*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

**UNIVERSITE Dr. TAHAR MOULAY SAIDA**

**FACULTE DES SCIENCES**

**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**

# MEMOIRE

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

# MASTER

**Spécialité :BIOTECHNOLOGIE VEGETALE**

## Par l'étudiant : Mebarki Aymen Nadji

Sur le thème

# Etude des aptitudes germinatives de l'espèce *Retama raetam* (Forssk.) Webb

**Président : Mr. Mustapha Henni** — **Université Dr. Moulay Tahar de Saida.**

**Encadreur : Mr. Abdelmoumen Saidi** — **Université Dr. Moulay Tahar de Saida.**

**Examinateur : Mr. Kadda Hachem** — **Université Dr. Moulay Tahar de Saida.**

*Année Universitaire 2019-2020*

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance, de respect et de dévouement avec un coeur plein d'humilité :

A mes très chers parents qui n'ont jamais cessé de m'encourager pour entreprendre mes études et atteindre mes objectifs et qui m'ont apporté leur aide pour l'élaboration de ce travail, je les remercie du fond du coeur d'être présent pour moi.

A mes très chères sœurs : meriem, maroua et hidaya

A mon très cher frère imad eddine

A tous les membres de ma famille qui se reconnaitront, grande mére, tantes, oncles, cousins et cousines.

A tous mes camarades de promotion : Ali, Abd elrrahmane, Rabeh, taher et noure eddine

A tous ceux qui m'ont aidé et encouragé pour l'élaboration de ce mémoire.

# *Remerciements*

*Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*En second lieu, je tiens à remercier Dr.SAIDI abdelmoumen, maitre de conférences au Département de biologie, Faculté des Sciences, de l'Université de saida ; pour ses précieux conseils, son encadrement, ses critiques constructives, le temps qu'il m'a consacré et sa bienveillance.*

*Je remercie Mr HENNI Mustapha, maitre de conférences au Département de biologie, Faculté des Sciences, de l'Université de saida ; d'avoir accepté de présider le jury.*

*Mes remerciements vont à, maitre Mr HACHEM Kadda de conférences au Département de biologie, Faculté des Sciences, de l'Université de saida ; pour ses précieux conseils et pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*A tous, Merci*

**Résumé :**

Le présent travail porte sur une synthèse des études d'amélioration des aptitudes germinatives des graines de *Retama raetam*, réalisées par plusieurs chercheurs, à travers de différentes régions et sur différentes années. Ces graines sont traitées par des procédés physique (Brassage avec le sable et trempage dans l'eau chaude) sous différentes température d'incubation et des procédés chimique(acide sulfurique, NaCl), Les différents résultats obtenus ont été analysés pour comprendre les mécanismes de germination de cette plantes (qu'est-ce qui l'influence positivement et ce qui l'affecte négativement), le temps moyen de germination et le pourcentage degermination varient en fonction du procédé de traitement adopté.

Pour les procédés physiques, il s'avère qu'il n y a d'aucune efficacité pour le lever de l'inhibition tégumentaire, quelle que soit la durée de trempage dans l'eau ou sa température. Les traitements les plus efficaces c'est la scarification à l'acide sulfurique concentrée (95%) pendant une durée de plus d'une heure.

**Mots clés:** *Retama raetam*, germination, acide sulfurique, inhibition tégumentaire

**Summary :**

The present work concerns a synthesis of studies of improvement of the germination aptitudes of the seeds of Retama raetam, carried out by several researchers, across different regions and over different years. These seeds are treated by physical processes (mixing with sand and soaking in hot water) under different incubation temperature and chemical processes (sulfuric acid, NaCl), The various results obtained were analyzed to understand the mechanisms of germination of this plant (what influences it positively and what affects it negatively), the average germination time and the percentage of germination vary depending on the treatment method adopted.

For physical processes, it turns out that there is no efficacy in removing integumentary inhibition, regardless of the duration of soaking in water or its temperature. The most effective treatments are scarification with concentrated sulfuric acid (95%) for a period of more than an hour.

**Key words**: Retama raetam, germination, sulfuric acid, integumentary inhibition

**ملخص :**

يتعلق هذا العمل بتوليف دراسات حول تحسين قدرات إنبات بذور ريتاما رايتام ، التي أجراها العديد من الباحثين عبر مناطق مختلفة وعلى مدى سنوات مختلفة. تتم معالجة هذه البذور من خلال العمليات الفيزيائية (الخلط بالرمل والنقع في الماء الساخن) تحت درجات حرارة مختلفة للحضانة والعمليات الكيميائية (حمض الكبريتيك ، كلوريد الصوديوم) ، تم تحليل النتائج المختلفة التي تم الحصول عليها لفهم آليات إنبات هذا النبات (ما يؤثر إيجابًا عليه وما يؤثر عليه سلبًا) ، يختلف متوسط وقت الإنبات ونسبة الإنبات حسب طريقة المعالجة المتبعة.

بالنسبة للعمليات الفيزيائية ، اتضح أنه لا توجد فعالية في إزالة تثبيط غلافي ، بغض النظر عن مدة النقع في الماء أو درجة حرارته. أكثر العلاجات فعالية هي الخدش بحمض الكبريتيك المركز (95٪) لمدة تزيد عن ساعة.

الكلمات المفتاحية: ريتاما رايتام ، إنبات ، حامض الكبريتيك ، تثبيط غلافي

## LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 01 : Provenance et année de récolte des graines de Retama raetam……...21

Tableau 02: Nombre de graines, de répétitions et de jours de germination dans chaque étude……...22

## LISTE DES FIGURES :

Figure 01 : structure de la graine dicotylédones……10
Figure 02: Histogramme du taux de germination en fonction du temps des graines dans H2SO4. Chalabi K. (2008)……26
Figure 03: Histogramme du taux de germination en fonction du temps des graines dans H2SO4. Mehdadi et al. (2017)…….27
Figure 04: Courbes des cumules de germination en fonction du temps des graines dans H2SO4. Chalabi K. (2008)…….....28
Figure 05: Courbes des cumules de germination en fonction du temps des graines dans H2SO4. Mehdadi et al. (2017)……..29
Figure 06: Histogramme des taux de germination en fonction de la température d'incubation. Mehdadi et al. (2017)……...30
Figure 07 : Histogramme des taux de germination en fonction de la température d'incubation et du temps des graines dans le H2SO4. Ben Salem W. (2015)……31
Figure 08: Courbes des cumules de germination en fonction des températures d'incubation. Mehdadi et al. (2017)……32
Figure 09: Histogrammes du taux de germination en fonction des concentrations de NaCl. Mehdadi et al. (2017)…….....33
Figure 10: Histogrammes du taux de germination en fonction des concentrations de NaCl des quatre populations. Mechergui et al. (2017). …….34
Figure 11: Courbes des cumules de germination en fonction des concentrations de NaCl. Mehdadi et al. (2017)…….35
Figure 12: Histogrammes du taux de germination en fonction des potentiels osmotiques des quatre populations Mechergui et al. (2017)……36

## LISTE DES PHOTOS :

Photo (01) : Le fruit de Retama raetam…….....21

# Sommaire

## Dédicaces

## Remerciements

## Sommaire

**Introduction générale** ..... 1

## Chapitre 1 : Généralités sur l'éspèce *Retama raetam*

1- Présentation de genre des Retama..... 3
1-1- Systématique..... 3
1-2- Description morphologique des rétames ..... 3
1-2-1- Génétique et caryologie..... 4
1-2-2- Capacité symbiotique des rétames..... 5
2- Description de l'espèce..... 5
2-1- Description botanique de Retama raetam ..... 5
2-2- Systématique de Retama raetam..... 5
2-3- Distribution géographique de Retama raetam..... 6
3- Importances de Retama raetam ..... 6
3-1- Intérêt écologique ..... 6
3-2- Intérêt pharmacologique..... 7
3-3- Intérêt industriel et économique ..... 7

## Chapitre 2 : La semence et germination

1- Définitions..... 9
1-1- La semence :..... 9
2- Structure de la graine..... 10
3- Les types de graines..... 10
3-1- Les graines à réserves amylacées..... 11
3-2- Les graines à réserves lipidiques..... 11
3-3- Les graines à réserves protéiques (protéagineuses)..... 11
3-3-1- Les graines orthodoxes..... 11
3-3-2- Les graines intermédiaires..... 11
3-3-3- Les graines récalcitrantes..... 11
4- Conditions de la germination..... 11
4-1- Conditions internes..... 11
4-2- Conditions externes..... 12
4-3- Inhibitions de germination..... 13
5- Les différentes phases de la germination..... 13
6- Le processus de la germination..... 14
7- Types de germination..... 15
8- Les facteurs de la germination..... 15
8-1 facteurs génétiques..... 15
8-2- Les facteurs avant récolte ..... 15
8-3- Les facteurs de la récolte..... 15
8-4- Les facteurs après récolte..... 16
8-5- Les facteurs de la germination..... 16
9- Différents obstacles de la germination..... .... 16

9-1- Dormance embryonnaire..... 16
9-2- Inhibitions tégumentaires..... 17
9-3- Inhibitions chimiques..... 17
10- Techniques utilisées dans la levée des inhibiteurs de la germination..... 17
10-1- Techniques naturelles..... 17
10-2- Techniques Artificielles..... 17

## Chapitre 3 : Matériel et méthodes

I- Matériel..... 20
1- Appareils utilisés ..... 20
2- Matériels utilisés..... 20
3- Produits utilisés..... 20
4- Matériel végétal et provenance..... 21

II- Méthodes..... 21
1- Préparations des graines..... 21
2- Conditions de germination..... 21
3- Scarification physique (Ben Salem, 2015)..... 22
4- Effet de l'acide sulfurique..... 22
5- Effet de la température d'incubation..... 22
6- Effet du stresse salin...../..... 23
7- Effet du stresse hydrique..... 23
8- Paramètres mesurés..... 23
8-1- Taux de germination..... 23
8-2- Cinétique de germination ..... 24

## Chapitre 4 : Résultats et discussion

I- Résultats..... 26
1- Trempage dans l'eau (24h et 48h) ..... 26
2- Brassage avec le sable et trempage dans l'eau chaude..... 26
3- Trempage dans l'acide sulfurique..... 26
3-1- Pourcentage de germination..... 26
3-2- Cinétique de germination ..... 28
4- Effet de la température d'incubation..... 30
4-1- Pourcentage de germination..... 30
4-2- Cinétique de germination..... 32
5- Effet du stresse salin ..... 33
5¬-1- Pourcentage de germination..... 33
5-2- Cinétique de germination..... 35
6- Effet du stresse hydrique..... 36

II - Discussion..... 37
III- Conclusion..... 41
les références……..…… 43

# INTRODUCTION

**INTRODUCTION :**

*Retama raetam*est une espèce qui joue un rôle très important dans le maintien de l'équilibre des milieux naturels et des écosystèmes, reconnue comme étant une plante des zones arides et semi arides. S'adapte aux conditions les plus extrêmes de sécheresse et de salinité grâce à sa morphologie et sa structure xéromorphique elle développe un mécanisme moléculaire qui lui permet de résister aux changements climatiques (manque de nutriments et stress hydrique). Grace à son très grande capacité symbiotique, *Retama raetam* contribue à la bio fertilisation des sols salins et pauvres, et joue un rôle important dans le cycle de l'azote (Mittler et *al*., 2000).

C'est une espèce qui est considérée comme un excellent fourrage, de plus son bois est utilisé en chauffage. Il est riche en fibre, la longueur moyenne de l'arbuste atteint 1,93mm il peut être valorisé dans l'industrie papetière. *Retama raetam* est aussi une plante ornementale en raison de ses fleurs odorantes(Bahi, 1991).

Dans ce travail l'objectif fixé est de faire une synthèse bibliographique rappelle brièvement l'action des différents facteurs susceptibles d'influencer le comportement germinatif des semences soumis à différentes traitements (physique, chimique, et combiné physico chimique) pour la levée de l'inhibition tégumentaire. L'accent est mis en particulier sur les problèmes de dormance rencontrés chez *Retama raetam*.L'objectif est aussi d'étudier quels sont les traitements qui permettent de lever ces dormances et de voir s'il convient de traiter certaines semences avant leur utilisation dans les semis afin d'améliorer l'efficacité des travaux de végétalisation.

Le présent travail est subdivisé en quatre chapitres, le premier chapitre est consacré principalement à une synthèse bibliographique et des généralités sur l'espèce *Retama raetam*, puisnous abordons la germination dans le deuxième chapitre. Dans le troisième chapitre nous entamerons la méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail, l'interprétation et la discussion des résultats sont présentées dans le quatrième chapitre. Est enfin une conclusionà la lumière des résultats obtenus.

# Chapitre I : Généralités sur l'espèce Retama raetam

En vu de son importance pastoral et écologique des Fabaceae spontanées, l'espèce Retama raetam a fait l'objet de plusieurs études qui ont essayé de décrire ses caractéristiques biologiques et son rôle dans les différents écosystèmes qu'elle occupe. Ce chapitre est consacré à la présentation de cette espèce.

**1) Présentation de genre des Retama :**

**1-1) Systématique :**

Les rétames sont des Légumineuses (Fabadeae) arbustives, occupant les zones arides, semi-arides et côtières, qualifiées de plantes fixatrices de dunes, leur nom dérive du nom biblique (ROTEM) qui fut changé par les arabes en (R'tem) ou (retam) (Zohary, 1962 ; Shallaby et *al*; 1972).

Le genre *Retama* fut depuis longtemps confondu avec les genres *Genista* et *Spartium* (Brongniart et *al* ; 1843) on les désigna par *Genista retam* (Forkel, 1775), ensuite on utilisa le *Spartium* pour désigner les deux espèces : *Spartium sphaerocarpa* et *Spartium monosperma*, la nomination a ensuite été changé, et le nom de *Retama* a été considéré comme un genre regroupant ces deux espèces (Boissier, 1939).

Les Légumineuses (Fabaceae) du genre Retama, comptant quatre espèces (*R. monosperma* (L.) Boiss., *R. raetam* (Forssk.) Webb, *R. sphaerocarpa* (L.) Boiss. et *R. dasycarpa* (Cosson.). Ce sont des plantes pérennes arbustives appartenant à la sous-famille des Papilionideae et à la tribu des Genisteae et sont largement distribués dans le Nord de l'Afrique, dans les iles Canaries, dans le Sud de l'Europe et dans l'Est de l'Asie (Zohary, 1959).

**1-2) Description morphologique des rétames :**

Les retames sont des plantes pérennes, ce sont des arbustes monoïques, pouvant atteindre jusqu'à 3 mètres de long, caractérisés par un tronc trapu et court, portant de nombreux rameaux denses, arqués, flexibles et retombants, fortement sillonnés et peu feuillés, les jeunes arbustes sont soyeux d'un vert argenté à gris argenté (Beniston, 1985 ; Ozenda, 1958).

Les feuilles sont très caduques, les inférieurs sont trifoliolés les supérieurs sont simples et unifoliées (Quezel et Santa, 1962), elles sont minuscules, alternes et linéaires, qui ne demeurent en place que quelques jours.

Les fleurs, unisexuées sont en petites grappes latérales, réparties sur de courts racèmes, avec petite calice bilabié, à lèvres supérieurs profondément bidentées, pétales à onglets plus ou moins soudés au tube staminal, étendard dressé avec 10 étamines monadelphes (Quezel et Santa, 1962) elles sont de deux couleurs selon l'espèce :

- Blanches pour *Retama monosperma* et *Retama raetam*.
- Jaunes pour *Retama sphaerocarpa*.

La floraison est longue et précoce de la fin d'hiver à début printemps, selon le climat, elle peut s'étendre jusqu'au mois de mai (Selami, 2000 ; Messirdi, 2004).

Le fruit est une étroite gousse indéhissante de moins de 2cm, acuminées, avec une extrémité aigue, portant une à deux graines (Quezel et Santa, 1962). Les graines contiennent de la cytisine, un alcaloïde toxique.

Le système racinaire est de type pivotant pouvant atteindre plusieurs mètres de profondeur (Stocker, 1974). Des racines adventives sont également présentes sur les rameaux et colonisent la surface des dunes.

Les retames se multiplient au printemps par semis ou par bouturage de tiges aoutées, dans des sols pauvres, bien drainés même sablonneux à forte salinité.

En Algérie, le genre *Retama* compte trois espèces :

- *Retama monosperma*.
- *Retama sphaerocarpa*.
- *Retama raetam*.

**1-2-1) Génétique et caryologie :**

Le genre *Retama* a fait l'objet de peu de travaux dans le domaine de la cytogénétique en Algérie (Resse, 1957), et les premières études cytogénétiques ont révélées l'existence d'un seul cytotype polyploïde (2n=48) chez *R. raetam* et *R. monosperma* d'Algérie (Resse, 1957 ; Farnandez and Queiros, 1978). Le même nombre (n=24 ; 2n=48) a été déterminé chez *R. sphaerocarpa* par (Gallego-Martin et *al*., 1988) .

**1-2-2) Capacité symbiotique des rétames :**

Les Retames ont une grande capacité symbiotique, faisant partie de la famille des fabaceae, leurs racines se terminent par de petits renflements qu'on appelle nodules ou nodosités, qui abritent une faune microbienne très diversifiée. Cette association symbiotique leurs permet de fixer l'azote atmosphérique et de le convertir en azote organique assimilable ($NO_3$). Les bactéries nodulatrices isolées des racines de *Retama raetam* sont souvent des Sinorhizobium, des Rhizobiums et des agrobacteriums (Mosbah., 2007).

**2) Description de l'espèce :**

**2-1) Description botanique de *Retama raetam* :**

*Retama raetam*, Arbuste saharien de 1 à 3,5 m de hauteur à rameaux veloutés, les fleurs blanches, grandes (8 -10 mm), en grappes pauciflores de 5 à10 fleurs; gousses ovoïdes, aiguës, terminées en bec. Les rameaux fortement sillonnés en long. Elle se trouve dans les dunes et lits des oueds (Ozenda, 1991), les feuilles sont très caduques, les inférieurs sont trifoliolés, les supérieurs simples et unifoliées (Quezel et Santa, 1962). La floraison de la plante de l'Avril au Mai (Maghrani et al., 2003).

Le fruit est une étroite gousse indéhissante de moins de 2 cm, acuminées, avec une extrémité aigue, portant une à deux graines (Quezel et Santa, 1962).

**2-2) Systématique de *Retama raetam :***

Selon Quezel et Santa (1962) les rétames sont classés dans le taxon suivant :

Règne : végétal

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Fabales

Famille : Légumineuses (Fabacées)

Sous famille : Papilionacées

Genre : Retama

Espèces : *Retama raetam* (Forssk.) Webb

Nom arabe : الرتم

**2-3) Distribution géographique de *Retama raetam :***

Les Retames sont des légumineuses arbustives, occupant les zones arides, semi-arides et côtières, qualifiées de plantes fixatrices de dunes (Zohary, 1962). *Retama raetam* est fréquente dans le nord et l'est de la méditerranée et de la péninsule du Sinaï (Boulos, 1999; Mittler et al., 2001) .

En Algérie les Retames occupent une surface considérable du nord vers le sud (Thomas, 1968), généralement localisé dans le sud oranais, sud de Djelfa, Ain Safra, Touggourt, au centre de la Kabylie, à l'Est de Biskra et à Ouargla (Allal-benfakih, 2006). En Algérie le genre Retama compte trois espèces : *Retama monosperma*, *Retama sphaerocarpa* et *Retama raetam*.

**3) Importances de *Retama raetam* :**

La distribution géographique très diversifiée de la côte méditerranéenne jusqu'aux régions semi-arides et arides, *Retama raetam* possédant à la fois des intérêts pharmacologiques et écologiques intéressants.

**3-1) Intérêt écologique :**

Les rétames jouent un rôle très important dans le maintien de l'équilibre des milieux naturels et des écosystèmes, reconnues comme étant des plantes des zones arides et semi arides. Les rétame s'adaptent aux conditions les plus extrêmes de sécheresse et de salinité grâce à leur morphologie et leur structure xéromorphique. Selon (Mittler, 2002), *Retama raetam* s'adapte bien aux conditions les plus extrêmes, elle développe un mécanisme moléculaire qui lui permet de résister aux changements climatiques (manque de nutriments et stress hydrique) et cela en entrant dans une phase de dormance partielle, en supprimant l'expression de certains gènes, grâce à une enzyme de défense qui est l'ascorbate peroxydase.

Les rétames sont des espèces fixatrices de dunes, grâce à leur système racinaire très développé, selon (Zohary, 1959), les racines de *Retama raetam* pénètrent jusqu'à 20m de profondeur dans le sol. D'après (Farchichi, 1997) *Retama raetam,* grâce à son potentiel germinatif élevé, sa tolérance au stress hydrique et son mode de ramification radiculaire, peut être considéré comme une espèce pionnière apte à coloniser les cordons dunaires, son utilisation dans les opérations de végétation de ces milieux fragiles est recommandable.

Grace à leur très grande capacité symbiotique, les retames contribuent à la bio fertilisation des sols salins et pauvres et jouent un rôle important dans le cycle de l'azote.

**3-2) Intérêt pharmacologique :**

Les retames ont été répertoriés comme étant des plantes médicinales des régions arides. En médecine traditionnelle, *Retama raetam* est utilisée dans le traitement de plusieurs maladies comme l'eczéma. Elle est utilisée dans le sud dans les soins en cas de morsures de serpents (El Hamrouni, 2001).

Des recherches entreprises sur le genre *Retama*, ont montré que l'extrait aqueux de *Retama raetam* avait un effet diurétique (Maghrani, 2005), aussi bien qu'hypoglycémique (Maghrani, 2003), en effet l'administration orale d'une dose de 20mg/kg de l'extrait aqueux de *Retama reatam*, réduisait de façon significative le taux de glucose dans le sang des rats normaux, ainsi que des rats diabétiques dont le diabète a été induit par streptozotocine. *Retama raetam* influe aussi sur le métabolisme lipidique, selon (MAGHRANI, 2004), l'administration d'extraits aqueux de *Retama raetam* induit une baisse de la concentration des triglycérides dans le plasma des rats normaux et diabétiques et conduirait à une baisse signifiante du poids. En plus, *Retama reatam* a une activité antioxydante (Saddaoui, 2006), ainsi qu'antimicrobienne et cytotoxique.

De ce fait, nous constatons la large capacité pharmacologique des rétames et leur éventuelle utilisation en phytothérapie et donc la nécessité d'approfondir les connaissances sur ces espèces, au niveau moléculaire et génétique.

**3-3) Intérêt industriel et économique :**

Les retames sont considérés comme un excellent fourrage, de plus leur bois est utilisé en chauffage. Ils sont riches en fibres, dont la longueur moyenne atteint 1,93mm (Bahi, 1991).Ces plantes pourraient donc être valorisés dans l'industrie papetière comme l'alfa.

Les retames sont aussi des plantes ornementales en raison de leurs multiples fleurs odorantes. Les graines des rétames contiennent des lectines, protéines allergènes, utilisées par la plante dans les mécanismes de défense contre les insectes, ce qui pourrait donc être valorisé dans l'industrie des bio insecticides.

Différentes études (microbiologique, botanique, floraistique…) ont été effectuées sur *Retama raetam* telles celles portant essentiellement sur l'activité des métabolites secondaires bioactifs des champignons endophytes isolés de *Retama raetam* (Zerroug, 2011), ou celles portant sur les formations sahariennes et la germination de graines de *Retama raetam* dans plusieurs pays comme l'Algérie, la Tunisie, L'Egypte ..etc. (Chalabi, 2008 ; Mehdadi et al., 2017 ; Mechergui et al., 2017).

# Chapitre II : La semence et germination

Les graines étant le symbole du maintien des espèces dans les différents systèmes écologiques, elles constituent le moyen par lequel les individus expriment leur potentialité génétique. La germination étant l'une des potentialités qui doit nécessairement se manifester, il est impératif d'en connaître le déroulement. En effet, ce phénomène représente l'une des étapes physiologiques fondamentales dans la vie de la plante. Ce chapitre expose l'essentiel des notions théoriques sue la graine et la germination.

**1) Définitions :**

**1.1) La semence :**

La semence désigne un organe, ou un fragment de végétal, capable de produire un nouvel individu (Vallée *et al.,* 1999). Les semences sont alors des spores, des fruits ou des fragments de fruit, des organes végétatifs (bulbes, tubercules...), des graines. La graine représente l'étape finale de l'évolution de l'ovule fécondé. Elle est constituée d'une amande enveloppée dans les téguments. L'élément essentiel de l'amande est l'embryon, généralement unique, noyé ou non dans un tissu nutritif, l'albumen ou l'endosperme (Côme, 1970). En effet, la graine, c'est la forme sous laquelle sont détachés et dispersés les jeunes embryons issus des phénomènes sexuels intra ovulaires (Augier *et al.,* 1982).

**1.2) La germination :**

La germination est définie comme la somme des événements qui conduisent la graine sèche à germer, elle commence par la prise d'eau et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire (Hopkins, 2003).

La germination est une période transitoire au cours de laquelle la graine qu'était à l'état de vie latente, manifeste une reprise des phénomènes de multiplication et d'allongement cellulaire (Deysson ,1967).

En effet, la germination est une série de réactions métaboliques dans la graine imbibée et qui culminent à l'émergence de la plantule. La germination au sens strict du terme est caractérisée par le passage d'une semence de l'état de vie ralentie à un stade qui amène l'embryon au seuil d'une croissance active et certaine (Binet et Brunel, 1968).

**2) Structure de la graine :**

La graine, partie interne du fruit, est un organisme vivant et fragile comportant trois éléments qui sont (fig.01):

- *L'embryon* : plante en miniature, est constitué de trois parties: une radicule, une gemmule et un ou deux cotylédons.

- *L'albumen* : tissu parenchymateux homogène et continu, contient des réserves nutritives.
- *Les téguments* : constituent les éléments protecteurs de l'embryon et de l'albumen.

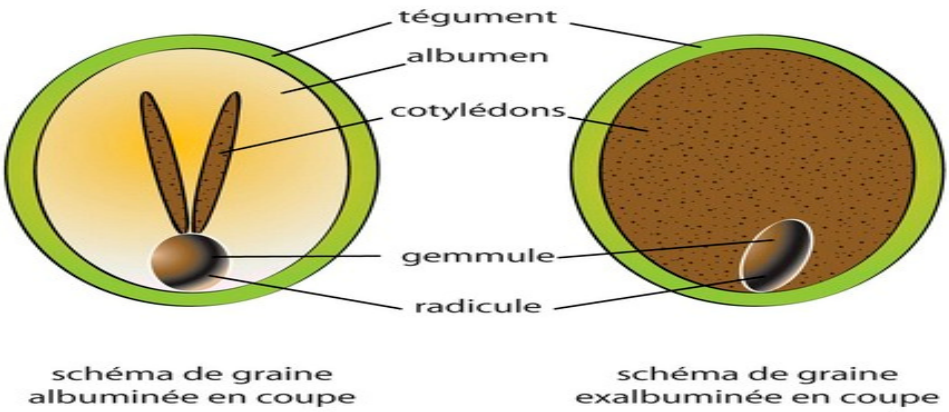



**Figure 01 : structure de la graine dicotylédones**

**3) Les types de graines :**

Les graines peuvent être classées au regard de leurs compositions en réserves séminales, ou selon leur teneur en eau. La composition en réserves séminales des graines est importante d'un point de vue nutritionnel, mais également pour leur conservation. En effet, certains composés comme les acides gras peuvent être très sensibles à la dégradation (oxydation) lors du stockage des graines et entraîner une perte de vigueur, voire la mort des graines par l'induction de chaînes radicalaires générant des espèces toxiques dérivées de l'oxygène. On distingue trois grands groupes de graines en fonction de la nature de leurs réserves séminales :

**3.1) Les graines à réserves amylacées :** telle que le blé, qui contiennent beaucoup d'amidon (75 à 80%), des protéines (15 à 20%) et peu de lipides (1 à 2%).

**3.2) Les graines à réserves lipidiques :** qui se distinguent en deux sous-groupes :

- celles contenant plus de protéines que de lipides, c'est notamment le cas du soja dont les graines renferment 20-30% de lipides, plus de 40% de protéines et très peu d'amidon ;

- celles contenant plus de lipides que de protéines, c'est le cas du colza dont les graines renferment 40-50% de lipides et environ 20% de protéines.

**3.3) Les graines à réserves protéiques (protéagineuses) :** qui contiennent de 40 à 45% d'amidon, mais également des protéines et peu de lipides.

Cependant, d'un point de vue physiologique et en lien avec la conservation des graines (stockage à sec notamment), une autre classification des graines prend en compte leur teneur en eau. Trois grands types des graines sont ainsi définis : les orthodoxes, les intermédiaires et les récalcitrantes (Côme & Corbineau 2000).

***Les graines orthodoxes :** supportent une très forte déshydratation et peuvent présenter, lors de leur dissémination, une teneur en eau de seulement 5% sans perte de viabilité lors de leur conservation à sec. Elles représentent la majorité des graines et sont qualifiées de tolérantes à la dessiccation.

*** Les graines intermédiaires :** sont des graines orthodoxes mais dont la vigueur chute drastiquement lorsque leur teneur en eau devient inférieure à 8%.

***Les graines récalcitrantes :** sont riches en eau à maturité et qui contiennent 40 à 50% d'eau. Elles ne tolèrent pas la dessiccation, se conservent mal, et on les retrouve principalement dans les forêts tropicales et subtropicales.

**4) Conditions de la germination :**

**4.1) Conditions internes :**

Avant la germination, la graine doit répondre à de nombreuses conditions internes qui sont :

- la maturité c'est-à-dire que toutes les parties qui la constituent soient complètement différenciées morphologiquement (Heller *et al,*. 2000).

- La deuxième condition est la disponibilité de l'amidon, des protéines, des lipides et des nutriments pour l'embryon de la graine à travers l'activité des enzymes et des voies spécifiques (Miransari et Smith, 2009).

- La troisième condition est la longévité des semences, autrement dit, la durée pendant laquelle les semences restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif. Cette dernière condition varie considérablement en fonction des espèces (Heller *et al,*. 2000).

La dormance des graines tout comme la germination sont des processus importants qui affectent le développent des plantes. Ces processus sont influencés par divers facteurs, y compris les hormones végétales. Les bactéries du sol, peuvent également affecter de manière significative la germination des graines (Miransari et Smith, 2014).

Quoique les mécanismes exacts de la dormance physiologique de l'embryon et des processus qui peuvent y mettre un terme aient fait l'objet de nombreuses études, leurs causes profondes sont encore mal connues (Krugman et col., 1974). Il semble cependant que les hormones promotrices de croissance, dont la gibberelline est un exemple bien connu, et les hormones inhibitrices de croissance agissent conjointement sur le maintien ou l'interruption de la dormance. Sous les climats tempérés, l'équilibre entre inhibiteurs et promoteurs de croissance est modifié par la combinaison d'une température basse et d'une forte humidité, maintenues sur une période de temps qui varie d'une essence à l'autre. Cette combinaison se rencontre naturellement pendant l'hiver, la saison la moins propice à la croissance. Elle induit alors des changements biochimiques dans l'embryon, qui conduisent à la suspension de la dormance, au réveil du métabolisme et de la croissance embryonnaire et, enfin, à la germination.

**4.2) Conditions externes :**

– L'**eau** est nécessaire pour l'hydratation des tissus et pour la croissance des organes (Gimeno, 2009). Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes puis est remise en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement des cellules et leur division (Soltner, 2007 ; Meyer et *al.,* 2004).

- La germination exige obligatoirement de **l'oxygène** (Soltner, 2007). D'après Meyer et *al.,* (2004), l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

- La **température** est fondamentale dans la germination. Elle agit sur la vitesse de consommation d'O2 par l'embryon et sur les réactions d'oxydation des composés phénoliques (Mazlik, 1982).

Bien que beaucoup de graines peuvent germer dans une gamme de température assez large, dans de nombreux cas, le minimum est de 0 à 5°C, le maximum de 45 à 48 °C et l'optimum de 25 à 30°C (Raven *et al.,* 2003).

- La **lumière** est considérée comme un facteur indirect de la germination. Les besoins en lumière pour cette dernière sont variables selon l'espèce (Vallée *et al.,* 1999 ; Lafon *et al.,* 1990).

D'après Mazliak, 1982, les semences peuvent être classées en trois catégories :

- **Semences à photosensibilités positive :** La lumière est favorable à leur germination. Ce type de semence est majoritaire environ 70% (cas de laitue).

- **Semences à photosensibilités négative :** Ces semences ne germent qu'à l'obscurité. Cette photosensibilité négative concerne 25% des semences (ex : cyclamen).

- **Semences indifférentes à la lumière :** Ce sont des semences (environ 5%) qui germent dans toutes les conditions (cas de blé, trèfle, luzerne et Hedysarum).

**4.3) Inhibitions de germination** : on appelle inhibition de germination tout phénomène qui s'oppose à la germination d'un embryon non dormant (Côme, 1975) ; il existe deux types d'inhibition :

- **Inhibitions tégumentaires** : Une inhibition tégumentaire se caractérise par le fait que la germination devient possible après la suppression des enveloppes séminales. Très souvent, il n'est pas nécessaire d'enlever complètement les enveloppes, une scarification plus ou moins importante suffit. Toutes les inhibitions tégumentaires agissent au niveau de l'embryon, en le plaçant dans des conditions défavorables à sa germination (Côme, 1975).
- **Inhibitions chimiques :** Des substances très diverses sont capables d'inhiber totalement ou de retarder la germination. Le rôle physiologique exact de ces substances sont mal connus et parfois très discutés. On a vraisemblablement exagéré leur importance dans les conditions naturelles (Côme, 1975).

**5) Les différentes phases de la germination :**

- La phase I, ou phase d'imbibition, assez brève selon les semences (de 6 à 12h), caractérisée par une forte hydratation des tissus, accompagnée d'une élévation de l'intensité respiratoire.

- La phase II, ou phase de germination *stricto sensu*. Au cours de cette phase il y'a une stabilisation de l'hydratation et de la respiration à un niveau élevé. Cette phase, est relativement

brève aussi de 12 à 48 heures. Elle s'achève avec l'émergence de la radicule hors des téguments séminaux. Durant cette phase, la graine peut être réversiblement déshydratée et réhydratée sans dommage apparent pour sa viabilité.

- La phase III, est caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une augmentation de la consommation d'oxygène, elle correspond à un processus de croissance de la radicule puis la tigelle.

**6) Le processus de la germination :**

La germination est un processus complexe de sorte que tous les caractères morphologiques et physiologiques sont à considérer pour mieux comprendre son déroulement. L'induction de la germination n'est possible que si certaines conditions d'environnement sont réunies (chaleur, air, humidité) et si l'embryon n'est pas en état de dormance. Aussi, elle commence par l'imbibition des tissus de la graine caractérisée par une absorption d'eau du milieu extérieur. Cette absorption d'eau favorise l' hydrolyse et la dégradation des tissus de réserves contenant les carbohydrates , lipides, protéines en des formes simples assimilables (acide pyruvique, acides aminés, acides gras) qui seront transportées plus tard jusqu'aux points de croissance de l'embryon. A la suite de cette dégradation des colloïdes des tissus, la graine se gonfle et le tégument se rompt le plus souvent au niveau du micropyle favorisant ainsi l'émergence des points de croissance. L'intensité respiratoire et l'activité enzymatique augmentent en fonction de la teneur en eau de la graine. Ainsi, au niveau des mitochondries (sièges de la respiration cellulaire), sont oxydés les produits simples, mobiles et assimilables en gaz carbonique ($Co_2$), en eau ($H_2O$) et en énergie sous forme d'adénosine triphosphate (ATP) ce processus favorise les réactions nécessaires à la germination, aux mitoses et à l'élongation cellulaire (Guyot, 1978).

Lorsque la semence germe, l'embryon augmente de volume, se dégage des enveloppes et vit d'abord en parasite sur les réserves accumulées dans la semence. L'embryon a bien germé lorsqu'il montre sa capacité à assurer le développement de ses parties (radicule et gemmule) hors des limites de la semence qui le contient. Tous ces organes croissent en nombre, en dimension et en poids (frais ou sec) de façon irréversible. La croissance est donc avant tout un changement quantitatif, on passe ainsi insensiblement d'un embryon hétérotrophe à une jeune plante autotrophe (Binet et Brunel, 1968).

**7) Types de germination :**

Les plantules peuvent être regroupées en trois (3) types de germination, basés essentiellement sur la position prise par les cotylédons après la germination (Rakhout cité par Some, 1991). Ce sont:

- La germination épigée ou phanérocotylaire.

- La germination semi-hypogée.

- La germination hypogée ou cryptocotylaire.

Certains auteurs cependant, comme DE LA MENSBRUGE (1966) distinguent deux types fondamentaux qui sont les germinations épigée et hypogée, assimilant la germination semi-hypogée à une germination épigée.

**8) Les facteurs de la germination :**

L'ensemble des facteurs qui interviennent au moment de la germination mais aussi tout au long de la vie d'une semence, depuis sa création sur la plante mère jusqu'à sa reprise d'activité, exercent une influence sur le comportement de cette semence lorsqu'elle est mise à germer. Ainsi, la qualité germinative d'une semence est fonction de son génome mais aussi de multiples facteurs que Côme (1993) regroupe en quatre catégories: les facteurs avant la récolte, les facteurs de la récolte, les facteurs après la récolte et les facteurs de la germination (Côme 1993).

**8.1)** L'espèce, la variété, la taille ou le poids des semences sont quelques-uns des **facteurs génétiques** qui peuvent avoir une influence sur la qualité germinative des semences. Par exemple, Chaussat et Chapon(1981) mettent en évidence une relation directe entre le poids de la graine et sa vitesse de germination pour différentes espèces du genre *Triticum*.

**8.2) Les facteurs avant récolte** correspondent, entre autres au climat (température, pluie et lumière) ; à la position des semences sur la plante mère ; à l'âge de la plante mère.

**8.3) Les facteurs de la récolte**, c'est certainement le stade de maturité des semences au moment de leur récolte qui intervient principalement dans la germination ; la date de récolte est donc importante.

**8.4) Les facteurs après récolte**, tous les traitements auxquels les semences sont soumises après leur récolte peuvent avoir une incidence sur leurs propriétés germinatives (Côme, 1993). Par exemple, le séchage, le nettoyage et le triage peuvent intervenir. Pour de nombreuses espèces (céréales, tournesol), il est clairement établi que la durée et les conditions de conservation des semences jouent un grand rôle (Baskin & Baskin 1998). L'âge des semences peut aussi modifier les conditions nécessaires à leur germination, notamment les conditions thermiques (Barton, 1936).

**9.5) Les facteurs de la germination**, c'est à dire ceux qui interviennent au moment de la germination, sont nombreux. Les plus couramment étudiés sont la température, l'oxygène et la lumière. En fait, c'est l'influence combinée de ces différents facteurs qui rend possible ou non la germination. Ainsi, la présence d'eau est obligatoire, mais pas suffisante car il faut aussi que la température soit convenable et que l'embryon soit correctement oxygéné. Les inhibiteurs de germination, le substrat (profondeur du semis et granulométrie) et les conditions des tests au laboratoire (pH du milieu, densité de semences) sont aussi des facteurs qui peuvent influencer la qualité germinative des semences.

**9) Différents obstacles de la germination :**

Ce sont tous les phénomènes qui empêchent la germination d'un embryon non dormant (ce qui donne naissance à la nouvelle plante et constitue la partie vivante ; la partie active de la semence) placé dans des conditions convenables (Mazliak, 1982). L'inaptitude à la germination de certaines graines peut être d'origine tégumentaire, embryonnaire ou due à des substances chimiques associées aux graines, ou dormance complexe (Bensaid, 1985).

Des graines qui ne germent pas, quelles que soient les conditions de milieu, sont des graines dites « dormantes », et leur dormance peut concerner soit les téguments, on parle alors plutôt d'inhibitions tégumentaires, soit l'embryon, on parle alors de dormance au sens strict, soit les deux à la fois (Soltner, 2001).

**9.1) Dormance embryonnaire :**

Dans ce cas, les inaptitudes à la germination résident dans l'embryon et constituent les véritables dormances. L'embryon peut être dormant au moment de la récolte des semences on appelle « dormance primaire ». Dans d'autre cas, l'embryon est capable de germer mais il perd cette aptitude sous l'influence de divers facteurs défavorables à la germination on parle alors de « dormance secondaire » (Cherfaoui, 1987).

**9.2) Inhibitions tégumentaires :**

Les téguments des graines inhibent la germination avec des degrés divers, elles provoquent l'imperméabilité à l'eau et l'oxygène (Binet et Boucaud, 1968). La membrane dure et épaisse retarde l'absorption d'eau, par l'effet de leur cellules mortes ; et la présence d'une couche imperméable (mucilages), et par l'effet d'une couche à cellules jointive, qui elles provoquent la diminution de la porosité donc la diminution de la perméabilité (Chaussat et al, 1975). D'après (Beadle,1952), les graines enfermées dans les valves fructifères ont donné un pourcentage de germination faible. Cependant avec les graines nues (sans enveloppes) l'imbibition en eau est rapide, et le pourcentage de germination est élevé (Cherfaoui, 1987).

**9.3) Inhibitions chimiques :**

Les inhibitions chimiques sont certainement plus rares dans les conditions naturelles, leurs nature exacte reste généralement inconnue, car elles n'ont pas souvent été isolées (Mazliak, 1982). La plante sécrète des substances chimiques qui s'opposent à la germination telle que : acide abscissique, acide caféique, ammoniac, éthylène...etc. (Dominique, 2007).

**10) Techniques utilisées dans la levée des inhibiteurs de la germination :**

La levée de dormance se fait naturellement ou artificiellement.

**10.1) Naturellement :** par l'altération des enveloppes sous l'effet des alternances de sécheresse et d'humidité, de gel et de réchauffement (Dominique, 2007).

**10.2) Artificiellement :** par des différentes méthodes, on peut citer :

**a) Stratification :** ce traitement utilisé empiriquement depuis longtemps consiste à placer les semences au froid dans un milieu humide (terre, sable, tourbe) en période déterminée selon l'espèce (Jeam et al, 1998).

**b) Froid :** c'est une technique qui consiste à placer les semences au froid à des températures basses mais positives (Mazliak, 1998). La quantité de froid nécessaire pour obtenir un tel résultat, c'est-à-dire la température à appliquer et la durée du traitement dépend évidement de l'espèce ou de la variété considéré (Mazliak, 1998).

**c) Lixiviation :** par le trempage ou le lavage à l'eau, pour éliminer les inhibiteurs hydrosolubles (Jeam et al, 1998).

**d) Traitements oxydants :** on a souvent préconisé l'emploi d'eau oxygénée pour améliorer la germination on pensant qu'elle fournit de l'oxygène à l'embryon (Mazliak, 1982).

**e) Scarification :** il suffit souvent de blesser plus ou moins profondément les enveloppes pour faciliter la germination. Peut être effectue par des différentes méthodes, par de façon **mécanique** (coupe, pique, décortication, battage des enveloppes...) ; (Cherfaoui, 1987), ou par voie **chimique** (immersion des semences dans l'acide sulfurique concentrée (H2SO4), ou par lyophilisation dans l'azote liquide…) ; (Jeam et al, 1998).

# Chapitre III : Matériel et méthodes

L'objectif initial de ce travail était d'apporter une contribution à l'améliorer des aptitudes germinatives des graines de *Retama raetam*. Sachons que nous avons adopté notre propre protocole expérimental pour atteindre notre objectif, mais hélas, nous n'avons pas pu le suivre jusqu'à sa fin à cause des mesures de protection (suspension des activités pédagogiques, confinement, distanciation sociale) liées à la pandémie du Coronavirus (COVID-19). Face à ces circonstances, nous avons opté pour un travail de synthèse des études récentes sur le même thème. A cet effet, ce chapitre résume les différents protocoles expérimentaux adopté par les auteurs des travaux consultés : (Chalabi, 2008 ; Ben Salem, 2015;Mehdadi et al., 2017 ; Mechergui et al., 2017)

**I- Matériel :**

## 1- Appareils utilisés :

- Autoclave.
- Incubateur.
- bain marin.
- Plaque chauffant.

## 2- Matériels utilisés :

- Boite pétri en plastique.
- Flacon, spatule, pense, papier filtre (stérile).
- Bec benzène.

## 3- Produits utilisés :

- Acide sulfurique (98%).
- Hypochlorite de Sodium (Eau de Javel)
- Solution NaCl
- le polyéthylène glycol (PEG-6000)
- Agar agar.
- Eau distillée.
- Sable.

**4- Matériel végétal et provenance :**

Les fruits de Retama raetam (Photo 01) sont des gousses (Fabaceae) qui renferment un nombre variable de graines. Sur un total de 595 goousses de Retama raetam, (68%) de gousses contiennent une seule graine, (28,7%) deux graines, (2,5%) trois graines, (0,1%) quatre graines et (0,5%) vides (Chalabi, 2008). Les graines sont récoltées dans différentes régions en Algérie et en Tunisie (Tableau 01).

**Tableau 01 : Provenance et année de récolte des graines de *Retama raetam*.**

| Etude | Année de récolte | Région | Wilaya | Pays |
|---|---|---|---|---|
| Chalabi (2008) | 2006 | Taleb El Arbi | El Oued | Algérie |
| Ben Salem (2015) | 2011 | Oudai dib -Matlili | Gardaïa | |
| Mehdadi et al. (2017) | 2010 | -- | Djelfa | |
| Mechergui et al. (2017) | 2014 | Rtiba | Nabeul | Tunis |
| | | Oueslatia | Kirouan | |
| | | Meknassi | Sidi Bouzid | |
| | | Bouhedma | | |

**(A) Gousses de *Retama raetam.***

**(B) Graines de *Retama raetam.***

**Photo (01) : Le fruit de *Retama raetam***

**II- Méthodes :**

**1- Préparations des graines :**

Parmi les graines récoltées, ont été sélectionnées les graines matures et non déformées. Ces graines ont été désinfectées par l'hypochlorite du sodium (5%) et rincées trois fois avec l'eau distillée.

**2- Conditions de germination :**

La germination des graines a été réalisée dans des boites de Pétri sur du papier Whatman, imbibé d'eau distillée. L'incubation a lieu dans une étuve réglée à une température de 25°C. Le

nombre de graines, de répétitions et de jours de suivi de la germination des graines de *Retama raetam* sont variables pour les différentes études consultées (Tableau 02).

**Tableau 02: Nombre de graines, de répétitions et de jours de germination dans chaque étude.**

| Etudes | Nombre de graines | Nombre de répétition | Nombre de jours |
|---|---|---|---|
| Chalabi (2008) | 50 | 02 (25 graines chacune) | 17 |
| Ben Salem (2015) | 20 | 02 (10 graines chacune) | 30 |
| Mehdadi et al. (2017) | 125 | 05 (25 graines chacune) | 12 à 16 (jusqu'à stabilisation du processus de germination) |
| Mechergui et al. (2017) | 100 | 05 (20 graines chacune) | 30 |

### 3- Scarification physique (Ben Salem, 2015) :

Chronologiquement, il a été réalisé ce qui suit :

1) brassage des graines avec du sable dans le mortier à laide du pilon pendant 15 min;

2) trempage des graines dans l'eau à différentes températures (85, 95 et 100 C°) pendant 10 min.

3) Rinçage des graines à l'eau distillé et mise en boites pétri contenant le milieu gélosée

4) mise en place des boites pétries dans l'incubateur à 25 C°.

### 4- Effet de l'acide sulfurique :

Pour déterminer la meilleure durée de traitement en vue d'avoir un taux maximum de graines germées, les graines de *Retama raetam* ont fait l'objet d'un prétraitement à l'acide sulfurique pur (98%) pendant plusieurs temps (Témoin 0h, 02h, 04h, 06h, 08h, 10h, 12h, 14h, 16h, et 20h). Les graines sont ensuite soigneusement lavées à l'eau du robinet puis rincées à l'eau distillée. Elles sont ensuite placées dans les boites de Pétri sur du papier Whatman, imbibé d'eau distillée, puis dans l'incubateur à une température de 25°C.

### 5- Effet de la température d'incubation :

L'effet de la température d'incubation sur la germination des graines de *Retama raetam* a été mis en évidence par le placement des botes de Pétri contenant les graines traitées au préalable par l'acide sulfurique dans différentes températures d'incubation. Le protocole de Mehdadi et al. (2017) précise que les graines de *Retama raetam* ont été d'abord trempées dans l'acide sulfurique pendant 6 heures (durée de scarification par le $H_2SO_4$ qui a donné le meilleur taux de germination). Les différentes températures d'incubation sont : 0°C, 5°C, 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C et 40°C. Le protocole de Ben Salem (2015) utilise trois temps de trempage des graines dans l'acide sulfurique (2h, 2h30 et 3h) et trois températures d'incubation (20°C, 25°C et 30°C).

**6- Effet du stresse salin :**

La germination des graines de *Retama raetam* a été testée sous l'effet de stresse salin en utilisant une solution de différentes concentrations de NaCL. Les concentrations mentionnées dans le protocole expérimental de Mehdadi et al. (2017) sont : 34mM, 68mM, 102mM, 136mM, 204mM, 238mM et 272mM. Celles mentionnées dans le protocole de Mechergui et al. (2017) sont : 3g/l, 6g/l, 9g/l, 12g/l et 15g/l (soit 50mM, 100mM, 150mM, 200mM et 250mM). Rappelant que cette dernière étude s'est effectuée sur quatre populations en Tunisie : Rtiaba, Oueslatia, Meknassi et Bouhedma.

**7- Effet du stresse hydrique :**

L'effet du stresse hydrique sur la germination des graines de *Retama raetam* provenant des quatre populations (Rtiaba, Oueslatia, Meknassi et Bouhedma) a été étudié par Mechergui et al. (2017). Les concentrations de polyéthylène glycol ($PEG_{6000}$) ajouté à un litre d'eau distillée correspondent aux pressions osmotiques suivantes : -0,03 MPa, -0,1 MPa, -0,7 MPa, -1 MPa et -1,6 MPa.

**8- Paramètres mesurés :**

La germination des graines est relevée quotidiennement pour chaque boite durant les jours du test. Les paramètres retenus à la fin du test sont le taux de germination et la cinétique de germination.

**8-1- Taux de germination :**

Le taux de germination selon COME (1970) correspond au pourcentage maximal de graines germées par rapport au total des graines semis En effet, le taux de germination est calculé par la formule suivante :

$$\textbf{Taux de germination} = \frac{\textbf{Nombre des graines germées}}{\textbf{Nombre total mis en germination}} \times 100$$

**8-2- Cinétique de germination :**

La cinétique de la germination correspond aux variations dans le temps du taux de germination des graines des espèces traitées par des traitements physiques et chimiques.

$$\textbf{Taux quotidien de germination} = \frac{\textbf{Nombre des graines germées quotidiennement}}{\textbf{Nombre total mis en germination}} \times 100$$

# Chapitre IV : Résultats et discussion

## I- Résultats :

### 1- Trempage dans l'eau (24h et 48h) :

Selon Chalabi K. (2008), aucune germination n'a été observée pour ce type de traitement durant toute la période de l'expérimentation (17 jours).

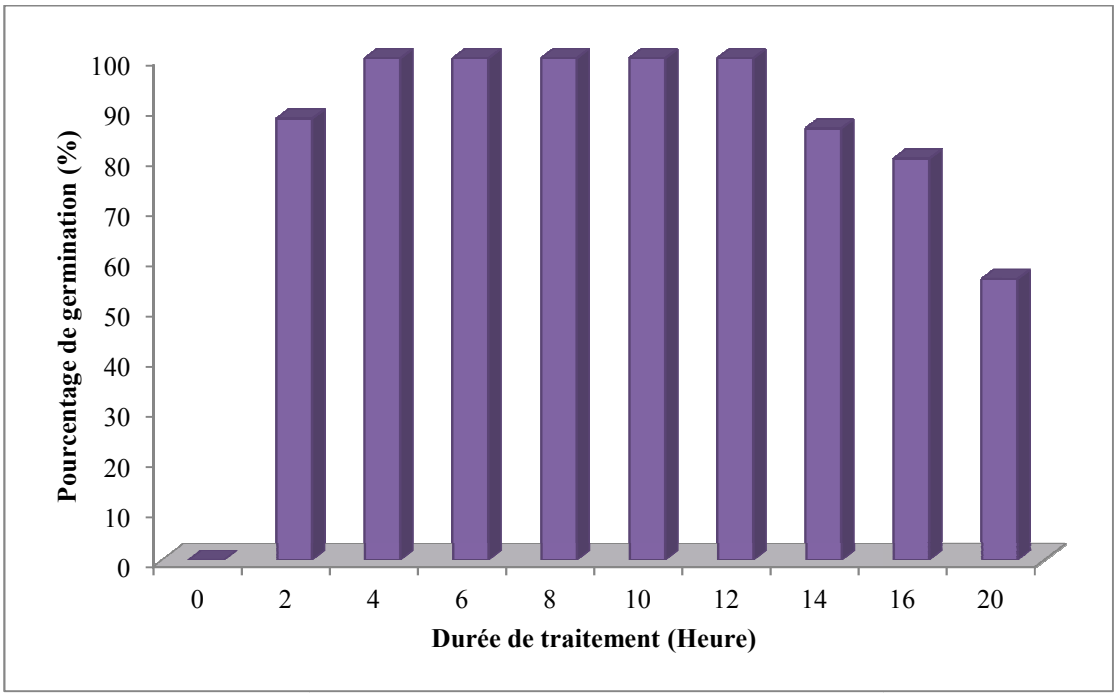
### 2- Brassage avec le sable et trempage dans l'eau chaude :

Selon Chalabi, (2008), de nombreux auteurs (Karsch R. 1975 ; Bebawi et Mohamed 1985 ; Danthu et al, 1996 ; Teketay 1996 ; Hatimi et al, 1997 et Evertt 1983) ont conclu que le trempage des graines d'*Acacia* et *Retama* dans l'eau, quelle que soit sa durée ou sa température, n'est d'aucune efficacité pour lever l'inhibition tégumentaire. Alors que Ben Salem W. (2015) obtient un taux de germination de 10% pour des graines de *Retama raetam* scarifiées avec du sable pendant 15min et trempées dans l'eau chaude à 95°C.

### 3- Trempage dans l'acide sulfurique :

### 3-1- Pourcentage de germination :

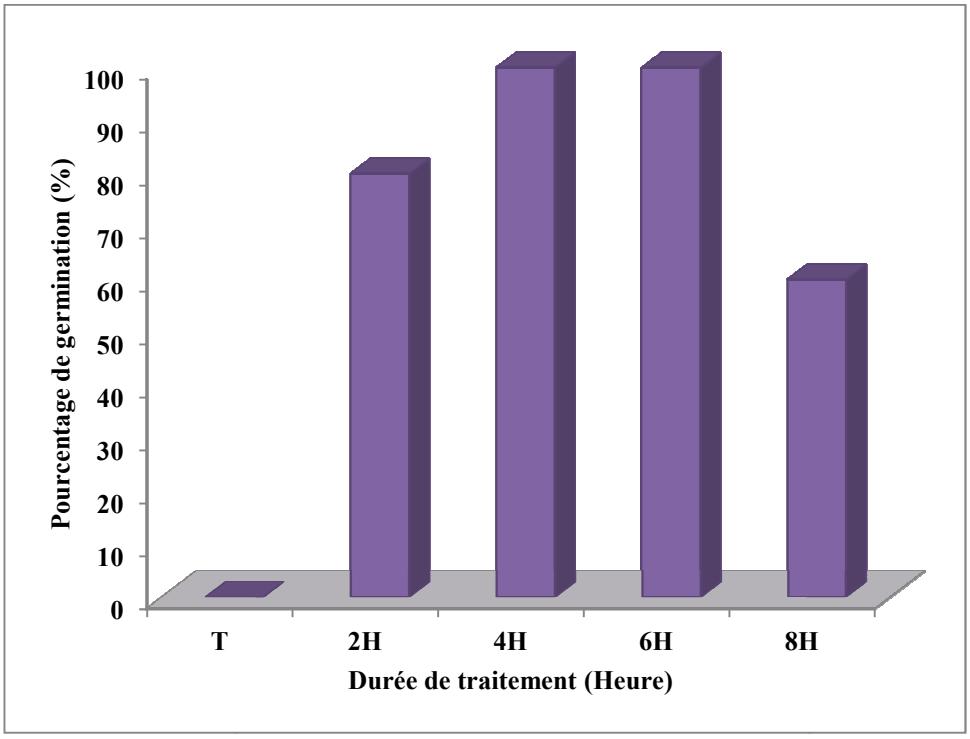
Les deux figures (fig.02 et fig.03) montrent le taux de germination des gaines de *Retama raetam* trempées dans l'acide sulfurique ($H_2SO_4$) en fonction du temps (en heurs).




Source : Chalabi (2008)

Figure 02: Histogramme du taux de germination en fonction du temps des graines dans $H_2SO_4$

D'après les résultats de Chalabi K. (2008), les graines de *Retama raetam* traitées avec l'acide sulfurique pendant 2heurs atteignent un taux de germination de l'ordre de 88%. Leur taux de germination est maximal (100%) lorsque la durée de trempage est entre 4heures et 12heures. Le taux de germination de ces graines diminue au-delà de 12heures en fonction du temps de traitement et des valeurs de 86% ; 80% et 56% sont enregistrées pour les durées 14heures, 16heures et 20heures respectivement (fig 02).



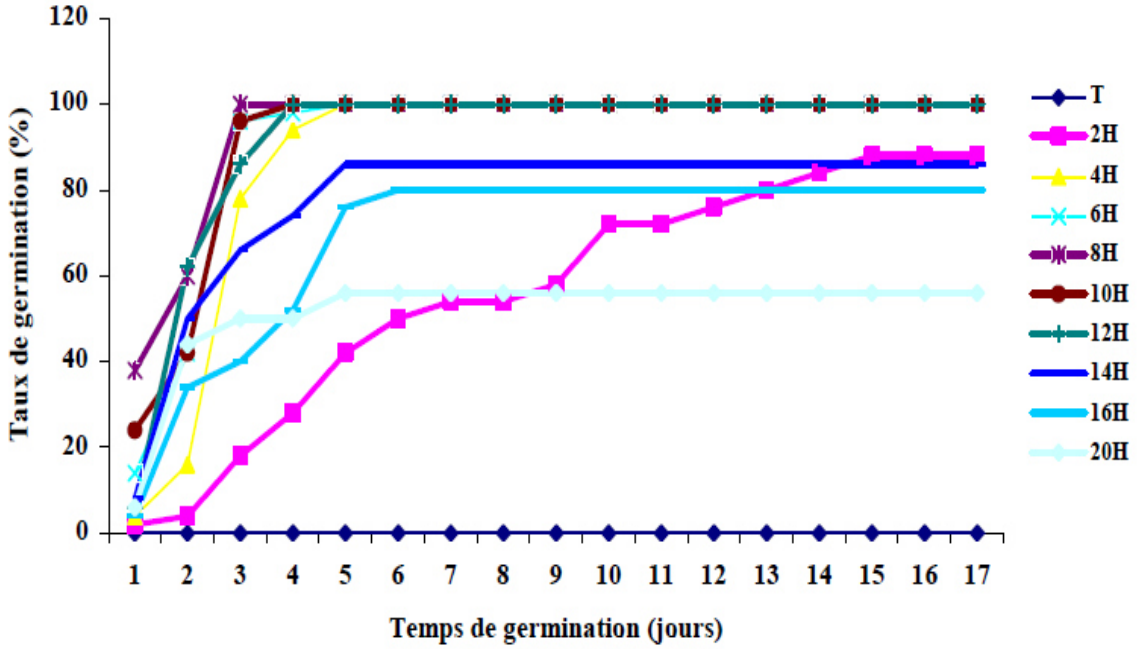

Source : Mehdadi et al. (2017).

Figure 03: Histogramme du taux de germination en fonction du temps des graines dans $H_2SO_4$

D'autre part, en se référant aux résultats de Mehdadi et al. (2017), on constate les mêmes taux de germination pour les durées de trempage dans le $H_2SO_4$ entre 2heurs et 6heures (un taux de 80% correspond à 2heures dans le $H_2SO_4$ et 100% correspond aux 4heures et 6heures dans le $H_2SO_4$). Cependant, le taux de germination diminue remarquablement à 80% après de 8heures de trempage dans l'acide sulfurique.

### 3-2- Cinétique de germination :

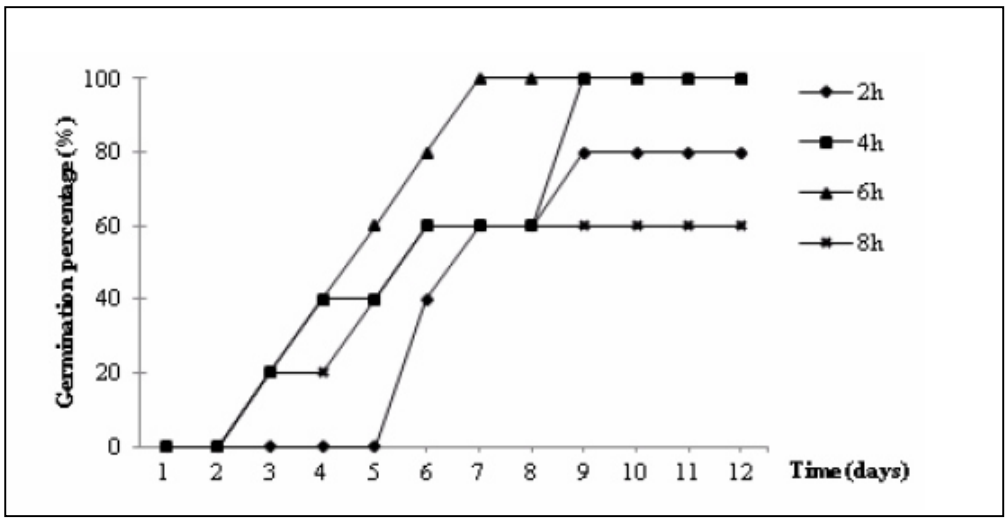
La cinétique de germination des graines de *Retama raetam* trempées dans l'acide sulfurique à des temps variables est représentée par les deux figure (fig.04 et fig.05).




Source : Chalabi K. (2008)

Figure 04: Courbes des cumules de germination en fonction du temps des graines dans $H_2SO_4$.

Selon la figure (04), les cumules de germination journalière des graines de *Retama raetam* en fonction du temps de trempage dans l'acide sulfurique montrent que la germination démarre le 2ème jour quelque soit la durée de trempage. Cette germination est très lente pour les graines traitées avec $H_2SO_4$ pendant 2heures qui atteignent le taux maximal de 88% après 15jours du semi. Les courbes de germination des deux traitements 4heures et 6heures sont parallèles, elles atteignent le taux de germination maximal de 100% au 5ème jour du semi. Le taux de germination maximal de 100% est atteint seulement après 3jours du semi pour une durée de traitement de 8heures et 4jours pours une durée de 10heures et 12heures. Au-delà de ce dernier temps, le taux de germination diminue progressivement pour atteindre au maximum 86% au 5ème jour de semis, 80% au 6ème jour et 56% au 5ème jour pour les durées de traitement 14heures, 16heures et 20heures respectivement.




Source : Mehdadi et al. (2017)

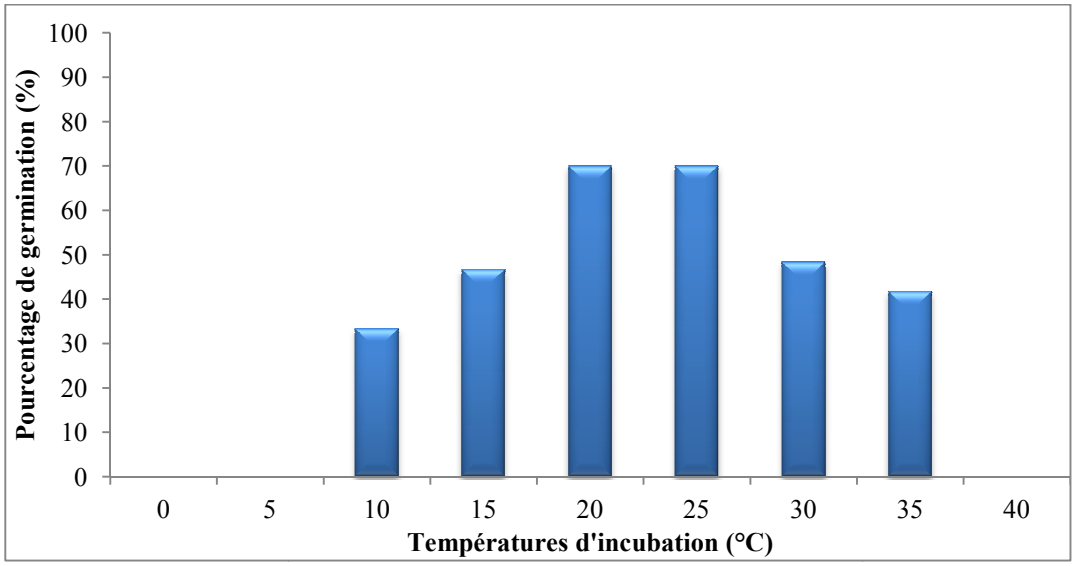
Figure 05: Courbes des cumules de germination en fonction du temps des graines dans $H_2SO_4$.

D'autre part, la cinétique de germination des graines de *Retama raetam* (fig.05) est très lente selon Mehdadi et al. (2017). Elle commence le 6ème jour et atteint le taux maximal de 80% après 9 jours du semi pour les graines trempées durant 2heures dans le $H_2SO_4$. Cette germination débute le 3ème jour et atteint le taux maximal de 100% le 8ème jour et 7ème jours du semi pour les traitements 4heures et 6heures respectivement. La germination des graines traitées par l'acide sulfurique pendant 8heures commence aussi le 3ème jour mais n'arrivent qu'à un taux final de 60% après 6jours du semi.

**4- Effet de la température d'incubation :**

**4-1- Pourcentage de germination :**

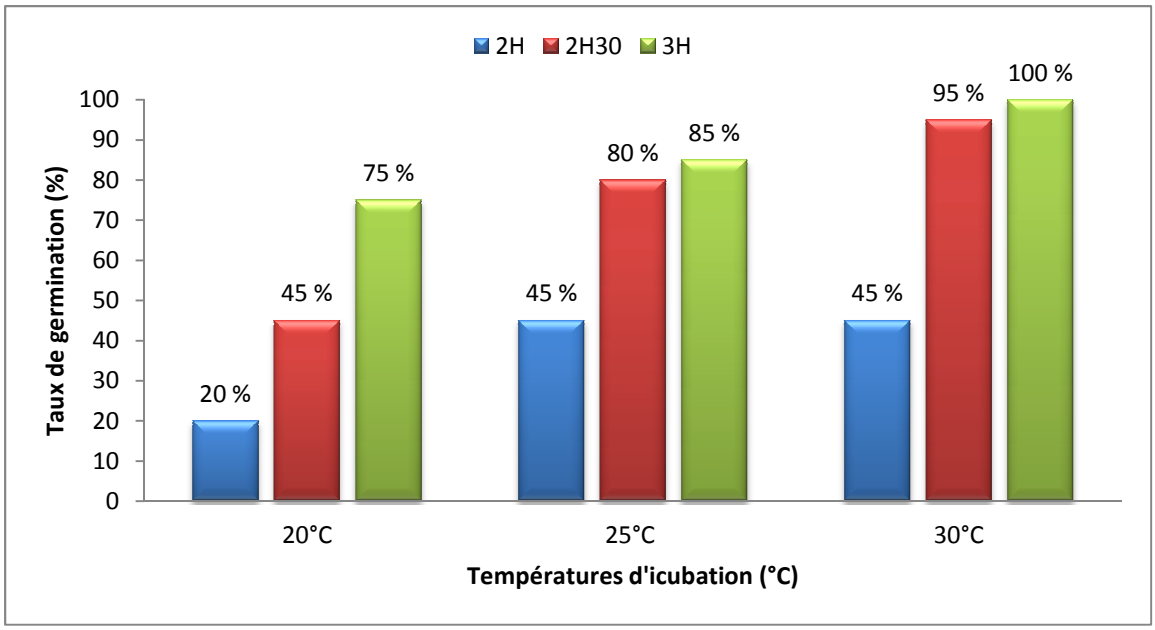
Les pourcentages de germination des graines de *Retama reatam* en fonction de la température d'incubation sont illustrés par les deux figures (fig.06et fig.07). Rappelant que les graines ont subi un prétaitement avec l'acide sulfurique. La durée de ce traitement est de 6heures selon le protocole expérimental de Mehdadi et al. (2017). Cette durée prend trois temps différent (2heures, 2heures 30 min. et 3heures) selon le protocole expérimental de Ben Salem W. (2015).




Source : Mehdadi et al. (2017).

Figure 06: Histogramme des taux de germination en fonction de la température d'incubation.

Selon Mehdadi et al. (2017), le pourcentage de germination maximal (70%) est obtenu avec des températures d'incubation comprises entre 20°C et 25°C (fig.05). Cette germination enregistre des taux faibles (33,33% et 41 ,67%) avec les températures d'incubation 10°C et 35°C respectivement ; et des taux moyens (46,67% et 48,33%) avec les températures d'incubation 15°C et 30°C respectivement. On constate que les températures 0°C, 5°C et 40°C sont inhibitrices à la germination.



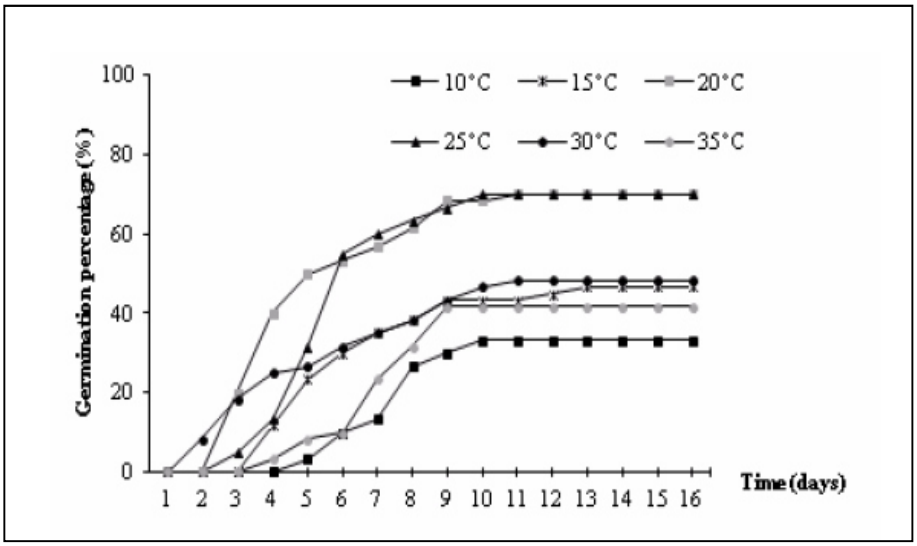

Source : Ben Salem W. (2015).

Figure 07 : Histogramme des taux de germination en fonction de la température d'incubation et du temps des graines dans le $H_2SO_4$.

Les résultats de Ben Salem W. (2015) montrent que les graines de *Retama raetam* traitées avec le $H_2S04$ pendant 3heures et incubées à des températures différentes (20°C, 25°C et 30°C) enregistrent un taux de germination très élevé (75% ; 85% et 100% respectivement). Lorsque le temps de trempage de ces graines dans le $H_2S0_4$ est réduit à 2heures 30min, on constate que le taux de germination diminue légèrement avec les deux températures d'incubation 25°C à 30°C (le taux de germination est de 80% et 95% respectivement pour ces dernières températures). La réduction du temps de traitement des graines avec le $H_2S0_4$ à 2heures induit une forte diminution du taux de germination pour les trois niveaux de températures testés, un taux de germination de 20% est obtenu avec une température d'incubation de 20°C et 45% pour les températures d'incubation 25°C et 30°C.

**4-2- Cinétique de germination :**

La figure suivante (fig .08), montre le cumule de germination durant les deux semaines de suivi des graines de *Retama raetam* traitées par l'acide sulfurique pendant 6heures et mises à la germination sous des températures d'incubation différentes.




Source : Mehdadi et al. (2017).

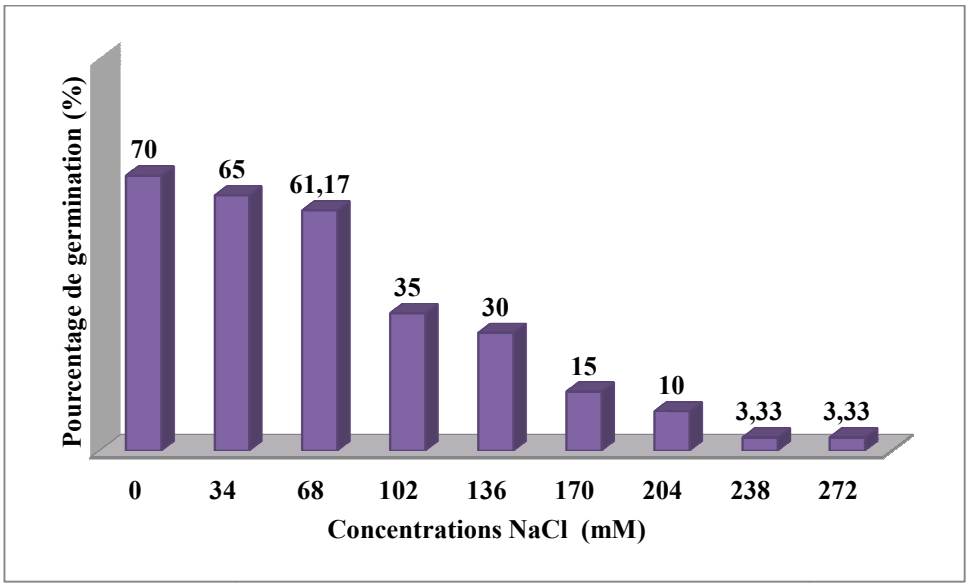
Figure 08: Courbes des cumules de germination en fonction des températures d'incubation.

D'après cette figure, on remarque que la germination des graines de *Retama raetam* commence le 3ème jour de la date du semi pour les températures d'incubation 20°C ; 25°C et 30°C et atteint le taux maximal (70%) après 10jours. Pour une température d'incubation de 30°C, la germination des graines débute le 2ème jour du semi et atteint le taux maximal (48,33%) le 10ème jour du semi. Les graines incubées à une température de 10°C et 35°C commencent à germer après le 4ème jour et arrivent au taux de germination maximal (33,33% et 41,67% respectivement) après le 10ème jour du semi.

**5- Effet du stresse salin :**

**5-1- Pourcentage de germination :**

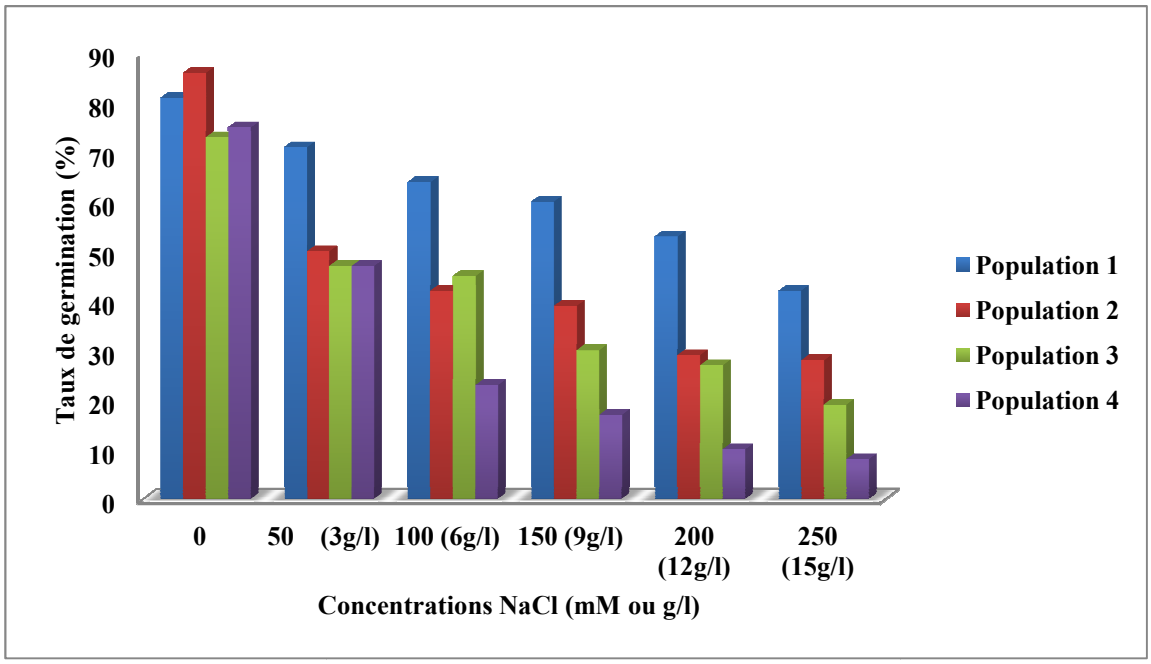
Les pourcentages de germination des graines de *Retama raetam* traitées avec différentes concentrations de NaCl sont illustrés par les figures (fig.09 et fig.10).




Source : Mehdadi et al. (2017).

Figure 09: Histogrammes du taux de germination en fonction des concentrations de NaCl.

Selon la figure (09), on constate que le pourcentage de germination des graines de *Retama raetam* diminue avec l'augmentation de la concentration du NaCl. Cette diminution est légère pour des teneurs en NaCl de 34 mM et 68 mM qui correspondent respectivement à un pourcentage de germination de 65% et 61 ,17% par rapport au témoin qui enregistre un pourcentage de germination de 70%. Pour des teneurs de NaCl encore élevées, le pourcentage de germination diminue fortement. Il est de 35% pour une concentration de 102mM et il s'abaisse à 10% pour une concentration de 204mM. Au-delà de cette dernière concentration, le pourcentage de germination est très faible (3,33%).




Source : Mechergui et al. (2017).

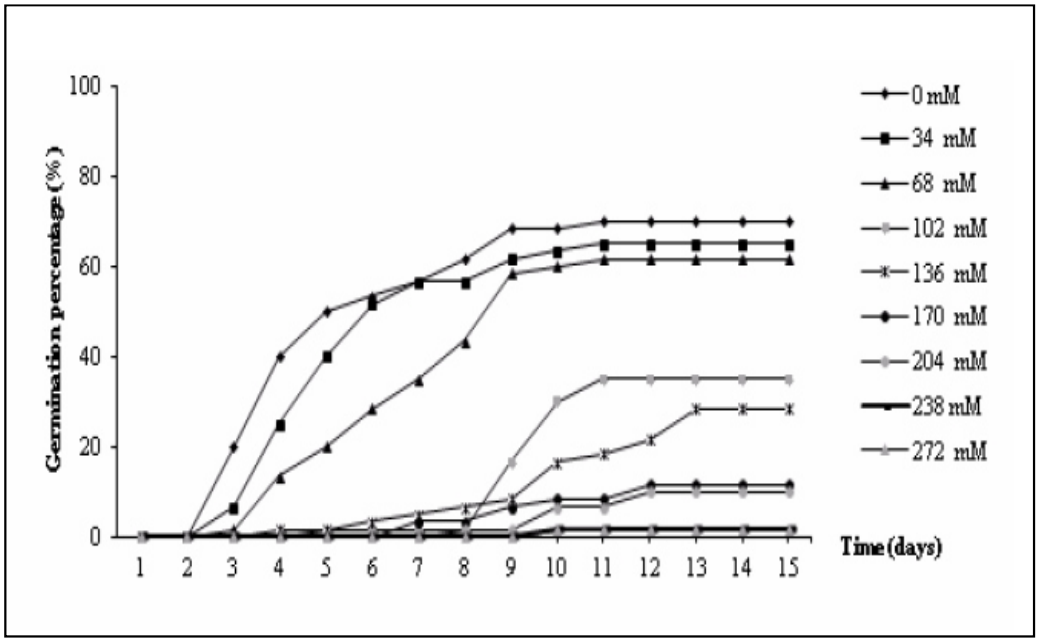
La population 1 (Rtiba), La population 2 (Oueslatia), La population3 (Meknassi), La population 4 (Bouhedma).

Figure 10: Histogrammes du taux de germination en fonction des concentrations de NaCl des quatre populations.

Selon les résultats de Mechergui et al. (2017), on remarque que les fortes concentrations de NaCl affectent le taux de germination des graines de *Retama raetam* et que la repense des quatre populations au stresse salin est variable. La population 1 (Rtiba) est la population la plus résistante à ce type de stresse. Le taux de germination de cette population est de 81% pour le témoin (la concentration de NaCl est de 0 mM). Il décroit à 71% pour une concentration de 50 mM et diminue à 42% pour une concentration de 250 mM. La population 4 (Bouhedma) représente la population la plus sensible au stresse salin. Le taux de germination témoin de cette population est de 75%. Ce taux diminue à 47% pour une concentration de NaCl de 50 mM et s'abaisse à 08% pour une concentration de NaCl de 250 mM. Pour les populations 2 (Oueslatia) et 3 (Meknassi), le taux de germination témoin est de 86% et 73% respectivement. Il décroit à 50% chez la population 2 (Oueslatia) et 47% chez la population 3 (Meknassi) pour une concentration de NaCl de 50 mM et diminue à 28% chez la population 2 (Oueslatia) et 19% chez la population 3 (Meknassi) pour une concentration de NaCl de 250 mM.

**5-2- Cinétique de germination :**

La figure (11) montre les cumules germinatifs des graines de Retama raetam soumises à des concentrations croissante de NaCl.



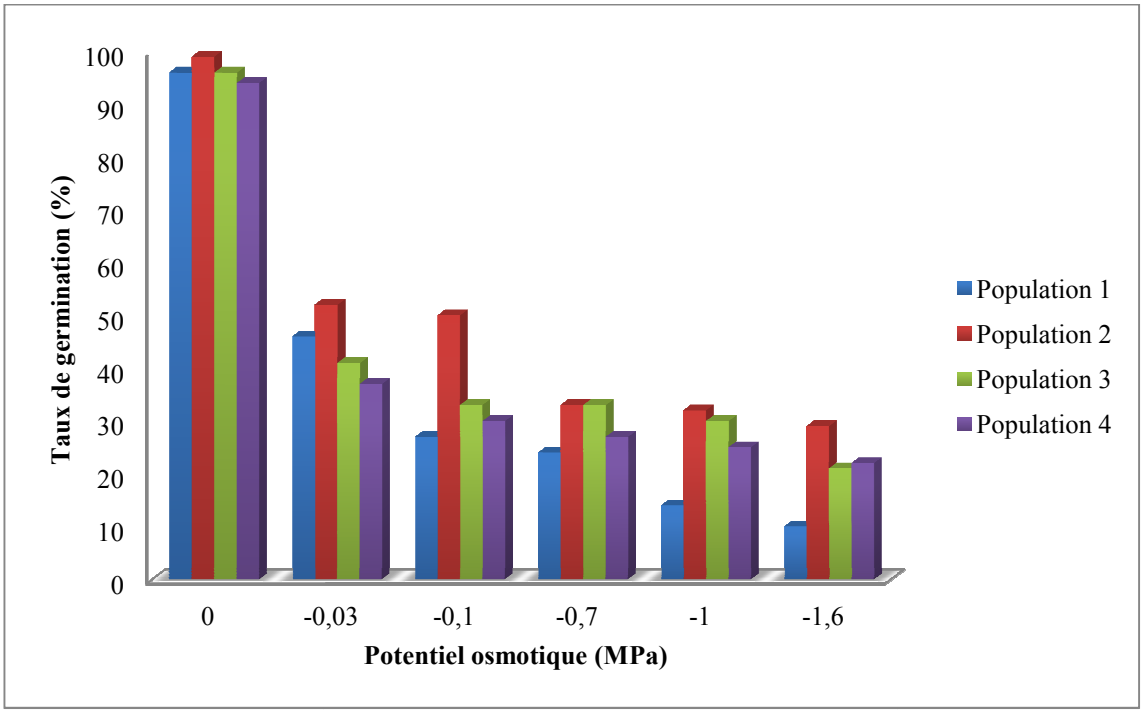

Source : Mehdadi et al. (2017).

Figure 11: Courbes des cumules de germination en fonction des concentrations de NaCl.

D'après les résultats de Mehdadi et al. (2017), les graines de *Retama raetam* soumises à des concentrations faibles de NaCl égales à 34 mM et 68 mM commencent à germer après 3 jours de la date du semi et atteignent un taux de germination maximal de 70% et 65% respectivement après 9 jours. A des concentrations de NaCl au-delà de 102 mM, les graines de *Retama raetam* commencent leur germination après 6 jours de la date du semi et atteignent un taux maximal de germination inférieur à 35% entre 11 et 13 jours, Pour les fortes concentrations en NaCl (238 mM et 272 mM), le taux de germination maximal est très faible (3,33%).

**6- Effet du stresse hydrique :**

Les variations du taux de germination des quatre populations de *Retama raetam* en fonction du potentiel osmotique sont représentées par la figures (12).




Source : Mechergui et al. (2017).

La population 1 (Rtiba), La population 2 (Oueslatia), La population3 (Meknassi), La population 4 (Bouhedma).

Figure 12: Histogrammes du taux de germination en fonction des potentiels osmotiques des quatre populations.

Selon ces résultats (Mechergui et al., 2017), on constate que le taux de germination des quatre populations est très affecté par le stresse hydrique (traitement PEG-6000 : Polyéthylène glycol 6000) . Le taux de germination des populations témoins (0 MPa) est très élevé atteignant entre 94% et 99%. Pour un potentiel osmotique de -0,03 MPa, le taux de germination des quatre populations varie entre 37% et 52%. Ce taux de germination diminue fortement pour un potentiel osmotique élevé, à -1,6 MPa, on enregistre des taux de germination qui varient entre 22% et 29%. D'autre part, on constate que les quatre populations sont différemment affectées par le stresse hydrique. La population 2 (Oueslatia) est la plus résistante à ce type de stresse et enregistre le taux de germination le plus élevé parmi les quatre populations échantillonnées (52% pour un potentiel osmotique de -0,03 MPa ; 32% pour un potentiel osmotique de -1 MPa et 29% pour un potentiel osmotique de -1,6 MPa). La population 1 (Rtiba) est considérée comme la plus sensible au stresse hydrique et affiche le taux de germination le plus faible entre les quatre populations étudiées (27% pour un potentiel osmotique de -0,1 MPa ; 14% pour un potentiel osmotique de – 1 MPa et 10% pour un potentiel osmotique de – 1,6MPa).

**7- Discussion :**

Les graines de *Retama raetam* possèdent des téguments durs imperméables à l'eau et à l'oxygène et qui compromettent la régénération naturelle de cette espèce par voie sexuée. De nombreux travaux ( Karschon, 1975 ; Everitt, 1983 ; Bebawi et Mohamed, 1985 ; Danthu et al., 1996 ; Teketay, 1996 et Hatimi et al., 1997) sur la germination des graines *d'Acacia* et de *Retama*, ont montré que le trempage de ces graines dans l'eau, quelle que soit sa durée ou sa température, n'est d'aucune efficacité pour lever cette inhibition tégumentaire. Les traitements les plus efficaces sont la scarification à l'acide sulfurique concentrée (95%) pendant une durée de plus d'une heure.

A la lumière des résultats obtenus dans les travaux consultés, on constate l'efficacité de l'acide sulfurique pour l'augmentation du taux et de la durée de germination des graines de *Retama raetam.* On constate aussi une forte relation entre la durée de trempage de ces graines dans l'acide sulfurique d'une part et le taux et la cinétique de germination d'autre part. Les résultats de Chalabi K. (2008) et Mehdadi et al, (2017), révèlent que le trempage des graines de *Retama raetam* pendant 2heures dans l'acide sulfurique augmente significativement le taux de germination de ces graines qui atteint entre 80% (Mehdadi et al., 2017) et 88% (Chalabi K., 2008) par rapport au témoin non traité par l'acide sulfurique qui ne marque aucune germination (0%). A cet effet, on peut retenir que la purée minimale pour la levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Retama raetam* est de 2 heures. Toutefois, cette germination est très lente et dure entre 9 jours (Mehdadi et al., 2017) et 15 jours (Chalabi K., 2008). Le taux de germination s'améliore lorsque la durée de trempage dans le $H_2SO_4$ est allongée. Les résultats des deux travaux cités ci-dessus s'accordent que le taux de germination total (100%) est obtenu pour une durée de trempage des graines dans le $H_2SO_4$ entre 4heures et 6 heurs, ce qui permet de considérer ce dernier temps (6h) comme étant la durée optimale pour la levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Retama raetam*. Au-delà de 6 heures dans le $H_2SO_4$, les aptitudes germinatives des graines ne sont pas les mêmes selon les deux sources de résultats que nous avons consulté. On observe que le taux de germination décline chez les graines provenant de la W. de Djelfa (Mehdadi et al., 2017) lorsque le temps de trempage dans le $H_2SO_4$ est de 8heures, alors que la déclinaison du taux de germination pour les graines provenant de la W. D'El Oued (Chalabi K., 2008) commence après 14 heures de traitement par le $H_2SO_4$. De même, la cinétique de germination est très variable entre les graines des deux provenances. Les meilleurs délais pour obtenir un taux de germination maximal correspondent aux traitements de 6 heures pour les graines provenant de la W. de Djelfa (7 jours) et au traitement de 8 heures pour les graines provenant de la W. D'El Oued (5 jours). Cette différence du taux et du temps de germination s'expliquerait par les différentes provenances des graines et la période de récolte. D'après Côme (1993), les graines des Fabaceae deviennent imperméables à l'eau à la fin de leur maturation, pendant la période de déshydratation, le pourcentage des graines dures est plus faible lorsqu'elles sont récoltées avant leur maturité complète. D'autre part, l'influence des facteurs du milieu, notamment les conditions climatiques et édaphiques, sur la composition et la dureté des enveloppes séminales est confirmée (Chalabi K., 2008).

De même, on note l'effet de la température sur la germination des graines de *Retama raetam*. Les résultats de Mehdadi et al. (2017), révèlent que le taux et la cinétique de germination des graines de cette espèce trempées dans l'acide sulfurique pendant 6 heures varient en fonction de la température d'incubation. En effet, les températures 0°C, 5°C et 40°C sont des températures inhibitrices à la germination. Les températures basses ou élevées peuvent dénaturaliser certaines enzymes essentielles aux métabolismes qui se déroulent au moment de la germination (Mbaye et al., 2002). Donc, la germination de ces graines exige une température comprise entre 10°C et 35°C avec un optimum de 25°C. A cette température (25°C), la germination des graines commencent le 3$^{ème}$ jour et s'achèvent le 10$^{ème}$ jour avec un taux de germination supérieur à 70%. Dans le même contexte, les résultats de Ben Salem, (2015) montrent la relation entre la température d'incubation et le temps de scarification des graines par le $H_2SO_4$. On constate qu'à une température d'incubation de 25°C on obtient un taux de germination de 80% pour une durée de trempage dans le $H_2SO_4$ de 2 heures 30 min. et un taux de germination de 85% pour une durée de trempage dans le $H_2SO_4$ de 3 heures. A une température de 30°C, on observe que le taux de germination s'élève à 95% et 100% respectivement pour les deux temps de trempage cités avant.

D'autre part, l'étude de la germination des graines de *Retama raetam* en conditions de stresse salin, montre la tolérance de ces graines à des concentrations comprise entre 34 mM et 68 mM (Mehdadi et al, 2017), mais le taux de germination décroit de 70% pour le témoin (0 mM) à 65% et 61,17% respectivement pour les deux concentrations précédentes (34 mM et 68 mM). Le taux de germination s'abaisse fortement lorsque la concentration du NaCl augmente au-delà de 102 mM en rapportant ce taux de germination en dessous de 35%. Il décline jusqu'à 3,33% pour une concentration de 238 mM à 272 mM. En outre, la présence du NaCl dans le milieu ralentie la vitesse de germination. On remarque que la germination des graines commence le 3$^{ème}$ jour et s'achèvent après 9 jours de la date du semi pour des faibles concentrations (34 mM et 68 mM), alors qu'elle commence le 6$^{ème}$ jour et s'étale jusqu'au 13$^{ème}$ jour pour les fortes concentrations (238 mM et 272 mM). Ces résultats corroborent ceux de Jaouadi et al. (2010) et Makhlouf et al. (2015) et confirment la relation antagoniste entre la concentration du NaCl et le taux de germination des graines de *Reama raetam*. . Mechergui et al. (2017) mettent en exergue le degré de sensibilité variable des différentes populations échantillonnées en Tunisie (Rtiba, Oueslatia, Meknassi, Bouhedma**)**. Parmi ces quatre populations, celle de (Rtiba) se montre comme la plus résistante à la présence du Na Cl dans le milieu, en atteignant un taux de germination de 71% pour une concentration de 50 mM et 42 % pour une concentration de 250 mM. La population de (Bouhedma) est la plus sensible à la présence du NaCl dans le milieu, en enregistrant des taux de 47% et 08% respectivement pour les deux concentrations 50 mM et 250 mM.

Ainsi, l'étude du comportement germinatif des graines de *Retama raetam* en conditions de stresse hydrique montre que le taux de germination est affecté par le changement du potentiel osmotique tel qu'il est souligné par de nombreux auteurs (Ungar, 1995; Katembe et al., 1998; Khan et al., 2002; Gorai et Neffati, 2007; Gorai et al., 2011) ; mais à des degrés différents d'une population à l'autre. Les résultats de Mechergui et al. (2017) indiquent que le taux de germination témoin (0 MPa) des quatre populations (Rtiba, Oueslatia, Meknassi, Bouhedma**)** varie de 94% à 99%. Ce taux de germination est compris entre 37% et 52% pour un potentiel osmotique de l'ordre de -0,3 MPa et il se situe entre 22% et 29% pour un potentiel osmotique de -1,6 MPa. En outre,

ces résultats soulignent que la population (Oueslatia) est la plus résistante à ce type de stresse et enregistre le taux de germination le plus élevé parmi les quatre populations échantillonnées (52% pour un potentiel osmotique de -0,03 MPa ; 32% pour un potentiel osmotique de -1 MPa et 29% pour un potentiel osmotique de -1,6 MPa). Ainsi, la population (Rtiba) est considérée comme la plus sensible au stresse hydrique et affiche le taux de germination le plus faible entre les quatre populations étudiées (27% pour un potentiel osmotique de -0,1 MPa ; 14% pour un potentiel osmotique de – 1 MPa et 10% pour un potentiel osmotique de – 1,6MPa).

# Conclusion

**Conclusion :**

L'étude des aptitudes germinatives de *Retama raetam* a fait l'objet de nombreux travaux en Algérie et dans d'autres pays tel que la Tunisie et l'Egypte. Tous ces travaux confirment l'existence d'une inhibition tégumentaire chez cette espace qui compromette la régénération naturelle de cette espèce, d'où la nécessite d'un prétraitement adéquat à la rigidité et l'imperméabilité des téguments.

Cette étude, révèlent l'efficacité de la scarification chimique par l'acide sulfurique concentrée (98%) pour la levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Retama raetam.* Cette efficacité est relative à certains paramètres. En premier lieu, le temps de trempage des graines dans le $H_2S0_4$ qui doit être supérieur à une heure avec un temps optimal de 6 heures. En second lieu, la température d'incubation qui doit être comprise entre 20°C et 30°C avec une température optimale de 25°C.

D'autre part, cette étude met en exergue les différents degrés de sensibilité aux stresses salin et hydriques des populations de *Retama raetam* en stade de germination, ce qui permet de distinguer pour les mêmes concentrations de NaCl ou de potentiel osmotique des populations sensibles et d'autres résistantes.

Cela indique l'importance du choix du matériel végétal et des conditions de germination dans toute opération de multiplication ou de végétalisation.

# Les références

Ref :


- ALLAL-BENFKIH L., 2006 -Recherche quantitative sur le criquet migrateur Locusta migratoria (Orth.Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l"aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques .Thèse de Doctorat N°17- 2006.UNIV de Limoges. Laboratoire UMR INRA 1061.Institut National Agronomique d"El Harrach. p27.
- BAHI K ., 1991- Contribution à l"étude de *Retama monosperma,* étude du système racinaire et recherche des associations de type *Rhizobium*. Etude anatomique et biochimique des protéines et des acides aminés foliaires de *Retama monosperma* (Boiss) : Mém. de Magistère. Univ.des Sciences et de la technologie d"Oran Mohamed Boudiaf (U.S.T.O) Oran.
- BEADEL – N,C,W, 1952- Studies in halophytes, in the germination of seed and establishment of the seed lings of five species of Atriplex in Australia
- BEADEL – N,C,W, 1952- Studies in halophytes, in the germination of seed and establishment of the seed lings of five species of Atriplex in Australia.
- Ben Salem W. (2015) : Détermination des meilleurs paramètres de scarification des graines de deux espèces de Fabacées spontanées Astragalus gombo (Bunge) et Retama raetam (Forssk) Webb. Mémoire Master en Biotecnologie végétale. Univ. Kasdi Merbah. Ouargla. 119 p.
- Bewabi F.F ., Mohamed S. M., 1985. – The pretretement of six Sudanese acacias to improve their germination respose. Seed Sci. et Technol., 13, pp. 111- 119.
- BINET P. et BRCNEL J.P., 1968: Physiologie végétale. Edition Doin, pp. 911-969
- Chalabi K. (2008) : Etude floristique des formations sahariennes et de la germination des graines de Retama raetam (Forssk.) Webb. de la région de Taleb El Arbi (W.d'El Oued). Thèse Magister en Science de l'Environnement et Climatologie. Univ. Oran. 134 p.
- CHAUSSAT – R, LEDEUNFF – Y, 1975- la germination des semences . Ed Bordas, paris, 232 p.
- CHERFAOUI – A K, 1987- Contribution a l'étude comparative de la germination des graines de quelques Atriplex de provenance Djelfa, thèse de diplôme de magister en sciences agronomique. Ed institut national agronomique EL Harrach-Alger, 68 p.
- Côme D. , 1993 – Contribution of research to the improvement of germination quality of seeds. Acad. Agric. Fr., 73, pp. 35-46.
- Côme D., 1970- Les obstacles à la germination (monographie et physiologie végétale). Ed. Masson et Cie (Paris), 162p.
- Côme, D., 1975- Rôle de l'eau, de l'oxygène et de la température dans la germination. p (27-29).
- Danthu P., Gaye A., Roussel J. et Sarr A., 1996. – Long-term conversation of seed pretreated by sulfuric acid. In: Innovation in tropical tree seed technology, Copenhangue, Danida Forest Seed Centre, pp. 37-44.
- DEYSSON G., 1967- Physiologie et biologie des plantes vasculaires, croissance, production, écologie, physiologie. Ed Société d'édition déneigement supérieur. Paris, 335p.
- DOMINIQUE **- S, 2007-** Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed collection sciences et techniques agricole Pais, 304 p.
- Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris 1962-1963; pp. 475–476
- EL HAMROUNI A., 2001-Conservation des zones humides littorales et des écosystèmes côtiers du Cap-bon. Rapport de diagnostic des sites .partie relative à la flore et la végétation. République

Tunisienne., Ministère de l‟environnement et de l‟aménagement du territoire. Agence de protection et d‟aménagement du littoral. pp.6-38.

- Everitt, JH., 1983.- Seed germination characteristics of two woody legumes( Retama and twisted Acacia) from south texas. Journal of range Management, 36(4),pp.411-414.
- FARCHICHI A., 1997-La lutte contre l‟ensablement et pour la stabilisation des dunes: Essai de la fixationbiologique des dunes en Tunisie présaharienne. Recherches sur la désertification dans Jeffara. Rev. Tunis. Geogr. 12: 49–102.
- Gorai M, Gasmi H, Neffati M. Factors influencing seed germination of medicinal plant *Salvia aegyptiaca* L. (Lamiaceae). Saudi Journal of Biological Sciences. 2011; 18: 255–60.
- Gorai M, Neffati M. Germination responses of *Reaumuria vermiculata* to salinity and temperature. Annals of Applied Biology. 2007; 151: 53–9.
- GUYOT L., 1978 : La biologie végétale. 4ème édition.Collection "que sais-je ".Presses Universitaires de France, 127 p.
- Hamiti A., Achouri M. ET Oihabi A., 1997. – Endomycorhization de légumineuses fixatrices des dunes : croissnce et nutrition phosphatée . Sécheresse, 8(2), pp. 99- 102.
- HELLER R, ESNAULT R et LANCE C., 1998 - physiologie végétale. 1. Nutrition .6e Ed. DUNOD, Paris.171p.
- HOPKINS.W.G. ,2003-physiologie végétale .traduction de la 2éme édition américaine par serge .R .Ed .de Boeck ,p.66.81
- Jaouadi W, Hamrouni L, Souayeh N, Khouja ML. Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. Biotechnologie Agronomie Société Environnement. 2010; 14(4): 643–52.
- JEAM P ., CATMRINE T., GIUES L., 1998 - Biologie des plantes cultivées. Ed. L'Arpers, Paris, 150p.
- Karschon R.,1975. –Seed germination of Acacia Raddianna Savi and Acacia tortilis Hayne as related to infestation by bruchids. Bet Dagan, Agricultural Resarch organization leaflet, 52, 9 p.
- Katembe WJ, Ungar IA, Mitchell JP. Effect of Salinity on Germination and Seedling Growth of Two *Atriplex* species. Annals of Botany. 1998; 82: 167–72.
- Khan MA, Gul B, Weber DJ. Seed germination in relation to salinity and temperature in *Sarcobatus vermiculatus*. Biologia Plantarum. 2002; 45: 133–5.
- MAGHRANI M., 2005-Acute diuretic effect of aqueous extract of *Retama raetam* in normal rats. Journal of ethnopharmacology. Science direct. Volume 99, issue1pp.31 -35.
- Makhlouf K, Hamrouni L, Khouja ML, HananaмM. Salinity effects on germination, growth and mineral nutrition of *Ricinus communis* seedlings. Acta Botanica Hungarica. 2015; 57(3–4): 383–400. doi: 10.1556/034.57.2015.3–4.8.
- MAZLIAK - P, 1982- Physiologie végétale, croissance et développement tome III. Ed Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecte méthodes, Paris, 420 p.
- Mbaye N, Diop A.T, Gueye M, Diallo A.T, Sall C.E, and Samb P.I. Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC., légumineuse fourragère= Estudio del comportamiento germinativo y ensayos sobre el levantamiento de la inhibicion tegumentaria de las semilas de la leguminosa forragera Zornia glochidiata Reichb. ex DC.= Germinative behavior of Zornia glochidiata Reichb. ex DC. seed, a leguminous fodder crop, and trials to suppress integumentary inhibition. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 2002, 55(1) : 47-52
- Mechergui K. , Mahmoudi H. , Khouja M. L. et Jaouadi W. : Factors influencing seed germination of the pastoral plant Retama raetam subsp. Bovei (Fabaceae): interactive

effects of fruit morphology, salinity and osmotic stress. BIOLOGIJA. 2017. Vol. 63. N°2. pp: 134-151.

- Mehdadi Z. , Bendimred F. Z. , Dadach M. et Aisset A. (2017) : Effects of temperature and salinity on the seeds germination of Retama raetam (Forssk.) Webb. Scarified with sulfuric acid. J fundam. Appl. Sci. 2017 , 9(3), pp: 1284-1299.
- MITTLER R., 2002- Living under a dormant canopy : a molecular acclimation mechanism of the desert plant *Retama rætam*. the plant journal.Blackwell Science Ltd. (2001)25(4), 407-416.
- MOSBAH M; 2007- Characterization of root-noduling bacteria on Retama rætam in arid Tunisian soils.Science direct: 18(2008) 43-49.
- Quezel P., Santa S., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (Tome 1 et 2). Edition du C.R.N.S. France, p.1170..
- QUEZEL P., SANTA, S- Nouvelle flore de l"Algérie et des régions désertiques méridionales,
- SAADAOUI B., 2007- Etude de la composition et du pouvoir antioxydant des composés phénoliques de quelques espèces végétales de l'aride tunisien. Revue des régions arides. Ed : Institut des régions arides, Médenine, Tunisie. pp.316-321.
- Shalaby A.F., Monayeri M.O., Etman M.N., El Habibi A.M., Youcef N.M., 1972. Gremination of some desert medicinal plant under different condition. Desert. Inst. Bull., A. R. E., 22(2): 433-444..
- Teketay D., 1996. – Germination ecology of twelve indigenous and eight exotic multipurpose leguminous species from Ethiopia. Forest Ecology and Management , 80, pp. 209-223.
- Ungar IA. Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. In: Kigel J, Galili G (eds.). Seed Development and Germination. Marcel Dekker, New York, 1995; pp. 599–627.
- ZERROUG A., 2011- Métabolites secondaires bioactifs des champignons endophytes isolés de *Retama raetam*. Mém. Magister. Univ. FERHAT ABBAS, Setif. Pp.1-74.
- Zohary M., 1959. A revision of the genus Retama (Boiss). Bull. Res. Counc. Isr., 7(D): 1–2.