

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

## **Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**



**Faculté des Sciences Agronomiques et des Sciences Biologiques**  
**Département de Biochimie et Microbiologie**

### ***Mémoire de fin d'étude***

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie  
**Option : Biotechnologie végétale et valorisation des plantes**



**Effet de deux sels ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) et  
d'un sucre (Mannitol) sur la  
germination de Sulla  
(Suivi de quelques paramètres)**

Présenté par :

*M<sup>elle</sup>* Maghni Djouher

*M<sup>elle</sup>* Lounis Farida

Soutenu le 26/10/2021 devant le jury :

- **Président** : Mme Harchaoui Bournine .C
- **Promoteur** : Mr Medjebeur .Dj
- **Co-promotrice** : Mme Kadi- Bennane .S
- **Examinatrice** : Mme Mezaour .N

**2020/2021**

## *Remerciements*

*Nous remercions Allah de nous avoir donné la foi, la patience, le courage et la force pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde reconnaissance à notre promoteur Monsieur Medjbeur Djamel, qui a accepté de nous encadrer et qui nous a dirigé avec confiance tout au long de ce mémoire. Sa compréhension, sa gentillesse, sa patience, ses conseils, ses remarques, ses encouragements et son soutien indéfectible ont été importants dans la réalisation de ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier Madame Kadi-Bennane, notre Co-promotrice, pour ces qualités humaines, sa patience et son dynamisme et pour nous avoir guidées et conseillées afin de mener à bien finir ce travail.*

*Nous tenons à remercier aussi l'ingénieur de laboratoire  
Mme Bedrissikarima*

*Nous remercions bien évidemment nos parents qui n'ont cessé de nous encourager et de croire en nous. Ils nous ont toujours tout donné pour que nous puissions réaliser ce que nous avons envie de faire. Le mot merci ne peut pas exprimer tout ce que nous ressentons, mais il y a quelque chose de plus fort dans nos cœurs.*

*Nous tenons à remercier aussi les membres de jury d'avoir accepté de juger notre travail.*

*Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## DÉDICACE

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À :

MES TRÈS CHERS PARENTS POUR TOUS LEURS SACRIFICES ET LEURS  
AIDES,

QUE DIEU LES PROTÈGES

À MON TRÈS CHER FRÈRE SALEM

À MA TRÈS CHÈRES SŒUR SIHAM ET SON ÉPOUX TOUFIK ET MA NIÈCE  
CYLINE.

MON CHER MARI OUAMER QUI MA TOUJOURS ENCOURAGÉ.

TOUTE MA FAMILLE ET MA BELLE-FAMILLE.

MES AMIS.

TOUS CEUX QUI ONT CONTRIBUÉ DE PRÉ OU DE LOIN À LA RÉALISATION  
DE CE TRAVAIL. MON BINÔME ET CHER COPINE « FARIDA ».

DJOUHER

## ***DÉDICACE***

**JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À :  
MES TRÈS CHERS PARENTS POUR TOUS LEURS SACRIFICES ET LEURS  
AIDES,**

**QUE DIEU LES PROTÈGES**

**A MON TRÈS CHER FRÈRE SOFIANE .**

**A MES TRÈS CHÈRES SŒURS CELINE ET DAMIA .**

**TOUTE MA FAMILLE**

**MES AMIS**

**TOUS CEUX QUI ONT CONTRIBUÉ DE PRÉ OU DE LOIN À LA RÉALISATION  
DE CE TRAVAIL. MON BINÔME ET CHER AMIE « DJOUHER».**

***FARIDA***

## Table des matières

I-Introduction .....	1
<b>Chapitre I : Généralités sur l'espèce <i>Hedysarum flexuosum</i></b>	
I- Généralités sur l' <i>Hedysarum flexuosum</i> .....	3
<b>I.1.</b> Description de l' <i>Hedysarum flexuosum</i> .....	3
<b>I-2</b> -Caractères botaniques .....	3
<b>I.2.1.</b> Système racinaire .....	3
<b>I.2.2.</b> Tiges .....	4
<b>I.2.3.</b> Feuilles .....	4
<b>I.2.4.</b> Fleurs et inflorescence .....	5
<b>I.2.5.</b> -Fruit et graines .....	5
<b>I.2.6.</b> Position taxonomique .....	6
<b>I.3.</b> Aire de répartition .....	7
<b>I.4.</b> Exigences de Sulla.....	8
<b>I.4.1.</b> Exigences climatiques.....	8
<b>I.4.2.</b> Exigence édaphiques.....	8
<b>I.5.</b> Intérêts de Sulla .....	8
<b>I.5.1.</b> Intérêts agronomiques.....	8
<b>I.5.2.</b> Intérêts écologiques .....	9
<b>I.5.3.</b> Intérêts thérapeutiques .....	10
<b>Chapitre II : Généralités sur la germination et la salinité</b>	
<b>II.</b> Généralités sur la germination.....	11
<b>II.1.</b> Notion de germination.....	11
<b>II.1.1.</b> Etapes de la germination. ....	11
<b>II.1.1.1.</b> Première phase .....	11
<b>II.1.1.2.</b> Deuxième phase .....	11
<b>II.1.1.3.</b> Troisième phase .....	11

<b>II.2.Généralité sur la salinité</b> .....	12
<b>II.2.1.Définition de la salinité</b> .....	12
<b>3.Types de salinité</b> .....	12
<b>II.3.1.Salinité primaire</b> .....	12
<b>II.3.2.Salinité secondaire</b> .....	12
<b>II.4.Notion de salinisation</b> .....	13
<b>II.5.Effet des sels sur la germination</b> .....	13
<b>II.6.Effet cumulé des sels</b> .....	14
<b>II.7.Stratégies d'adaptation contre le stress salin</b> .....	15
<b>II.7.1.Homéostasie ionique</b> .....	15
<b>II.7.1.1.La compartimentation vacuolaire</b> .....	15
<b>II.7.1.2.Exclusion des ions toxiques</b> .....	16
<b>II.7.1.3.Ajustement ionique</b> .....	16
<b>II.7.2.Stratégie osmotique</b> .....	17
<b>II.7.2.1.La proline</b> .....	17
<b>II.7.2.2.Les sucres</b> .....	17
<b>II.7.3. Les antioxydants</b> .....	18
 <b>Chapitre III : Matériels et méthodes</b>	
<b>III.Matériels</b> .....	19
<b>III.1.Matériel végétal</b> .....	19
<b>III.2.Méthodes</b> .....	19
<b>III.2.1.Protocole expérimental</b> .....	19
<b>III.2.1.1. Préparation des solutions salines</b> .....	19
<b>III.2.1.2.Préparation des graines</b> .....	23
• Tri des graines.....	23
• Scarification des graines .....	23
• Désinfection des graines .....	23
• Pré-imbibition .....	24
• Mise en germination.....	25

<b>III.2.1.3. Récupération des graines en fin de germination.....</b>	<b>25</b>
• Comptage des graines germées dans chaque boîte pour tous les traitements. .....	25
• Mesure de la longueur des plantules d' <i>Hedysarum flexuosum</i> .....	25
• Mesure du poids de la matière fraîche des plantules.....	26
• Mesure du poids de la matière sèche des plantules .....	27

## **Chapitre IV: Résultats et discussion**

<b>IV. Résultats.....</b>	<b>28</b>
<b>IV.1 Cinétique de germination des graines de <i>H. flexuosum</i>.....</b>	<b>28</b>
<b>IV.1.1. Cinétique de germination des graines de <i>H. flexuosum</i> soumises au chlorure de sodium .....</b>	<b>28</b>
<b>IV.1 .2. Cinétique de germination des graines de <i>H. flexuosum</i> soumises au sulfate de sodium .....</b>	<b>29</b>
<b>IV.1.3. Cinétique de germination des graines de <i>H. flexuosum</i> soumises à l'effet cumulé de deux sels Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et NaCl .....</b>	<b>30</b>
<b>IV.1.4. Cinétique de germination des graines de <i>H. flexuosum</i> soumises à l'effet de l'osmoticum « mannitol » .....</b>	<b>31</b>
<b>V.2. Effet des différents sels et l'osmoticum sur quelques paramètres .....</b>	<b>32</b>
<b>IV.2.1. Effet des différents sels et l'osmoticum sur le pourcentage de germination .....</b>	<b>32</b>
<b>IV.2.2. Effet des différents sels et l'osmoticum sur la longueur de la plantule .....</b>	<b>33</b>
<b>IV.2.3. Effet des différents sels et l'osmoticum sur le poids de la matière fraîche.....</b>	<b>34</b>
<b>IV.2.4. Effet des différents sels et l'osmoticum sur le poids sec .....</b>	<b>36</b>
<b>V. Discussions .....</b>	<b>38</b>
<b>VI. Conclusion générale.....</b>	<b>42</b>

-Références bibliographiques

-Résumé

## Liste des figures et des tableaux :

<b>Figure n°1</b> : Système racinaire et nodosités d' <i>H. flexuosum</i> .....	3
<b>Figure n° 2</b> : Axe aérien et feuilles d' <i>H. flexuosum</i> .....	4
<b>Figure n° 3</b> : Inflorescence d' <i>H. flexuosum</i> .....	5
<b>Figure n°4</b> : Graines et gousses d' <i>H. flexuosum</i> .....	6
<b>Figure n°5</b> : Localisation géographique des 5 populations d' <i>Hedysarumflexuosum</i> analysées. .....	7
<b>Figure n°6</b> : Mécanismes de régulation de la tolérance à la salinité.....	17
<b>Figure n° 7</b> :Les différentes solutions salines préparées.....	20
<b>Figure n° 8</b> : Schéma représentant le protocole expérimental à suivre pour la préparation des graines à germer. ....	21
<b>Figure n°9</b> : Passage des graines au tamis .....	24
<b>Figure n°10</b> : Scarification des graines. ....	24
<b>Figure n°11</b> : Imbibition des graines.....	25
<b>Figure n°12</b> : Mise en germination. ....	25
<b>Figure n°13</b> : comptage des graines germées dans chaque boite pour tous les traitements. .....	25
<b>Figure n°14</b> : Mesure de la longueur des plantules d' <i>Hedysarumflexuosum</i> .....	26
<b>Figure n°15</b> : Mesure du poids de la matière fraîche des plantules d' <i>Hedysarumflexuosum</i> . .....	26
<b>Figure n°16</b> : Mesure du poids de la matière sèche des plantules d' <i>Hedysarumflexuosum</i> .....	27
<b>Figure n°17</b> : Le suivi de la cinétique des graines arrosées a la solution de NaCl .....	28

<b>Figure n° 18</b> : Le suivi de la cinétique des graines arrosées a la solution de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	29
<b>Figure n°19</b> : Le suivi de la cinétique des graines arrosées a la solution de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +NaCl. .....	30
<b>Figure n° 20</b> : Le suivi de la cinétique des graines arrosées a la solution de Mannitol. ....	31
<b>Figure n°21</b> :Variation du paramètre de pourcentage des plantules <i>d'Hedysarumflexuosum</i> en fonction des différents traitements. ....	32
<b>Figure n° 22</b> :La longueur de la plantule de l'espèce <i>d'Hedysarumflexuosum</i> en fonction des différents traitements (NaCl, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaCl+Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Mannitol) .....	33
<b>Figure n°23</b> :Variation du paramètre poids frais des plantules <i>d'Hedysarumflexuosum</i> en fonction des différents traitements .....	35
<b>Figure n° 24</b> : Variation du paramètre poids sec des plantules <i>d'Hedysarumflexuosum</i> en fonction des différents traitements. ....	36
<b>Tableau n°1</b> : concentration (en g/ L) des solutions de sels testés avec les équivalents en pression osmotique.....	20



# Introduction Générale

### Introduction :

En Algérie la plus grande partie des ressources fourragère provient des parcours, des jachères et des sous-produits de la céréaliculture. Les espèces spontanées d'intérêt pastoral et fourrager, et particulièrement les légumineuses occupent une importante place dans la flore Algérienne (Abdelguarfi *et al.*, 1999).

Les légumineuses fourragères, dont fait partie le genre *Hedysarum* (sullas ou sainfoins d'Espagne), présentent de nombreux avantages qui rendent leur utilisation justifiée dans l'amélioration des parcours et des productions fourragères. Ces espèces sont particulièrement indiquées en Algérie où le déficit fourrager est important, les risques d'érosion des sols considérables, et où la pauvreté de ces derniers en matière organique est grande.

Ces espèces constituent d'excellents précédents culturales pour plusieurs céréales (Ben jeddi ,2005) et leur richesse en tanins condensés leur confèrent des vertus thérapeutiques sur la santé animale. Elles ont également des potentialités avérées en apiculture.

L'*Hedysarum flexuosum*(Sulla) présente une aire de répartition relativement limitée ; elle est signalée en Algérie et au Maroc sur substrat marneux et marno calcaire dans les régions à pluviométrie moyenne supérieure à 550mm(Abdelguerfi-Berekia *et al.* , 1991).Les travaux de Kadi *et al.* ,(2011) ont montré que cette espèce présente une valeur nutritionnelle élevée et la préconise comme alternative à la luzerne .Ces auteurs mentionnent la richesse de Sulla en protéines(22,5g /kg de MS), en lipides et minéraux. Tout au long de cycle de développement, les plantes sont exposées aux fluctuations de leur environnement sans pouvoir s'y soustraire.

Dans les régions méditerranéennes, la sécheresse et la salinité constituent des stress abiotiques limitant sérieusement la productivité des espèces cultivées (Radhouane,2008 ;Benmahioul *et al*,2009) .

La salinité est un problème écologique croissant dans le monde entier, ce phénomène est considéré comme un processus majeur de la dégradation des terres. Dans le monde entier, la moyenne des terres cultivables perdues sont environ de 10 hectares par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation (Mermoud, 2006).

Les effets des sels, notamment le NaCl dépendent de sa concentration au niveau du milieu de culture et de la période de sa déclaration. Néanmoins, les réactions vis-à-vis de ce facteur restent intimement liées à la nature des espèces voir même de la variété. Il existe aussi dans le sol d'autres sels comme KCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ...etc qui agissent sur la germination et la croissance (Kadri *et al*, 2009).

Dans notre travail, nous avons fixé comme objectif d'étudier l'effet de deux sels (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) , leur combinaison (NaCl+Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et d'un osmoticum inerte : le Mannitol sur la germination des graines de Sulla :*Hedysarum flexuosum*.

De ce fait, nous recherchons dans ce travail d'une part l'influence de chaque sel sur le stade germinatif sous deux pression osmotiques (0,3MPa et 0,8MPa), d'autre part, comparer l'effet des différent sels dans les mêmes conditions osmotiques de germination.

Ce présent document est reparti en trois parties principales, la première consiste en la présentation des généralités sur l'espèce.

La seconde partie est subdivisée en deux chapitres dont le premier traite des généralités sur la germination, quant au deuxième chapitre il est consacré au notion de la salinité et ses effets sur la germination, suivie par les stratégies d'adaptation.

Une troisième partie est réservée pour matériels et méthodes et se termine par la présentation et la discussion des différents résultats obtenus.

Cette partie se termine par une conclusion générale.



Chapitre I : Généralités sur l'espèce  
*Hedysarum flexuosum*

## I-Généralités sur le Sulla :

### I-1 Description de l'*Hedysarum flexuosum* :

Le Sulla flexuosa, *Hedysarum flexuosum*.L est une Légumineuse (Abdelguerfi,2002 ) appartenant à la famille des Fabacées (Baatout et al 1990), ce genre Hedysarum se compose de deux groupes d'espèce : le premier est formé par un ensemble d'espèce arctique et asiatique dont le nombre chromosomique de base  $X=7$ , et le second groupe, d'origine méditerranéenne, est défini par un nombre chromosomique de base  $X=8$  (Boussaid et al., 1995).Il regroupe divers espèces qui se différencient entre autres par la morphologie, le mode de reproduction, le cycle biologique, les aires de répartition ainsi que les caractéristiques bioclimatique de leur milieu d'origine (Boussaid et al. 1995).

### I-2 Caractères botaniques :

#### I-2-1 -Système racinaire :

Le Sulla présente un système racinaire pivotant robuste, représenté par une racine principale profonde qui peut atteindre plus de deux mètres avec des racines secondaires bien développées (Lapeyronie, 1982), rhizomes développés avec plusieurs ramifications (Villax 1963). Elle se caractérise par la présence des nodules qui abritent des bactéries de genre rhizobium (*Rhizobium hedysarée* ) et qui fixent l'azote atmosphérique.



**Figure n°1** : Système racinaire et nodosités d'*H. flexuosum* (Medjebeur, 2019)

**I-2-2 -Tiges :**

*Hedysarum flexuosum* se distingue par son port érigé, Ces tiges sont ascendantes, cylindriques assez grosses, glabres et pleines. (Boussaid et *al.* 1995). Cette espèce adopte pour la majeure partie des populations prospectées la forma érigée, tiges orthotropes pouvant atteindre une hauteur de 20cm. Elle présente également des ramifications plagiotropes pouvant égaler l'axe principal (Prosperi *et al.*,1995).

**I-2-3- Feuilles :**

Cette espèce est caractérisée par les feuilles pétiolées à phyllotaxie alterne distique (Ouzzane et *al.*, 1991) ; sont composées de stipules libres imparipennées, de 3 à 5 paires de folioles ; de forme ovale. Elles sont munies d'une pilosité blanchâtre sur les bords (Prosperi et *al.* , 1995 ; Ben jeddi, 2005).La face supérieure des feuilles est du vert foncé et est glabre.

Les rameaux axillaires sont de phyllotaxie alterne distique, les feuilles sont dissymétriques avec une foliole isolée à la base (Boussaid et *al.*, 1989).



**Figure n° 2 :** Axe aérien et feuilles d'*H. flexuosum* (Medjebeur, 2019 )

### I-2-4-Fleurs et inflorescence :

Ces fleurs sont de petites tailles (8-12mm), de couleur pourpre violacées, brièvement pédonculées, sont axillées par des bractées scarieuses et portant chacune à la base des calices deux bractéoles. Ces fleurs sont fréquemment butinées par les abeilles domestiques (*Apis mellifera*) (Prosperi et al, 1995 ; Ben jeddi, 2005).

D'après Meyer et al, (2008) la formule florale de *Hedysarum* est comme suit :

$$[5] S+5P+([5]+1)E+1C.$$

**S** : Sépales

**P** : Pétales

**E** : Etamines

**C** : Carpelles

Chez le Sulla, les inflorescences axillaires et pédonculées sont en grappes spiciformes, ovoïdes et allongées à la fructification.

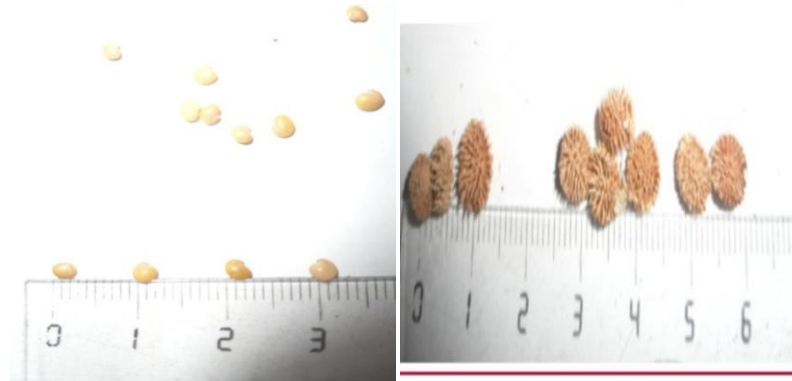


**Figure n° 3** : Inflorescence d'*H. flexuosum* (Medjebeur, 2019)

### I-2-5-Fruit et graines :

*Hedysarum flexuosum* possède un fruit sous forme de gousse flexueuse de 1 à 4,5cm de long, ronde plus ou moins comprimée, quadrangulaire couverte d'aiguillons

(Tutin et al., 1967) et des graines réniformes ou ovoïdes (Abdelguerfi-Berekia et al., 1991 ; Boussaid et al., 1992 ; Ben Fadhel et al., 1997), elles sont luisantes, de couleur marrons ou jaunâtres à radicule saillante.



**Figure n°4 :** Graines et gousses d'*H. flexuosum* (Medjebeur, 2019)

### I-2-6-Position taxonomique :

Selon Spichiger et al. (2004), le *Sulla* du nord est classé comme suit :

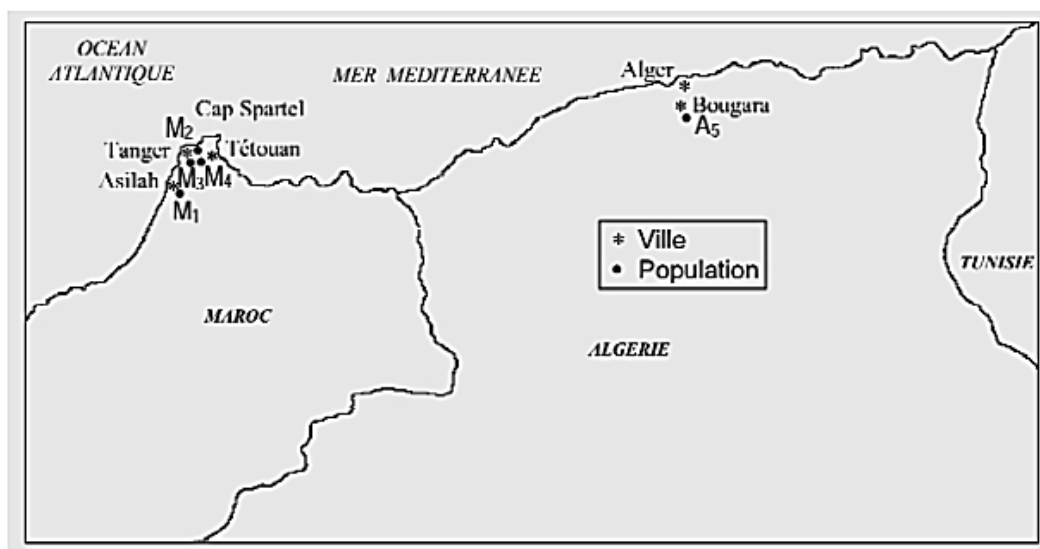
Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétales
Ordre	Fabales
Famille	Légumineuses
Sous-famille	Papilionacées
Tribu	Hédysarées
Genre	<i>Hedysarum</i>

Espèce

*Hedysarum flexuosum* L.**I-3-Aire de répartition :**

L'aire de répartition de l'*Hedysarum flexuosum* est relativement limitée, elle s'étend du sud de la péninsule ibérique à l'Afrique du nord (Killan, 1939 ; Prospero et al. 1995). En Algérie, on trouve *H. flexuosum* au centre nord et dans les étages humides et subhumides (frais, doux, chaud) (Abdelguerfi-Berrakia et al., 1991). Elle est absente en Libye, Tunisie, Egypte et en Mauritanie.

En Algérie et au Maroc, l'espèce se développe sur des substrats marneux et marno-calcaires où la pluviométrie moyenne annuelle est supérieure à 550 mm (Abdelguerfi-berrakia et al., 1991). Au Maroc, l'espèce est représentée par des populations de taille réduite couvrant 1 à 3 ha chacune, particulièrement dans les régions de Tanger, Tétouan et Asilah. En Algérie, l'espèce est plus représentée. Elle abonde sur les pentes septentrionales de l'Atlas mitidjien et manque sur les hauts plateaux et au désert (Abdelguerfi-berrakia et al. 1991 ; Boussaid et al. 1995 ; Ben Fadhel et al. 2006). En générale, les populations sont surpâturées ou récoltées au stade végétatif pour l'alimentation du bétail (Prospero et al., 1995).



**Figure n° 5 :** Localisation géographique d'*Hedysarum flexuosum*

**I-4-Exigences de Sulla :****I-4-1-Exigences climatiques :**

Les Hedysarum poussent à des altitudes faibles à moyenne, inférieures à 600 m généralement. Fréquentes en zone à climat subhumide, elles poussent bien pendant l'hiver, pendant les grandes chaleurs, elles ne poussent pas ou peu, même en culture irriguée (Villax, 1963 in Ben jeddi, 2005).

**I-4-2-Exigences édaphiques:**

*Hedysarum flexuosum* L, se développe sur des terrains en pente, elle préfère les sols argileux et légèrement basiques à pluviométrie supérieure à 550 mm (Prosperi *et al.*, 1995).

D'une façon générale, *H. flexuosum* se développe sur les sols à texture très fine, à pH compris entre 6.2 et 8.1 à conductivité très faible à moyenne généralement pauvres en potassium et en phosphore. Cette espèce pousse à des altitudes faibles à moyennes, retrouvée fréquemment sur des pentes marneuses (TRABUT,1954) , des sols sableux et du littoral d'Alger (DUCELLIER,1933), elle est carrément absente dans les sols riches en calcaire total (Abdelguerfi-Berrekia *et al.*,1991).

**I-5-Intérêt d'*Hedysarum flexuosum* :**

*Hedysarum flexuosum* présente des atouts et intérêts indéniables ; stabilisation des sols, plante mellifère et fourragère, source de fibres et de protéines en alimentation humaine, plante médicinale. (Abdelguerfi *et al.*,2003).

**I-5-1-Intérêt agronomique :**

Plusieurs travaux considèrent *Hedysarum flexuosum*, comme une source riche en protides et fibres ainsi qu'en sels minéraux (kadi *et al* 2012).

Le choix des légumineuses fourragères est fondamentale, car elles sont considérées comme une source importante de protéines dont la valeur nutritive est

supérieure à celle des graminées (Caputa, 1967 ; Ben Yousef ,1972 ; Olea et Paredes, 1982 in Abdelguerfi-Berrekia *et al.*,1985). Le Sulla assurent un pâturage abondant et une bonne valeur nutritive (Abdlguerfi-Berrekia *et al.*,1991).

Le Sulla permet de réaliser des performances très positives, que ce soit sur la production laitière des brebis ou le poids des carcasses et le rendement à l'abattage notamment pour les petits ruminants, grâce au contenu élevé en matière sèche, ainsi que sa grande efficacité alimentaire (Sitz *et al.*,2006 ;Bonnano *et al.*,2010 in Belmihoub,2012).

### **I-5-2-Intérêt écologique :**

Le Sulla a un rôle floristique fondamental dans l'amélioration de la fixation biologique et de la fertilité organo-chimique du sol (Gounot, 1958 ; Trifi et al.,2002 in Slim et al.,2011).

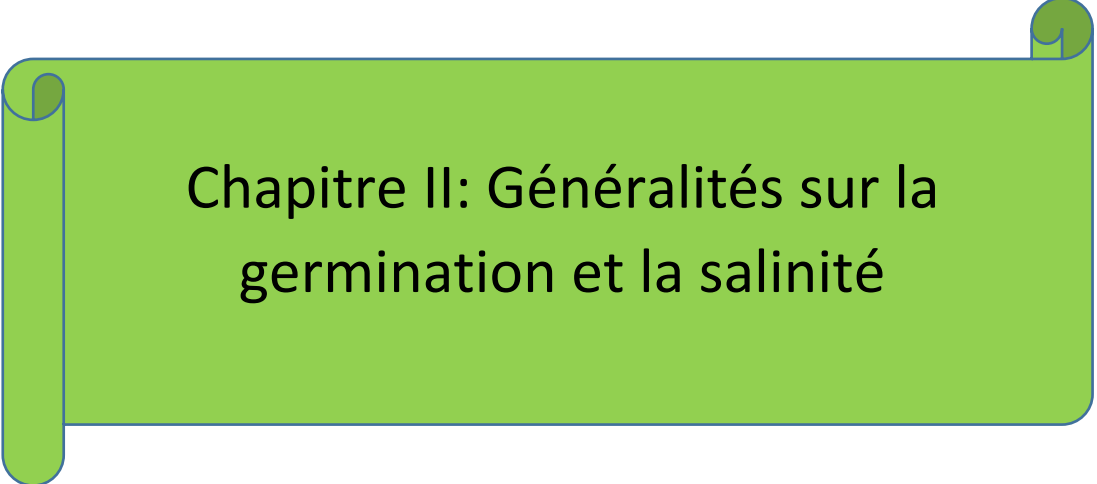
Cette espèce est aussi considérée dans les régions du nord du Maroc et de la nouvelle Zélande, potentiellement utile pour le fourrage et le pâturage, en plus de son utilité établie pour la protection des sols contre l'érosion, la valorisation des régions dégradées, surtout dans les zones semi arides (Douglas,1998 ; Ben jeddi, 2005 ; Hannachi et al., 2004 in Sabihi, 2008).

Les populations naturelles de *H flexuosum*, de port érigé (facilitant le fauchage), assurent un pâturage hivernal et printanier de bonne valeur nutritive (Abdelguerfi-Berrakia et al.,1991).Le Sulla peut participer à la valorisation des jachères et à leur enrichissement en azote organique ainsi qu'à la protection des sols marneux et marno-calcaires en pente (souvent dénudés) et des abords des forêts (Pin d'Alep et genévrier de Phénicie essentiellement) (Killian et al.,1995 ;Abdelguerfi-Berrakia et al.,1991).

### **I-5-3-Effets thérapeutiques :**

Le Sulla est souvent riche en tanins, sa condensation réduit relativement les infections gastro-intestinales causées par les nématodes chez les animaux. Ces tanins

condensés dégradent les protéines des ruminants et présentent également des indications de quelques effets antiparasitaires (Neizen *et al*, 2002).



## Chapitre II: Généralités sur la germination et la salinité

## **II. Généralités sur la germination et la salinité :**

### **II.1. Notion de germination :**

On désigne par la germination un phénomène par lequel l'embryon croit en utilisant les réserves de la graine. Grâce à ses stocks le premier organe qui apparaît est la radicule dès que la germination prend fin. Autrement dit c'est le passage de la vie latente de la graine à la vie active, sous l'effet des facteurs favorables (humidité, température) (Mazliak, 1982)

#### **II-1-1-Etapes de la germination :**

Comprend trois phases successives :

##### **II-1-1-1- La première phase :**

C'est la phase d'imbibition de la graine, qui se traduit par une augmentation régulière et importante de l'activité respiratoire. (Come, 1970 ; Mazliak, 1982).

##### **II-1-1-2- La deuxième phase :**

C'est la germination sensu stricto elle est marquée par un arrêt de l'absorption de l'eau et une activité respiratoire régulière (Mazliak, 1982).

##### **II-1-1-3- La troisième phase :**

Elle est caractérisée par une reprise de l'absorption de l'eau et une activité respiratoire de plus en plus importante due au développement de la radicule (Mazliak, 1982).

Selon Evari (in Anonyme 1992), cette phase se traduit par une activité enzymatique et une augmentation des taux de respiration et d'assimilation qui sont l'indice d'utilisation des éléments nutritifs mis en réserve, et leur transfert vers les zones de croissance.

## **II-2-Généralités sur la salinité :**

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols et des eaux comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en (Na<sup>+</sup>), (Ca<sup>++</sup>), (Mg<sup>++</sup>) sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (Asloum, 1990). Ce type de stress est essentiellement dû au NaCl en conditions naturelles (Sun et Zheng, 1994). Il caractérise les zones arides et semi arides, surtout là où l'irrigation est pratiquée (Ashraf, 1994). La salinité déclencherait un stress environnemental très significatif chez les plantes cultivées, qui constitue un obstacle majeur sur la productivité agricole. (Asloum, 1990).

### **II-2-1- Définition de la salinité :**

La salinité du sol constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et limite fortement les rendements agricoles (Wiebe, 2001). Elle peut être d'origine naturelle ou primaire constituant le type le plus répandu dans la nature, comme elle peut être secondaire dans ce cas là engendrée par l'érosion (FAO et IPTRID, 2006). Quel que soit son origine la salinité affecte la croissance des végétaux, poussant les agriculteurs à abandonner plusieurs terres de culture (Amezketta, 2006).

### **II-3- Type de salinité:**

#### **II-3-1-salinisation primaire :**

Près de 80% des terres salinisées ont une origine naturelle (édaphique), on qualifie alors la salinisation de (primaire). Dans ce cas, celles-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes telle que la remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (Mermoud, 2006).

#### **II-3-2-Salinisation secondaire :**

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique, elles sont ainsi qualifiées de secondaires, le phénomène est dû principalement à l'irrigation

des terres avec une eau de mauvaise qualité (eau saline), un lessivage insuffisant et un drainage défaillant (Goupil,1974).

#### **II-4-Notion de salinisation :**

Constitue l'un des facteurs abiotiques majeurs réduisant le rendement agricole et limitant à la croissance et au développement des plantes. Les conséquences de ce phénomène qui ne cesse de prendre de l'ampleur, se manifestent par la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions( $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ) dans les tissus des organes, et un déséquilibre nutritionnelle imputable essentiellement à des compétitions entre les éléments minéraux tels que le sodium avec le potassium et le calcium( Djerah,A and Oudjehih,B., 2005).

#### **II-5-L'effet des sels sur la germination :**

La salinité constitue un facteur abiotique qui limite la productivité agricole (killian C,1939). Elle affecte le processus de germination et de croissance en diminuant le taux de ces derniers.

Les sels présent dans le sol ou dans l'eau d'irrigation manifestent des effets sur la germination, soit par diminution de la vitesse de germination, (Othman *et al*, 2006) celle-ci est due à la réduction de l'utilisation des réserves des graines, elle réduit également la capacité germinative qui est l'augmentation de la concentration de  $\text{NaCl}$ . Ces causes dépendent de l'espèce et de l'intensité du stress salin. (Camara *et al* .,2001)

L'effet dépressif peut être de nature osmotique, celle-ci se manifeste par l'inaptitude de la graine à absorber l'eau suite à un potentiel osmotique élevé entraînant une certaine inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments et par conséquent un retard de germination des graines ou toxique ainsi que par une accumulation de sels qui provoquent des perturbations d'activités enzymatiques ce qui empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité germinative (Rejili et al ., 2006) .

Chez les glycophytes, la diminution de la croissance de l'appareil végétatif est très fréquentes peut être expliquée par une augmentation de la pression osmotique provoquée par NaCl ce qui bloque l'absorption de l'eau par les racines. L'effet du stress salin se traduit par une réduction significative de la longueur des racines (.Gouveitcha *et al.*, 2020 ).

La présence de sels nocifs tel que NaCl dans la solution d'irrigation provoque une réduction de la division et de l'allongement cellulaire ce qui entraîne une nette diminution de la croissance de la plante (Zouaoui Ahmed *et al.*, 2019)

L'effet négatif de la forte salinité peut être observé au niveau de toute la plante ou celle-ci développe des stratégies d'adaptation soit par exclusion du sel ou par son stockage dans des poches spécialisées (Ben Fadhel 2006)

#### **II-6-L'effet cumulé des sels :**

La germination des graines commence par l'absorption de l'eau, imbibition, et se termine par l'élongation de la radicule (Bewley, Black, 1994) en conditions favorables.

La présence du sel dans le milieu nuit fréquemment à la germination des graines (Ungar, 1996) soit par restriction de l'apport d'eau (effet osmotique) ou par induction d'une blessure spécifique liée à la toxicité ionique (Ryan et al, 1975).

La majorité des sels communs composant les sols salins sont  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$  et  $\text{SO}_4^-$  (Shainbery, 1975). La plupart des études traitant l'effet de la salinité sur la germination ont mis l'accent sur l'effet d'un seul sel ; NaCl ; explique l'imbibition de la germination par le composant osmotique des sels et la restriction de l'absorption d'eau (Egan et al, 1997, Keiffer et Ungar, 1997, Gul et Weber, 1998, Pupal et al, 2000, Debez et al, 2007). Peu de connaissances ont été révélés sur l'impact des autres sels (Sosa et al, 2005).

Le seuil de salinité pour une réduction significative de la germination varie selon les espèces (Gulzar et Khan, 2001). Les différentes réponses avec différents sels de K à des concentrations iso-osmotiques fournissent la preuve de l'existence d'effets ioniques spécifiques similaires à ce qui s'est passé avec les sels de Na. Les études

comparatives de l'effet de Cl et SO<sub>4</sub> et l'interaction entre les deux indiquent que l'extrapolation des résultats de solutions mono-salines peut être spéculative car les sols salins peuvent avoir de sous-quantités importantes de Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub> (Grattan et al, 1999).

Dans des travaux préliminaires ont observé que des salinités supérieures à 50MPa, NaCl ; inhibe fortement la germination de la population tunisienne de *Crithimum maritimum* L. Par conséquent, nous pouvons émettre l'hypothèse que la combinaison des composants osmotiques et ioniques du sel peut inhiber la germination des graines de *C.maritimum*.(Atia et al, 2006).

## **II-7-Stratégies d'adaptation contre le stress salin :**

Les plantes ont développé des mécanismes d'adaptation pour se défendre contre le stress salin et réduisant la croissance et évitant les dommages des cellules.

### **II-7-1-Homéostasie ionique :**

#### **II-7-1-1-La compartimentation vacuolaire :**

Consiste à évacuer du cytoplasme les ions Na<sup>+</sup> en excès vers la vacuole afin d'éviter leur effet toxique et inhibiteur à l'encontre des processus enzymatiques (Flowers et al.1977). Ce mécanisme est assuré par l'action d'un antiport vacuolaire sodium/proton (Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup>) et le gradient de H<sup>+</sup> généré par les protéines H<sup>+</sup>-ATPase et H<sup>+</sup>-ATPase (Pyrophosphatase)(Staal et al.1991).

Grace à ce processus de compartimentation de sodium au sein de la vacuole, la cellule parvient à maintenir une faible concentration de sodium dans le cytoplasme, minimisant ainsi son effet toxique ; et d'autre part, l'augmentation concomitante de la concentration de sodium dans la vacuole va engendrer une forte pression osmotique qui va favoriser l'absorption d'eau et donc améliorer la turgescence des cellules (Glenn et al.1999 ; Apse et Blumwald 2007).

Chez les plantes de type « incluser » les flux de sodium sont essentiellement ascendants, et le sel est accumulé dans les parties aériennes au niveau des vacuoles. Par contre, chez de type « excluser », la plus grande partie de sodium absorbée est

véhiculée vers les feuilles et réexportée vers les racines via le phloème (Levigneron et al.1995).

### **II-7-1-2-Exclusion des ions toxiques:**

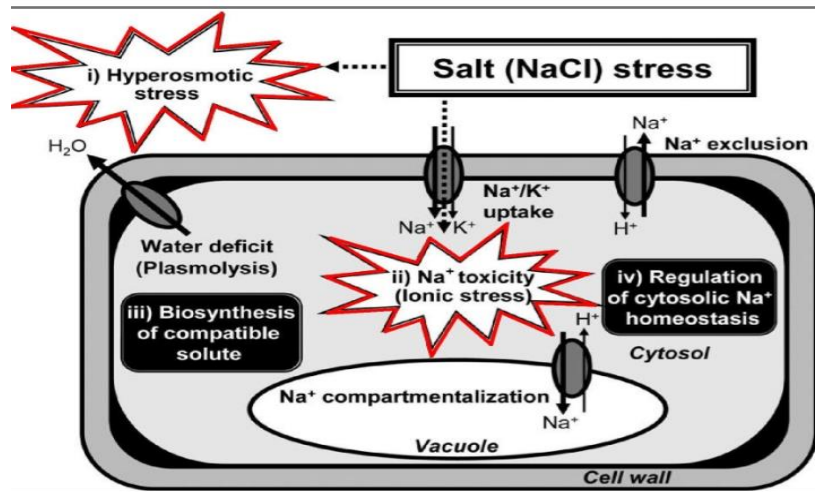
Une autre stratégie permettant aux plantes de survivre en condition de stress salin consiste à exclure le sodium du cytoplasme vers l'extérieur de la cellule. Dans ce cas, les plantes limitent l'entrée des éléments salins et les rejettent dans le compartiment apoplasmique (Blumwald et al. 2004 ; Munns 2005).

L'exclusion commence avec la sélectivité de la membrane racinaire, ce qui peut résulter d'une réduction de la perméabilité passive, de la présence de transporteurs sélectifs et d'un transport vers le milieu extérieur des ions déjà absorbés (Apse et Blumwald 2007). L'exclusion du sodium est réalisée par l'action combinée d'une série de protéines de type SOS (« salt overlysensitive ») (Zhu 2003).

### **II-7-1-3-Ajustement ionique :**

Les plantes ont développé d'autres moyens plus efficaces tels que l'ajustement ionique afin de réduire et d'équilibrer la concentration d'ions dans le but d'ajuster la pression osmotique au niveau du cytoplasme (Sairam et Tyagi 2004). Ce dernier objectif peut être assuré par une augmentation des concentrations de potassium (rôle dans le contrôle de la turgescence cellulaire), outre celle des composés osmotiques compatibles (Munns et Tester 2008).

Les racines jouent un rôle clé dans ce phénomène, elles sont en contact direct avec la salinité du sol, elles constituent la première ligne de défense contre le stress salin, des plantes ayant un système racinaire profonds peuvent s'échapper aux zones salines en absorbant plus d'eau (Denden et al, 2005).



**Figure n°6 :** Mécanismes de régulation de la tolérance à la salinité (Cheong et yun, 2007)

## II-7-2-Stratégie osmotique :

### II-7-2-1-La proline :

Les teneurs en proline s'accroissent rapidement chez les mono- ou dicotylédones soumises à un stress salin (Yoshiba et al. 1999). Cette augmentation en proline est consécutive à la stimulation de sa synthèse, résultant d'une élévation des quantités des messagers codant pour l'enzyme qui convertit le glutamate semi-aldéhyde en proline (Silva-Ortega et al. 2008).

La proline agit en tant que composé soluble compatible dans l'ajustement osmotique pouvant atteindre de fortes concentrations sans exercer d'effet toxique comme le cas des ions (Yancey et al. 1982). Elle intervient aussi dans la détoxification des formes actives d'oxygène (Hong et al. 2000) et la stabilisation des protéines (Ashraf et Foolad 2007).

### II-7-2-2-Les sucres :

Plusieurs études physiologiques ont démontré que l'accumulation des sucres et des polyols, principalement suite à l'hydrolyse de l'amidon (Hoekstra et al. 2001), était stimulé par un stress salin chez différentes espèces végétales (Gilmour et al. 2000)

Les nombreux cas où sont décelés des accumulations de sucres (saccharose) ou de leurs dérivés alcools tels que les polyols, le mannitol, le sorbitol et le trihalose (Phillips et al. 2002) s'accompagnent aussi de composés aminés. L'augmentation de la concentration de ces derniers entraîne une augmentation du potentiel osmotique du cytoplasme, ce qui permet une plus grande compartimentation du sodium dans la vacuole. De plus, ces polyols agissent en tant qu'osmoprotecteurs des membranes et des protéines, probablement en éliminant les radicaux libres d'oxygène (Bohnert et Jensen 1996). Les sucres pourraient agir en tant qu'osmoticum, protéger des macromolécules spécifiques (enzymes) et contribuer à la stabilité des structures membranaires (Su et al. 1999).

### **II-7-3-Les antioxydants :**

Les formes actives d'oxygène, telles que le peroxyde d'oxygène ( $H_2O_2$ ), les radicaux superoxydes ( $O_2^-$ ) et hydroxyl (OH) sont produites de façon accrue suite aux stress abiotiques, notamment la salinité (Foyer et Noctor 2000). Ces composés, lorsqu'ils sont accumulés en faibles quantités, peuvent servir de signal pour induire l'expression de gènes de réponse et de défense cellulaire (Parent et al. 2008).



## Chapitre III : Matériels et méthodes

### III-Matériels :

- ✚ Chlorure de sodium(NaCl), M=58,45g /mol.
- ✚ Sulfate de sodium (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), M=142,04g /mol.
- ✚ Mannitol M=182,17g /mol.
- ✚ H<sub>2</sub>O distillée, balance, fioles, papier aluminium,boites de pétri, tamis de 2mm, papier vert, mortier, micropipette

#### III-1-Matériels végétal :

Graines de *Hedysarum flexuosum* , racines de *Hedysarum flexuosum*

Les gousses de notre espèce (Sulla) utilisées ont été récoltées sur les plantes en phase de maturité dans la région de Bastos de Tizi-Ouzou par Dr.Medjebeur.

#### III-2-Méthodes :

##### III-2-1-Protocole expérimental :

Les essais ont été conduits au laboratoire, nous avons procédé à des essais concernant l'effet des sels (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et mannitol et leurs effets cumulés sur le taux de germination des graines *d'Hedysarum flexiosum*.

##### III-2-1-1-Préparation des solutions salines :

Préparation des solutions salines à différentes pressions osmotiques (0.3MPa, 0.8MPa). Selon le protocole de Sosa *et al.* ( 2005).

Pour cela nous avons procédé comme suit :

-Pour les 2 sels (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et l'osmoticum (Mannitol)

- Peser la masse du sel (exemple : NaCl) ;
- Ajouter de l'eau distillée ;
- Agiter la solution pour dissoudre le sel ;
- Verser le contenu dans une fiole puis remplir avec de l'eau jusqu'au trait de jauge (500ml) ;
- Fermer la fiole avec un bouchon et la couvrir avec de l'aluminium ;

- Etiqueter les fioles.

Nous avons procédé par les mêmes étapes pour tous les autres sels à différentes pressions osmotiques.



**Figure n° 7:** Les différentes solutions salines préparées

Le tableau suivant illustre les concentrations massiques des sels en (g/l) correspondant à chaque pression osmotique :

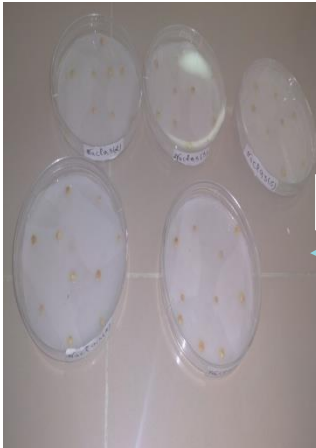
**Tableau n°1 :** concentration (en g/ L) des solutions de sels testés avec les équivalents en pression osmotique.

pression osmotique Mpa	NaCl (g/l)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g/l)	Mannitol (g/l)
0.3 Mpa	0.075	0.066	0.075
0.8MPa	0.2	0.178	0.180



**5 boîtes de pétri arrosées par 0.8 ml de l'eau distillée.**

❖ **Témoin**

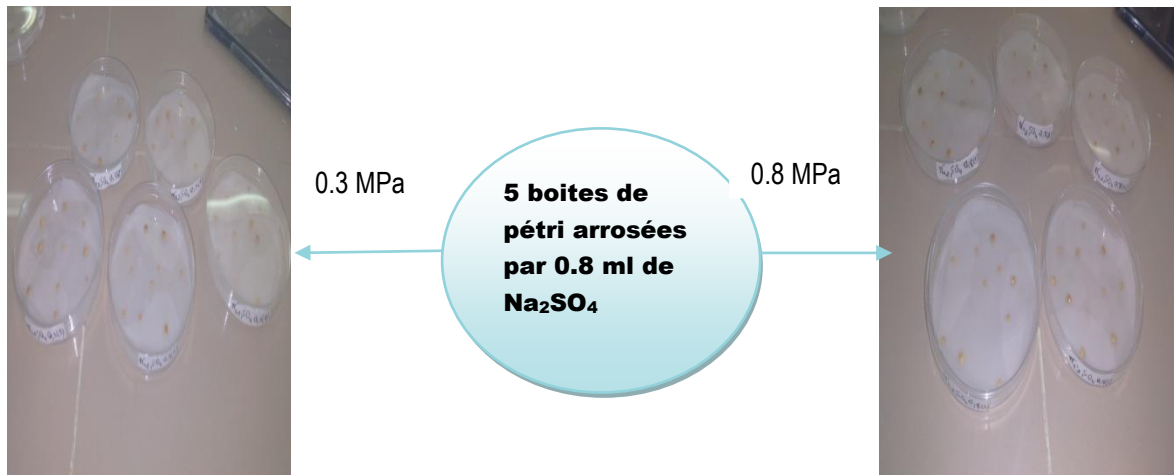


**NaCl (0.3MPa)**

**5 boîtes de pétri arrosées par 0.8ml de**

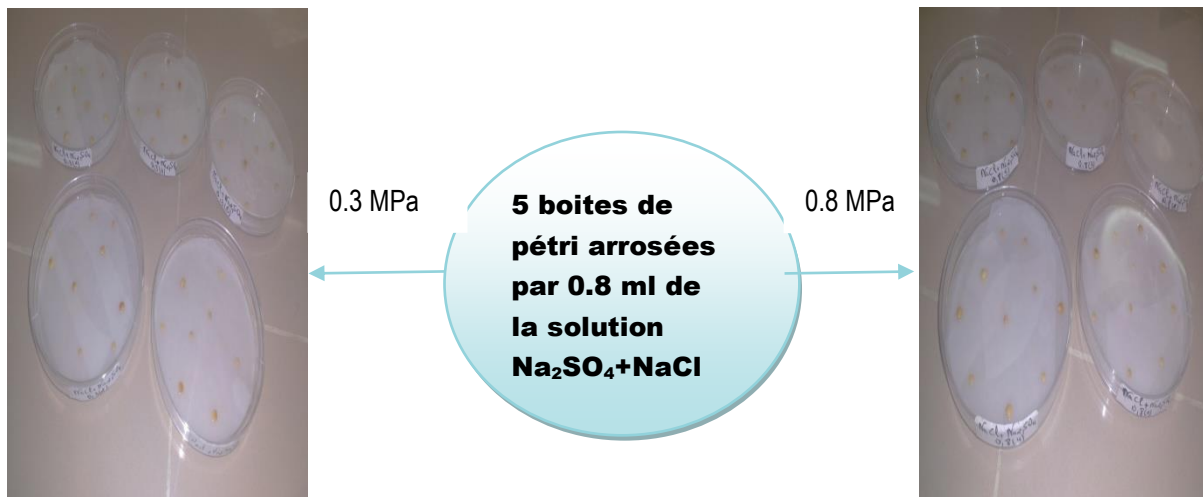


**NaCl (0.8MPa)**



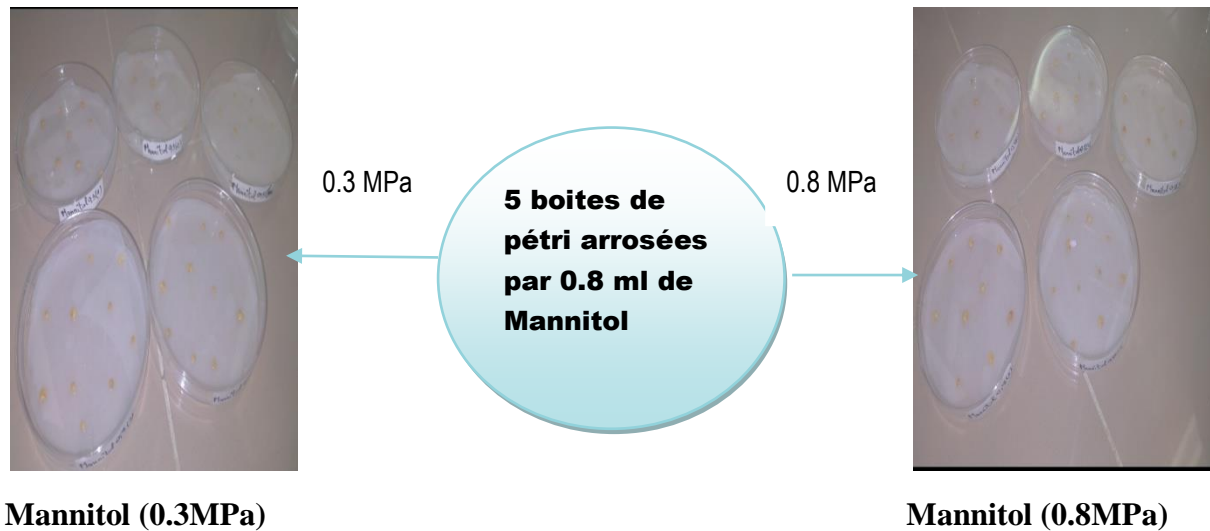
**Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.3MPa)**

**Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.8MPa)**



**Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+NaCl (0.3Mpa)**

**Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+NaCl(0.8Mpa)**



**Figure n° 8 :** Schéma représentant le protocole expérimental à suivre pour la préparation des graines à germer.

### III-2-1-2-Préparation des graines :

- **Tri des graines :**

Nous avons pris soins de sélectionner manuellement les graines saines, c'est à dire éviter toute celles qui présentent des signes d'attaque de bruches (éviter les graines abimées ou trouées). Nous avons par la suite fait passer le lot de graines choisies à travers un tamis de porosité de 2mm afin d'homogénéiser les graines et de s'assurer que toutes les graines testées dans notre expérimentation présente une dimension supérieure à 2mm (figure 9).

- **Scarification des graines.**

Afin d'éviter d'éventuelles dormances tégumentaires, nous avons gratté les graines légèrement à l'aide du papier abrasif (figure 10).

- **Désinfection des graines :**

Afin d'éviter et d'éliminer d'éventuelles infections des graines à la surface, nous les avons plongées dans un bain d'hypochlorite de sodium pendant 5min. Ceci est suivi par un lavage abondant à l'eau distillée.

- **Pré-imbibition :**

Après désinfection, les graines sont mises dans de l'eau distillée durant une heure de temps (figure 11).

- **Mise en germination :**

Nous avons mis à germer dix graines de *Hedysarum flexuosum* dans des boîtes de pétri tapissées de deux couches de papier filtre (Wathman n°1) à raison de 10 graines par boîte dans une étuve thermostatée (figure 12).

L'arrosage des graines est réalisé par 0.8ml de solution. Pour se faire, les plantes témoins ont reçu de l'eau distillée. Les autres lots ont été arrosés par des solutions des sels et d'osmoticum, de concentration correspondante aux pressions osmotiques de 0,3MPa et de 0,8MPa (figure,9,10,11,12).

Après 12 jours d'incubation dans l'étuve à 20C°, nous avons compté les graines germées et mesuré les longueurs respectives de leurs racines.

La mesure de la hauteur des plantes en centimètre est déterminée à l'aide d'une règle graduée.



**Figure n°9 :** Passage des graines au tamis    **Figure n°10 :** Scarification des graines



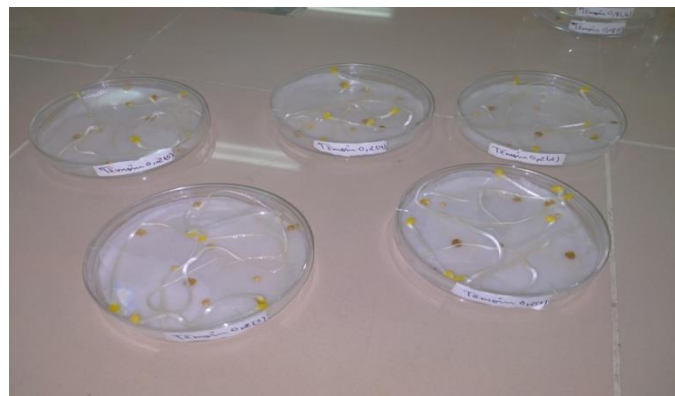
**Figure n°11** : Imbibition des graines



**Figure n°12**: Mise en germination

### III-2-1-3-Récupération des graines en fin de germination :

Après douze jours de mise en germination, les graines d'*Hedysarum flexuosum* ont atteint le stade final de germination. Ainsi, le taux de germination final a été enregistré et les plantules germées sont mesurées à l'aide d'une règle graduée. Comme nous avons également pris le poids de la matière végétale fraîche et sèche.



**Figure n°13** : comptage des graines germées dans chaque boite pour tous les traitements

**✚ Paramètres mesurés :****• Pourcentage de graines germées :**

Le nombre moyen de graines germées a été suivi quotidiennement puis le pourcentage par rapport au nombre total de graines a été calculé comme suit :

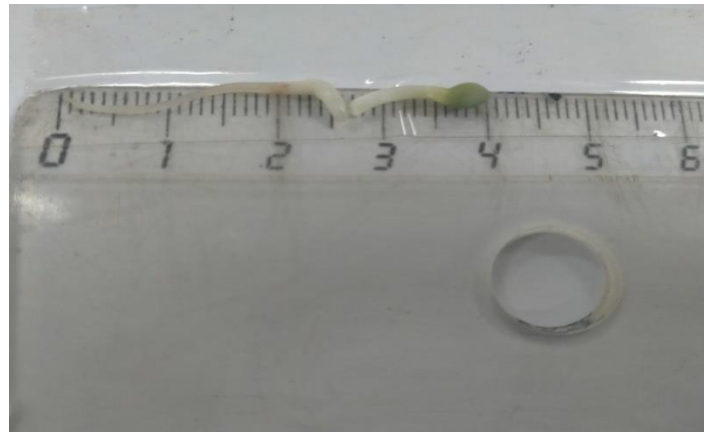
$$P = n/N \times 100$$

n : nombre moyen de graines germées

N : nombre total de graines testées

**• Mesure de la longueur des plantules :**

La longueur des plantules a été mesurée par une règle graduée à la fin de la durée de germination (12 jours après la mise en germination ) .



**Figure n°14 :** Mesure de la longueur des plantules *d'Hedysarum flexuosum*

- **Mesure du poids de la matière fraîche et sèche :**

A la fin de l'essai de germination les plantules sont pesées avec une balance de précision pour estimer le poids de la matière fraîche (figure 15).



**Figure n°15 :** Mesure du poids de la matière fraîche des plantules d'*Hedysarum flexuosum*

Après mesure de la matière fraîche des plantules d'*Hedysarum flexuosum*, ces dernières sont mises dans l'étuve à 70°C pendant 48h puis le poids de matière sèche a été mesuré à l'aide d'une balance de précisions.



**Figure n°16 :** Mesure du poids de la matière sèche des plantules d'*Hedysarum flexuosum*





## Chapitre IV : Résultats et discussions

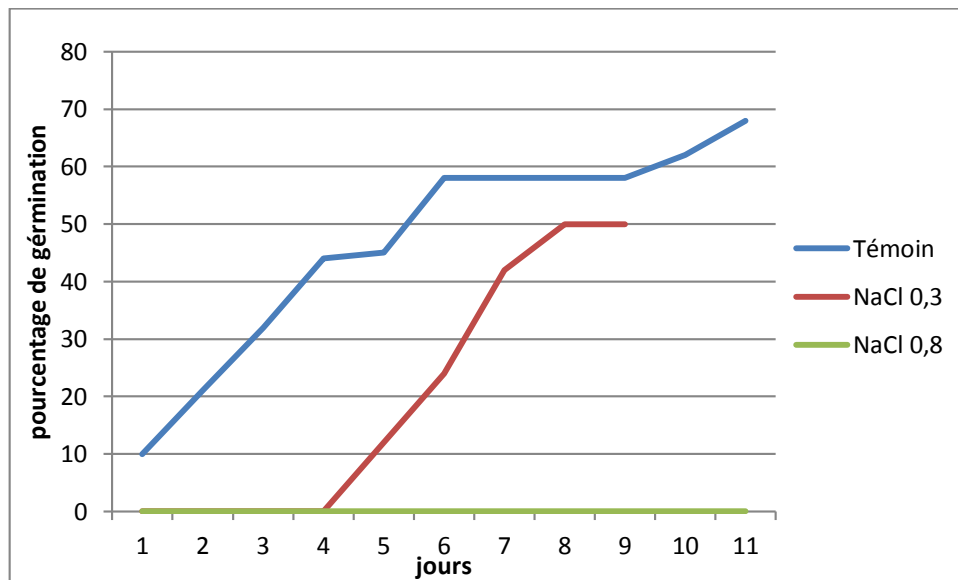
## IV-Résultats :

### IV-1-Cinétique de germination des graines de *H.flexuosum* :

#### IV-1-1Cinétique de germination des graines de *H.flexuosum* soumises au chlorure de sodium :

A la lecture des résultats obtenus, la cinétique de germination des graines de *Sulla* soumises aux différents traitements (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl+Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et osmoticum (Mannitol) sous deux pressions osmotiques de 0.3 et 0.8 MPa .

Ces dernières sont illustrées par des courbes de cinétique suivantes (figure 16 ....23) .



**Figure n°17** : Le suivi de la cinétique des graines arrosées à la solution de NaCl .

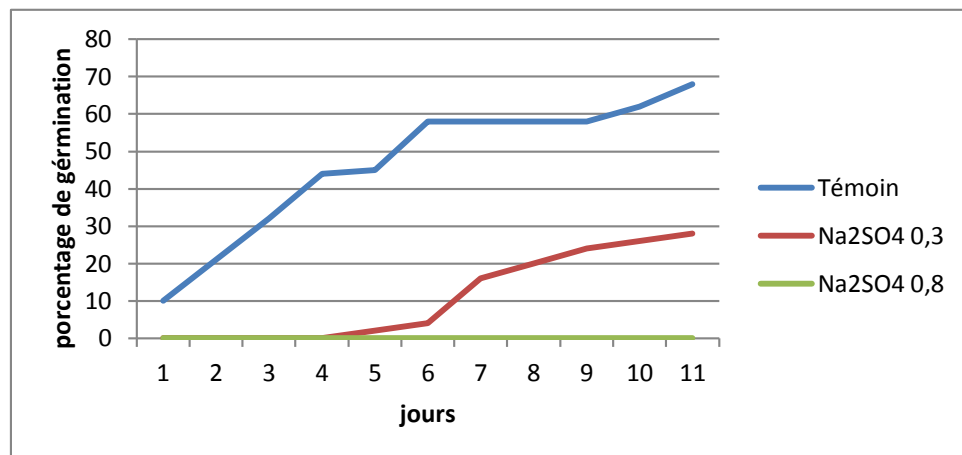
Nous avons remarqué sur cette figure que le temps de latence correspondant à la pression de 0.3 est plus allongé comparativement au témoin. En effet, nous avons enregistré 10% de germination à partir du premier jour chez le témoin, cependant, la germination n'est enclenchée chez les graines soumis à 0.3 qu'à partir du 5<sup>ème</sup> jour de mise en germination.

Dans les deux cas, la courbe enregistre une augmentation exponentielle du taux de germination pour atteindre une valeur maximale, représentée dans ces figures par un plateau enregistrant respectivement 68% chez le témoin et 52% pour le cas des graines soumises à 0.3MPa de NaCl.

A la pression maximale testée (0.8MPa), la germination est complètement inhibée (0%).

#### IV-1-2-Cinétique de germination des graines de *H.flexuosum* soumises au sulfate de sodium :

La présente figure illustre les résultats du suivi de la cinétique de germination des graines d'*Hedysarumflexuosum*.



**Figure n° 18** : Le suivi de la cinétique des graines arrosées a la solution de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

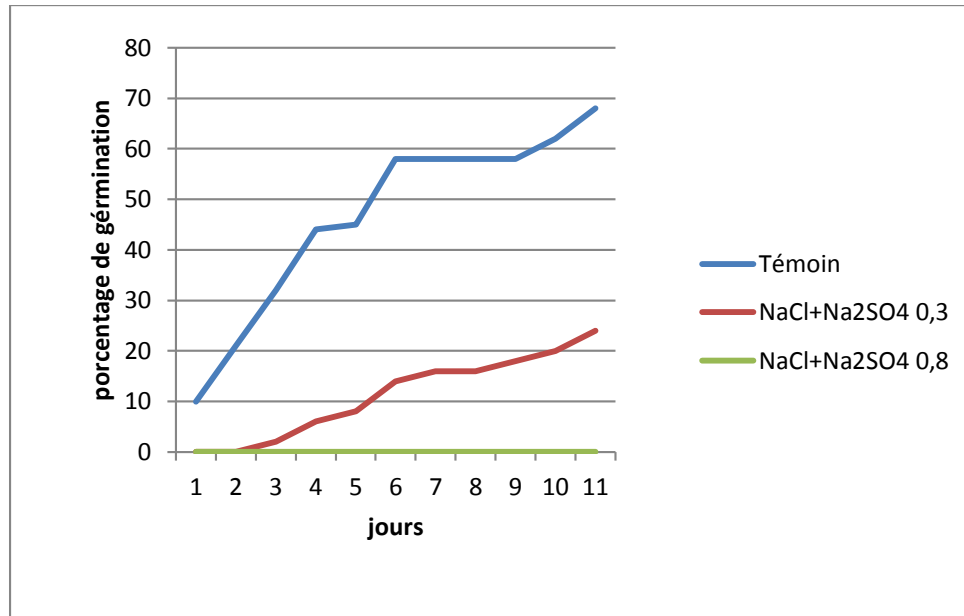
Dans le cas de la solution de sulfate de sodium la germination a commencé au bout du 6<sup>ème</sup> jour pour ensuite augmenter progressivement jusqu'à atteindre un taux maximal de 28% (au 11<sup>ème</sup> jour).

L'inhibition du taux de germination finale comparativement au témoin atteint ainsi une proportion de 58.83% tel qu'a été enregistré pour le NaCl.

Le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a également induit un taux de germination de 0% à une pression de 0.8MPa.

### IV-1-3-Cinétique de germination des graines de *H.flexuosum* soumises à l'effet cumulé de deux sels $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et $\text{NaCl}$ :

La présente figure illustre les résultats du suivi de la cinétique de germination des graines d'*Hedysarumflexuosum*.



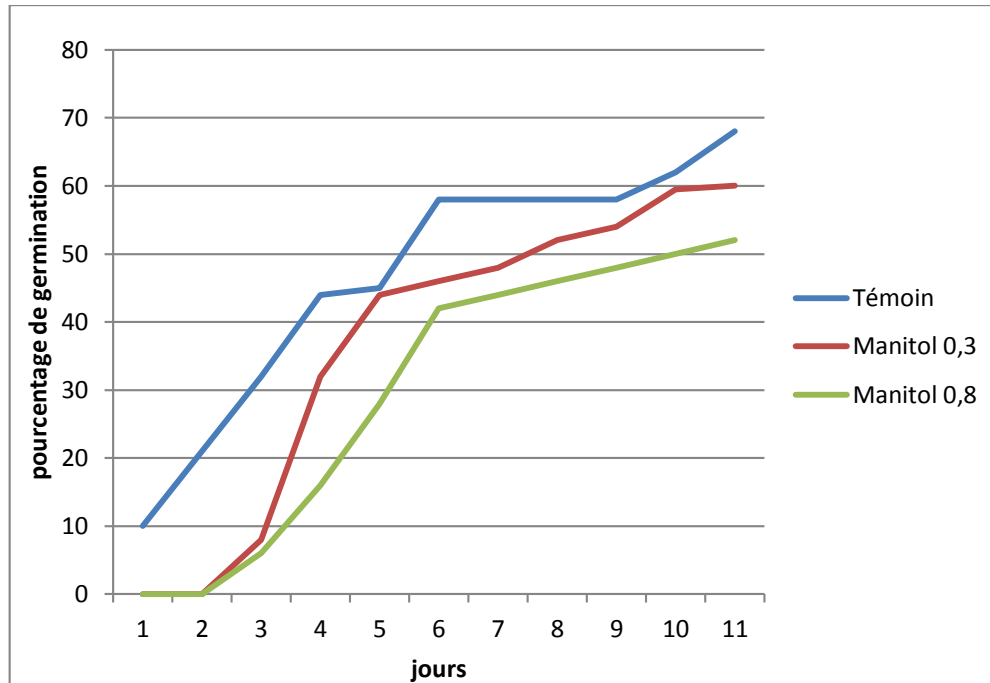
**Figure n°19** : Le suivi de la cinétique des graines arrosées a la solution de  $\text{Na}_2\text{SO}_4+\text{NaCl}$ .

La germination a commencé au 2<sup>ème</sup> jour, elle augmente lentement jusqu'au 11<sup>ème</sup> jour avec un pourcentage de 24% comparativement au témoin chez lequel la germination a commencé un jour après le semis, elle s'accélère jusqu'au 4<sup>ème</sup> jour avec un pourcentage de 44%, puis elle continue à augmenter lentement jusqu'au 11<sup>ème</sup> jour pour enregistrer un taux maximal de 68%.

Comme dans les cas de la pression osmotique 0.8MPa de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , l'effet cumulé des deux sels induit une inhibition totale de la germination comme est le cas des effets séparés.

#### IV-1-4-Cinétique de germination des graines de *H.flexuosum* soumises à l'effet de l'osmoticum « mannitol »:

La présente figure illustre les résultats du suivi de la cinétique de germination des graines d'*Hedysarumflexuosum*.

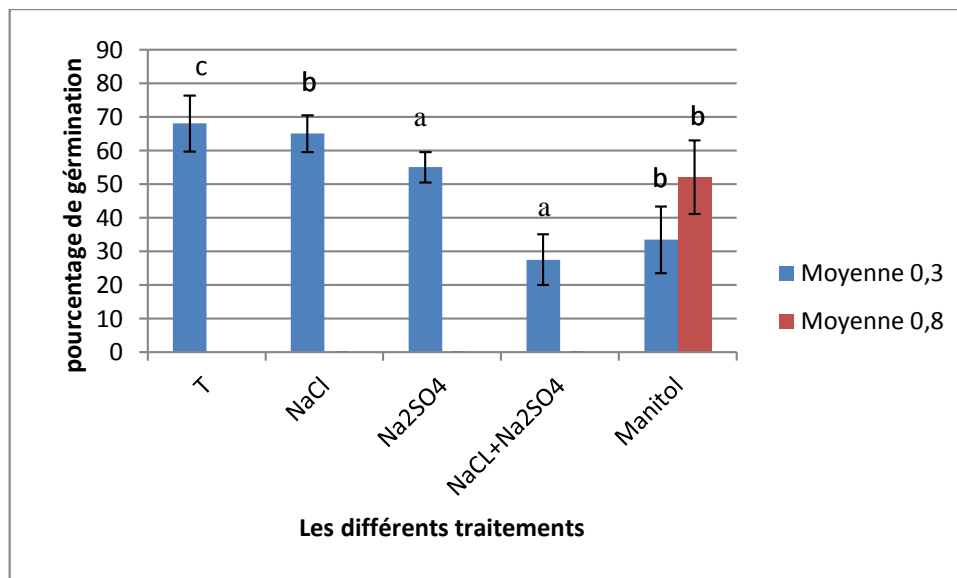


**Figure n°20** : Le suivi de la cinétique des graines arrosées a la solution de Mannitol.

La germination a commencé dès le 2<sup>ème</sup> jour pour les deux cas. En effet ; à la concentration 0,3 le pourcentage augmente rapidement pour atteindre un valeur de 44% au 5<sup>ème</sup> jour puis elle continue à germer jusqu'au 10<sup>ème</sup> jour avec un pourcentage de 60%, alors que pour la pression 0,8MPa, le pourcentage de germination augmente lentement pour atteindre presque la valeur de 42% au bout du 6<sup>ème</sup> jour. Les graines continuent à germer jusqu'à atteindre un taux maximal de 52% au bout du 11<sup>ème</sup> jour. L'effet dans ce cas s'est donc manifester par un retard de germination.

### V-2-1-Effet des différents sels et l'osmoticum sur le pourcentage de germination :

L'impact de l'action séparer des sels (NaCl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et du mannitol d'une part et leur effets cumulé d'autres part sur la capacité germinative des graines de *H. flexuosum* est mesurée par le calcul du pourcentage de germination des différents lots de graines de cette espèce. Les résultats obtenus sont illustrés par la figure suivante.



**Figure n°21 :** Variation du paramètre de pourcentage des plantules d'*Hedysarum flexuosum* en fonction des différents traitements.

- **Dans le cas de la pression osmotique 0.3MPa :**

A la pression iso-osmotique des 0,3MPa, les traitements au Mannitol et au NaCl ont enregistré des valeurs non significatives par rapport au témoin, ces valeurs sont classées dans le groupe « b ». Cependant, les traitements Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et le cas du traitement du cumule des deux sels NaCl+Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, présentent un effet significatif par rapport au témoin. L'impact du sulfate de sodium a donné une proportion de 53,75%, ces deux cas sont ainsi classés dans le groupe « a » selon le test Newman et Keuls.

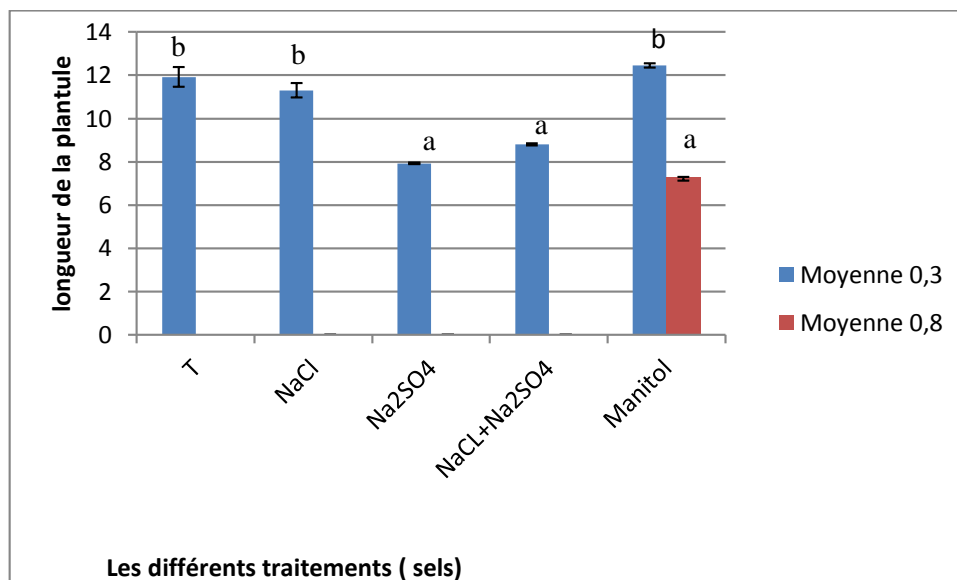
- **Dans le cas de la pression osmotique 0,8MPa :**

A la pression iso-osmotique élevée de 0,8MPa ; Les traitements par NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et leur effet cumulé ont induit une inhibition totale de la germination et sont ainsi classés dans le groupe homogène « a ».

Le groupe « b » représente le traitement au Mannitol avec un taux de réduction du pourcentage de germination 76%.

#### IV-2-2-Effet des différents sels et l'osmoticum sur la longueur de la plantule :

Résultats de la croissance en hauteurs des plantules en germination soumises à deux types de sels et osmoticum sont illustrés dans la figure ci-dessous.



**Figure n° 22:** La longueur de la plantule de l'espèce *d'Hedysarum flexuosum* en fonction des différents traitements (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl+Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Mannitol) .

- **Dans le cas de la pression osmotique 0.3MPa :**

L'étude statistique accompagné du test New keuls classe les valeurs obtenues en 2 groupes homogènes « a » et « b ».

Les graines arrosées par les solutions  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et le cas de l'essai cumulé  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl}$  présentent un effet hautement significatif comparativement au témoin,  $\text{NaCl}$  et Mannitol. En effet, ces essaies ont enregistré de faibles longueurs de la plantule avec des valeurs respectives de 7,93 cm et 8,8 cm, regroupées dans le groupe « a ».

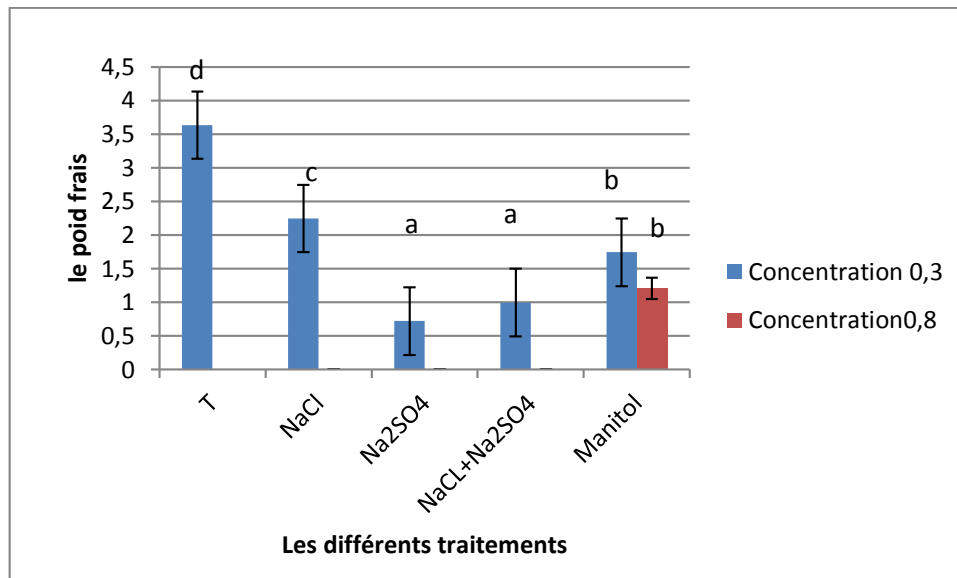
Les valeurs de taille des plantules les plus élevées enregistrent respectivement des valeurs 11,92, 11,30 et 11,45cm regroupées dans le groupe « b ».

- **Dans le cas de la pression osmotique 0.8MPa :**

Seul le cas du mannitol où les plantules sont développées et atteignent une taille moyenne de 7,29cm, le reste des traitements se sont montrés stationnaires pour les graines de cette espèce.

#### **IV-2-3-Effet des différents sels et l'osmoticum sur le poids de la matière fraîche:**

La production de biomasse par les plantules en germination est suivie sous plusieurs conditions iso-osmotiques ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , cas du cumule de ces deux précédents sels, plus le mannitol) ainsi que le témoin. Les résultats obtenus sont soumis au test de comparaison des moyennes complétés par le test de Neuwman et Keuls et illustrés par la figure ci-dessous.



**Figure n° 23:** Variation du paramètre poids frais des plantules d'*Hedysarum flexuosum* en fonction des différents traitements.

- **Dans le cas de la pression osmotique 0.3MPa :**

Les résultats de l'influence de la salinité sur la production de biomasse fraîche montrent que les plantes témoins arrosées à l'eau distillée semblent produire plus de matière fraîche par rapport aux autres cas de traitement aux sels. L'analyse statistique complétée par le test Newman et Keuls révèle quatre groupes homogènes.

Le cas du traitement au sel du sulfate de sodium et celui du cumule des deux sels a affecté la production de la biomasse fraîche. Ces valeurs sont classées dans le groupe « a ».

Comme exemple, le cas du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a chuté la capacité germinative d'une proportion de 80%. Le traitement au Mannitol a enregistré une valeur moyenne représentée par le groupe « b » avec un taux de réduction de 52%.

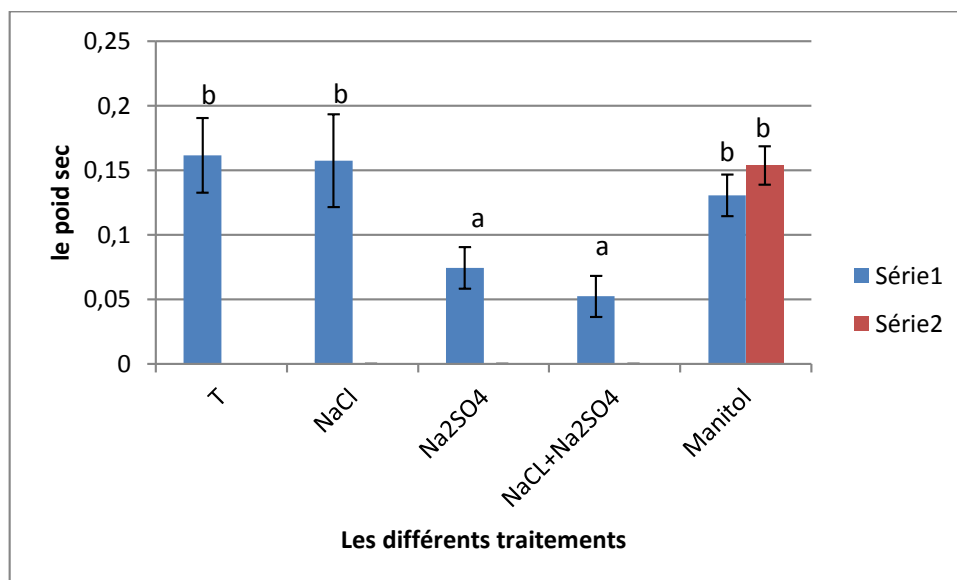
Cependant, le chlorure de sodium a causé un taux de réduction intermédiaire de 38,29%.

- **Dans le cas de la pression osmotique 0.8MPa :**

L'analyse des résultats sous la pression iso-osmotique de 0,8MPa, répartie les valeurs en deux groupes homogènes, le groupe « a » renferme les graines arrosées par NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et l'effet cumulé NaCl+Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conditions dans lesquelles, la germination est anéantie. Suivie par le groupe « b » illustrant le traitement au Mannitol avec un taux de réduction du poids frais de 67%.

#### V-2-4-Effet des différents sels et l'osmoticum sur le poids sec :

L'accumulation de la matière sèche chez les plantules en germination de *H. flexuosum* dans les différents cas des traitements salins est estimée en fin de l'expérimentation (figure n°23).



**Figure n° 24:** Variation du paramètre poids sec des plantules d'*Hedysarum flexuosum* en fonction des différents traitements.

- **Cas de la pression osmotique 0,3MPa :**

A la pression iso-osmotique modérée de 0,3MPa, l'analyse statistique représente les résultats du poids de la matière sèche en deux groupes homogènes, dont

le groupe « a » renferme les graines arrosées par le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et  $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{SO}_4$  qui sont hautement significatives par rapport au témoin. Ces traitements sont ainsi les plus redoutables sur la production de biomasse sèche.

Le groupe « b » regroupe les graines arrosées par le,  $\text{NaCl}$ , mannitol enregistrant les valeurs les plus élevées. Ces dernières sont ainsi classées dans le même groupe que celles des témoins,

- **Cas de la pression osmotique 0,8MPa :**

Pour la pression iso-osmotique élevée (0,8MPa); l'analyse statistique révèle deux groupes homogènes dont le groupe « a » renferme les graines arrosées par le,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et le cas du cumule des deux sels,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et  $\text{NaCl}$ ; conditions dans lesquelles la germination est totalement anéantie, suivie par le groupe « b » illustrant le traitement au Mannitol avec un taux de réduction du poids de matière sèche de 64%.



# Discussions

**V-Discussions :**

L'objectif de notre travail consiste en l'estimation de l'effet de deux sels (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et d'un osmoticum inerte (Mannitol) sur la capacité germinative et le début du stade croissance des plantules de *Hedysarum flexuosum*. Les concentrations des deux sels et osmoticum sont équivalents de deux pressions osmotiques ; une pression modérée de 0,3MPa et une autre élevée de 0,8MPa.

Nos résultats montrent clairement que les graines de *H.flexuosum* germent mieux en absence de sel (témoin) comparativement aux graines arrosées avec des solutions de NaCl et le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Nous avons enregistré un effet non significatif pour la faible pression osmotique (0,3MPa) du Chlorure de sodium ainsi que pour le mannitol. Lorsque la pression osmotique augmente (0,8MPa), une inhibition totale de la germination a été enregistrée chez les graines traitées aux deux précédents sels (NaCl et le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Cependant, le mannitol n'a réduit le pourcentage de germination qu'à une proportion de 23,52% .

Selon Botia *et al.* (1998), le sel provoque la réduction du taux de germination, comme il retarde et ralentie sa vitesse également. Ce retard pourrait être du à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans les graines et qui interviennent dans les processus biochimiques de germination (hydrolyse des réserves nutritives de l'albumen et leur mise à la disposition de l'embryon,..). Il pourrait s'agir également d'une difficulté d'hydratation suite à un potentiel osmotique élevé entraînant une certaine inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments, ce qui induit un retard de germination des graines (Gill P.K *et al.*,2003).

Les résultats obtenus dans ce présent essai corroborent ceux d'Askri *et al.* (2007). En effet ces derniers signalent qu'en présence de NaCl, plusieurs variétés de graines de pastèque subissent une diminution du taux de germination. D'autres travaux enregistrent une inhibition de la germination de *Atriplex halimus* à partir de 8g /l de NaCl (Souhail et chabaane, 2009, Ndiay *et al.* ,2014).

Plusieurs études ont indiqué que les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière à la variation des paramètres osmotiques de son environnement en réduisant le nombre totale des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de germination engendrée souvent par une réduction du taux d'hydratation de réserves nutritives (Mondal T.K *et al.*,1988 ; Dubey R.S *et al.*,1995) ).

Nos résultats ont montré un taux de germination élevé lorsque les graines sont arrosées par le NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, séparément enregistrant respectivement (65% et 55%) comparativement au cas cumulé (27%).

Nous avons également noté dans nos résultats que le sel d'origine sulfurique (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)est plus redoutable, elle affecte le processus de germination avec une action plus marquée par rapport au NaCl et ce pour tous les paramètres de germination et du début de croissance. L'effet cumulé montre une action similaire à celle du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> seul, il présente toujours le même groupe homogène pour tous les paramètres étudiés (pourcentage de germination, longueur de la plantule, poids de la matière fraîche et le poids de la matière sèche) à la pression osmotique de 0,3MPa.

Les études de Atia *et al* (2009) ont confirmé que les différentes solutions de sels provoquent la diminution de l'absorption d'eau affectant le pourcentage et la vitesse de l'imbibition.

Dans nos essais, nous avons constaté que non seulement la germination des graines de *H. flexuosum* est affectée par la concentration en sel mais aussi par la nature du sel appliqué. Ce résultat est en accord avec les constatations de plusieurs auteurs sur différentes espèces végétales (Ungar ,1996 ; Atia *et al.*, 2011 ; Perez *et Tambelin* ,1995 *et Sosa et al.*,2005).

A la lecture de nos résultats, la réponse des graines de *Hedysarum flexuosum* aux deux sels testés (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ainsi qu'au mannitol varie en fonction du type de sels et d'osmoticum, ce résultat va de paire avec les constatations évoquées par Duan *et al.* (2004) sur *Chenopodium glaucum* avec un ordre de NaCl<Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

L'intensité à laquelle les sels altèrent la germination des graines varie considérablement parmi les espèces végétales. Par exemple, l'ordre d'influence est :  $MgSO_4 < KCl < NaCl < MgCl_2$  dans les graines de *Puccinellia festucaeformis* (Katembe et al., 1998).<sup>2</sup>

Chez le *Chenopodium glaucum* (Duan et al., 2004) cet ordre est :  $MgSO_4 < NaCl < NaCO_3 < Na_2SO_4 < MgCl_2$ . Cependant chez *Sporobolus madraspatanus* et *Aeluropus lagopoide* (Joshi et al., 2005) l'ordre est :  $Na_2SO_4 < MgCl < MgSO_4 < NaCl < KCl$ .

Nos résultats ont montré que le pourcentage de germination des graines arrosées par le Mannitol est maintenu à un seuil relativement appréciable (52%) même sous la pression osmotique de 0.8 Mpa.

Selon Sosa et al. (2005) et Katembe et al. (1998), les différentes solutions salines ainsi que la solution de mannitol diminuent le pourcentage final de germination. Cette dernière est moins affectée par le mannitol que par les autres solutions salines.

La germination des graines a été particulièrement altérée au potentiel osmotique le plus bas (0,3 MPa) par rapport à celle de 0,8 MPa. (Abdallah Atia et al., 2011).

Selon Akram et al. (2009), en condition saline, les plantes enregistrent souvent une réduction du taux d'absorption des minéraux nécessaires à leurs croissances, ceci est attribué aux effets des ions sodium qui induisent une diminution de l'activité des transporteurs de ces minéraux.

Les paramètres de germination (% de germination) et de début de croissance (longueur, hypocotyle, poids de matière fraîche et de matière sèche) ont montré une réduction significative chez les graines arrosées au  $Na_2SO_4$ , cependant à pression iso-osmotique le mannitol a montré un effet significatif pour ces paramètres comparativement au témoin, ceci laisse penser que le  $Na_2SO_4$  a présenté un effet toxique ou un effet concomitant toxique-osmotique.

En effet Xu et Kafkafi ( 2003) ont rapporté un effet toxique des sel par une inhibition d'absorption du phosphore conjugué à une perte d'intégrité membranaire dans les cellules des plantules du poivre .

Dans le cas de NaCl à la faible pression testée (0,3 MPa), les résultats ont montré un effet non significatif. Avec la plus forte pression osmotique (0,8 MPa.), la germination se trouve anéantie. Ceci nous laisse suggérer un effet plutôt osmotique que toxique.

Les données bibliographiques attestent bien cette observation. En effet, le  $\text{SO}_2^{-4}$  est plus inhibiteur que les ions  $\text{Cl}^-$  aux concentrations iso-osmotique. Ces résultats similaires ont été obtenu par Perez et Tembelini(1995) dans des graines de *Prosopis juliflora* germées dans des solution mono-salines de NaCl,  $\text{CaCl}_2$  et  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  à 0, -0,3 et -1 ,5MPa, dans lesquelles le pourcentage de germination était également plus affecté par le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  que NaCl. (Sosa *et al.*, 2005) .

L'effet toxique de  $\text{SO}_2^{-4}$  a également été observé chez les plantes de *P.strombulifera* qui avaient été cultivées en culture hydroponique avec des concentrations croissantes de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  comme seul agent salinisant. Ils ont montré une forte inhibition de la croissance, un nombre de feuille inférieur, une chlorose et une sénescence précoce par rapport aux plantes témoins (Sosa *et al.* ,2002).

La perméabilité au  $\text{SO}_2^{-4}$  serait bloquée et l'inhibition de la germination par le  $\text{SO}_2^{-4}$  dans les solutions salines pourrait s'expliquer par l'accumulation rapide de  $\text{SO}_2^{-4}$  dans les parois cellulaires des graines, provoquant des effets délétères sur l'absorption d'eau.



## Conclusion Générale

### CONCLUSION :

La salinisation des sols constitue un problème majeur en Algérie. De ce fait, le développement des variétés tolérantes à des seuils élevés de salinité constitue une solution durable pour l'extension des cultures aux zones marginales telles que les régions caractérisées par le climat semi-aride.

Notre étude est menée dans le but d'estimer les effets de la contrainte saline sur le paramètre de germination de l'espèce fourragère *Hedysarum flexuosum*.

L'analyse de la variance des résultats que nous avons obtenu montre une influence négative de la salinité sur le taux de germination des graines d'*Hedysarum flexuosum* à la pression osmotique 0,8MPa, ce qui induit une inhibition totale pour toutes les solutions salines à part l'osmoticum (Mannitol).

Concernant le pourcentage de germination, le test statistique révèle un comportement différent de notre espèce vis-à-vis de la contrainte saline. L'effet cumulé des sels (NaCl+Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) est plus dépressif sur le paramètre de germination comparativement à l'action des deux sels séparément.

Les résultats dégagés de cette étude illustre avec d'autres recherches réalisées dans ce domaine, des voies permettant une compréhension de l'effet du sel sur la germination et le début de croissance. Cet effet varie selon la concentration et la nature du sel appliqué.

En conclusion, nous constatons que:

- ✚ la pression de 0,8MPa est significativement létale à la germination de cette espèce ;
- ✚ l'action de NaCl est plus sévère sur la germination et le stade de début de croissance de *H. flexuosum* ;
- ✚ le Mannitol présente une action plus faible sur la germination et la croissance de *Sulla* comparativement aux sels NaCl et le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### Perspectives :

-D'après les prospections bibliographiques effectuées sur l'*Hedysarum flexuosum*, l'effet cumulé des sels est un facteur à approfondir sur cette espèce afin de stimuler son comportement dans son environnement.

- Nous préconisons également d'élargir la gamme des niveaux de salinité concernant aussi l'action cumulée que séparée des sels afin de prospecter toutes les potentialités de cette espèce sous contrainte saline.
- Afin de cerner le comportement de cette espèce face à ces sels, nous suggérons reproduire ce travail en testant plusieurs provenances de Sulla.



## Références Bibliographiques

---

*References bibliographies*

---

- **Abdelguerfi-Berrekia R., Bounaga N. Et Guittonneau ;, G.G.1991:** Répartition des espèces spontanées du genre *Hedysarum* selon certains facteurs du milieu en Algérie .Fourrage, 126 :187-207.
- **Akram MS, Ashraf M, Akram NA, 2009.** Effectiveness of potassium sulfate in mitigating salt-induced adverse effects on different physio-biochemical attributes in sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Flora*, 204: 471-483 .
- **Apse, M.P., and Blumwald, E. 2007.** Na<sup>+</sup>transport in plants. *FEBSLett.* 581(12) : 2247–2254. doi:10.1016/j.febslet.2007.04.014.PMID:17459382.
- Ashraf M., 1994. Salt tolerance of pigeonpea (*Cajanuscajan (L) Millsp )* at three growth stages.*Ann.Appl.Biol.*,124:153-164.
- **Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2007.** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp.Bot.* 59(2) : 206–216. doi:10.1016/j.envexpbot.2005.12.006.
- Askri H . Rejeb S . Jebari H ; Nahdi H ; Rejeb M.N. ;2007. Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines des trois variétés de pastèque (*Citruluslanatus l*) .*Science et changements planétaires Sécheresse* 18 :51-55 .
- **Asloum H., 1990.** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersi cumessculentum L.*). en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux ,Université de Nice Sophia – Antipolis:24-32.
- Atia A, Debez A, Barhoumi Z, Abdelly C, Smaoui A, 2009.**Histochemical localization of essential oils and bioactive substances in the seed coat of the halophyte *Crithmum maritimum L.* (*Apiaceae*). *Journal of Plant Physiology*, 52: 448-452.
- **Baatout H., Marrakchi M., Pernes J., (1990).** Électrophoretic studies of genetic variation in natural populations of allogamous *Hedysarum capitatum* and autogamous *Hedysarum euspinosissimum*, *plant science*.69 : 49-64.

- **Ben jeddi F., (2005)** Hedysarum coronaum L : Variation génétique, création variétale et utilisation dans des rotations Tunisie. Thèse doctorat en Sciences Biologique Appliquées. Fac SC Bio-ing Université De Gent Belgique.
- **Ben Naceur M., Rahmone C., Sdiri H., Meddahi M.L., Selmi M., 2001**: Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Secheresse. 3: 167-174.
- **Blumwald, E., Grover, A., et Good, A.G. 2004**. Breeding for abiotic stress resistance: challenges and opportunities. 2004 « New directions for a diverse planet ». Dans Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 September –1 October 2004, Brisbane, Australia. [CDROM]. Web site [www.cropscience.org.au](http://www.cropscience.org.au). Bohnert, H.J., and Jensen, R.G. 1996 .
- **Botia P.; Carvajal M.; Cerda A.; Martinez V. ; 1998**. « Response of eight Cucumis melo cultivars to salinity during germination and early vegetative growth ». Agronomie 18: 503-513 .
- **Boussaïd M., Ben Fadhel N., Trifi-Farah N., Abdelkefi A., Marrakchi M. (1995)** : Les espèces méditerranéennes du genre Hedysarum L. , Prosperi J.M., Guy P., Balfourier F. éd., Ressources génétiques des plantes fourragères et à gazon, Bureau des Ressources Génétiques, Paris, France, 115-130.
- **Brown, J.J., and Blumwald, E. 1999**. Salt-tolerant mechanisms and crop potential of halophytes. Crit. Rev. Plant Sci. 18(2) : 227–255. doi:10.1016/S0735-2689(99)00388
- **Chartzoulakis, K. and Klapaki, G. 2000** sp, Rense of two green house pepper hybrids to NaCl salinity using different growth stages. Scientia Horticulturae, 2000. 86(3):247-260. Available on: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423800001515>
- **Côme D., 1970**. Les obstacles à la germination. Masson et Cie ,162 p.
- **Djerah A., Oudjih B. (2015)**. Effet du stress Salin sur la germination de seize variétés d'orge Hordeum vulgare L. courrier du savoir .20: 47-56.
- **Denden M., Bettaieb T., Alef S. and Mathlouthi M. (2005)**. Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales. Tropicultura, 23(4) : 220- 225.

- **Ducellier L., 1933.** La production fourragère en Algérie. Journées des Techniciens de l'Agriculture. 11.
- **Fao, Iptrid, Ciseau., (2006).** Conférence électronique sur la salinisation.
- **Flowers, T.J., Troke, P.F., and Yeo, A.R. 1977.** The mechanisms of salt tolerance in halophytes. *Annu. Rev. Plant physiol.* 28(1) : 89-121. Doi : 10. 1146/ annrev. 28.060177.000513
- **Foyer, C.H., and Noctor, G. 2000.** Oxygen processing in photo-synthesis: a molecular approach. *New Phytol.* 146 : 359–388.doi:10.1046/j.1469-8137.2000.00667.
- **Gill P.K. ; Sharma A.D. ; Singh P. ; Bhullar S.S. ;2003. ;** « Changes in germination , growth and soluble sugar contents of Sorghum bicolor L. Moench seeds under various abiotic stresses », *Plant Growth Regulation* 40: 157-162 .
- **Gilmour, S.J., Sebolt, A.M., Salazar, M.P., Everard, J.D., and Thomashow, M.F. 2000.** Overexpression of the ArabidopsisCBF3 transcriptional activator mimics multiple biochemicalchanges associated with cold acclimation. *Plant Physiol.* 124(4) :1854–1865. doi:10.1104/pp.124.4.1854. PMID:11115899.
- **Gouveitcha BG, Montcho-HambadaKD, Zanklan SA, Wouhou, AD, Gandonou GCB, 2020.** Évaluation de la résistance à la salinité chez trois variétés de chou (Brassicao-lerasera) cultivées au Bénin au stade germination. *Journal Applied Biosciences*, (147) : 15140-15150 <http://doi.org/10.35759/GABs.v174.7>.
- **Grattan SR, Grieve CM. 1999.** Salinity–mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*78: 127–157.
- **Hoekstra, F.A., Golovina, E.A., and Buitink, J. 2001.** Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends Plant Sci.* 6(9) : 431–438.doi:10.1016/S1360-1385(01)02052-0. PMID:11544133.
- **Joshi AJ, Mali BS, Hinglajia H, 2005.** Salt tolerance at germination and early growth of two forage grasses growing in marshy habitats. *Environmental and Experimental Botany*, 54: 267-274.
- **Kadi S.A Germah H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T 2011:** Nutritive value of sundried Sulla (*Hedysarum flexuosum* L.) and its effect on performance and carcass characteristics of Growing rabbits. *World Rabbit Sci.*,19: 151-159.
- **Killian C. (1939) :** “La biologie des sols argileux des environs d’Alger et la question de leurs plantes indicatrices. Essai de micropédologie”, *Ann. Agro.*, 93-120 .

- **Lapeyronie A. 1982:** les productions fourragères méditerranéennes. généralités caractères botanique et biologique .T.I.G.P.Maisonneuve et Larose \_Paris.
- **Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., Berthomieu, P., Fourcroy, P., and Casse-Delbart, F., 1995.** Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures, 4(4):263-273. Available on: <http://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/29899>
- **Maillard J., 2001.** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. Handicap International, p35
- **Mazliak P., 1982** Croissance et développement. Physiologie végétale II. Hermann ed., Paris, Collection Méthodes, 465p
- **Medjebeur DJ. (2018).** Influence de stress salin et hydrique sur quelques populations de *Hedysarum flexuosum* en Algérie. Thèse De Doctorat en Sciences Biologiques Option Ecophysiologie Végétale. Université Mouloud Mammeri De Tizi-ouzou.
- **Munns R. (2005).** Genes and sal tolerance: Bringing them together. New Phytol., 167(3): 645-663. Azooz MM, Ahmad P, editors. Legumes Environmental Stress: Yield, Improvement and Adaptations. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.; 2015.
- **Munns, R., and Tester, M. 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59(1) : 651–681. doi:10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911. PMID:18444910.
- **Ndiay et al .J.Appl.Biosci. 2014.** Effet du stress salin sur la germination des graines de Gossypium, journal of applied biosciences 80 :7081-7092 .
- **Niezen, J.H., Charleston, W.A.G., Robertson, H.A., Shelton, D., WAGHORN, G.C., Green, r., (2002).** The effect of feeding sulla (*Hedysarum coronarium*) or Lucerne (*Medicago sativa*) on lamb parasite burdens and development of immunity to gastro intestinal nematodes. Vet. Parasitol. 105 : 229–245.
- **Parent, C., Capelli, N., and Dat, J. 2008.** Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. C. R. Biol. 331(4) : 255–261. doi:10.1016/j.crv.2008.02.001. PMID:18355747.
- **Parida A. and Das A.B. (2005).** Salt tolerance and salinity effect on plants: review.

- **Perez A, Tambelini C. 1995.** Effect of saline and water stress and early aging on the 'Algarroba' seed germination. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 30: 1289–1295.
- **Phillips, J.R., Oliver, M.J., et Bartels, D. 2002.** Molecular genetics of desiccation and tolerant systems. Dans *Desiccation and survival in plants: Drying without dying*. Sous la direction de M. Black et H.Pritchard. CAB International, Mol. Gen. Genet. 319–341.
- **Prosperi, J.M. ; Guy.P et Balfourier F., 1995 :** Ressources génétiques des plantes fourragères et à gazon. INRA.(Paris).119-121 .
- **Reda-Tazi M., Berrichi A., Haloui B., 2001.** Germination et croissance in vitro de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snasse (Maroc oriental) à différentes concentrations en NaCl. *Actes, int Agron.Vet (Maroc)*, 3(21): 163-168.
- **Rejili M., Vadel M A., Neffat P. M., 2006.** Comportements germinatifs de deux populations.
- **Ryan J, Miyamoto S, Stroehlen JL, 1975.** Salt and specific ion effects on germination of four grasses. *Journal of Range Management*, 28: 61-64.
- **Sairam, R.K., and Tyagi, A. 2004.** Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Curr. Sci.* 86 : 407–421.
- **Shainberg I, 1975.** Salinity of soils-effects of salinity on the physics and chemistry of soils. In: Gale J, ed. *Plants in saline environment*. Springer-Verlag Publisher, Berlin: 39-55.
- **Silva-Ortega, C.O., Ochoa-Alfaro, A.E., Reyes-Aguero, J.A., Aguado-Santacruz, G.A., and Jimenez-Bremont, J.F. 2008.** Salt stress increases the expression of p5cs gene and induces proline accumulation in cactus pear. *Plant Physiol. Biochem.* 46(1) : 82–92. doi:10.1016/j.plaphy.2007.10.011. PMID:18054243.
- **Sosa L., Llanes A., Reinoso H., Reginato M., Luna V. (2005).** Osmotic and specific ions effects on the germination of *Prosopis strombulifera*. *Annals of botany.* 96 : 261-267.
- **Souhail M.; Chaabane R. ; 2009.** Toxicity of the salt and pericarp inhibition on the germination of some *Atriplex species* *Am Eurasian J. Toxicological Sci.* 1 ; 43-49.
- **Spichiger R., Vincent S., Et Jean mono D., (2004).** Botanique systématique des plantes à fleurs. Presse polytechnique et Université Raumentes (Lausanne). P 202-220.
- **Staal M., Maaathuis F., Elzengua T., Overbeek J., Prins H. (1991).** Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiport activity of the salt tolerant *Plantago maritima* and the salt-sensitive *Plantago media*. *Physiol. Plant.* 82 : 179-184

- **Su, J., Chen, P.L., and Wu, R. 1999.** Transgene expression of mannitol-1-phosphate dehydrogenase enhanced the salt stress tolerance of the transgenic rice seedlings. *Sci. Agric. Sin.* 32 :101–103.
- **Sun N.Z., 1994.** Inverse problems in groundwater modeling, Theory and applications of transport in porous media v., Dordrecht, Boston : Kluwer Academic, 337p.
- **Tobe K., Zhang L., Yu Qui G., Shimizu H. et Omasa K .2001 :** Characteristics of seeds germination in five non-halophyte chinese desert shrub species *J of Arid. Envir.* 47: 191-201
- **Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentin E D.H., Walters S.M. et Webb D.A., 1967.** *Flora Europea* 2 :Rosaceae to Umbellales. Cambridge Univ. Press, 185 - 187.
- **Villax, E.J. (1963) :** la culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne occidentale .in .les cahiers de la recherche agronomique (INRA Rabat, Maroc ,ed),(17),641P.
- **Wiebe H B., Eilerst R G., W. D. Eilerst WD., J .Brierley J A., (2001) :** Salinité du Sol. L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs Agro environnementaux. Canada, Rapport 2 : 121- 126.
- **Xu BG, Kafkafi U, 2003.** Seasonal differences in mineral content, distribution and leakage of sweet pepper seeds. *Annals of Applied Biology*, 143: 45-52.
- Yancey, P.H., Clark, M.E., Hand, S.C., Bowlus, R.D., and Somero, G.N. 1982. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. *Science*, 217(4566) : 1214–1222. doi:10.1126/science.7112124.PMID:7112124
- Yoshida, Y., Nanjo, T., Miura, S., Yamaguchi-Shinozaki, K., and Shinozaki, K. 1999. Stress-responsive and developmental regulation of P5CS1 gene expression in *Arabidopsis thaliana*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 261 : 766–772. doi:10.1006/bbrc.1999.1112. PMID:10441499.
- Zhu, J.K. 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6(5) : 441–445. doi:10.1016/S1369-5266(03)00085-2. PMID:12972044

## **Résumé :**

La salinité est l'un des facteurs majeurs responsable de la détérioration des sols en les rendant impropres à l'agriculture. Les sols salins constituent un événement défavorable pour la croissance de la plupart des légumineuses.

Les études sur le processus de germination ont été réalisées en utilisant le NaCl, ce qui peut limiter la précision des conclusions tirées, notamment en ce qui concerne le comportement de la plante dans les conditions de terrains.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de quelques sels sur la germination des graines de *Sulla* (suivi de quelques paramètres de germination et de début de croissance).

Nous comparons ici l'impact des solutions iso-osmotiques de deux sels (NaCl+Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et l'osmoticum (Mannitol) sur la germination et début de croissance. Le pourcentage de germination des graines diminue lorsque la pression osmotique est élevée. Le mannitol est le moins néfaste sur la germination.

En conclusion, les composants salins osmotiques et toxiques altèrent la germination des graines. Cela est lié aux effets des différents sels sur la teneur en ions, imbibition des graines et fuite des nutriments à travers les membranes.

## **Mots clés :**

*H.flexuosum*, graines, germination, stress salin, NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, mannitol.

## **Abstract:**

Salinity is one of the major factors responsible for the deterioration of soils making them unsuitable for agriculture. Saline soils are an unfavorable event for the growth of most leguminous.

Studies on the germination process have been carried out using NaCl, which limit the precision of the conclusions drawn, in particular with regard to the behavior of the plant in soil conditions.

The objective of this work is to study the effect of some salts on the germination of seeds of *Sula* (based on germination parameters and of early growth).

We compare the impact of iso-osmotic solutions of two salts (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and osmoticum (Mannitol) on germination and early growth. The percentage of germination of seeds decreases when the osmotic pressure is high. Mannitol is the less harmful to germination.

In conclusion, the osmotic and toxic saline components alter the germination of seeds. This is linked to the effects of different salts on the ions content, seed imbibition and nutrients leakage through membranes.

## **Key words :**

*H.flexuosum*, seeds, germination, salt stress, NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, mannitol.