

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en biologie

Domaine : science de la nature et de la vie

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

**Thème : Contribution à l'étude de l'effet de la
température sur la germination des graines de
*Hedysarum flexuosum***

Présenté par :

Mme HADIDI Hayet.

M^{elle} BELAIDI Lyliia.

Dirigé par : Mr MEDJEBEUR DJ.

Soutenu publiquement le 04/02/2021 devant le jury composé de :

Présidente : Mme Harchaoui K.

Promoteur : Mer Medjebeur Dj.

Co-promotrice: Mme Kadi S.

Examinatrice : Mme Mezaour N.

Promotion : 2019/2020

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier **Dieu** de nous avoir mis sur la voie des études et de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à terme ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre encadreur **Mr MEDJEBEUR DJ**. Pour ses conseils et sa disponibilité lors de l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.

Nos remerciements s'adressent également aux membres de jury qui ont acceptés d'évaluer ce travail.

Un grand merci s'adresse aussi à notre Co-promotrice Mme **KADI** pour ses conseils et son aide.

Sans oublier nos enseignants qui nous ont suivis tout au long de notre parcours, au quels revient le mérite de notre réussite.

Merci pour tous.

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 père,

Que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A ma chère mère, qui m'a appris la patience et le courage.

A mes chères sœurs : Saliha, aldjia et Sonia.

A mes chers frères : Hassen, Hamid, Rezek, Aghiles et Nabil.

Mon cher Mari FAROUQ qui m'a toujours encouragé.

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Hayet

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chères parents que dieu les protège.

Mon frère et à ma sœur.

Tous ceux qui m'ont aidée durant ma vie universitaire.

Lylia

Sommaire

Introduction générale

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Partie A	3
-----------------------	---

1-Généralités sur l'espèce <i>Hedysarum flexuosum</i>	3
---	---

2-Classification taxonomique.....	3
-----------------------------------	---

3-Description morphologique	4
-----------------------------------	---

3-1-Système racinaire.....	4
----------------------------	---

3-2-Axe aérien	4
----------------------	---

3-3-Feuille	4
-------------------	---

3-4-Les inflorescences et fleurs	5
--	---

3-5-Gousse et graine	5
----------------------------	---

4-Aire de répartition	5
-----------------------------	---

5-Les exigences de <i>Sulla</i>	6
---------------------------------------	---

5-1-Les exigences climatiques	6
-------------------------------------	---

5-2-Les Exigences édaphiques.....	6
-----------------------------------	---

6-Composition chimique	6
------------------------------	---

7-Intérêt et utilisation de <i>Sulla</i>	7
--	---

7-1-Intérêt agronomique et alimentaire.....	7
---	---

7-2-Intérêt écologique.....	8
-----------------------------	---

7-3-Intérêt thérapeutique	8
---------------------------------	---

Partie B :	9
-------------------------	---

8-La germination.....	9
8-1-Définition	9
8-2-Les phases de la germination.....	9
8-3-Les modes de germination	9
8-4-Les conditions de germination.....	10
8-4-1-Les conditions intrinsèques	10
a)-Structure de la graine	10
b)-Maturité de la graine.....	10
c)-Aptitude à germer	10
d)-Phytohormones.....	10
8-4-2-Les conditions extrinsèques.....	11
a)-L'eau.....	11
b)-L'oxygène	11
c)-La température	11
9-Le stress	11
9-1-Définition du stress.....	11
9-2-Effet du stress sur la germination des graines.....	12
9-3- Effet du stress thermique sur la germination.....	13
9-4-Aptitude à la conservation	14
 Chapitre 02 : Matériel et méthode	
I-Matériels et méthodes	15
I-1-Le Matériel végétal	15
I-2-Prétraitement et préparation des graines	15
I-2-1-Test de viabilité.....	15
I-2-2-Scarification et désinfection des graines	15

I-3-Mise en culture	15
I-4-Dispositif expérimental	16
II-Paramètres mesurés.....	16
II-1-Paramètre retenu pour caractériser la germination.....	16
II-1-1- Taux de germination(TG)	16
II-1-2- Cinétique de germination.....	16
II-1-3-Mesure de la croissance en longueur des plantules	16
II-1-4-Mesure de la croissance pondérale	16
II-2-Analyse statistique.....	17
Chapitre03 : Résultats et Discussion	
Résultats.....	17
I- taux de germination.....	17
I-1- Influence de la température sur le Taux de germination.....	17
I-2-Influence de la température sur la cinétique de germination	18
I-3-Effet de la température sur le poids frais des plantules.....	19
I-4-Influence des différents traitements thermiques sur la longueur de la radicule des plantules	20
I-5-Influence des différents traitements thermiques sur la longueur de la gemmule des plantules	20
I-6-Influence des différents traitements thermiques sur le rapport la longueur de la radicule sur la longueur de la gemmule (LR/LG)	21
Discussion	22
Conclusion	24
Références bibliographiques	

Liste des figures :

Figure 01 : morphologie des plantes de *Hedysarum flexuosum*.

Figure 02 : taux de germination des graines de *Hedysarum flexuosum*.

Figure 03 : évolution cinétique du taux de germination des graines de *Hedysarum flexuosum*.

Figure 04 : variation du paramètre poids frais des plantules de *Hedysarum flexuosum*.

Figure 05 : influence de la température sur la longueur de la racine des plantules de *Hedysarum flexuosum*.

Figure 06 : influence de la température sur la longueur de la gemme des plantules de *Hedysarum flexuosum*.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Composition chimique de Sulla.

Liste des abréviations

TG : taux de germination

ROS : Reactive oxygen species

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier les effets du stress thermique sur la germination des graines de *Hedysarum flexuosum*, légumineuse spontanée fourragère et pastorale d'origine méditerranéenne.

Les graines de notre espèce *Hedysarum flexuosum* collectées à la station de Hasnaoua sont testées au laboratoire en conditions du stress thermique. Les graines ont subi un test de viabilité et ont été sacrifiées et désinfectées suite à ce test. Nos graines ont été mises en culture où se sont placées dans des boîtes de pétrie contenant de l'eau distillée puis ont été placées dans des étuves à des températures différentes et suivant les paramètres de germination (taux de germination, cinétique de germination, longueur de gemmule, longueur de radicule et le poids frais).

D'après nos résultats la différence de température influence le taux de germination des graines, concernant la cinétique de taux de germination nous avons observé une forme sigmoïde comprenant trois phases comme on a enregistré des variations dans la longueur des gemmules et des radicules des plantules soumises à des traitements thermiques différents.

Mots clés : *Hedysarum flexuosum*, graines, stress thermique, paramètres de germination.

Abstracts

The object of this work is to study the effect of thermal stress on the germination of seeds of *Hedysarum flexuosum*, a spontaneous forage legume and pastoral original of the Mediterranean.

Seed of our species *Hedysarum flexuosum* collected in Hasnaoua station are tested in laboratory in thermal stress condition. Seed have undergone a viability test and we were sacrificed and disinfected following this we were put into culture and are placed in petri dish contains a water and placed in oven whithe different temperatures and then according to the parameters of germination (rate germination, cinétique germination, length of gemmule, length of radicle and fresh peas).

According to our results the temperature difference infkuece the germination rate of seed concerning cinétique of germination rate give us sigmoid form with three phase and we recorded variations in lenth of gemule e radicle of seedlings submissive heat treatments.

Key words: *Hedysarum flexuosum*, seed, thermal stress, parameters of germination.

Introduction générale

En Algérie la plus grande partie des ressources fourragères provient des parcours, des jachères et des sous-produits de la céréaliculture. Les espèces spontanées d'intérêt pastoral et fourrager, particulièrement les légumineuses occupent une importante place dans la flore Algérienne (Abdelguerfi et *al.* 1999). Leur évaluation a pour but principal, la mise en relief de leur intérêt socio-économique, à travers une alimentation du bétail suffisante, diversifiée et équilibrée, mais aussi environnemental, à travers la lutte contre l'érosion des sols en pente sur lesquelles plusieurs populations fourragères et mellifères sont rencontrées.

Le développement des fourrages permettra celui de l'élevage, et par voie de conséquence, l'amélioration de la production laitière, la production des viandes, le développement de l'apiculture et la création d'emplois, particulièrement dans les régions les plus déshéritées du pays, ou l'apport d'engrais n'est pas recommandé sur le plan économique. A cet effet les légumineuses fourragères, grâce à leurs capacités de fixer naturellement l'azote atmosphérique, méritent une attention particulière de par le rôle primordial qu'elles peuvent ainsi jouer.

Plusieurs espèces du genre *Hedysarum* sont particulièrement préconisées en Algérie, Ces espèces ont également des potentialités avérées en Apiculture. Elles constituent également d'excellents précédents culturels pour plusieurs céréales (Ben jeddi, 2005) et leur richesse en tanins condensée leur confèrent des vertus thérapeutiques sur la santé animale.

L'espèce *H.flexuosum L.*, communément appelée le Sulla, présente une aire de répartition relativement limitée ; elle est signalée en Algérie et au Maroc sur substrats marneux et marno-calcaires dans les régions à pluviométrie moyenne supérieure à 550 mm (Abdelguerfi-Berrekia et *al.* 1991). *Hedysarum flexuosum L.*, a fait l'objet de nombreuses études qui ont révélées ses potentialités fourragères et pastorales (Abdelguerfi- Berekia *al.*, 1991) ; Abdelguerfi, 2002). Les travaux de kadi et *al.* , (2011) ont montrés que cette espèce présente une valeur nutritionnelle élevée et la préconise comme alternative à la luzerne. Ces auteurs mentionnent la richesse du Sulla en protéines (22,5g/kg de MS), en lipides et minéraux. Ils notent également un taux de digestibilité très proche des autres légumineuses fourragères cultivées telle que la luzerne.

Le succès d'installation d'une espèce sur son milieu ainsi que sa croissance et son développement dépend largement d'une capacité germinative adéquate.

La phase de germination est le premier stade phénologique affecté par les contraintes environnementales (stress salin, hydrique et thermique...). (Come, 1970).

Dans cette optique, ce présent travail se propose d'étudier d'une part l'effet du traitement thermique sur la germination des graines de *Hedysarum flexuosum* et au début de croissance.

Le présent document est réparti en trois parties. Le chapitre 01 traite des généralités sur le genre *Hedysarum* et notamment *H. flexuosum* ainsi est consacré aux notions de la germination et du stress thermique. Le deuxième chapitre concerne Matériel et méthodes. Les principaux résultats et leurs discussions sont regroupés dans le troisième chapitre et enfin une conclusion et qui récapitule les connaissances acquises lors de ce travail.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

Partie A

1-Généralité sur l'espèce *Hedysarum flexuosum*

L'espèce *Hedysarum flexuosum* L. est un groupe d'espèces fourragères spontanées (Abdelguerfi-Berrakia et al, 1988), appartenant à la famille des Fabacées (Baatout et al. 1990), renferme des espèces annuelles ou pérennes, diploïdes, autogames ou allogames (Boussaid et al. 1995). Ce genre regroupe diverses espèces qui se différencient entre autres par la morphologie, le mode de reproduction, le cycle biologique, les aires de répartitions ainsi que les caractéristiques bioclimatiques.

Elle présente un degré de polymorphisme enzymatique élevé selon l'origine géographique des populations (Algérie ou Maroc) (Ben Fadhel et al. 1997), ainsi qu'une diversité intra population au sein d'une même aire géographique (Ben Fadhel et al. 1997). Les populations algériennes se distinguent par un port irrigué, une ramification intense et des feuilles à nombre élevé de folioles.



Figure 01 : morphologie des plantes de *Hedysarum flexuosum*.

2-Classification taxonomique

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

Règne	végétale.
Embranchement	Spermaphytes.

Sous-embranchement	Angiospermes.
Classe	dicotylédone.
Sous-classe	dialypétales.
Ordre	fabales.
Famille	légumineuses.
Sous-famille	papilionacées.
Tribu	Hedysarums.
Genre	Hedysarums.
Espèce	Hedysarum flexuosum.

3-Description morphologique

3-1-Système racinaire

Les espèces du genre *Hedysarum* présentent une racine pivotante robuste profonde qui peut atteindre plus de 2 m avec des racines secondaires bien développées (Lapeyronie, 1982). Elles se caractérisent par la présence sur les racines de petits ronflements appelés nodosités qui abritent des bactéries du genre rhizobium (*Rhizobium hedysarée*).

3-2-Axe aérien

Cette espèce adopte pour la majeure partie des populations prospectées la forme érigée, tiges orthotropes pouvant atteindre une hauteur de 200 cm. Elle présente également des ramifications plagiotropes pouvant égaler l'axe principal (Prosperi et al, 1995).

L'analyse de la variation phénotypique de populations marocaines et algériennes de *H.flexuosum* à révéler une forte variabilité de nombreux traits morphologiques (longueur de la tige principal, longueur des rameaux latéraux, nombre moyen de folioles par feuille, précocité....) selon l'origine géographique des populations (Maroc ou Algérie) (Ben fadhel et al., 1997).

3-3-La feuille

Les feuilles, sur les deux axes, sont longuement pétiolées, à stipules libres imparipennées, de 3 à 5 paire de folioles (2-4x1, 2-5) ; de forme ovale, sont munies d'une pilosité blanchâtre sur les bords (Prosperi et al, 1995 ; Ben-Jeddi, 2005), et se caractérisent par une phyllotaxie alterne distique (Ouzzane et al, 1991).

3-4-Fleurs et inflorescence

Les inflorescences axillaires et à pédoncules en formes de grappes spiciformes ovoïdes et allongées à la fructification. Les fleurs sont de petites tailles (8-12mm) par rapport à celles de *Hedysarum coronarium* L. De couleur pourpre violacées, pédonculées, exilées par des bractées scarieuses et portant chacune à la base de calice deux bractéoles. Ces fleurs sont fréquemment butinées par les abeilles domestiques (*Apis mellifera*). (Prosperi et al. 1995 ; Ben jeddi, 2005 ; Benfadhel et al. 2006). Le calice est campanulé, la corole est de couleur rose, pourpre ou violette, les étamines sont du type diadelph (Tutin et al. 1967). La formule florale de *Hedysarum* d'après Meyer et al, (2008) est : [5] S+5P+ ([5] +1) E +1C.

3-5-Gousse et graines

Chez *H.flexuosum* le fruit est une gousse flexueuse plus ou moins comprimée, constituée d'un nombre variable d'articles renfermant les graines (jusqu'à 8 articles par gousse) il se caractérise par une forme, ronde, quadrangulaire couverte d'aiguillons (Tutin et al., 1967 in Ingrachen, 2007).

Les graines sont réniformes ou ovotides. Elles sont luisantes, marron ou jaunâtres à radicules fortement saillantes.

La gousse est de forme flexueuse de 1 à 4,5 cm de long, constituée de 1 à 4 articles (donc 1 à 4 graines) est couverte d'aiguillons. Les graines de couleur marron, sont réniformes ou ovoïdes (Abdelguerfi-Berrekia et al., 1991 ; Boussaid et al., 1992 ; Ben Fadhel et al., 1997).

Selon une étude réalisée par Abdelguerfi-Berrekia, (1995) sur les graines de genre *Hedysarum*, le poids moyen d'une gousse est de 163mg et le poids moyen d'une graine saine est compris entre 4,9 mg et 17,2 mg.

4-Aire de répartition

Dans le bassin méditerranéen, l'aire de répartition de *Hedysarum flexuosum* L. est relativement limité. Elle s'étend du sud de la péninsule ibérique à l'Afrique du Nord (Boussaid et al. 1995).

L'espèce est absente en Libye, Tunisie, Egypte et en Mauritanie. Au Maroc, l'espèce est représentée par des populations de taille réduite couvrant 1 à 3 hectares chacune, particulièrement dans les régions de Tanger, Tétouan et Asilah.

Quant à L'Algérie, l'espèce est plus représentée. Concernant deux espèces les plus fréquentes en Algérie, Abdelguerfi (1994) a rapporté que *Hedysarum coronarium* se

localise dans le nord-est du pays et *H.flexuosum* dans le centre nord du pays. Elle abonde sur les pentes septentrionale de l'Atlas Métijien et manque sur les hauts plateaux et au désert. L'étendue des populations varie souvent selon l'état de la dégradation des sites (Abdelguerfi –Berrekia et al ; 1991 ; Boussad et al ;1995 in Ben Fadhel et al ; 2006).

5-Les exigences de Sulla

5-1-Les exigences climatiques

Le Sulla exige un climat subtropical. Il pousse bien pendant l'hiver, si celui-ci est doux ; dans la région méditerranéenne, il supporte également l'hiver moyennement rigoureux, les froids marqués sont nuisibles au Sulla, qui ne résiste généralement pas si les températures s'abaissent fréquemment et longtemps au-dessous de -4 C° (Foury, 1954 in belarbi , 1998), pendant que dans les grandes chaleurs, il ne pousse pas ou peu même en culture irriguée (Triffi-Farah et al., 2000).

Selon (Abdelguerfi-Berrekia et al., 1991), L'Algérie rencontre le Sulla dans le subhumide froid, doux et chaud ainsi que dans l'humide chaud. C'est une espèce des régions bien arrosées, fréquente sous des pluviométries supérieures à 500 mm jamais à moins de 450 mm

5-2-Les Exigences édaphiques

Hedysarum se rencontre sur les sols de texture très fine, à pH compris entre 6,2 et 8,1 à conductivité très faible à moyennes, généralement pauvres en potassium et en phosphore, elle est fréquente sur des pentes marneuses, des sols riches en sables et est absente dans les sols très riches en calcaire total (Abdelguerfi Berrekia et al., 1991).

6-Composition chimique

Le tableau ci-dessous présente la composition chimique de Sulla selon (Piccioni 1965, in KADI, 2012).

Composés chimique	MS	PB	CB	MG	MM
Teneur %	88,50	10,70	23,98	01,59	08,31

MS : matière sèche, **PB** : protéine brute, **CB** : cellulose brute, **MG** : matière grasse, **MM** : matière minérale.

7-Intérêt et utilisation de Sulla

7-1-Intérêt agronomique et alimentaire

Parmi les espèces fourragères et/ou pastorales les plus utilisées dans certains pays pour l'alimentation du bétail nous pouvons citer les espèces de *Medicago*, *Trifolium*, et *Hedysarum* (Abdelguerfi et al., 2003).

La valeur nutritive du Sulla est comparable à celle de la luzerne et du trèfle violet (Barry, 1998). Les populations naturelles de *Hedysarum flexuosum* assurent un pâturage hivernal et printanier de bonne valeur nutritive (Abdelguerfi-Berrekia et al. 1991).

Au Maroc *H. flexuosum* introduite dans le Nord pour être cultivée en tant que ressource fourragère (Thami Alami et EL Mzouri, 2000). Cette espèce est très utilisée dans l'alimentation des bovins (Ramirez-Restrepo et al, 2005).

Selon Kadi (2012), la composition de la plante de *Hedysarum flexuosum* dépend du stade végétatif. Au début de la floraison, le foin de Sulla a une teneur élevée en fibres (33,7%), il contient également une quantité appréciable de protéines brutes proches de celles retrouvées dans la luzerne. Sulla est très appétent et utilisés dans l'alimentation des moutons (Molle et al., 2003), caprins (Bonanno et al., 2007) ou des vaches (Ramirez-Restrepo et al., 2005 in Kadi 2012), ainsi, le foin de Sulla est considéré comme une source de fibres équilibré pour le lapin, également riche en protéines qui est proche de la composition de la farine de luzerne (Kadi, 2012).

En Algérie, *H.flexuosum* produit 50 t de matière verte/ ha (environ 20% de matière sèche (MS) avec 2 coupes (Chouaki et al., 2006), similaire aux conditions australiennes (9,5 t MS/ha ; De Koning et al., 2003).

Le Sulla est une plante très appréciée par les animaux et doté d'un coefficient de digestibilité ; malgré le diamètre important de ses tiges bien supérieur à celui de la luzerne, le foin de Sulla reste moins riche en cellulose brute (Piccioni ; 1965 in Belmihoub ; 2012). Par ailleurs, 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).

7-2-Intérêt écologique

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

Le Sulla est aussi considéré 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 arides (Douglas., 1998 ; Ben jeddi., 2005 ; Hannachi et *al.*, in Sabihi., 2008).

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 marnocalcaires en pente (souvent dénudés) et des abords des forêts (Pin d'Alep et genévrier de Phénicie essentiellement) (Killian., 1939 ; Prospero et *al.*, 1995 ; Abdelguerfi- Berrekia et *al.*, 1991).

On effet Ben jeddi a prouvé une influence positive d'une culture de Sulla sur la protection des sols contre l'érosion.

7-3-Intérêt thérapeutique

La présence de tanins condensés (protocathécols) dans le Sulla réduit relativement les infections gastro intestinal causées par des nématodes chez les animaux. Ces tanins condensés dégradent les protéines des ruminants, il y' a également des indications de quelques effets antiparasitaires (Neizen et *al.*, 2002).

Des études récentes confirment l'effet anthelminthiques des tanins condensés, et moins de risque de toxicité grâce à leurs poids moléculaires élevés, ce qui les empêchent de traverser la barrière intestinale. Ce qui donne, alors au Sulla une très grandes utilité (Iqbal et *al.*, 2002 ; Farrugia et *al.*, 2008, in Belmihoub., 2012).

Partie B

8-La germination

8-1-Définition

La germination se définit comme « phénomène » par lequel l'embryon croît en utilisant les réserves de la graine ».

La vie individualisée des graines commence dès que celle-ci est séparée de la plante qui lui a donnée naissance, et se termine par la germination (Bennet ; 1978).

La germination est un processus dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et tout le début de la croissance de la radicule (Evenhari ; 1957).

Selon Mazliak (1982), la germination d'une semence est terminée quand la radicule commence à s'allonger.

8-2-Les phases de la germination

- **La Phase 1 :** ou phase d'imbibition, l'imbibition est le passage de la semence d'un état déshydraté à un état hydraté (VERTUCCI, 1989). Ce passage est accompagné d'une élévation de l'intensité respiratoire et d'une réorganisation considérable des constituants cellulaires (Leopol, 1983).
- **La phase 2 :** ou phase de germination «Stricto sensu », pendant cette phase, les semences ne s'imbibent plus et ne reflètent en aucune modification morphologique (MAZLIAK, 1982). Cette phase est caractérisée par une stabilisation de l'activité respiratoire à un niveau élevée (BINET, 1967) ; elle est relativement brève (12 à 48h) et s'achève avec l'émergence de la radicule hors des téguments séminaux (Heller et *al.*, 1995).
- **La phase 3 :** 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.

8-3-Mode de germination

On distingue deux types de germination :

La germination épigée, caractérisée par un soulèvement des cotylédons hors du sol car il y a un accroissement rapide de la tigelle .Le premier entre-nœud donne l'épicotyle, et les premières feuilles en dessus des cotylédons sont les feuilles primordiales .Tandis que chez les plantes à germination hypogées, les cotylédons restent dans le sol (Ammari et *al.*, 2011).

8-4-Les conditions de la germination

La germination n'est possible que si certaines conditions sont réunies ; les unes sont intrinsèques à savoir liées à l'état de la semence et les autres sont extrinsèques à savoir au milieu ambiant.

8-4-1-Les conditions intrinsèques

a) Structure de la graine

la première condition d'une structure dite normale de la semence est la présence d'un embryon vivant, d'un tégument en bon état selon les cas d'un albumen intact (Guyot, 1978).

b) Maturité de la graine

Une semence dite mure quand des changements physiologiques et morphologiques se produisent dans la graine afin de la rendre apte à germer (Heller et al 1., 1995).

c) l'aptitude à germer

Quand les semences vivantes mures, placées dans des conditions favorables, germent mal ou pas du tout, elles sont dites dormantes ou inaptées à germer (Lafoun, 1988).

d) Les phytohormones

Les phytohormones font parties des facteurs internes qui ont un impact sur la germination de la graine.

Une phytohormone, ou hormone végétale, est une hormone produite par une plante .C'est une substance chimique organique qui régule la croissance végétale ou qui intervient dans la communication entre individus végétaux différents (un arbre stressé peut émettre une hormone informant d'autres arbres qu'une cause de stress est présente, Ce stimulus peut augmenter la production de tanins ou de molécules défensives de la plante réceptrice).

On parle parfois d'hormones de stress pour décrire les molécules émises par des plantes en état de manque d'eau ou blessées, lesquelles peuvent attirer des prédateurs, mais aussi les prédateurs de ces prédateurs (Laberche, 2010).

Les phytohormones sont diffusables, cristallisables existent sous différentes formes et sont produites par certaines cellules, généralement transportées à quelques distances de leurs lieux de formation et règlent un processus physiologique spécifique à la phytohormone dégagée. La présence de plusieurs hormones, qu'elles soient stimulantes ou inhibitrices, permet de contrôler divers aspects de développement de la plante. Pour être une phytohormone une substance doit être endogène, holigodynamique et porteuse d'une

information. Aujourd'hui, nous comptabilisant Cinq phytohormones qui sont : l'auxine, la gibbérelline, la cytokine, l'acide abscissique et enfin l'éthylène.

8-4-2-Conditions extrinsèques

Divers facteurs du milieu tel que l'eau, la température, l'oxygène et parfois la lumière contrôlent d'une précise, la germination.

L'analyse de l'un de ces facteurs ne peut pas faire abstraction des autres, car ils interfèrent tous.

a) L'eau

Le passage de la vie ralentie à la vie active d'une semence exige une imbibition des tissus de ses semences.

L'eau d'imbibition doit être fournie en quantité suffisante et non en excès (Binet, 1978).

b) L'oxygène

Au fur et à mesure que la teneur en eau des tissus des semences augmente l'intensité respiratoire croît, ce qui entraîne une augmentation des besoins en oxygène. Ce dernier est indispensable au déroulement des réactions de dégradations interne de l'embryon (Binet, 1978).

c) La température

D'après Lafon et al. (1998) :

- La température stimule les activités enzymatiques et ainsi la vitesse de germination.
- la température règle l'apport de l'oxygène à l'embryon, ainsi quand la température s'élève, le métabolisme réclame plus d'oxygène, son apport diminue rendant la germination impossible.

9-stress

9-1-Définition

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux (type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétique (espèce et génome) (Hopkins, 2003).

Selon (Dutuit et al., 1994), le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple une carence. C'est une force ou influence hostile qui tend à empêcher un système normal de fonctionner (Jones et al., 1989).

On distingue deux grandes catégories de stress :

- Biotique
- Abiotique : provoqué par un défaut ou un excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité.....

9-2-Effets du Stress sur la germination des graines

Les graines, comme les plantules, sont capables de percevoir les facteurs de stress qui déclenchent une série de réaction impliquant des voies de signalisations. Kranner et *al.* (2010) ont proposés un nouveau concept de stress adapté à la graine comprenant trois phases, l'alarme, la résistance et l'épuisement. La première phase est une phase d'alarme, celle-ci se manifeste par la perception des stress et certains changements induits comme les voies de signalisations. Ces voies de signalisations entraînent des changements dans le transcriptome, et la machinerie de protection et de réparation est activée. Même si la graine n'est pas hydratée, la production de ROS peut être non enzymatique et contribuer à ces voies de signalisations. De plus, l'ADN, les lipides membranaires, les protéines sont les cibles préférentielles des stress oxydatifs. Plus globalement, la déshydratation et la réhydratation de la graine impose des stress considérables sur ces composants cellulaires et sur les organites cellulaires, en particulier les mitochondries (Nonogaki et *al.*, 2010). Une des priorités au début de la germination seront de réparer ou de remplacer ces composants cellulaires. La restauration de la structure et du fonctionnement mitochondrial est favorisée par les techniques d'osmopriming (Benamar et *al.*, 2003, Sun et *al.*, 2011).

La deuxième phase est atteinte lorsque le stress continue au cours du temps ou lorsqu'il s'intensifie, c'est la phase de résistance. Dans ce cas, la graine est capable de germer malgré les stress subis. La résistance inclut la capacité à induire le déclenchement des processus de protections, comme l'augmentation de l'activité des antioxydants qui souvent servent de marqueurs de stress (Kranner et *al.*, 2010). En plus des mécanismes de protection ou de réparation, des adaptations de traits multifonctionnels sont présents, comme la présence des téguments, la tolérance à la dessiccation et les phénomènes de dormances. L'acclimatation et l'évolution des adaptations contribuent au maintien de la viabilité de la graine (Kranner et *al.*, 2010) ou de la plantule en conditions de températures négatives (Hou et Romo 1998). Les graines osmoprimées ont une capacité de transport des électrons plus élevée que chez le témoin, et la stimulation est en lien avec la durée du traitement (Sun et *al.*, 2010).

La troisième phase est la phase d'épuisement caractérisée par l'échec des mécanismes de réparations et de protections, par l'importance de la mort cellulaire programmé (Kranner et *al.*, 2010). Elle se traduit par une perte de vigueur dans le meilleur des cas et peut aller jusqu'à la perte de viabilité ou de capacité à germer. Par exemple, au cours du stockage, la graine peut se détériorer et au moment de la germination ne pas être capable de récupérer ses potentialités de départ. Au cours de cette phase, l'importance de l'effet en cascade au niveau métabolique, ou de l'impact d'un facteur environnemental, ne doivent pas être sous-estimés (Kranner et *al.*, 2010). Ces auteurs soulignent l'intérêt de suivre le stress sur ses trois phases pour ne pas donner des conclusions erronées.

9-3-Effet du stress thermique sur la germination

La germination des graines nécessite la mobilisation des réserves accumulées au cours de la maturation dont leurs dégradations apporteront l'énergie nécessaire à la croissance de la plantule. Cette mobilisation est la résultante des activités hydrolytiques qui libèrent les nutriments à partir des tissus de réserves, d'une part, et des mécanismes de leur transport vers les tissus embryonnaires, d'autre part (Mihoub et *al.*, 2005).

Selon les espèces, ces réserves peuvent être majoritairement de nature glucidique, lipidique et/ ou protéique (Khemiri et *al.*, 2004).

La température présente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la reproduction, l'activité et la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'être vivant dans la biosphère (Ramande E, 2003).

La respiration, l'hydrolyse des réserves et les activités enzymatiques demeurent sous la dépendance de la température. En effet, toute variation de la température d'incubation peut affecter en plus de l'activité de certains enzymes, certains processus indispensables pour le contrôle de la germination comme la perméabilité membranaire et l'extensibilité de la paroi (Bewley and Black 1992 ; Gul and Waber 1999).

Le mode d'action de la température n'est pas parfaitement connu de nos jours. Elle intervient soit au niveau de l'embryon pour lever sa dormance soit au niveau des enveloppes pour éliminer ou créer une imbibition tégumentaire (Vergis, 1963).

En effet selon Come (1970) et Helier et *al.* (1989), l'imbibition une fois commencé doit se poursuivre jusqu'à la fin de la phase de germination (processus irréversible) et tout arrêt de celle-ci entraîne un échec de germination et d'autre part, les fortes températures

peuvent tuer la graine, ainsi dans certains cas même les basses températures. La température du sol influence le déclenchement de la vitesse des réponses des végétaux aux variations des conditions environnementales. Les espèces cultivées ont des besoins thermiques différents. Ces besoins thermiques sont souvent exprimés en terme de température cardinales c'est à-dire, températures minimale, optimale et maximale nécessaires pour amorcer un phénomène biologique donné (Naylor et Abdalla 1982 ; Young *et al.*, 1980).

De même, les basses températures entraînent une perturbation et un retard de coordination lors de la mobilisation des réserves (Nykiforuk and Johnson-Flanagan 1994).

Hawker and Jenner (1993) suggèrent que les hautes températures inhibent la germination des graines en limitant la disponibilité d'énergie et des hydrolysats, évènement conséquent d'un retard et d'une inhibition de la synthèse.

9.4. Aptitude à la conservation

La qualité d'une graine ne se résume pas à une bonne qualité sanitaire ou à une bonne capacité à germer, mais elle doit aussi maintenir cette capacité à germer au cours de son stockage. Cette capacité est appelée aptitude à la conservation ou longévité. Le test de détérioration contrôlé permet d'estimer expérimentalement cette aptitude à la conservation en accélérant considérablement la vitesse de vieillissement des graines (Clerkx *et al.*, 2003, Rajjou et Debeaujon 2008).

Le maintien d'une aptitude à la conservation élevée dépend de différents facteurs environnementaux et génétiques. Au sein d'une graine, une grande diversité de système existe pour la conservation de ce haut potentiel germinatif. Rajjou et Debeaujon (2008) ont classés les espèces végétales en trois grandes catégories. Le premier système implique la protection contre les stress abiotiques ou biotiques avec un rôle important des téguments de la graine, des composés chimiques et des protéines de protection. Le deuxième type de système assure les réparations des structures importantes de la cellule (membranes, ADN, protéines,.....). Le troisième système joue sur la détoxification par élimination de composés toxiques induisant des stress oxydants comme les ROS (Reactive Oxygene Species).

Chapitre II

Matériels et Méthodes

I. Matériels et Méthodes

Le présent travail est réalisé au niveau du laboratoire des mychorizes du département de biologie à l'UMMTO, en vue d'étudier l'impact de différentes températures sur la phase de germination des graines de Sulla : *Hedysarum flexuosum* et début de croissance.

I.1. Matériels végétal

Les gousses de notre espèce *Hedysarum flexuosum* utilisées ont été collectées sur les plantes en phase de maturité (correspondant à la première quinzaine du mois de Juin 2020), sur une parcelle non cultivée s'étendant sur une superficie d'environ 1000 m², située à la région d'Ihasnaouen (Tizi- ouzou). Au laboratoire, nous avons procédé d'abord à écosser les enveloppes des gousses pour libérer les graines ensuite nous les avons triés manuellement afin d'éliminer les graines vides ou celles qui présentent des infestations de bruches. Les graines sont ensuite conservées dans des sacs en papier à la température d'environ à 4 °C à l'abri de l'humidité.

I.2. Préparation des graines

I.2.1. Teste de viabilité des graines

Pour tester la viabilité des graines sélectionnées ; ces dernières sont mises dans un récipient d'eau distillée. Les graines qui se précipitent au fond du bécher sont considérées comme mures, celles qui remontent en surface sont soit immatures ou mortes et par conséquent sont enlevées du lot. Afin d'homogénéiser la taille des graines testées, nous les avons fait passer à travers un tamie avec une porosité de 2mm pour ne retenir ainsi que celles ayant une dimension supérieure à cette valeur.

I.2.2. Scarification et désinfection des graines

Afin d'éviter d'éventuelles dormances tégumentaires, nous avons réalisé une scarification mécanique en frottant légèrement les graines destinées à être mise dans des boites de pétrie entre deux feuilles de papier abrasif. Les graines ont été ensuite, traitées à l'hypochlorite de sodium 5% pendant 5 minutes, puis rincées abondamment à l'eau distillée avant la mise en germination.

I.3. Mise en culture

Les graines sont misent dans des boites de pétrie en plastique tapissées de deux couches de papier filtre (wattman n°1) avec un régime d'arrosage de 3 fois par semaine avec de l'eau distillée à raison de 6ml par boite de Pétri.

I.4. Dispositif expérimental

Cette expérimentation est réalisée dans le but d'estimer l'impact de différentes températures sur la germination des graines de *Hedysarum flexuosum* et en stade début de croissance

Le matériel végétal est composé de 1000 graine de l'espèce flexuosum du genre Hedysarum .Les graines de notre espèce sont craquées entre deux papiers vert puis ont subits un test de viabilité afin de garder seulement les graines matures. Les graines sont séparées selon leurs diamètres à l'aide d'un tamie ensuite a ayant un diamètre supérieur à 2 ont été retenues. Les graines sont désinfectées avec une solution d'eau javel pendant 5minutes pour éviter le pourrissement et la dormance des gaines lors de la germination et enfin sont rincées abondamment à l'eau distille avant la misse en germination.

l'essai de germination se fait dans des boites de pétri dont on compte 20 graines par boite pour chaque températures de l'ordre de 50 boites de pétri tapissées de deux papiers filtres (papier wattman n°2)+ un volume de 7ml d'eau distillée a été rajouté dans ses boites au début de l'expérience puis on était fermé et serer à l'aide du papier film et enfin ont été mise dans des étuves à des différentes températures de l'ordre de (5°C,10°C ,15°C, 20°C ,25°C).

II. Paramètres mesurés

Le suivi du comportement des graines de *Hedysarum flexuosum* a été basé sur plusieurs paramètres morphologiques durant la germination pendant 10 jours.

II.1.Paramètres retenus pour caractérisé la germination

II.1.1Taux de germination : TG

Selon Mazliak (1982), c'est le pourcentage de germination maximal ou le taux maximal obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur. Il correspond au nombre de graines germées par rapport au nombre total de graines. Il est exprimé en pourcentage.

$$\text{TG} = (\text{Nombre de graines germées} / \text{Nombre total de graines}) \times 100$$

II.1.2.1.La cinétique de germination

Il s'agit de calculer chaque jour la vitesse de germination sous les différents traitements thermique. Elle est exprimée par le nombre de graines germer à 24,48,78,96,120,144,168, et 198h après le début de l'expérience .C'est un paramètre qui permet de mieux appréhender la signification écologique du

comportement germinatifs des variétés étudiées ainsi que l'ensemble des événements qui commencent par l'étape d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule.

II.1.3.Mesure de la croissance en longueurs des plantules

Après 10 jours, les longueurs des parties aériennes (gemmales) et racinaires des plantules sont mesurées à l'aide d'une règle graduée.

II.1.4.Mesure de la croissance pondérale

La biomasse exprimée en gramme (g) a été effectuée par pesée de la matière fraîche des plantules après 10 jours au stade début de croissance.

II.2.Analyse statistique

Le dispositif expérimental pour lequel nous avons opté est en randomisation de test d'Anova à un seul facteur (variation de la température) à l'aide de logiciel sous R.

*Les graines de *H.flexuosum* testées ont fait l'objet de l'analyse pour chaque paramètre étudié (taux de germination, cinétique de germination, longueur de la radicule, longueur de la gemmule, biomasse des plantules).*

Chapitre III

Résultats et Discussion

Résultats :**I. Taux de germination :****I.1. Influence de la température sur le taux de germination :**

Le suivi du taux de germination des graines de *Hedysarum flexuosum* en fonction des différentes températures est représenté dans la figure 02.

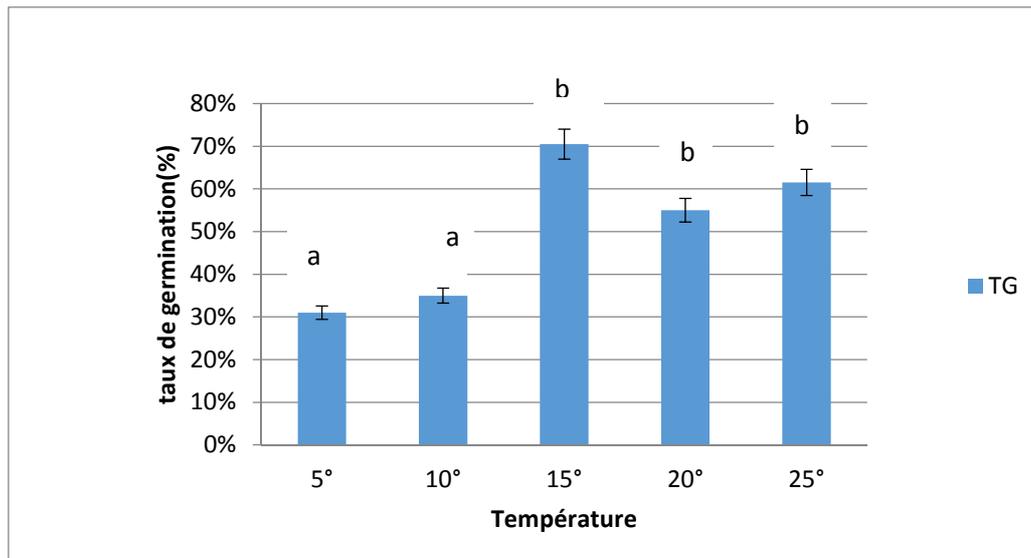


Figure 02 : taux de germination des graines de *Hedysarum flexuosum*.

A la lecture de la figure 02 on remarque que le taux de germination des graines varie en fonction de la température. En effet ; nous avons obtenu un faible taux de germination à la température 5 et 10°C dont le test statistique répartie dans le groupe homogène « a » avec un pourcentage respectif de 31% et 35%. Cependant, le taux de germination le plus élevé est regroupé dans le groupe homogène (b) à la température 15°C, 25°C et 20°C avec des pourcentages de germination respectivement de 70,50, 61,50 et 55%.

I.2. Influence de la température sur la cinétique de germination.

La cinétique du taux de germination des graines de *Hedysarum flexuosum* sur une durée de 10 jours est illustrée sur la figure 03.

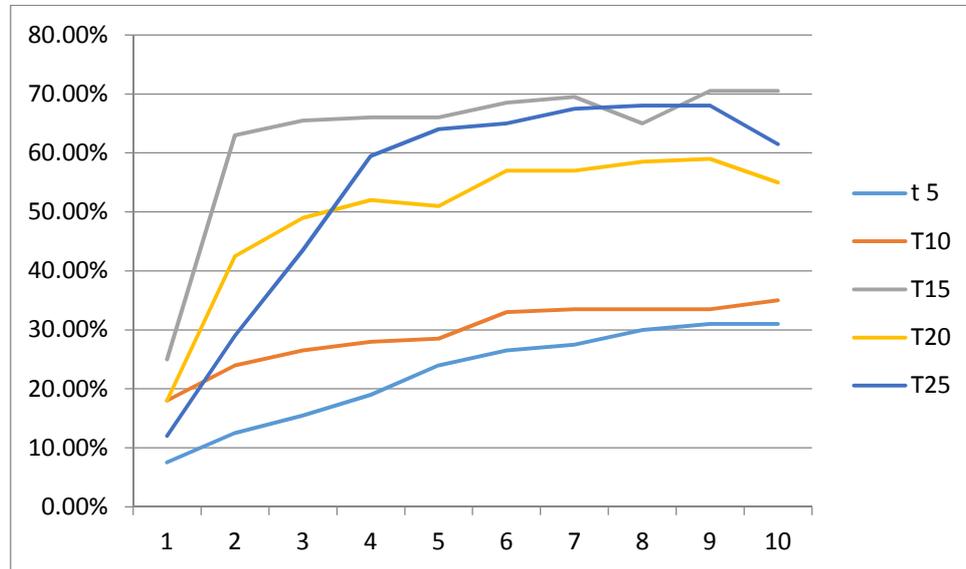


Figure 03 : évolution cinétique du taux de germination des graines de *Hedysarum flexuosum*.

La cinétique de la germination des graines sous l'effet des différentes températures décrit une forme sigmoïde comprenant trois phases (figure03). L'analyse de cette cinétique montre généralement une première phase de latence caractérisée par le temps nécessaire pour une imbibition adéquate des graines, une deuxième phase exponentiel durant laquelle la vitesse de germination augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale et une troisième phase représenté par un plateau indiquant un arrêt de la germination.

On observe une accélération rapide du taux de germination sous forme de droite jusqu'au 3^{ième} jour puis la germination a tendance à se stabiliser d'une façon progressive jusqu'au 4^{ième} jour. La vitesse de germination maximale pour 15°C est atteinte à partir du deuxième jour et c'est le taux de germination le plus élevé avec 70, 50%. Le pourcentage de germination le plus faible est enregistré à la température 5°C avec 7,50%.

I.3.Effet de la température sur le poids frais des plantules

Le suivi du poids de la matière fraîche des plantules de *H. flexuosum* en fonction de la température représenté dans la figure 4.

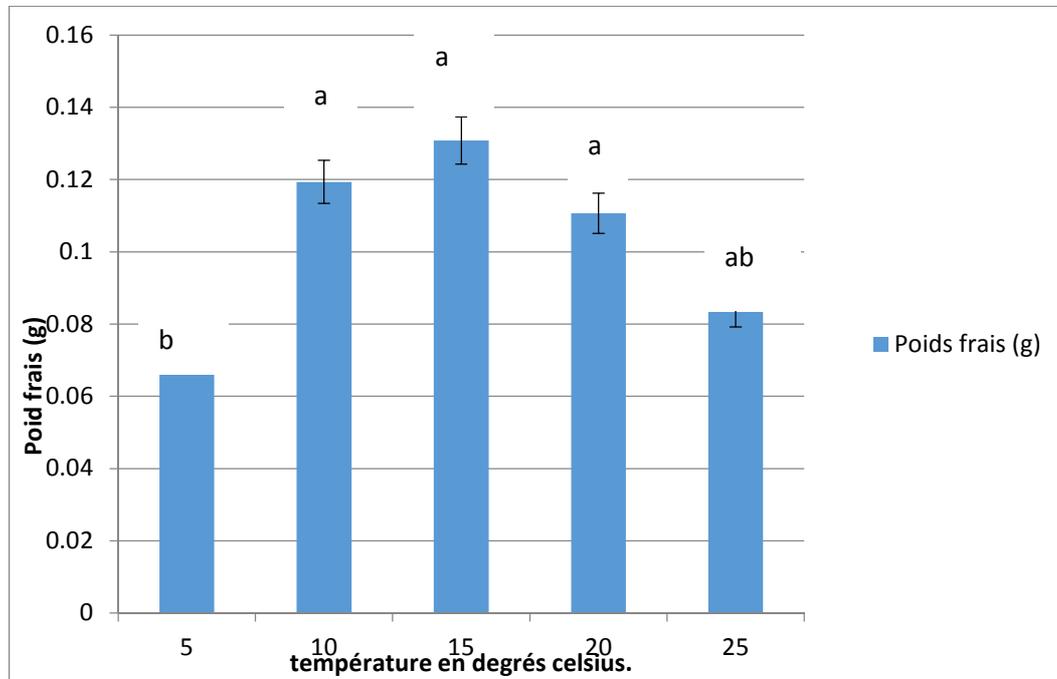


Figure 04 : variations du paramètre poids frais des plantules de *Hedysarum flexuosum*.

Nous avons enregistré une différence significative concernant le poids frais des plantules sous l'effet des différentes températures.

Pour ce qui est des résultats de l'influence des différents traitements thermiques sur l'accumulation de la biomasse chez les plantules nous avons enregistré des valeurs maximales sous les traitements 10°C, 15°C (0,13g/plantule) et 20°C répartie par le test statistique dans le groupe a. Cependant la valeur la plus basse de la biomasse est obtenue sous une température de 5°C (0,07 g) (groupe b). La valeur enregistrée sous la température de 25°C est intermédiaires des deux précédentes est ainsi répartie dans le groupe (ab).

II.4.Influence des différents traitements thermiques sur la longueur de la racicule des plantules.

Le suivi de la longueur de la racine des plantules de *H.flexuosum* en fonction de la température représenté dans la figure 04.

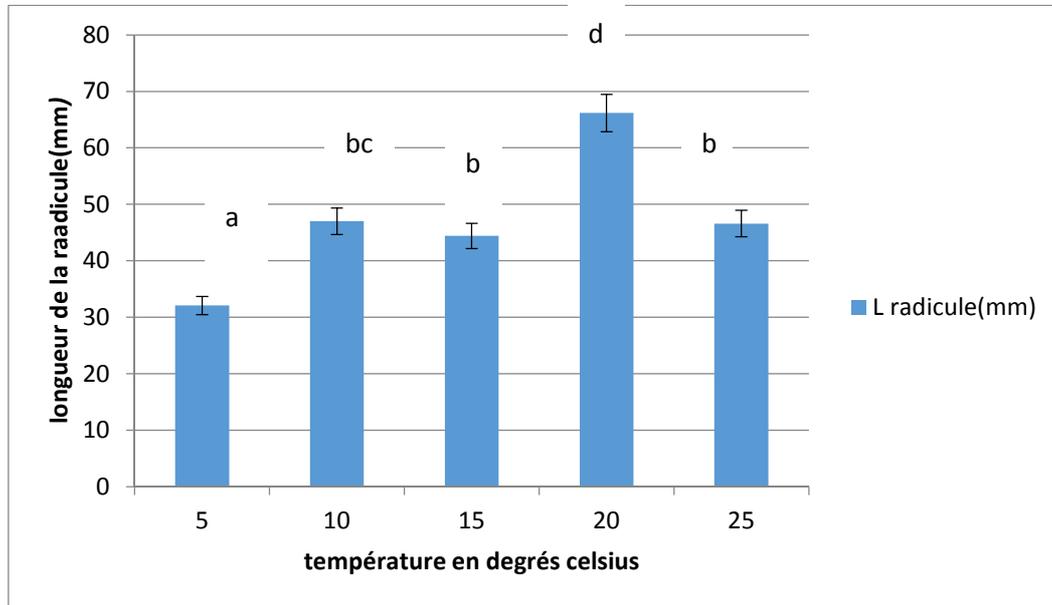


Figure 05 : influence de la température sur la longueur de la racine des plantules de *Hedysarum flexuosum*.

La plus haute valeur en longueur de la racine a été enregistrée à la température $T=20^{\circ}\text{C}$ avec une longueur de 66,16 mm.

L'étude statistique répartie les résultats des longueurs de la racine en quatre groupes homogènes .En effet, la valeur la plus faible (32,07 mm) a été enregistrée à la plus basse température (5°C) regroupé dans le groupe (a).

Des valeurs de la racine intermédiaires ont été enregistrées sous les températures de 10°C (groupe bc) , 20°C (groupe d) , 15°C et 25°C (groupe b).

II.5.Influence des différents traitements thermiques sur la longueur des gemmules des plantules.

Le suivi de la longueur de gemmule des plantules en fonction de la température représenté dans la figure 06.

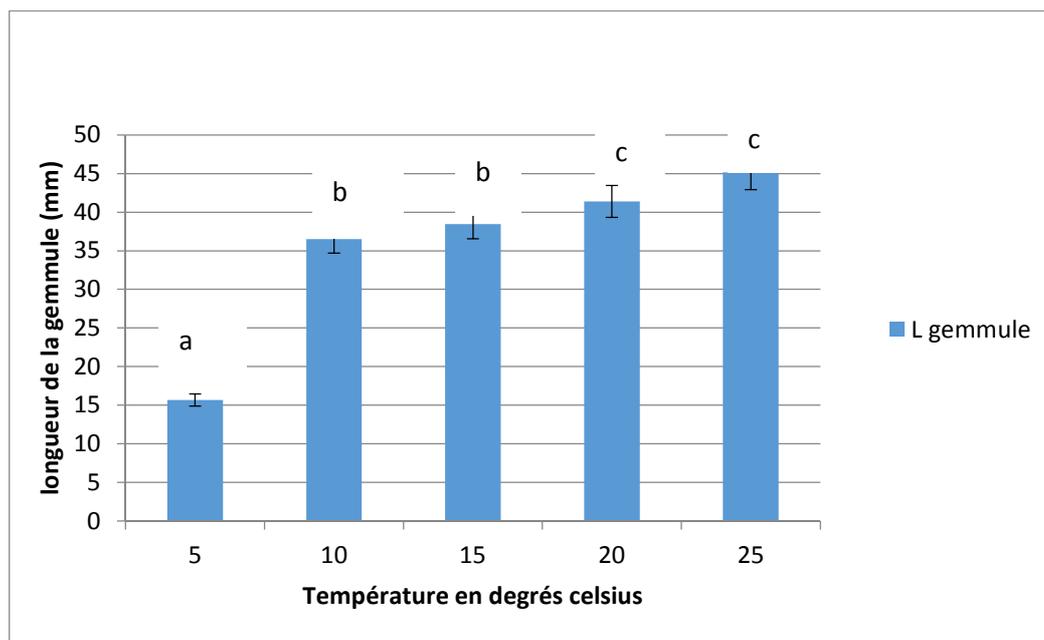


Figure 06 : influence de la température sur la longueur de la gemmule des plantules de *Hedysarum flexuosum*.

Nous avons enregistré des variations dans la longueur des gemmules des plantules soumises à des traitements thermiques différents. La plus haute valeur en longueur de la gemmule a été enregistrée à la température 20°C et 25°C (45,16 mm) répartie dans le groupe homogène (c).

La valeur la plus faible (15,66 mm) a été enregistrée à la température la plus basse 5°C regroupé dans le groupe (a). Des valeurs des longueurs de la gemmule intermédiaires ont été enregistrées sous les températures de 10°C et 15°C (groupe b).

II.6. Influence des différents traitements thermiques sur le rapport de la longueur de la racicule sur la longueur de la gemmule LR/LG

Temp.	5	10	15	20	25
Rapport (LR/LG)	2,04	1,28	1,5	1,59	1,03

L'influence des différents traitements thermiques sur le rapport LR/LG montre une variation plus au moins importante d'une température à une autre. En effet ; le rapport varie de l'ordre de 1 à 1,59 sous les températures de 10°C, 15°C, 20°C et 25°C. Ces dernières correspondent relativement à celles qui prévalent à la région nord de l'Algérie à la période de développement du Sulla. Cependant, face à un traitement de basse température (5°C), la valeur de ce rapport

se trouve doublé (2,04). Ceci montre un effet plus ressentie par la partie aérienne de la plantule comparativement à la partie racinaire.

Discussion :

Notre travail a pour objectif d'estimer les effets du stress thermique sur la phase de germination et début de croissance des graines de *Hedysarum flexuosum*.

Comparativement aux taux enregistré à 15°C à savoir le plus élevé (70,50%), l'augmentation de la température à 25°C a induit une diminution de 12,76%. Ce résultat corrobore les travaux d'Al Thabet et al., (2004) sur *Brassica napus L.*

Les travaux Fatemah panahi et al., (2012) sur la *Salsola arbuscula* montrent également une chute de capacité germinative lors d'une élévation de température.

Selon les résultats obtenus l'optimum de germination se situe autour de 15°C pour notre espèce *Hedysarum flexuosum*.

En effet les exigences en température de la germination des espèces varient en fonction du génotype et de son origine géographique.

En effet des espèces comme l'Alfa présentent une capacité de germination maximale à une température plus élevée se situant entre 20 et 25°C (HA.Esechie, 1993).

Hawker et Jenner (1993) suggèrent que les hautes températures inhibent la germination des graines en limitant la disponibilité d'énergie et des hydrolysats. Evénement conséquent d'un retard et d'une inhibition de la synthèse et/ou l'activité des enzymes hydrolytiques. De même, les basses températures entraînent une perturbation et un retard de coordination lors de la mobilisation des réserves ce qui induit une réduction du taux d'approvisionnement de l'embryon en nutriments (Nykiforuk et Johnson-Flanagan, 1994).

Plusieurs autres auteurs ont trouvé une allure similaire aux courbes de cinétique de germination obtenus dans notre essai chez divers espèces végétales (Bialecka et Kepezynski, 2009 ; Aisset et Mehdadi, 2016 ; Mguis et al., 2014 ; Jaouadi et al., 2010 ; Sosa et al., 2005 ; Nasri & Benmahiou, 2015 ; Song et al., 2005 ; Gondim et al., 2010 ; Thig et al., 2012 ; Medjebeur, 2019).

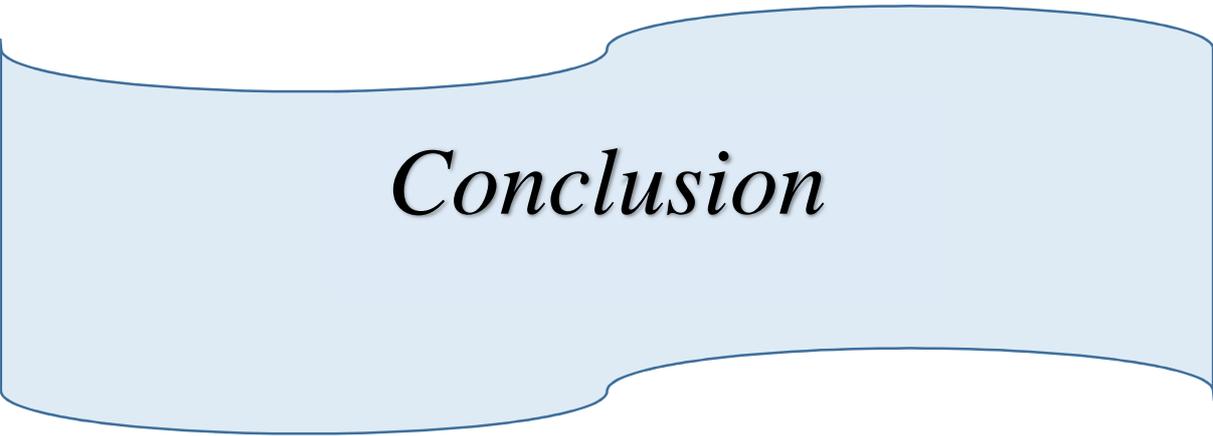
Dans nos conditions expérimentales, nous avons constatés qu'en dépit de son origine géographique subhumide, les graines de *H. flexuosum* ont répondu plus vigoureusement à l'élévation de la température comparativement à celles d'*Acacia tortilis*. En effet ; Jaouad et al. (2010), signalent un taux de germination des graines maximal de 16,67% à la température T=25°C, résultat très largement inférieur à celui obtenu dans notre essai (70,50%). Selon

Nefati (1994), le degré de tolérance aux conditions de stress abiotiques (salin, hydrique et thermique) varie d'un stade biologique à un autre.

Le rapport LR/LG montre une nette augmentation sous la basse température (5°C) avec une valeur de 2,04 comparativement aux températures moyennes qui caractérise l'aire de répartition de cette espèce (Nord de L'Algérie), pour cela nous pouvons suggérer que la croissance des plantules de *H. flexuosum* sous la basse température (5°C) s'oriente au profit de la partie racinaire comparativement à la partie aérienne des plantules.

Le Sulla (Hedysarum flexuosum), tout comme *H. coronarium* est caractérisé par une importante diversité morphologique et métabolique (Abdelguerfi, 2002 ; Ben Fadhel et al. 1997, 2006). Elle pourrait constituer un génotype intéressant pour améliorer les systèmes de cultures en zones marginales peu favorables en sélectionnant les génotypes tolérants aux contraintes abiotiques (Ben Jeddi, 2005).

Selon certains travaux, le haricot d'origine tropicale germe et s'allonge à partir de 7 à 10°C. Dans ce présent travail nous avons constaté également que la germination des graines de *Hedysarum flexuosum* commencent à partir d'une température assez proche de celle-ci à savoir la température de 5°C pour augmenter jusqu'à un maximum à 15°C. Cependant, le pois d'origine tempéré germe à partir des températures très basses (inférieur à 0°C) (Raveneau et al. 2014). La germination et la croissance des inatules est un caractère régit par des facteurs génétiques et géographiques. En effet ; selon Guibert et Le Pichon (1998) ; l'émission et la croissance des radicules peuvent débuter dès 5°C chez plusieurs espèces végétales et même avant puisque il a été constaté que parfois des graines stockées dans les chambres froides se trouve germées à des températures voisines de 0°C, mais ne s'accélère qu'à partir de 10-15°C.



Conclusion

Cette étude est menée dans le but d'estimer l'effet des contraintes thermiques sur la germination des graines de *Hedysarum flexuosum*.

Au terme de notre expérimentation, l'analyse des résultats que nous avons obtenus montre une influence négative des basses températures sur les paramètres mesurés (taux de germination, cinétique de germination, longueur de la radicule, longueur de la gemmule, biomasse des plantules).

Les résultats du présent essaie ont montrés que les basses températures enregistre des taux de germination les plus faibles comparativement en hautes températures où on a enregistré des taux de germination élevés.

L'analyse statistique montre des différences hautement significative, significative et non significative pour les paramètres mesurés.

Nos résultats ont montrés que l'impact du stress thermique est plus accentué sur les gemmules comparativement aux radicules, pour cela ce caractère serait intéressant à rechercher en phase de pleine croissance car c'est un caractère utilisé habituellement par les plantes pour répondre en contraintes abiotiques.

L'évaluation de *Hedysarum flexuosum* pour le critère de tolérance aux contraintes abiotiques ne peut se faire uniquement sur la base de la réponse de cette espèce en phase de germination. Comme perspective à ce travail on préconise d'élargir cette étude par l'augmentation de la taille de l'échantillon chez les graines de *Hedysarum flexuosum* et ainsi utiliser des températures plus rapprochées et étudier les paramètres biochimiques comme l'étude des effets des enzymes hydrolytiques durant le stress thermique.



Références bibliographies

1. **AL-THABET, S. S.; A. A. LEILAH and I. AL-HAWASS. (2004).** Effect of NaCl and Incubation Temperature on Seed Germination of Three Canola (*Brassica napus L.*). Cultivars .College of Agric. and Food Sci., King Faisal University Al-Hassa, Kingdom of Saudi Arabi, 5:85.87.
2. **Dj. MEDJEBEUR^{1*}, L. HANNACHI¹, S. ALI- AHMED², B. METNA³ & A. ABDELGUERFI⁴. (2018).** Effects De La Salinité ET Du Stress Hydrique Sur La Germination Des Graines De *Hedysarum Flexuosum (Fabaceae)*, Revue d'écologie (*terre de vie*), 73:317-328.
3. Fr.m.wikipedia.org (consulté le 20/05/2020).
4. **JAOUADI, W., HAMROUNI, L., SOUAYEH, N, LARBI KHOUDJA, M. (2010).** Etude de la germination des graines d'Acacia *Tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 14: 643-652.
5. **HA Esechie. (1993).** Interaction of Salinity and Temperature on the Germination Of *alfalfa* CV CUF 101. Department of Plant Sciences, Sultan Qaboos University, PO Box 32484, Muscat, Sultanate of Oman, 13 : 301-306.
6. Home / Production végétale- cours / généralités sur la réponse des plantes au stress thermique. (Consulté le 05/12/2020).
7. **M-P Raveneau. (2012).** Effet des vitesses de dessiccation de la graine et des basses températures sur la germination du pois protéagineux. Biologie végétale. Université d'Angers, 2012. Français.
8. **MEDJEUBEUR DJ. (2018).** Influence du 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.
9. **Raveau M.P, Coste F., Moreau-Valancogne P., Crozat Y., Durr C.** Analyse de la germination-levée de taux de deux légumineuse (pois-haricot) : intérêt et complémentaires des approches expérimentales et numériques.
10. **SI BACHIR S. SI TAYEB R. (2016).** Contribution à l'étude écophysiologique de deux espèces du Sullia ; effet de l'acide Gibbérellique et l'acide Ascorbique et la durée de stockage sur la germination. Mémoire de fin d'étude. Université Mouloud Mammeri DE TIZI-OUZOU.

11. W. JAOUADI(1), L. HAMROUNI⁽¹⁾, N. SOUAYEH⁽²⁾, M. LARBI KHOUJA. Etude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. ⁽¹⁾Institut National de recherches en Génie rural, Eaux et Forêts laboratoire d'écologie et d'amélioration Sylvo-pastorale.P.B. 10Rue Hédi Karry. TU-2080 Ariana (Tunisie).Email ; hamrounilam@yahoo.fr. ⁽²⁾ Institut Supérieur des sciences Biologiques et Appliquées de Tunis. Rue Zouheir Essafi, 2010. TU-1007 Tunis(Tunisie).

12. YAKOUBI F. (2014). Réponse hormonale des graines de gombo (*Abelmoschus esculentus. L*) sous stress salin. Mémoire fin d'étude