62. **HOPKINS G., 2003-**Physiologie végétale. Édi. DE BOECK. Bruxelles.514 p. Url;http://cancerres.aacrjournals.org/content/71/8/2809.full-text.pdf ,http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2005.01333.x/full, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC366375/pdf/plntphys00228-0098.pdf, https://www.researchgate.net/publication/201997889_Stomatal_mesophyll_conductance_and_biochemical_limitations_to_photosynthesis_as_affected_by_drought_and_leaf_ontogeny_in_ash_and_oak_trees
63. **JAYASURIYA K. M. G. -G. , BASKIN J.- M., GENEVE R.- L. BASKIN C.- C., 2007**- Morphology and Anatomy of Physical Dormancy in Ipomoea lacunosa: Identification of the Water Gap in Seeds of Convolvulaceae (Solanales). Annals of Botany 100: 13–22. doi:10.1093/aob/mcm070. Url; www.aob.oxfordjournals.org
64. **JOUADI W., HAMROUNI L., SOUAYEH N., KHOUJA M.-L., 2010** - Etude de la germination des graines d' *Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. Rev.Biotechnol Agronomic,Soc. Environnement, 14(4) :643-652.
65. **KASBADJI N.-M., 1999**-Carte des Vents de l'Algérie ; Résultats préliminaires. Rev. Energies Renouvelables : 209-214.Url: https://www.cder.dz/download/jnv2_14.pdf
66. **KYALANGALILWA B., BOATWRIGHT J. - S., DARU B. - H., MAURIN O. and VAN DER BANK M.**, **2013-**Phylogenetic position and revised classification of *Acacia s.l.* (Fabaceae: Mimosoideae) in Africa, including new combinations in *Vachellia* and *Senegalia.* Botannical Journal of the Linnean Society, 172(4): 500 – 523. http://dx.doi.org/10.1111/boj.12047
67. **ABDELLAOUI M.S., BENARAR D., OUDJIANE A., 2000-**Techniques de multiplication des espèces végétales arborées et arbustives du Sahara

central.C.R.S.T.R.A-I.N.R.F./Projet 2000.Url : http://www.crstra.dz/telechargement/pnr/ps/devloppement/baali-cherifi-djamel.ps

68. **DYER DIRECTOR C., 2014-** New names for the African Acacia species in *Vachellia* and *Senegalia*. Southern Forests: a Journal of Forest Science, 76:4.http://dx.doi.org/10.2989/20702620.2014.980090.Url;https://www.researchgate.net/publication/267629309_New_names_for_the_African_Acacia_species_in_Vachellia_and_Senegalia
69. **LE FLOC'H E., BOULOS L. et VELA E., 2010-** Catalogue synonymique commenté de la flore de Tunisie. Ed. : Banque National de Gènes de la Tunisie. ISBN :978-9938-9508-0-9 . https://fr.scribd.com/document/335016579/LE-FLOCH-et-al-2010-Errata-2011-pdf.pp :231. Url : https://www.researchgate.net/publication/224023795_Catalogue_Synonymique_Commente_De_La_Flore_De_Tunisie
70. **BOATWRIGHT J. S., MAURIN O. et VAN DER BANK M.,2015-** Phylogenetic position of Madagascan species of *Acacias.l.* and new combinations in *Senegalia* and *Vachellia*(Fabaceae, Mimosoideae, Acacieae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 179.pp:288-294. Url:https://www.academia.edu/4131438/Phylogenetic_position_and_revised_classification_of_Acacia_s.l._Fabaceae_Mimosoideae_in_Africa_including_new_combinations_in_Vachellia_and_Senegalia
71. **KANOUN S., 2016-**Variability of Antioxidant Properties and Identification of Phenolic Contents by HPLC-DAD in Different Organs of *Acacia albida* and *Acacia raddiana*.Url; https://www.researchgate.net/publication/302420824_Variability_of_Antioxidant_Properties_and_Identification_of_Phenolic_Contents_by_HPLC-DAD_in_Different_Organs_of_ *Acacia_albida* and *Acacia_raddiana*
72. **KEBBAS S., LEKEHAL Z.-W., et AID F., 2015** - Analyze of Different Methods of Scarification and Biochemical Composition of *Acacia Tortilis Subsp Raddiana* Seeds. Bulletin USAMV series Agriculture 72(1). Print ISSN 1843-5246; Electronic ISSN 1843-5386. DOI 10.15835/buasvmcn-agr: 11152. Url;https://www.researchgate.net/publication/281434100_Analyze_of_Different_Methods_of_Scarification_and_Biochemical_Composition_of_ *Acacia* _Tortilis_Subsp_Raddiana_Seeds

73. **KHAN A.-A., 1982-** The physiology and biochemistry of seed development, dormancy, and germination. Amsterdam: Elsevier Biomedical Press
74. **KIEMA A., NIANOGO A.-J., OUEDRAOGO T., et SOMBA J., 2008** - Use of local feed resources in the farmers ram fattening scheme: technical and economical performance. Étude originale .Rev.Cahiers Agricultures,17 (1): 23-27.
75. **KRÖPELIN S., VERSCHUREN D., LEZINE A.-M. EGGERMONT H., COCQUYT C., FRANCUS P., CAZET J.-P.,FAGOT M.,RUMES B.,RUSSEL J. M.,DARIUS F.,CONLEY D. J.,SCHUSTER M.,VON SUCH ODOLETZ et ENGSTROM D. R., 2008** -Climate-Driven Ecosystem Succession in the Sahara: The Past 6000 Years. Rev. Science Magazine, 320 (5877):765-68.
76. **LE FLOC'H E., et GROUZIS M., 2003**- *Acacia raddiana*, un arbre des zones arides à usages multiples. Un arbre au désert : *Acacia raddiana*. Édi IRD Paris : 21-58.
77. **LE HOUEROU H. N. ,1980-**Le rôle des ligneux fourragers dans les zones Sahéliennes et Soudanienne. Colloque sur les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis Abbeba.Ethiopie :84-101.
78. **LEPENGUE N., LEKANE KENFACK D., KOUMBA A., AKE S. et M'BATCHI B. , 2012a-**Influence de *Capsicum frutescens* (Solanaceae) sur quelques paramètres de croissance de l'amarante (*Amaranthus hybridus* l.) au Gabon, Journal of Animal & Plant Sciences. 14(1): 1912-1920, disponible en ligne à ISSN 2071 – 7024. Url; http://www.m.elewa.org/JAPS.
79. **LEPENGUE A.-N., BOMISSO L., BOYE MAMBE A., AKE S., et B. M'BATCHI 2012b-**Effet de l'eau oxygénée (H_2O_2) sur la germination et la croissance de la roselle (*Hibiscus sabdariffa L. var. sabdariffa*) Au Gabon. Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(3): 1253-1262, Original paper,.ISSN 1991-8631. Url;http://ajol.info/index.php/ijbcs
80. **LOGBO J., DIOUF M., DO F., et AKPO L. E., 2006** – Caractéristiques fondamentales du système racinaire de jeunes plants de *Acacia tortilis* (Forsk Hayne) en conditions naturelles au Ferlo (Nord-Sénégal).Rev. Journal des Sciences et Technologies, 4 (2):11 -17.
81. **MACHEIX J.- J., 1996-**Les composes phénoliques des végétaux : quelles perspectives à la fin du XXème siècle ? Acta Botanica Gallica, 143(6):473-479, doi: 10.1080/12538078.1996.10515344.

82. **MARTINEZ-FERNANDEZ V., MARTÍNEZ-GARCÍA F. et PÉREZ-GARCÍA F. (2013).**Census, reproductive biology, and germination of *Astragalus gines-lopezii* (Fabaceae), a narrow and endangered endemic species of SW Spain. Turkish Journal of Botany. Url; http://journals.tubitak.gov.tr/botany.
83. **MGHEZZI HABELLAH R., KAROUNE S., KECHEBAR M.S.A., BOUNAB H., 2016-** Etude des composés phénoliques et des activités antioxydantes de *l'Acacia ehrenbergiana* de la région de Tindouf. Journal Algérien des Régions Arides (JARA) ; 13 :27-34. Url;https://www.researchgate.net/publication/308370004_Etude_des_composes_phenoliques_et_des_activites_antioxydantes_de_l'*Acacia* ehrenbergiana de la region de Tindouf
84. **MICHEL B.E. et KAUFMAN R.M., (1973)-** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant. Physiol., 51:914-916. Url; https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC366375/
85. **MOHAMMADI G., NOROOZI N., NOSRATTI I., 2013**- An evaluation of Johnson grass (*Sorghum halepense* L.) seed hardness removing methods. Journal of Agrobiology, 30 (2): 83-88. Doi: 10.2478/agro-2013-0008.
86. **MONEY N.-P. 1989 -** Osmotic Pressure of Aqueous Polyethylene Glycols;Relationship between Molecular Weight and Vapor Pressure Deficit .Plant Physiol ; 91(2): 766–769. Url; https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1062068/.
87. **MONOD T., 1992 -** Du désert. Rev. Sécheresse, 3 (1):07-24.
88. **MOORE J. P., VICRE-GIBOUIN M., FARRANT J. M. et DRIOUICH A., 2008-** Adaptations of higher plant cell walls to water loss: drought vs desiccation. Physiologia Plantarum 134: 237–245. ISSN 0031-9317. Url; https://www.researchgate.net/
89. **MOULAY S., 2012-** Essais des procédés d'amélioration des performances germinatives des graines de l' *Acacia raddiana,* Mém. Ing. UKMOuargla 34p.
90. **NONGONIERMA A., 1978** - Contribution à l'étude bio systématique du genre *Miller* (Mimosaceae) en Afrique occidentale. Planches, figures et cartes, Tome 3.Thèse Doctorat. Université Sheikh Anta Diop, Dakar, 398 p.
91. **NOUMI Z.et CHAIEB M., 2011-** Allelopathic effects of *Acacia tortilis* (forssk.) Hayne subsp. *raddiana* (savi) brenan in north Africa. Pak. J. Bot., 43(6): 2801-2805. Url; http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/43(6)/25.pdf

92. **O.I.V.V. ,2016-** Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des mouts. ED. 2016 .V(2).OIV-MA-INT-00-2016. ISBN : 979-10-91799-49-2
93. **OZENDA P., 1991-** Flore et végétation du Sahara. Edi. CNRS, Paris. 3 ème édition. 663 p.
94. **OZENDA P., 2000-**Les végétaux ; organisation et diversité biologique. Edi. DUNOD. 2ème édition. Paris :353-450.
95. **PARAMATHMA M., AMAL J.- A., et RAJKUMAR M.,-** (2000) Tree allelopathy in agroforestry. In: Narwal S.S., Hoagland R.E., Dilday R.H., Reigosa M.J. (Proceeding eds) Allelopathy in Ecological Agriculture and Forestry. Springer, Dordrecht.pp 229-235.Url : https://doi.org/10.1007/978-94-011-4173-4_15,
96. **QUEZEL P., et MEDAIL F., 2003** - Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen .Ed. ELSEVIER: 263-265p.
97. **RANAL MARLI A. et GARCIA DE SANTANA D., 2006-**How and why to measure the germination process ?.Revista Brasil,bot.,V.29,n.1,p.1-11.
98. **RICHARD D., 1989-** Ingestibilité et digestibilité des aliments par le dromadaire. Rev. Options Méditerranéennes - Série Séminaires (2): 55-59.
99. **ROLLET B., 1992-**Destins de l'arbre dans les sociétés tropicales : idées pour une politique de conservation des forêts. Rev.Bois et Forêts des Tropiques, 232(2).
100. **ROLLIN P., 2015-** Dormances végétales, Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 16 juillet 2017. Url; http://www.universalis.fr/encyclopedie/dormances-vegetales
101. **ROMANI A.,LATTANZIO V., et QUIDEAU S. , 2014-** New evidence for the functional roles of secondary metabolites in plant environment interactions. Special issue of Environmental and Experimental Botany. Recent Advances in Polyphenol Research, Wiley-Blackwell. Vol(4). Url; https://www.researchgate.net/profile/Massimiliano_Tattini4/publication/278743491
102. **ROSSELLO JOSEP A. et MAYOL M., 2002-** Seed germination and reproductive features of *Lysimachia minoricensis* (Primulaceae), a wild-extinct plant. Annals of Botany 89:559-562,.doi:10.1093/aob/mcf083. Url;http://www.aob.oupjournals.org.
103. **S.I.FOR, 2009** - Répertoire des espèces forestières ligneuses des régions de Mopti, Tombouctou et Gao. Bamako.
104. **SAWICKI M., JEANSON E., CELIZ V., CLÉMENT C., JACQUARD C., et VAILLANT-GAVEAU N., 2012** -Adaptation of Grapevine Flowers to Cold

Involves Different Mechanisms Depending on Stress Intensity. PLoS ONE7(10): e46976. Url; https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046976

105. **SIMPSON G.M. (1990)** -Seed Dormancy in Grasses. Cambridge University Cambridge, UK, 297 p.

106. **STATWICK J. - M., 2016**-Germination pretreatments to break hard-seed dormancy in *Astragalus cicer* L. (Fabaceae). PeerJ 4:e2621; doi:10.7717/peerj.2621.

107. **TADELE D., 2014-** Allelopathic Effects of Lantana (*Lantana camara* L.) Leaf Extracts on Germination and Early Growth of three Agricultural Crops in Ethiopia.Momona Ethiopian Journal of Science (MEJS), V6(1):111-119, 2014 ©CNCS, Mekelle University, ISSN:2220-184X.Url; https://www.ajol.info/index.php/mejs/article/view/102419

108. **TALHI M. F., CHERITI A., et BELBOUKHARI N., 2010**-Biodiesel production by transesterification of *Acacia raddiana* Oils Under heterogeneous catalysis. Journal of Scientific Research 1 (0):189-191.ISSN 2170-1237.Special issue of the proceeding of the 10th International Meeting on Energetical Physics (SIPE10) organized at the University of Bechar on 3-4 November 2010.Url; http://www.univ-bechar.dz/jrs/articles/A0.1.2010.36.pdf

109. **VASSAL J., 1993-** Un exemple de biodiversité : le genre *Acacia subgen.heterophyllum.* Acte de colloque international de Phytogéographie tropicale. Paris : 365-377.

110. **VASSAL J., 1996**-Les *Acacia* s au Sénégal : taxonomie, écologie, principaux intérêts. Ed. Orstorn Paris 1998 :15-33.

111. **WARD D., 2009** - The biology of deserts.Edi.Press.Inc.Oxford.Univ.NewYork.62p.

Annexes

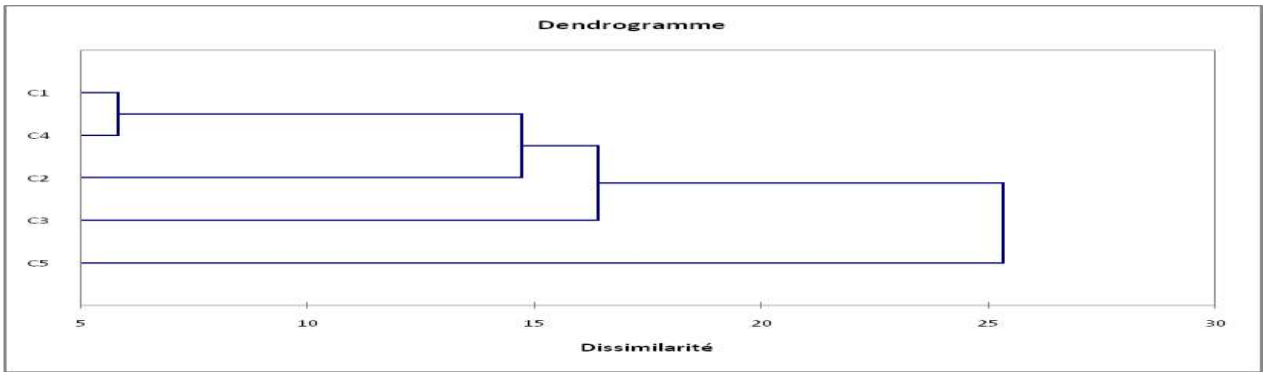
Annexe I

Les cumuls mensuels des précipitations (mm) entre 2007 et 2016 à Timimoun.

	Jnvr	Fvrr	Mars	Avrl	Mai	Juin	Jullt	Août	Sptm	Octb	Nvmb	Dcmb
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	1,02	1,02	0	0	0	4,06	0	0	26,92	0	0
2009	3,05	0	5,08	0	0	0	0	1,02	14,22	0	0	0
2010	0	0	0	0,51	1,02	0	0	0	21,08	1,02	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012	3,05	0	0	2,04	0	0	0	0	4,06	7,11	0	0
2013	0	0	0	3,05	0	0,5	0	0	1,02	8,89	0	13,97
2014	0	0,51	0	0	5,08	0	0	0	0	0	5,84	0
2015	0,25	0,51	2,03	0	0	0	0	0	0	1,27	0	0
2016	0	0	0	0	3,05	0	0	2,03	5,08	0,51	0	0

Annexe II

XLSTAT 2014.5.03 - Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)
Tableau observations/variables : Classeur = AllélopCAH.xls / Feuille = corr lignes et 3 colonnes
Libellés des lignes : Classeur = AllélopCAH.xls / Feuille = corr / Plage = corr lignes et 1 colonne
Regrouper les lignes
Dissimilarité : Distance euclidienne
Méthode d'agrégation : Méthode de Ward
Troncature : Automatique
1-Résultats par classe :

Classe	1	2	3	4	5
Objets	6	9	2	8	1
Somme des poids	6	9	2	8	1
Variance intra-classe	319,008	101,433	320,996	175,486	0,000
Distance minimale au barycentre	6,290	2,869	12,669	3,454	0,000
Distance moyenne au barycentre	13,791	8,709	12,669	11,165	0,000
Distance maximale au barycentre	31,438	14,882	12,669	19,096	0,000
	Rac2% Rac1% Eco1% Ram2% Sol2% Mél1%	Rac0,5% Rac0,25% Eco0,5% Eco0,25% Feui2% Feui1% Feui0,5% Feui0,25% Sol0,5%	Eco2% Mél2%	Ram1% Ram0,5% Ram0,25% Sol1% Sol0,25% Mél0,5% Mél0,25% Eau distillée	AA 75%

2-Dendrogramme de la CAH