

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département des Sciences Agronomiques**



**Mémoire de Master Académique**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Sciences Agronomiques**

**Spécialité : Gestion des Agrosystèmes**

**THEME**

**Comportement de deux espèces d'haricot  
(*Phaseolus vulgaris L.*) et (*Vigna unguiculata L.*)  
sous stress salin au stade végétatif**

Présenté par :

**Melle BOUARI Imane**

**Melle BOUMADDA Nada**

Soutenu publiquement :

Le 19 /06/2025

Devant le jury :

M. DADA MOUSSA M<sup>ed</sup> Lakhdar

Mme. BENBRAHIM Keltoum

Mme. DERAOUI Naima

M. BELAROUCI M<sup>ed</sup> El Hafed

**Président**

**Promotrice**

**Co/ Promotrice**

**Examineur**

M.C.A

M.C.A

M.C.A

M.C.A

UKM Ouargla

UKM Ouargla

UKM Ouargla

UKM Ouargla

Année Universitaire : 2024/2025

## *Dédicace*

{وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنْ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ}

*Je dédie ce travail et ma réussite aux personnes les plus chères de ma vie :*

*À celui dont je porte le nom avec une fierté indicible, qui nous a quittés en corps mais demeure éternellement dans mon cœur et mon âme, à celui qui s'en est allé avant de cueillir les fruits de son labeur et de ses efforts, "**Mon cher père, que Dieu ait son âme.**"*

*À celle qui m'a enseigné la morale avant les lettres, au pont qui me mène vers le paradis, à la main invisible qui a ôté les épines de mon chemin, et à celle qui a supporté chaque instant de douleur que j'ai traversé et m'a soutenue dans ma faiblesse "**Ma chère Mère.**"*

*À mon pilier inébranlable et à la sécurité de mes jours, à ceux grâce à qui j'ai renforcé mon courage, et qui furent pour moi les sources où j'ai puisé "**Mes sœurs et Mes frères**"*

*Aux personnes d'une immense valeur, amies de mon parcours et de ma réussite, à celles qui se sont tenues à mes côtés chaque fois que j'étais sur le point de trébucher "**Nada, Soumaia, Madjda, Souhaila, Douha, Noura, Chourouk, Asma, Sara, Sanaa et Mariem**"*

*Enfin, je me remercie pour ma patience, et je demande à Dieu Tout-Puissant de me faire bénéficier de Ses enseignements, et de m'enseigner ce que je ne savais pas, et que cela soit dans la balance de mes bonnes actions.*

**IMANE**



## *Dédicace*

{ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ }

*\_À celui qui a été mon pilier et la lumière de mon chemin, à celui dont je porte le nom avec fierté " **Mon cher père** " que ta vie soit douce et que tes pas restent une lumière dans la mienne.*

*\_À celle dont les prières sont des nuages qui me couvrent de tendresse "**Ma chère mère**" source de mon cœur et secret de ma sérénité.*

*\_À ceux avec qui la vie devient plus belle, à ceux avec qui j'ai partagé les rires et les larmes "**Mes frères et sœurs**"*

*\_À "**Mon amie Imane**", celle qui a marché à mes côtés sur ce long chemin, qui a supporté avec moi l'effort et la fatigue... Merci d'avoir été la lumière dans les moments sombres, et la partenaire dont on est fier.*

*\_À "**Mon amie et compagne de route Soumia**", toi qui as été le refuge de mon cœur, nous avons partagé les rires, affronté les épreuves, et parcouru ensemble un long chemin. Les jours nous ont réunies par hasard, mais l'affection nous a liées par destin... Merci.*

*\_À tous ceux qui m'aiment sincèrement, à ceux qui habitent mon cœur malgré la distance ou le silence... Merci d'être une partie de ma vie.*

**NADA**



### **Remerciements**

*Selon la parole du Prophète Mohammed (paix et bénédictions sur lui)  
"Celui qui ne remercie pas les gens ne remercie pas Dieu."*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et notre sincère reconnaissance à Madame **Benbrahim Keltoum**, notre honorable encadrante, pour ses précieux conseils, son orientation éclairée, et le temps ainsi que les efforts qu'elle nous a généreusement consacrés tout au long de ce travail*

*Nous remercions également Madame **Deraoui-Boukhalifa Naima**, notre honorable Co-encadrante, pour son engagement, ses efforts soutenus et ses orientations bienveillantes*

*Nous exprimons toute notre reconnaissance et notre respect à Monsieur **Dada Moussa Mohammed Lakhder**, président du jury, pour le temps qu'il a bien voulu accorder à la direction de cette séance*

*J'adresse mes remerciements distingués à Monsieur **Mohammed El Hafedh Belarouci**, membre du jury, pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire et pour ses remarques constructives.*

*Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude à toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à notre parcours éducatif par le partage de leurs connaissances précieuses*

*Liste des abréviations*

**Kg** : kilogramme

**pH** : potentiel Hydrogène

**g** : gramme

**°C** : degré Celsius

**%** : pourcentage

**mM** : milli molaire

**NaCl** : chlorure de sodium

**g/l** : gramme par litre

**CE** : Conductivité électrique

**V** : Volume

**h** : heure

*Liste des figures*

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Stades de développement du haricot	6
<b>02</b>	Production de légumes secs par type en Algérie	10
<b>03</b>	Installation et conduite de l'essai	17
<b>04</b>	Semences d'haricot	17
<b>05</b>	Description du dispositif expérimental de l'essai de germination dans les boites de pétri	19
<b>06</b>	Essai de germination dans les boites de pétri au laboratoire	20
<b>07</b>	Mise à germination et croissance des plantules dans des plateaux alvéole	21
<b>08</b>	Les mesures de pots	22
<b>09</b>	Le repiquage	22
<b>10</b>	La mise en culture dans la serre	22
<b>11</b>	Description du dispositif expérimentale de l'essai de croissance dans les pots et sous serre	23
<b>12</b>	Variation de la longueur des racines en fonction du stress salin.	27
<b>13</b>	Variation longueur de la tigelle en fonction du stress salin	28
<b>14</b>	Variation du taux germination en fonction du stress salin	30
<b>15</b>	Variation de la vitesse de germination en fonction du stress salin.	31
<b>16</b>	Variation de la hauteur de la tige en fonction du stress	33
<b>17</b>	Variation de la longueur des racines en fonction du stress salin	34
<b>18</b>	Variation de nombre des feuilles en fonction du stress salin.	35

## Liste des abréviations

<b>19</b>	Variation de poids frais partie souterrain en fonction du stress salin	37
<b>20</b>	Variation de poids frais partie aérienne en fonction du stress salin	38
<b>21</b>	Variation de poids sec de partie souterrain en fonction du stress salin	39
<b>22</b>	Variation de poids sec de partie aérienne en fonction du stress salin	40
<b>23</b>	Variation d'indice de tolérance salin en fonction du stress salin	41
<b>24</b>	Variation de la surface foliaire en fonction du stress salin	42
<b>25</b>	Variation de la teneur eau (%) en fonction du stress salin	44

*Liste des tableaux*

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Description botanique du haricot	<b>5</b>
<b>02</b>	Stades de développement du haricot	<b>6</b>
<b>03</b>	Caractéristiques et origine des semences d'haricot	<b>18</b>
<b>04</b>	Les différentes concentrations salines	<b>18</b>
<b>05</b>	Caractéristique chimique du substrat	<b>22</b>

## Sommaire

---

### Sommaire

*Liste des abréviations*

*Liste des figures*

*Liste des tableaux*

INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE (I) : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
1. Présentation de l'espèce Haricot .....	4
1.1) Généralités sur l'haricot.....	4
1.1.1) Origine de l'haricot .....	4
1.1.2) Caractéristiques botanique .....	4
1.1.3) Caractéristiques phénologiques .....	7
1.1.4) Caractéristiques biologique.....	9
1.1.5) Intérêt cultureux de l'haricot.....	12
2) Généralité sur le stress salin .....	14
2.1) Définition de stress .....	14
2.2) Les différents types de stress .....	14
2.2.1) Stress hydrique .....	14
2.2.2) Stress thermique .....	14
2.2.3) Stress salin .....	15
2.3) Le stress salin.....	15
2.3.1) Définition de la salinité.....	15
2.4) Effet de la salinité.....	16
2.4.1) Effet de la salinité sur la germination .....	16
2.4.2) Effet de la salinité sur la croissance.....	16
2.4.3) Effet la salinité sur la partie aérienne.....	17
2.4.4) Effet de la salinité sur la partie racinaire.....	17
2.4.5) Effet de la salinité sur le rendement .....	17
2.5) Comportement de la plante en milieu salin.....	18
2.6) La tolérance des plantes a la salinité .....	18
CHAPITRE (II) : MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	19
1). Objectif de l'essai .....	19
2). Installation et conduite de l'essai.....	20
2.1). Site expérimental.....	20
3). Matériel végétal .....	20
3.1). Préparation des solutions saline .....	21
4.) Essai de germination .....	21
4.1) Préparation des graines.....	21

## Sommaire

---

4.2) Dispositif expérimental.....	22
4.3) Paramètres étudiés.....	23
4.3.1) Paramètres morphologiques .....	23
4.3.2) Paramètres physiologiques.....	23
5) Essai de croissance.....	24
5.1) Semis sur plaques à alvéoles.....	24
5.2. Préparation du substrat.....	25
5.3) Repiquage .....	25
5.4) Dispositif expérimental.....	26
5.5) Estimation des besoins en eau.....	27
5.6) Irrigation et Application du stress salin.....	27
5.7) Paramètres étudiés.....	27
5.7.1) Paramètres morphologiques .....	27
5.7.2) Paramètres physiologiques.....	28
<b>CHAPITRE (III) : RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>30</b>
<b>1) Essai de germination.....</b>	<b>31</b>
1.1) Paramètres morphologiques.....	31
1.1.1) Effet de salinité sur la longueur de la racine .....	31
1.1.2) Effet de salinité sur la longueur de la tigelle.....	32
1.2) Paramètres physiologiques .....	34
1.2.1) Effet de salinité sur le taux de germination.....	34
Variation .....	34
1.2.2) Effet de salinité sur la vitesse de germination.....	35
<b>2) Essai de croissance.....</b>	<b>37</b>
2.1) Paramètres morphologiques.....	37
2.1.1) Effet de salinité sur la hauteur de la tige.....	37
2.1.2) Effet de salinité sur la longueur de la racine .....	38
2.1.3) Effet de salinité sur le nombre des feuilles .....	40
2.2) Paramètres physiologiques .....	42
2.2.1) Effet de salinité sur le poids frais .....	42
2.2.2) Effet de salinité sur le poids sec .....	44
2.2.3) Effet de salinité sur l'indice de tolérance au stress salin.....	47
2.2.4) Effet de salinité sur la surface foliaire .....	48
2.2.5) Effet de salinité sur le teneur en eau.....	50
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>51</b>
<b>Perspectives.....</b>	<b>53</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>54</b>

## Sommaire

---

Résumé .....	54
Annexes.....	54

# INTRODUCTION



La croissance des plantes est fortement influencée par de nombreux facteurs biotiques et abiotiques. La salinité est ainsi un problème écologique croissant dans le monde entier, particulièrement le bassin méditerranéen et l'Afrique du nord, ce phénomène est considéré comme un facteur abiotique le plus important qui limite la croissance et la productivité des plantes (**KHAN et PANDA, 2008**).

L'effet de la salinité sur les plantes se traduit par des changements morphologiques, physiologiques et moléculaires qui affectent leur croissance et leur productivité (**ARAUS et AL. 2002**) Ainsi, les plantes déploient des stratégies d'adaptation et de défense face aux stress (**NETTING, 2002**), Afin de faire face au stress salin, elles disposent de mécanismes sophistiqués de perception et de signalisation, leur permettant d'élaborer une réponse plus ou moins spécifique. (**JACQUARD, 2007**).

Le haricot, en raison de sa faible tolérance à la salinité, représente une légumineuse alimentaire de première importance dans de nombreux pays d'Afrique centrale et orientale. Il constitue une source nutritionnelle majeure pour les populations locales, apportant protéines, fer, zinc, fibres et glucides à absorption lente, indispensables à une alimentation équilibrée (**ECABREN, 2005**). La salinité perturbe l'ensemble des processus vitaux du haricot en modifiant son métabolisme, ce qui entraîne une diminution de sa croissance et de sa productivité (**AJMAL KHAN et AL. 2000**).

La germination constitue une étape cruciale dans la détermination du rendement et de la productivité des espèces cultivées. Elle est influencée à la fois par les caractéristiques génétiques des plantes et par les conditions environnementales, en particulier la disponibilité en eau dans le sol. La réussite de cette phase conditionne le bon déroulement des stades suivants du cycle de développement de la plante. Toutefois, elle demeure l'un des stades les plus sensibles au stress salin. En effet, un excès de sels dans le sol entrave le processus d'imbibition et perturbe l'activité de plusieurs enzymes clés, telles que les amylases, impliquées dans l'hydrolyse des réserves glucidiques (**BERI et GUPTA, 2007**), ainsi que les oxydases et les peroxydases (**HAJLAOUIL et AL, 2007**).

## **Introduction**

---

Cette recherche vise à étudier l'effet de la salinité sur la germination et la croissance de trois variétés de haricot en évaluant des critères morpho-physiologiques

L'étude est divisée en quatre chapitres après une introduction générale :

**Chapitre I** : Synthèse bibliographique

**Chapitre II** : Présentation des matériaux et méthodes utilisés pour mener l'expérience

**Chapitre III** : Présentation des résultats, analyse et discussion.

**CHAPITRE (I) : SYNTHÈSE  
BIBLIOGRAPHIQUE**

## 1. Présentation de l'espèce Haricot

### 1.1) Généralités sur l'haricot

Les haricots correspondent aux gousses encore immatures de l'espèce *Phaseolus vulgaris*, communément appelée haricot commun. Bien qu'ils soient botaniquement des fruits, ils sont consommés comme légumes dans l'alimentation courante (**KARBI, 2016**).

Les haricots « mangetout » sont des variétés de haricots à gousse sans parchemin d'où leur nom. Ils peuvent se consommer à un stade de maturité avancée avec des graines bien formées, mais encore jeunes, sans que la cosse soit devenue ligneuse. Ils sont commercialisés soit frais, soit surgelés, soit en conserve (**CHAUX et FOURY, 1994**).

#### 1.1.1) Origine de l'haricot

Le haricot commun, *Phaseolus vulgaris* L., a été domestiqué en Amérique centrale et en Amérique du Sud il y a plus de 9700 ans. Des graines sèches furent introduites et semées au XVI<sup>e</sup> siècle en Europe puis, sa culture s'est rapidement diffusée dans les zones méditerranéennes et subtropicales (**PERON, 2006**).

De nos jours, il a une importance considérable, en particulier en Amérique du Sud et en Afrique. L'espèce est bien établie dans de nombreux pays africains où elle a été introduite par les Portugais au 20<sup>e</sup> siècle, et c'est dans la région des grands lacs d'Afrique centrale que sa culture est la plus intensive (**WORTMANN et AL., 1998**).

#### 1.1.2) Caractéristiques botanique

##### a) Classification systématique

Le haricot est une espèce cultivée importante, largement répandue dans le monde entier. Il appartient à l'espèce *Phaseolus vulgaris* L. Selon **GUIGNARD (1998)** la position systématique du haricot est la suivante ;

- Règne : Végétal
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous Embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Ordre : Fabales
- Famille : Fabaceae
- Sous Famille : Papilionaceae
- Genre : Phaseolus
- Espèce : *Phaseolus vulgaris* L

---

Classification systématique de **Vigna PROST, CHUNG et AL.** Ont classés *V. unguiculata* comme suit :

- Règne : Végétal
- Embranchement : Phanérogames (Spermaphytes)
- Sous embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Sous classe : Dialypétales
- Ordre : Légumineux (Fabales)
- Famille : Légumineuses (Fabacées)
- Sous famille : Papilionacées
- Tribu : Phasage
- Genre : *Vigna*
- Espèce : *Vigna unguiculata (L.) Walps*

## b) Description botanique

Tableau 01. Description botanique d'haricot

Organe de plante		Description botanique
Appareil végétatif	Les racines	La racine d'haricot se forme progressivement après le stade de germination, le système racinaire initial d'haricot se forme à partir de la radicule de l'embryon qui devient la racine primaire (CHAUX et FOURY., 1994). Par ailleurs, la racine principale peut être facilement arrêtée par les obstacles du sol. Les racines latérales ont un développement qui peut dépasser celui de la racine principale (GUIGNAR., 1998). Le système racinaire pivotant qui peut descendre jusqu'à 1.2 m on trouve le plus grand nombre de racine entre 0.20 à 0.25 m de profondeur (BARRETO., 1983).
	Les feuilles	Les feuilles du haricot sont trifoliées, composées de trois folioles distinctes. Deux types de feuilles sont observés : les premières, simples et opposées, et les suivantes, composées de trois folioles disposées de manière alternée. Ces dernières sont généralement ovales et mesurent de 6 à 15 cm de long sur 3 à 11 cm de large. La foliole centrale est symétrique, tandis que les folioles latérales sont asymétriques, selon la description de (GALLAIS et BENNERORT,1992).
	La tige	Les grandes tiges peuvent atteindre 2 à 3 m de long ; c'est l'haricot à rames courte ne dépassent guère 30 40cm de longueur et l'haricot ayant de telles tiges est appelé haricot naine (DUPONT et GUIGNARD., 1989).
Appareil végétatif	La fleur	La famille Fabaceae est caractérisée par une architecture qu'elle offre des fleurs sous forme de grappe auxiliaires courtes comptant de 4 à 10 fleurs (CHAUX et FOURY. 1994). Chaque fleur a environ 2 cm de longueur et de couleur très variée ; rose, blanche, violette, rouge (BELL, 1994). Les fleurs d'haricot vert sont de forme papilionacées, et comprennent : 5 sépales, 2 pétales, 9 étamines soudées par leur base et une étamine libre, un ovaire avec une loge renfermant de 4 à 8 ovules.
	Les fruits	Solen HUBERT (1978), ce sont des gousses allongées généralement droites, plus ou moins longues et terminées par un point. Leur largeur varie de 8 à 25 mm. Elles renferment en moyenne de 4 à 8 graines.
	Les graines	Les graines du haricot sont de forme réniforme, allant d'arrondies à ovales, parfois plus allongées. Elles sont riches en amidon et en matières protéiques. Leur aspect rappelle celui du rein, avec une cicatrice ou hile visible sur le côté concave, selon (CHAUX et FOURY, 1994).

1.1.3) Caractéristiques phénologiques

Le cycle végétatif de la plante est représenté dans la figure ci-dessous :

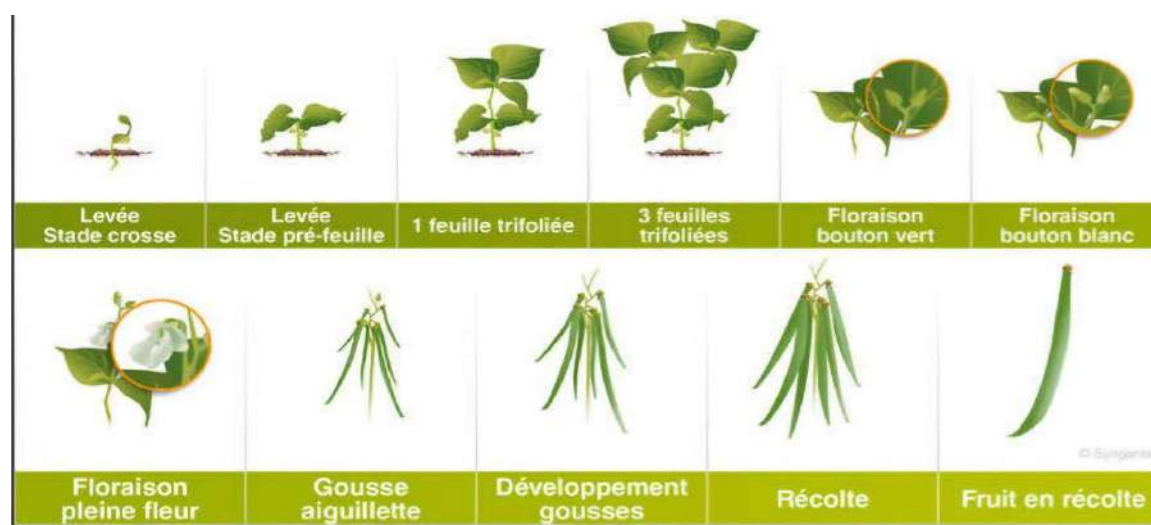




Figure 01. Stades de développement du haricot (*Phaseolus vulgaris. L.*). (FELLER et AL., 1995)

Tableau 02. Stades de développement du haricot (*Phaseolus vulgaris. L.*)

<p><b>Phase de germination</b> Selon les conditions thermiques, la germination des graines peut durer de 4 à 8 jours (HUBERT., 1978) , Les cotylédons finissent par émerger du sol, laissant ensuite place à la première paire de feuilles.</p>	
<p><b>Phase de croissance</b> Les cotylédons commencent à disparaître entre 3 et 4 jours avant l'émergence. (PITRAT et FOURY., 2003) Après l'apparition de la première feuille trifoliolée, une période de 5 à 6 jours est nécessaire avant que la deuxième feuille trifoliolée n'émerge. Environ un mois après la germination, le plant de haricot présente une dizaine de feuilles trifoliolées et atteint sa hauteur définitive, comprise entre 30 et 40 cm au-dessus du sol, caractéristique des variétés naines (DUPONT et GUINARD., 1989).</p>	 <p>BOUARI et BOUMADDA</p>

**Phase de floraison**

Selon **LECOMTE (1997)**, La floraison débute généralement entre trois semaines et un mois après le semis, et se prolonge pendant environ un mois et demi selon les conditions climatiques. La jeune gousse, quant à elle, atteint sa taille finale en une douzaine de jours.

**Phase de maturation**

Une fois la taille définitive atteinte, la période de formation dure entre 15 et 30 jours. Vingt jours plus tard, les gousses s'ouvrent naturellement, signalant la maturité des graines. Ainsi, le cycle végétatif complet du haricot s'étend sur une durée de 75 à 130 jours (**LECOMTE., 1997**).



### 1.1.4) Caractéristiques biologique

#### a) Exigences édaphique

La plante n'a pas d'exigences particulières concernant le type de sol mais est sensible aux pH bas (Optimum entre 6,1 et 7,4). (**RENARD et AL, 2007**). Il préfère bien les sols à texture moyenne sableux humifères et siliceux-argilo, peu profonds et bien approvisionnés en eau et en sels minéraux, et craint les terres battantes, sèches et pauvres (**HAMZA, 1980**).

Les sols destinés à la culture du haricot doivent présenter des caractéristiques générales de perméabilité et un bon état sanitaire et de richesse relative (**LAUMONIER, 1979**).

#### b) Exigences hydriques

L'eau est un facteur très important pour la qualité des filets des variétés cultivées (**LAUMONNIER, 1979**). Selon **BESAPLAY (1984)**, le haricot exige beaucoup d'eau notamment pendant la floraison et la formation des gousses. L'insuffisance de l'humidité au cours de cette phase de développement, diminue considérablement le rendement, et l'excès d'eau allonge la période de fructification et favorise l'attaque des maladies fongiques telle que l'antracnose.

#### c) Exigences climatiques

##### Température

La température optimale de croissance de haricot varie de 15 à 25 °C. Des températures supérieures à 30 °C entraînent l'avortement des fleurs (**SILVA et AL., 2020**). Le haricot a également une légère tolérance au gel mais la croissance s'arrête en dessous de 10 °C et le gel entrave le rendement à différents stades de croissance (**SMOLIAK et AL., 1990; WORTMANN, 2006**).

##### Lumière

La plante réagit fortement à l'intensité lumineuse, en particulier durant la phase de floraison. Un manque de lumière peut provoquer la chute des fleurs, selon (**PERON,2006**)

## **Humidité**

En ce qui concerne l'humidité, elle varie entre 50 et 60 % durant la phase de développement végétatif, mais atteint 70 % pendant la maturation des fruits. Une atmosphère sèche peut entraîner la chute des fleurs (**CABURET et HEKIMIAN, 2006**).

### **d) Exigences en culture**

#### **Binage et buttage ;**

Pour détruire la croûte formée à la surface du sol avant la levée, un hersage ou un ameublissement à la main est recommandé (**BIZPALY, 1984**). Deux binages sont pratiqués, le 1er est réalisé quelques jours après la levée et l'autre avant la floraison (**PERON, 2006**).

#### **Désherbage :**

Le désherbage chimique du haricot peut être efficace, mais il nécessite une grande prudence et une certaine expérience. En effet, la réaction des différentes variétés ainsi que l'influence des saisons de culture sont très variables (**LAUMONNIER, 1979**).

#### **Arrosage :**

Il est recommandé d'effectuer les arrosages par aspersion en soirée afin d'éviter tout risque de brûlure du feuillage (**LAUMONNIER, 1979**).

#### **Tuteurage :**

Le palissage est réservé uniquement aux variétés grimpantes nécessitant un support pour soutenir leurs tiges, pouvant atteindre 1,80 mètre de hauteur. Pour cela, on utilise des matériaux tels que des bambous, des piquets, de la ficelle, du fil de fer ou encore du grillage (**DOOREMBOS, 1980**).

Les faisceaux de roseaux peuvent conduire à un manque d'aération et à une difficulté dans la cueillette (**POLESE, 2006**).

**Aération :**

L'objectif est de rénover la serre et de contrôler la température ainsi que le taux d'humidité lorsque cela est nécessaire. Cela permettra d'éliminer l'excès d'humidité et de chaleur, réduisant ainsi les conditions propices au développement des maladies cryptogamiques (SNOUSSI, 2010).

**Récolte :**

Afin de ne pas endommager les plantes, il est crucial de sectionner les gousses soigneusement au moment de la récolte. Une cueillette fréquente, parfois effectuée jusqu'à deux fois par jour, permet d'obtenir une récolte de meilleure qualité, car les gousses de petit diamètre sont souvent vendues à un prix plus bas (FAO, 2006).

### 1.1.5) Intérêt cultureux de l'haricot

#### a) Intérêt agronomique

Sur le plan agronomique et en tant que légumineuse, l'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) peut s'intégrer dans les systèmes de production biologique qui utilisent la bio-fertilisation. En effet sa culture laisse des reliquats azotés.

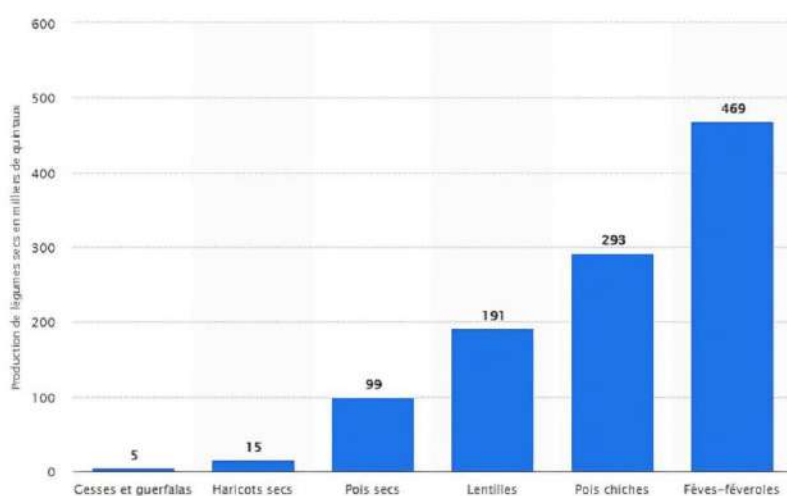
A cet effet, il est utilisé avec d'autres légumineuses dans les systèmes des rotations et d'associations culturales avec d'autres cultures notamment les céréales dans le but d'assurer la meilleure efficacité d'utilisation des ressources en azote (CANADO et AL, 2003).

En tant que légumineuse, le haricot présente plusieurs avantages :

Il possède un système de fixation symbiotique de l'azote plus efficace, car il combine cette fixation avec la photosynthèse (POCHON, 1981).

#### b) Intérêt économique

En Algérie, les légumineuses alimentaires économiquement accessibles occupent une place importante dans la sécurité alimentaire (BOUDJENOUIA et AL., 2003). La bibliographie concernant les légumineuses alimentaires fait mention des cultures traditionnelles importantes qui sont : la lentille (*Lens culinaris* L.), le pois chiche (*Cicer arietinum* L.), le pois (*Pisum sativum* L.), la fève (*Vicia faba* L.) et le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) (BOUZERZOUR et AL., 2003).



**Figure 02.** Production de légumes secs par type en Algérie (2016-2017)

(Statista Research Department, 2019)

Les statistiques illustrées dans la figure n°2 montrent que la production de légumes secs en Algérie entre 2016 et 2017 (par type de légumes) est marquée par une production importante de la fèves-féveroles avec environ 500.000 quintaux suivi dans l'ordre décroissant de pois chiches, lentilles, pois secs, haricots secs et enfin la gesse. La production de haricots secs se trouve en cinquième position s'estimant à environ 15.000 quintaux (**STATISTA RESEARCH DEPARTMENT, 2019**). Ils sont moins produits car ils consomment selon les agriculteurs beaucoup d'eau.

### c) Intérêt nutritionnel

La culture d'haricot (*Phaseolus vulgaris. L*) est destinée à la consommation humaine (Les gousses ou graines sont consommées à l'état frais ou les graines à l'état sec et à l'alimentation des animaux (Les résidus de cultures tels que les gousses et tiges séchées. (**WORTMANN, 2006; KAKON et AL., 2016**).

Sur le plan nutritionnel et comme beaucoup de légumineuses à graines, ils apportent un sentiment de satiété chez les patients atteints de syndromes métaboliques (**REVERRI et AL., 2017**).

## 2) Généralité sur le stress salin

### 2.1) Définition de stress

Le stress salin est un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> (**HOPKINS., 2003**). Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (**TREMBUN., 2000**).

La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage pour leur culture, varie avec les familles, les genres et les espèces, mais aussi les variétés considérées (**LEVIGNERON et AL., 1995**).

- **Stress biotique** : imposé par d'autres organismes (insectes, herbivores...).
- **Stress abiotique** : provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité.

### 2.2) Les différents types de stress

Peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

#### 2.2.1) Stress hydrique

Le stress hydrique du sol doit être décomposé en déficit hydrique et l'excès d'eau entraînant l'asphyxie. Il peut limiter ainsi la croissance des végétaux, en modifiant le lien entre la disponibilité et les besoins (**BEZZALA, 2005**). Il se traduit chez la plante par une série de modification qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles.

Le déficit hydrique joue un rôle direct sur la physiologie des plantes ; toutes les fonctions physiologiques ne sont pas affectées en même temps et avec la même ampleur (**BRISSON, 2008**).

#### 2.2.2) Stress thermique

Pour effectuer sa croissance et son développement, chaque plante exige une gamme bien particulière de températures. Chaque plante possède une température optimale de croissance et de développement, qui ne peuvent se dérouler qu'entre des limites supérieures et inférieures. Lorsque la température avoisine ces limites, la croissance

diminue et au-delà, elle s'annule (HOPKINS, 2003).

Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (OUKARROUM, 2007).

### 2.2.3) Stress salin

Le stress salin peut directement ou indirectement affecter le statut physiologique des plantes en changeant leur métabolisme, leur croissance et leur développement (AJMAL KHAN, 2000 ; GARG et AL, 2002). Il est difficile d'estimer les conséquences d'un stress salin, car il recouvre à la fois des stress hydrique, ionique et nutritionnel. Ainsi, les impacts de la salinité sur le développement et le rendement de la plante sont aussi nombreux que difficiles à hiérarchiser.

## 2.3) Le stress salin

### 2.3.1) Définition de la salinité

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en Na, Ca, Mg sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (ASLOUM, 1990).

La salinisation des sols est généralement associée aux apports de sels dissous, issus de l'hydrolyse du substrat édaphique constitué de roches endogènes ou exogènes (salinisation primaire) ou des activités éoliennes et hydriques: embruns marins, eau d'irrigation et nappe phréatique subaffleurant et salée (salinisation secondaire) (DIEYE, 1994).

La salinité des sols a été définie de manière différente suivant le domaine d'utilisation des sols. Du point de vue agronomique, un sol salin (saline soil) est défini comme un sol qui renferme assez de sels en solution, pour voir sa productivité diminuer (RICHARDS, 1954 in BENZELLAT., 2012)

## 2.4) Effet de la salinité

### 2.4.1) Effet de la salinité sur la germination

Les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination (**ISMAIL., 1990 in Lachiheb et al., 2004**). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (**UNGAR., 1978; KABAR., 1986 in DEBAZ et AL., 2001**).

A titre d'exemple ; le taux de germination du cotonnier chute de 70% en présence de 12 g/l de chlorure de sodium (NaCl) et la germination des tubercules de pomme de terre peut être retardée de 3 à 7 jours selon le degré de salinité du sol (**LEVIGNERON et AL., 1995**). La luzerne qui voit sa germination affectée négativement par la présence du sel et peut être inhibée complètement à des concentrations supérieures à 15 g/l de NaCl (**CHAIBI., 1995**).

### 2.4.2) Effet de la salinité sur la croissance

La réponse immédiate au stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (Wang et Nil, 2000). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (**CHARTZOULAKIS et KLAPAKI, 2000**).

La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate (Mohammad et al., 1998 in Bouzid., 2010). Le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (**MELONI et AL., 2001**).

Selon **LEVIGNERON et AL (1995)**, une augmentation brutale de la salinité du sol se traduit par une réduction immédiate de la croissance foliaire. Un retard de croissance

important est signalé chez la plupart des glycophytes dès 50mM/l de NaCl dans la solution du sol

Par contre chez les halophytes leur croissance ne semble diminuer que pour des concentrations beaucoup plus élevées ; par exemple chez *Atriplex halimus L.* c'est à partir de 480 mM/l de NaCl que sa production diminue (**BRUN., 1980 in Baba Sidi KACI., 2010**).

#### **2.4.3) Effet la salinité sur la partie aérienne**

Selon les travaux de Nabil et **COUDRET (1995)**, rapportés par **VIEGAS et SILVEIRA (1999)**, le stress salin entraîne une diminution de la surface foliaire totale ainsi qu'un ralentissement de la croissance racinaire, suivi d'une augmentation du volume racinaire. Par ailleurs, des signes de sénescence et de nécrose apparaissent au niveau des feuilles basales, c'est-à-dire les feuilles matures. Ces symptômes sont généralement liés à un excès d'ions sodium ( $\text{Na}^+$ ) et chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), induisant une chlorose, puis la mort progressive des feuilles âgées

#### **2.4.4) Effet de la salinité sur la partie racinaire**

De nombreux auteurs considèrent le développement accru du système racinaire au détriment de la partie aérienne comme un indicateur de résistance à la salinité. L'augmentation du rapport racine/tige constitue une réponse caractéristique des glycophytes face au stress salin (**GREENWAY et MUNNS, 1980**). Les résultats obtenus montrent clairement que la croissance des espèces étudiées est affectée par la salinité.

#### **2.4.5) Effet de la salinité sur le rendement**

L'accroissement de la concentration saline entraîne une réduction marquée du rendement des plantes, la sensibilité à ce stress variant d'une espèce à une autre (**ASLAM et AL, 2004**)

Les espèces végétales diffèrent dans leur réponse au stress salin et leur productivité (rendement). La comparaison des rendements des génotypes sous différents niveaux de salinité est clairement essentielle pour définir leur potentiel génétique mais aussi pour étudier les raisons de leur bon rendement. (**ASLAM et AL, 2004**).

### 2.5) Comportement de la plante en milieu salin

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

- Les halophytes supportent les concentrations en sels et la croissance est stimulée par la concentration entre 200 et 500 mM.
- Les glycophytes représentent la majorité des espèces végétales dont leur croissance est ralentie dès que la concentration des milieux externes dépasse 100 mM et devient létale à partir de 300 mM.

Les halophytes et les glycophytes, peuvent développer plusieurs mécanismes pour assurer leur cycle de croissance et de développement. Certaines espèces utilisent le mécanisme d'exclusion des sels en excès, ou les compartimentent dans la vacuole. On peut distinguer deux comportements des plantes vis-à-vis du sel : les exclusions et les inclusions (MAHROUZ, 2013).

### 2.6) La tolérance des plantes a la salinité

La tolérance de la salinité est l'habilité des plantes à croître et compléter leur cycle de vie sur un substrat contenant la forte concentration de sel soluble.

Les plantes développent un nombre important de mécanismes biochimiques et cellulaires pour faire face au stress salin. ( SHANNON, M. C., & GRIEVE, C. M. (1999)

**CHAPITRE (II) : MATERIEL  
ET METHODES**

### 1). Objectif de l'essai

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la salinité sur quelques paramètres morphologiques et physiologiques chez trois variétés de l'haricot "Rouge d'Aoulef , Tadalghet noir, Contender " (*Phaseolus vulgaris L.*).

### 2). Installation et conduite de l'essai

#### 2.1). Site expérimental

Le travail a été réalisé au niveau de la serre de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université Kasdi Merbah à Ouargla durant la période de début de janvier jusqu'à fin de mars 2025



Figure N°03 : Installation et conduite de l'essai

### 3). Matériel végétal




Pour évaluer l'effet de la salinité sur le processus de germination et de croissance du haricot (*Phaseolus vulgaris L.*), nous avons utilisé des graines appartenant à trois variétés " Rouge d'oulef , tadelghet noir, contendre "



Figure 04. Semences d'haricot

Le tableau 03 montre l'origine et certaines caractéristiques de chaque génotype testé.

**Tableau 03.** Caractéristiques et origine des semences d'haricot

Espèces	Variétés	Origine	Caractéristiques	Photo
<i>(Vigna Uguiculata)</i>	Rouge d'Aoulef	Adrar, Sahara	<p><b>Couleur de graine :</b> beige brune</p> <p><b>Forme de graine :</b> Rhomboïde</p> <p><b>Texture de la graine :</b> lisse</p> <p><b>Poids de mille graine</b></p> <p><b>PMG :</b> 152</p>	
<i>(Vigna Uguiculata)</i>	Taleghet noir	In Saleh	<p><b>Couleur de graine :</b> chamois clair</p> <p>une variété naine de type mangetout longues feuilles de couleur verte claire, des fleurs à couleur violettes qui produit des gousses charnues sans fil de 17 à 18cm de diamètre est résistante au virus</p>	
<i>(Phaseolus vulgaris)</i>	Contender	Local	<p><b>Couleur de graine :</b> noire</p> <p><b>Forme de la graine :</b> Rhomboïde</p> <p><b>Texture de la graine :</b> lisse</p>	

## Travaille dans laboratoire

### 3.1). Préparation des solutions saline

**Tableau 04.** Les différentes concentrations salines (SAID et TABTI, 2024)

Solution	Concentration mM	NaCl g/l
1	0	0
2	25	1,46
3	50	2,92
4	75	4,38
5	100	5,85

## 4.) Essai de germination

### 4.1) Préparation des graines

- Trier et stériliser les graines des deux cultivars étudiés (Rouge d'Aoulef, Tadeleghet noir et Contendre) par lavage à l'hypochlorite de sodium pendant 5 minutes
- Rincez ensuite abondamment à l'eau distillée pour éliminer l'eau de Javel et les conservateurs adhérant aux graines.
- Les boîtes de Pétri utilisées étaient des boîtes stériles d'un diamètre de 9 cm et d'une hauteur de 1cm, dans chaque boîte nous avons placé 5 graines sur du papier filtre

auquel nous avons ajouté 2 ml d'eau distillée stérile, pour chaque variété nous avons réalisé 3 répétitions (R1, R2, R3), pendant 15 jours

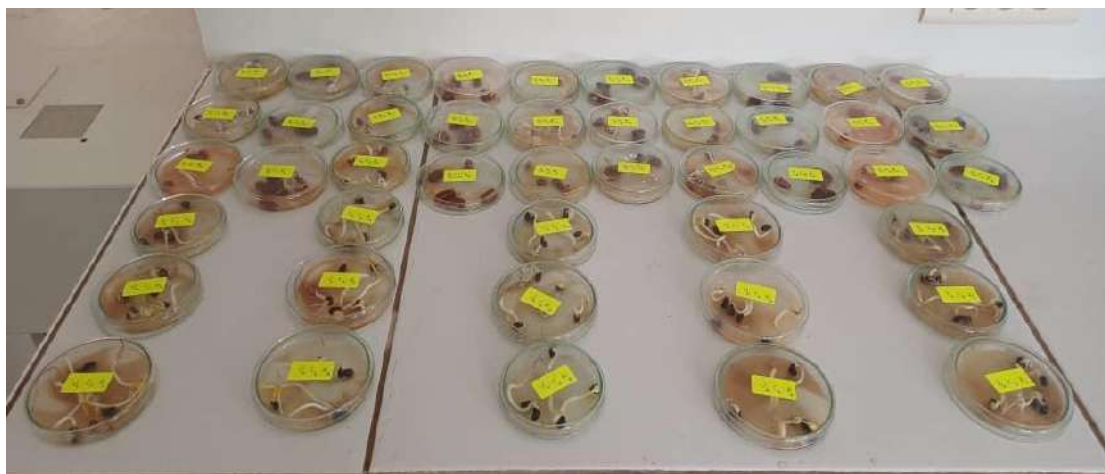
- Nous avons préparé les graines par la même méthode de test de germination et nous avons appliqué les stress par l'irrigation des graines avec les différentes concentrations salines de NaCl (0,25,50 ,75 et 100 mM)

**4.2) Dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental adopté est un split plot à deux facteurs étudiés (03 variétés (V) d'haricot et 05 concentrations salines (C) répété trois fois (R).



**Figure 05.** Description du dispositif expérimental de l'essai de germination dans les boîtes de pétri



**Figure 06.** Essai de germination dans les boites de pétri au laboratoire

### 4.3) Paramètres étudiés

#### 4.3.1) Paramètres morphologiques

##### Longueur de la radicule

La longueur de la racine primaire a été mesurée précisément à l'aide d'une règle graduée.

##### Longueur de la tigelle

La même méthode de la mesure de la radicule

#### 4.3.2) Paramètres physiologiques

##### Taux de germination des graines (TG)

Selon **Mazliak (1982)**, c'est le pourcentage de germination maximale 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.

$$\text{TG} = (\text{NI} / \text{NT}) \times 100$$

**NI** : nombre total des graines mis en germination. **NT** : nombre de graines germées.

### Vitesse de germination

Le "temps de germination" est défini comme la période temporelle à partir de laquelle le processus germinatif s'initie. Dans le but de quantifier la dynamique de la germination, un ensemble d'équations simples et d'usage fréquent a été élaboré. Le coefficient de vélocité ( $C_v$ ), proposé par **KOTOWSKI (1962)**, constitue l'un de ces indicateurs importants :

$$C_v = (N_1 + N_2 + N_3 \dots + N_n) * 100 / (N_1 T_1 + N_2 T_2 + N_3 T_3 \dots + N_n T_n)$$

Où le temps moyen de germination (TMG) qui représente l'inverse x 100 de  $C_v$

$$TMG = (N_1 T_1 + N_2 T_2 + N_3 T_3 \dots + N_n T_n) / (N_1 + N_2 + N_3 \dots + N_n) = (1 / C_v) * 100$$

$N_n$  = nombre de semences germées entre le temps  $T_{n-1}$  et le temps  $T_n$

### Travail dans la serre expérimentale

#### 5) Essai de croissance

Cet essai a été réalisé au niveau de la serre de l'exploitation agricole de l'UKMO.

##### 5.1) Semis sur plaques à alvéoles

Le semis a été effectué le 4 janvier 2025 en utilisant des plaques alvéolées.

Un total de 48 graines par variété a été semé.

Les graines ont été germées dans un substrat commercial (terreau) placé dans les plaques, fourni par le laboratoire de l'université.

Les plantules ont été arrosées avec de l'eau filtrée pendant 18 jours consécutifs afin de favoriser la germination et la croissance initiale des plantes avant leur exposition aux conditions de stress salin.



**Figure 07.** Mise à germination et croissance des plantules dans des plateaux alvéole (source personnel)

## 5.2. Préparation du substrat

L'expérience a été réalisée en utilisant un mélange composé de sable et de terreau (V1, V2). Le sable a été prélevé dans la région de Sidi Khouiled, puis soumis à un processus de purification afin d'éliminer les impuretés, dans le but d'obtenir la texture requise pour l'expérimentation. Une fois le sable purifié, il a été mélangé au terreau selon les proportions définies.

Le mélange a ensuite été placé dans un récipient expérimental d'une capacité de 3kg, avec un diamètre de 15 cm et une hauteur de 16 cm. Afin d'assurer un bon drainage de l'eau, une couche de gravier a été disposée au fond du récipient avant l'ajout du mélange.

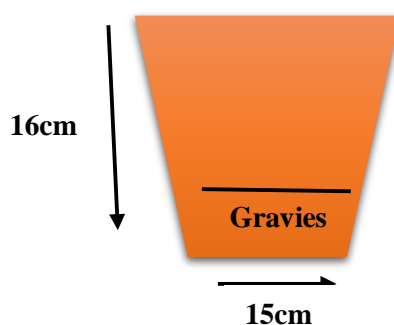


Figure 08. Les mesures de pots

Paramètres chimique Substrat	CE	PH
	Sable	3.43
Terreaux	/	5.3-6.2

Tableau 05. Caractéristique chimique du substrat

## 5.3) Repiquage

Après la croissance des plantes et l'apparition des premières feuilles, les plantules des trois variétés ont été arrachées et transplantées dans des pots, à raison de deux à trois plantes par pot, en respectant une profondeur de plantation appropriée comprise entre 2 et 3 cm, et en tassant suffisamment le sol pour assurer un bon contact avec la

couche inférieure du substrat. L'opération de plantation a été effectuée le 30 janvier 2025."



Figure 9. Le repiquage



Figure 10. La mise en culture dans la serre

5.4) Dispositif expérimental

Les pots ont été placés selon un dispositif en split plot, avec :

- 5 traitements salins
- 3 variétés
- 3 répétitions

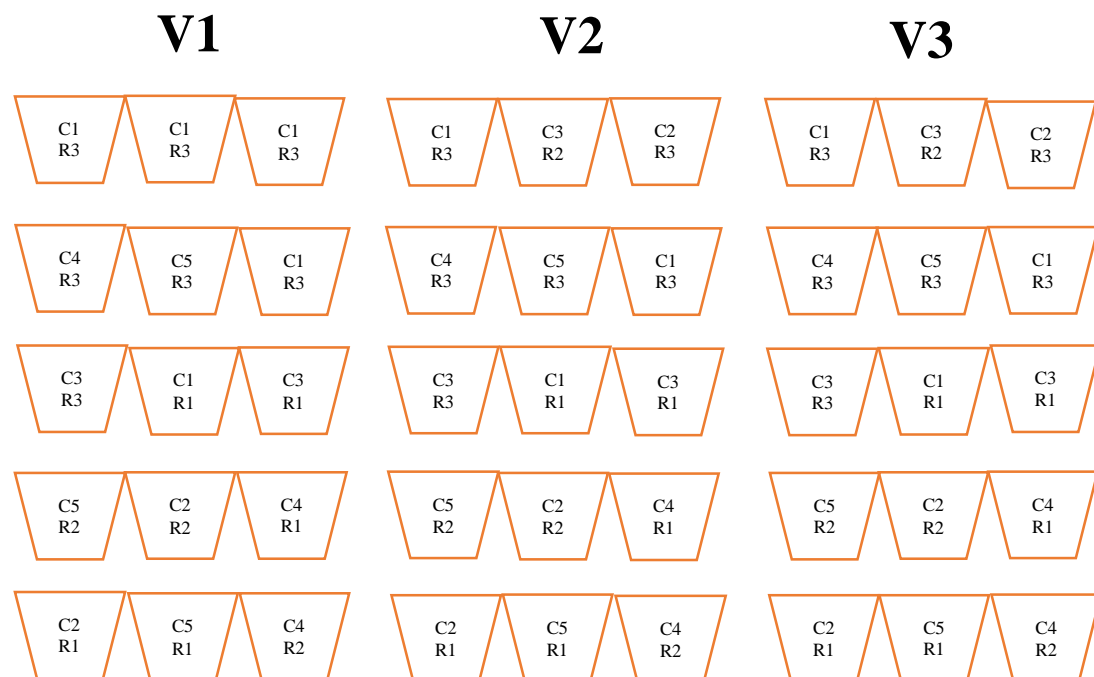


Figure 11. Description du dispositif expérimentale de l'essai de croissance dans les pots et sous serre

### 5.5) Estimation des besoins en eau

Dans le but de déterminer la quantité d'irrigation nécessaire, nous avons suivi les étapes suivantes : premièrement, nous avons collecté trois échantillons d'un substrat qui avait été séché à l'air libre. Deuxièmement, chaque échantillon a été placé dans un petit pot, et nous l'avons humidifié jusqu'à saturation. Finalement, après une période de 48 heures, nous avons effectué la pesée de chaque pot.

$$H_{pcc} = \frac{M_h - M_s}{M_s} * 100$$

**M<sub>h</sub>** = Mass humide

**M<sub>s</sub>** = Masse sec

### 5.6) Irrigation et Application du stress salin

L'irrigation a été réalisée avec de l'eau filtré dont la capacité au champ a été déterminée par la différence entre la quantité d'eau avant arrosage et la quantité d'eau récupérée après 24 heures de décantation. Soit 250 ml le volume d'arrosage calculé, La première dose de stress salin a été appliquée au stade de 3-4 feuilles.

### 5.7) Paramètres étudiés

#### 5.7.1) Paramètres morphologiques

##### Hauteur de la plante

La dynamique de croissance a été évaluée par la mesure de la hauteur des plantes, en tenant compte des différentes variétés et traitements, réalisée trois semaines (21 jours) après l'induction du stress, à l'aide d'une règle graduée allant du collet au sommet de la partie aérienne.

##### Longueur de la racine

Pour chaque combinaison de variété et de concentration de NaCl, trois plantes ont été sélectionnées. Les parties aériennes et souterraines ont ensuite été séparées. Les racines ont été lavées sous un jet d'eau, puis séchées délicatement entre deux feuilles de papier filtre. Enfin, la longueur de la racine principale a été déterminée à l'aide d'une règle graduée.

### Nombre des feuilles

Afin d'évaluer l'impact de la salinité sur les parties aériennes au stade de croissance des trois variétés, le nombre de feuilles a été recensé pour chaque répétition de l'expérience

### 5.7.2) Paramètres physiologiques

#### Matière fraîche

Trois spécimens de chaque variété ont été prélevés pour chaque niveau de concentration en NaCl. Suite à cela, une séparation des organes épigés et hypogés a été effectuée. Les racines ont été lavées sous un flux d'eau, séchées par absorption entre deux feuilles d'aluminium dont la masse avait été préalablement établie, et leur masse fraîche a été mesurée à l'aide d'un instrument de pesage de précision.

#### Matière sèche

Dans le but de déterminer le poids frais des organes aériens et le poids sec des organes souterrains des différentes variétés, les échantillons végétaux ont été incubés à une température de 105°C durant une période de 24 heures.

#### Indice de tolérance au stress

Un indice de tolérance au stress (ITS) a été calculé pour évaluer la tolérance des génotypes. Cet indice est le rapport du poids sec total de la plante stressée à celui de la plante témoin. Sur cette base, les plantes avec un ITS plus élevé ont été classées comme tolérantes.

$$\text{ITS} = \left( \frac{\text{PST à S}}{\text{PST à S1}} \right) * 100$$

Où ; **PST** = poids sec total, **S1** = traitement témoin, **Sx** = traitement salin par **SEYDI**

#### Surface foliaire

Pour calculer la surface des feuilles, une méthode indirecte a été utilisée. Le poids d'un centimètre carré de papier calque a servi de référence. Après avoir dessiné et découpé le contour de chaque feuille sur ce papier, son poids a été mesuré.

La surface foliaire a été calculée en utilisant la formule :

$$\mathbf{SF = MF / MP}$$

**MF** : masse du papier découpé

**MP** : masse de 1 cm<sup>2</sup> du papier [1]

### **Teneur en eau en %**

La détermination de la teneur en eau a été effectuée en calculant la différence entre le poids de matière fraîche (PF) et le poids de matière sèche (PS) des échantillons. Le poids sec a été obtenu par dessiccation en étuve à 80°C pendant une période de 48 heures, avec des mesures de masse répétées à intervalles définis jusqu'à l'obtention d'une masse stable.

La teneur en eau est calculée par formule suivante :

$$\mathbf{TE (\%) = [(PF - PS)/PF] \times 100}$$

**CHAPITRE (III) :  
RESULTATS ET DISCUSSION**

La salinité n'affecte pas de manière uniforme les différents organes. Chacun d'eux réagit de façon spécifique sur les plans morphologique, physiologique et métabolique (HILAL et AL., 1998) et peuvent même, dans certains cas, être contradictoires entre les stades juvéniles et adultes (MUNNS et TERMAAT, 1986).

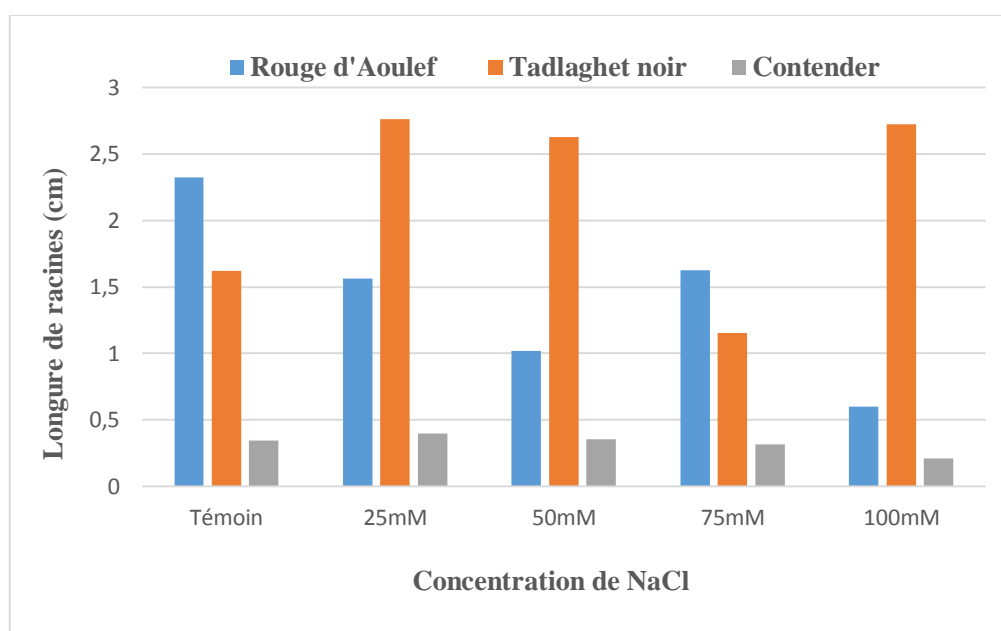
## 1) Essai de germination

### 1.1) Paramètres morphologiques

Les résultats de l'étude des paramètres morphologique sont les suivants :

#### 1.1.1) Effet de salinité sur la longueur de la racine

La figure 13 montre la longueur de la racine chez les 03 variétés



**Figure 12.** Variation de la longueur des racines en fonction du stress salin.

De manière générale, on observe que la longueur moyenne de la racine est la plus élevée dans le traitement avec l'échantillon témoin, et une diminution progressive de la longueur de la racine avec l'augmentation de la concentration en sel, ce qui illustre l'effet négatif de la salinité sur la croissance des racines.

On observe une diminution significative de la longueur de la racine avec l'augmentation de la concentration en sel. Le cultivar Rouge d'Aoulef montre certaines fluctuations selon les différentes concentrations : la longueur diminue entre 25 mM et 50 mM,

augmente à 75 mM, puis chute fortement à 100 mM. La concentration ayant eu l'effet le plus important sur la réduction de la longueur de la racine est de 100 mM (0,6 cm), tandis que celle ayant eu l'effet le plus faible est de 75 mM (1,6 cm).

Pour la variété Tadleghet, la longueur des racines est restée globalement bonne à 25 mM, 50 mM et 100 mM, avec une diminution notable à 75 mM. La concentration ayant eu l'effet le plus négatif est de 75 mM (1,1 cm), et celle avec l'effet le plus faible est de 25 mM (2,8 cm).

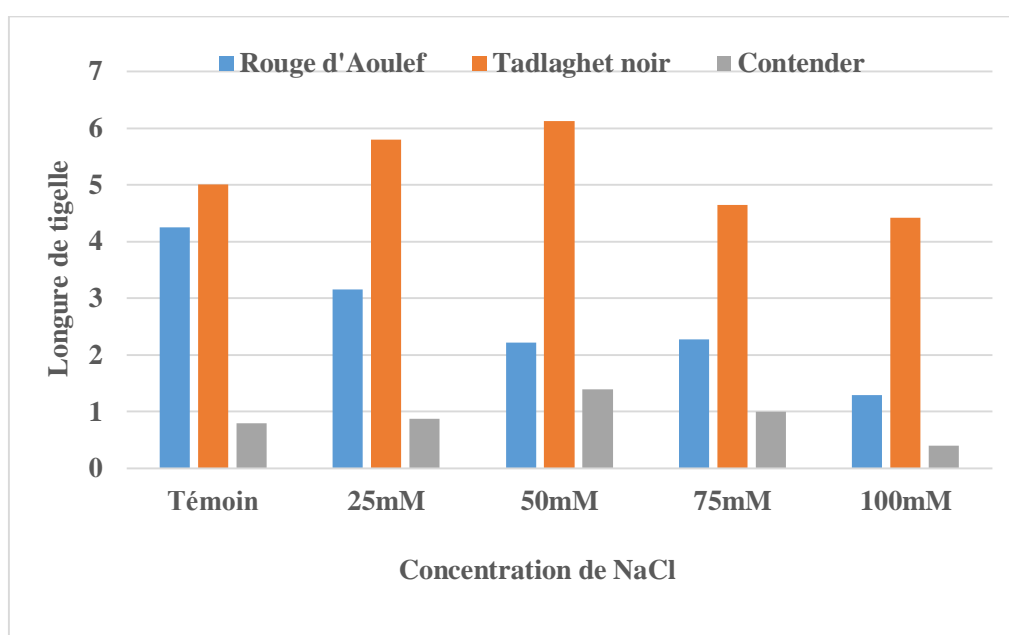
La longueur des racines du variété Contender est nettement inférieure à celle des deux autres. La concentration ayant eu l'effet le plus marqué sur la réduction de la longueur est de 100 mM (0,2 cm), tandis que celle ayant eu l'effet le plus faible est de 25 mM (0,4 cm)

Pour la longueur des racines, l'analyse de la variance a montré une influence très hautement significative de la variété ( $p < 0,001$ ), une influence significative de la salinité ( $p = 0,034608$ ) et du temps ( $p < 0,001$ ). Les interactions VARNaCl et VARJour sont également très hautement significatives ( $p < 0,001$ ), alors que les interactions NaClJour et VARNaCl\*Jour n'ont montré aucun effet significatif ( $p > 0,05$ ) (**Annexe 12 tableau A**)

L'étude précédente a montré que la salinité réduit significativement la longueur des racines chez les trois variétés étudiées (Rouge d'Aoulef, Tadleghet, et Contender), et que cet effet s'intensifie avec l'augmentation de la concentration en sel (**SAID et TABTI, 2024**). Ceci peut être expliqué par le fait que la salinité abaisse le potentiel hydrique des racines et limite l'assimilation du calcium, provoquant ainsi une inhibition de l'émergence racinaire et une réduction de la croissance, comme le confirment **MUNNS et AL. (2002)**.

### 1.1.2) Effet de salinité sur la longueur de la tigelle

La figure 14 montre la longueur de la tigelle chez les 03 variétés



**Figure 13.** Variation longueur de la tige en fonction du stress salin

Pour le cultivar Rouge d'Aoulef, on observe une diminution de la longueur de la tige avec l'augmentation de la concentration en sel. La plus grande longueur de tige a été enregistrée à une concentration de 25 mM (1,3 cm), tandis que la plus faible a été observée à 100 mM (1,2 cm).

Pour le cultivar Tadlaghet, il a montré une forte tolérance à la salinité. La plus grande longueur de tige a été enregistrée à 50 mM (1,6 cm), et la plus faible à 100 mM (1,4 cm).

Quant au cultivar Contender, il a présenté la plus faible longueur de tige à toutes les concentrations, même dans le traitement témoin. La plus grande longueur de tige a été observée à 50 mM (1,3 cm), et la plus faible à 100 mM (0,3 cm)

L'analyse de la variance a montré un effet très hautement significatif de la variété, de la salinité et du temps ainsi que de leurs interactions doubles (VARNaCl, VARJour) sur la longueur de la tige ( $p < 0,001$ ). Par contre, l'interaction NaClJour et l'interaction triple (VARNaCl\*Jour) n'ont montré aucun effet significatif ( $p > 0,05$ ) (**Annexe 12, Tableau B**)

L'étude précédente a montré que la salinité affecte négativement la croissance des tiges, en particulier chez les variétés Rouge d'Aoulef et Contender, qui ont montré une réduction significative de la croissance à tous les niveaux de salinité. La variété Tadlaghet, en revanche, a montré une tolérance relative (**SAID et TABTI, 2024**). Toutefois, selon **RUDOLFS cité in Bidai (2001)**, la salinité peut, à faibles doses,

exercer un effet stimulateur sur la croissance des plantes, ce qui pourrait expliquer des réponses variables en fonction du niveau de salinité appliqué

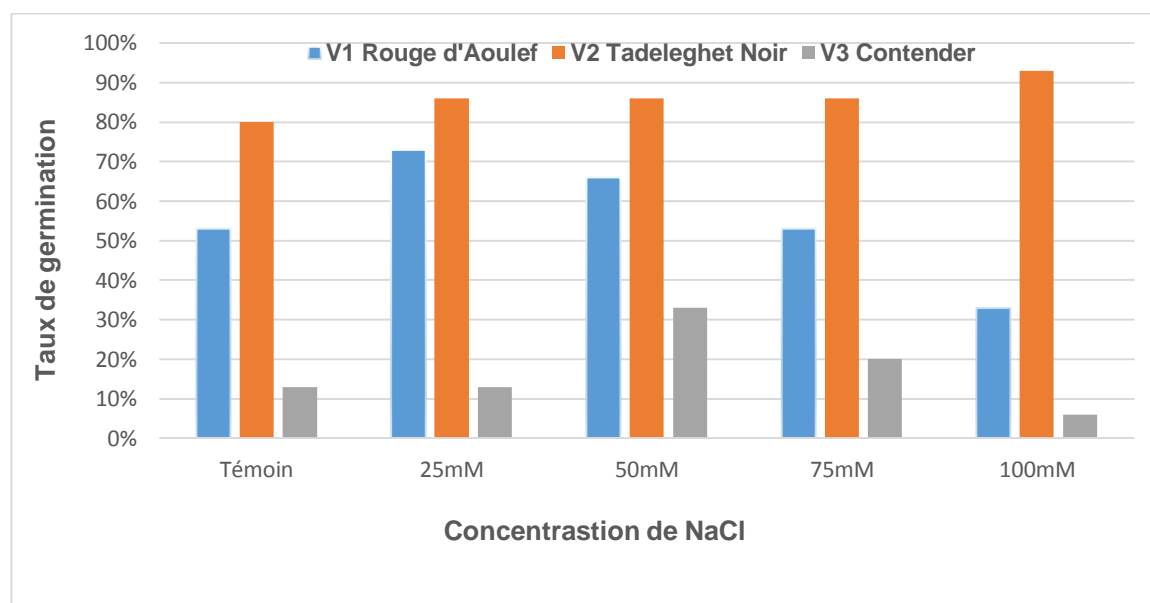
## 1.2) Paramètres physiologiques

Les résultats de l'étude des paramètres physiologiques sont les suivants :

### 1.2.1) Effet de salinité sur le taux de germination

#### Variation

La figure 15 montre la longueur de taux de germination chez les 03 variétés



**Figure 14.** Variation du taux de germination en fonction du stress salin.

La variété Rouge d'Aoulef a montré une légère augmentation à 25 mmol (73%) par rapport au témoin (53%), et a commencé à diminuer avec l'augmentation des concentrations, jusqu'à ce qu'elle atteigne (33%) à 100 mmol.

Le taux de germination de Tadeleghet était relativement élevé, se maintenant entre (86%) et (93%), même à 100 mmol, il a atteint le taux le plus élevé (93%).

Contender, par contre, a montré une grande sensibilité à la salinité, puisque le taux de germination n'a pas dépassé 33% même à des concentrations moyennes, et à la concentration la plus élevée, le taux de germination n'était que de 6%.

Les résultats statistiques montrent un effet très hautement significatif de la variable « variété » (VAR) sur le taux final de germination ( $p < 0,0001$ ). En revanche, ni la salinité (NaCl) ( $p = 0,497895$ ), ni l'interaction entre la variété et la salinité (VAR  $\times$  NaCl) ( $p =$

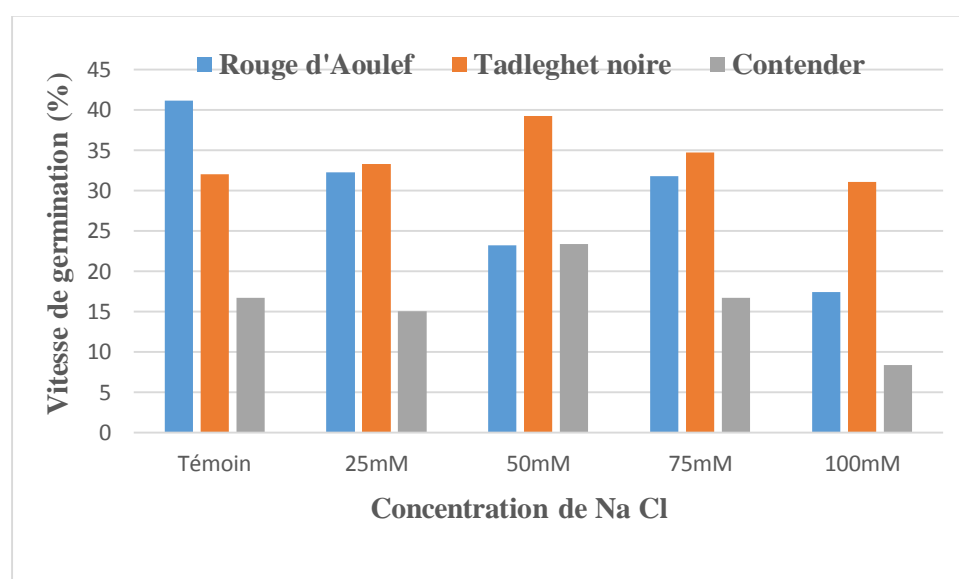
0,757091) n'ont présenté d'effet statistiquement significatif ( $p > 0,05$ ). Cela indique que les différences observées dans le taux de germination sont principalement attribuables à l'effet de la variété, indépendamment du niveau de salinité ou de l'interaction entre les deux facteurs (**Annexe 12, Tableau C**)

L'étude précédente met en évidence l'effet négatif de la salinité sur le pourcentage de germination des trois variétés de céréales. La variété Rouge d'Aoulef a montré une performance relativement bonne, avec des résultats variables et quelques baisses sous l'effet du sel. Tadlegheh, en revanche, s'est distinguée par une grande stabilité et une forte résistance à la salinité. Quant à Contender, elle a présenté un faible taux de germination, révélant une sensibilité marquée au stress salin (**SAID et TABTI, 2024**).

Ces observations s'intègrent pleinement dans le cadre des recherches antérieures. En effet, des études menées sur le blé (*Triticum aestivum*) ont montré que l'augmentation de la concentration de NaCl entraîne une réduction significative du pourcentage de germination au-delà d'un seuil critique ( $\sim 12$  dS/m), et que seules certaines souches tolérantes germinent encore à des niveaux élevés (**MD. SALEH UDDIN et AL., 2017**). De même, une analyse de huit cultivars de blé dur (*Triticum durum*) a mis en évidence des différences génotypiques marquées : les variétés Karim et Salim ont été identifiées comme tolérantes, tandis que Razeg et Maali se sont révélées sensibles, ce qui confirme la variabilité intra-spécifique à différents niveaux de salinité **HMISSI et AL. (2023)**

### 1.2.2) Effet de salinité sur la vitesse de germination

La figure 16 montre la longueur de la vitesse de germination chez les 03 variétés



**Figure 15.** Variation de la vitesse de germination en fonction du stress salin.

Pour la variété Rouge d'Aoulef, tous les traitements salins (C2, C3, C4, C5) ont montré une diminution de la vitesse de germination par rapport au témoin. Toutefois, les concentrations de sel de 25 mM et 75 mM (C2, C4) ont présenté les vitesses de germination les plus élevées (32,2 % et 31,7 %) comparées au témoin, tandis que la concentration saline la plus élevée, soit 100 mM, a affiché la vitesse de germination la plus faible (17,4 %).

Pour la variété Tadhghet noir, tous les traitements salins (C2, C3, C4) ont entraîné une augmentation de la vitesse de germination par rapport au témoin. Les concentrations de sel de 50 mM et 75 mM (C3, C4) ont donné les vitesses de germination les plus élevées (39,20 % et 34,69 %), tandis que la concentration maximale de 100 mM a provoqué une légère diminution de la vitesse de germination (31,09 %).

Quant à la variété Contender, tous les traitements salins (C2, C3, C5) ont entraîné une baisse importante de la vitesse de germination par rapport au témoin. La concentration de sel de 50 mM a cependant montré la vitesse de germination la plus élevée (23,33 %).

Les résultats statistiques montrent que la variété (VAR) a un effet très hautement significatif sur la vitesse de germination ( $p = 0,000031 < 0,001$ ), tandis que la salinité (NaCl) n'a pas d'effet significatif ( $p = 0,166298 > 0,05$ ) et que l'interaction entre la variété et la salinité ( $VAR \times NaCl$ ) n'est pas significative non plus ( $p = 0,479644 > 0,05$ ) (**Annexe 12, Tableau D**)

Nos résultats montrent une amélioration de la vitesse de germination sous salinité chez certaines variétés, contrairement à **COKKIZGIN (2012)** qui a observé une diminution des paramètres de germination avec l'augmentation du NaCl. Cette différence pourrait être liée à la tolérance spécifique des variétés locales étudiées

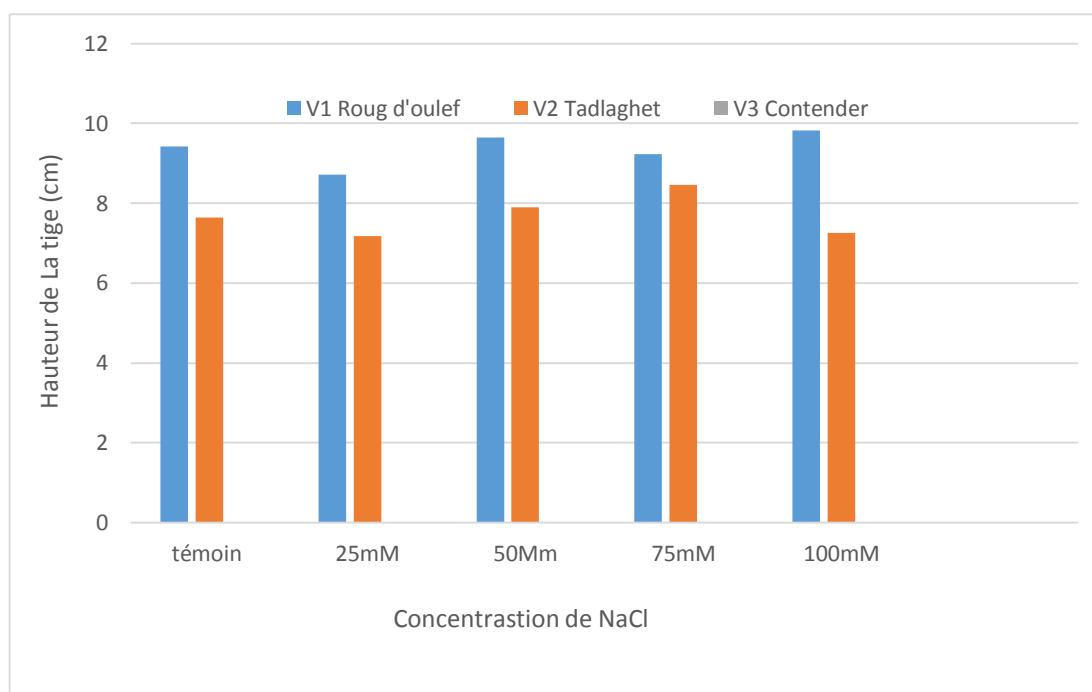
## 2) Essai de croissance

### 2.1) Paramètres morphologiques

Les résultats issus de l'étude des paramètres morphologiques sont présentés comme suit :

#### 2.1.1) Effet de salinité sur la hauteur de la tige

La hauteur de la tige chez les trois variétés est représentée dans la figure 17



**Figure 16.** Variation de la hauteur de la tige en fonction du stress salin.

Pour la variété Rouge d'Aoulef, une stabilité relative de la hauteur de la plante a été observée. La hauteur maximale a été enregistrée à une concentration de 100 mM (9,83 cm), tandis que la hauteur minimale a été observée à 25 mM (8,71 cm), en comparaison avec le témoin (9,43 cm).

Pour la variété Tadlaghet noir, une légère diminution a été constatée : plus la concentration augmente, plus la hauteur de la plante diminue. La hauteur maximale a été enregistrée à 75 mM (8,46 cm) et la plus faible à 25 mM (7,17 cm), comparée au témoin (7,64 cm).

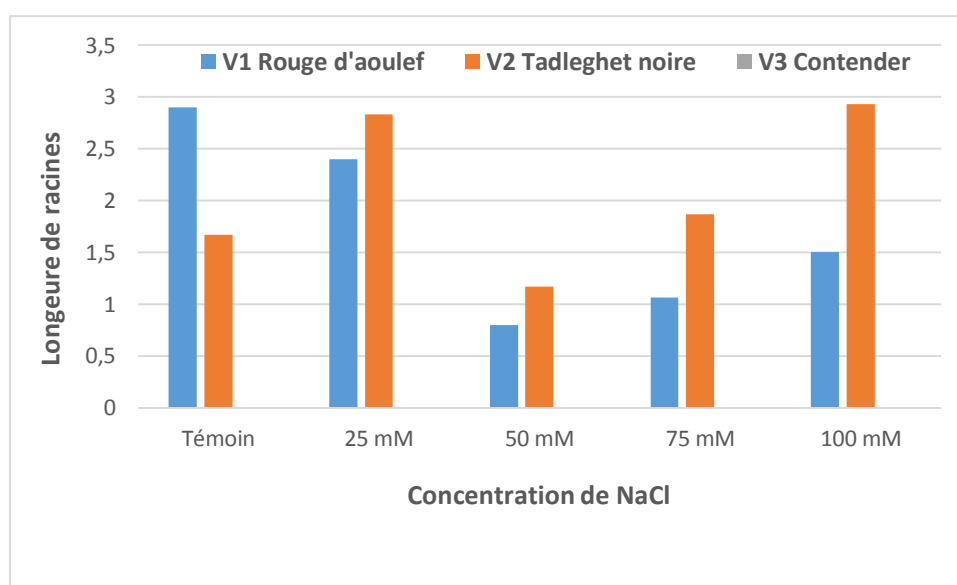
Quant au variété Contender, aucune donnée n'est disponible en raison de l'absence de croissance, rendant toute comparaison impossible

Les résultats statistiques indiquent que l'effet de la variété sur la hauteur de tige est très hautement significatif ( $p = 0,00014 < 0,001$ ), tandis que la salinité ( $p = 0,35316 > 0,05$ ) et l'interaction variété  $\times$  salinité ( $p = 0,64348 > 0,05$ ) n'ont pas montré d'effet significatif sur ce paramètre (**Annexe 12, tableau F**)

Les résultats de notre étude confirment ceux de **BEN FATTOUM (2003)**, qui a montré que l'irrigation avec une eau riche en NaCl réduit significativement la croissance en hauteur des plantes. Cependant, cette réponse varie selon les génotypes : certaines variétés, comme Contender, se sont montrées particulièrement sensibles à la salinité, ce qui souligne l'importance du facteur génétique dans la tolérance au stress salin

### 2.1.2) Effet de salinité sur la longueur de la racine

La longueur des racines chez les trois variétés est représentée dans la figure 18



**Figure 17.** Variation de la longueur des racines en fonction du stress salin

Pour la variété Rouge d'Aoulef, la longueur des racines varie selon les différentes concentrations. La racine la plus longue a été enregistrée à la concentration de 25 mM (2,4 cm), tandis que la plus courte a été observée à 50 mM (0,8 cm), en comparaison avec le témoin (2,9 cm).

Pour la variété Tadelghet noir, la plus grande longueur de racine a été enregistrée à 100 mM (2,9 cm), alors que la plus courte a été observée à 50 mM (1,1 cm), en comparaison avec le témoin.

Quant à la variété Contender, aucune donnée n'a été observée en raison de l'absence de croissance des plantes à toutes les concentrations, ce qui rend toute comparaison impossible.

Les résultats statistiques montrent des effets non significatifs de la salinité (NaCl) ( $p=0,35316$ ) et de l'interaction variété\*salinité ( $p=0,64348$ ) sur la longueur des racines. En revanche, des différences hautement significatives sont enregistrées sous l'effet de la variété ( $p=0,00014$ ) (**Annexe 12, tableau F**).

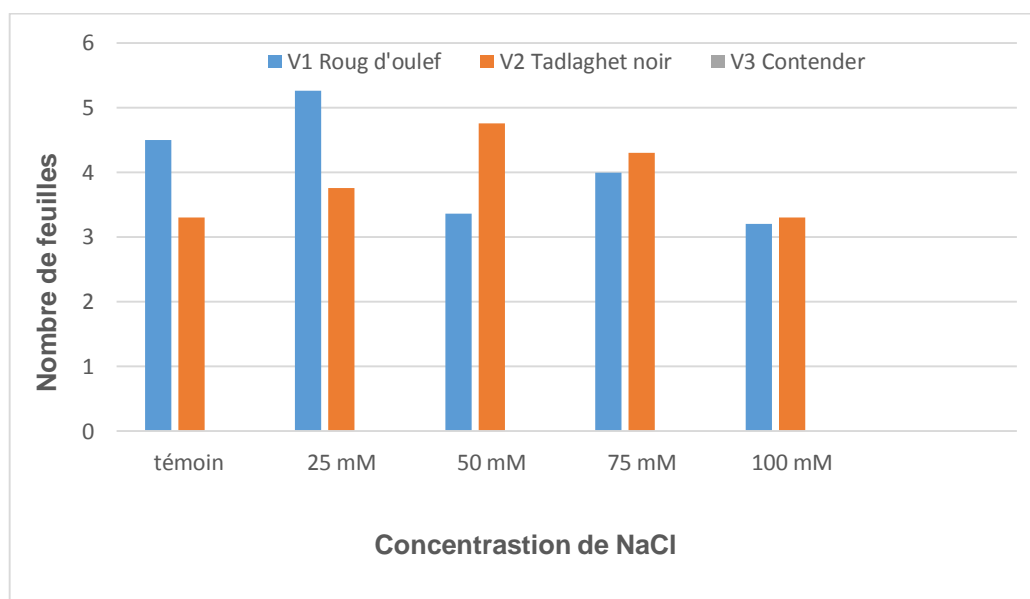
Des différences de comportement face à la salinité ont été observées entre les variétés étudiées. La variété Rouge d'Aoulef a montré une sensibilité marquée, avec une réduction notable de la croissance racinaire sous forte salinité, tandis que Tadelghet a présenté une meilleure tolérance à certaines concentrations salines. À l'inverse, aucune germination n'a été enregistrée chez la variété Contender, traduisant une hypersensibilité au stress salin dès les premiers stades de développement (**SAID et TABTI, 2024**).

Ces observations rejoignent celles de **BAKHT et AL. (2011)**, qui ont mis en évidence une diminution significative de la longueur des racines et des feuilles sous l'effet de la salinité.

Selon **ZHU et AL. (2004)**, ce phénomène est principalement dû à l'inhibition de l'absorption de nutriments essentiels tels que le potassium (K) et le phosphore (P), ce qui entrave la croissance normale des plantes.

### 2.1.3) Effet de salinité sur le nombre des feuilles

Le nombre de feuilles chez les trois variétés est représentée dans la figure 14



**Figure 18.** Variation de nombre de feuilles en fonction du stress salin.

Pour la variété Rouge d'Aoulef, on remarque que plus les concentrations augmentent, moins le nombre de feuilles est élevé, bien qu'une légère augmentation soit observée dans certains cas par rapport au témoin. Le plus grand nombre de feuilles a été enregistré à la concentration de 25 mM (5,26 feuilles), tandis que le plus faible nombre a été observé à 100 mM (3,2 feuilles).

Concernant la variété Tadlaghet noir, le plus grand nombre de feuilles a été enregistré à 50 mM (4,76 feuilles), alors que le nombre le plus faible a été observé à 100 mM (3,3 feuilles).

Quant à la variété Contender, il n'a produit aucune feuille, car il n'a pas poussé dès le départ.

Les résultats statistiques montrent un effet non significatif de la salinité ( $p = 0,273405$ ) sur le nombre de feuilles par plante, ainsi que pour l'interaction génotype\*salinité ( $p = 0,112515$ ). Par contre, nous avons enregistré une différence très hautement significative entre les variétés étudiées pour ce paramètre ( $p < 0,001$ ) (**Annexe 12, tableau G**)

L'augmentation de la concentration en sel a entraîné une réduction du nombre de feuilles chez les variétés étudiées. Rouge d'Aoulef et Tadlaghet ont réagi de manière

---

similaire, affichant une diminution progressive du nombre de feuilles en fonction de la salinité, tandis que la variété Contender n'a montré aucune croissance, suggérant une forte sensibilité au stress salin (**SAID & TABTI, 2024**).

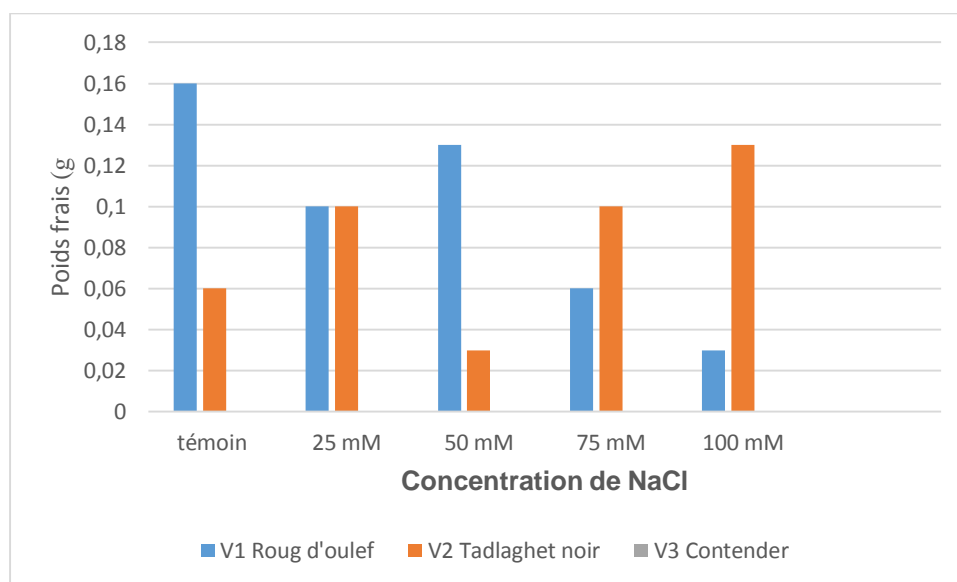
Ces résultats corroborent ceux de **MAMADOU et AL. (2014)**, qui ont observé chez *Jatropha curcas L.* une baisse significative du nombre de feuilles sous l'effet de concentrations croissantes de NaCl, comparativement aux plants témoins. Ces observations soulignent l'impact dépressif du stress salin sur le développement foliaire, indépendamment de l'espèce étudiée

## 2.2) Paramètres physiologiques

Les résultats issus de l'étude des paramètres physiologiques sont présentés comme suit :

### 2.2.1) Effet de salinité sur le poids frais

Les résultats obtenus sont présentés dans les figures 20 et 21



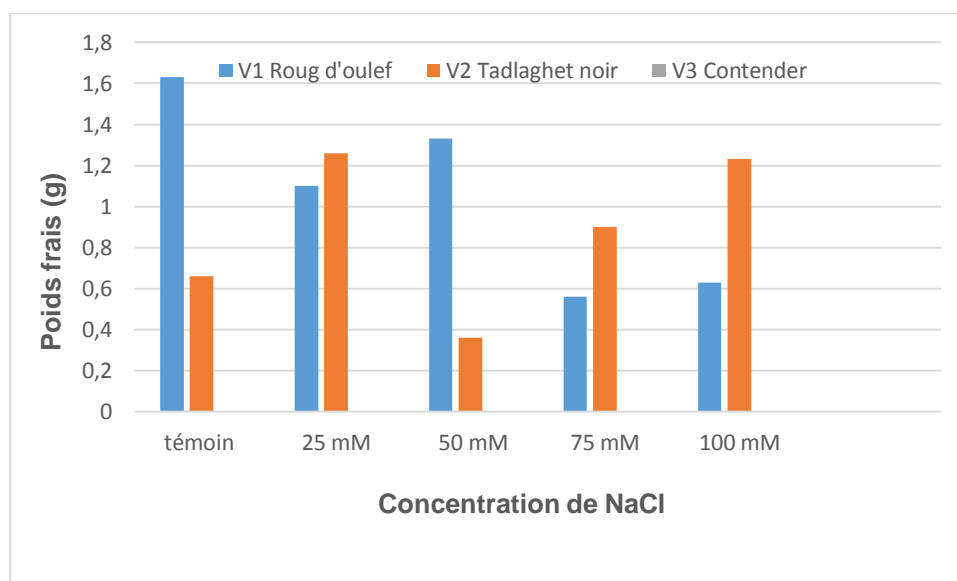
**Figure 19.** Variation de poids frais partie souterrain en fonction du stress salin.

Lorsqu'on compare le poids frais des racines des plantes stressées à celui des plantes non stressées, on observe des effets différents du stress salin.

Pour la variété Rouge d'Aoulef, le poids frais des racines diminue progressivement avec l'augmentation de la concentration en sel. En effet, il passe de 0,16 g chez le témoin à 0,1 g à une concentration de 25 mM, puis à 0,13 g à 50 mM, 0,06 g à 75 mM et enfin 0,03 g à 100 mM.

Quant à la variété Tadhaghet noir, un comportement différent est observé. Le poids frais des racines augmente dans un premier temps, avec une légère diminution ensuite à mesure que la concentration en sel augmente. Il passe de 0,06 g chez le témoin à 0,1 g à 25 mM, diminue à 0,03 g à 50 mM, puis remonte à 0,1 g à 75 mM et atteint 0,13 g à 100 mM.

En ce qui concerne la variété Contender, il n'a pas germé dès le départ, ce qui rend toute comparaison impossible.



**Figure 20.** Variation de poids frais partie aérienne en fonction du stress salin

Lors de la comparaison du poids frais des parties aériennes des plantes stressées avec celles non stressées chez les différents cultivars de haricot, on peut observer des effets variés du stress salin.

Pour la variété Rouge d'Aoulef, on observe une diminution du poids frais des parties aériennes avec l'augmentation de la concentration en sel. Le poids le plus élevé a été enregistré à une concentration de 50 mM (1,33 g), tandis que le poids le plus faible a été observé à 75 mM (0,56 g).

En ce qui concerne la variété Tadlaghet noir, un comportement différent est noté, avec une augmentation du poids frais des parties aériennes à mesure que la concentration en sel augmente. Le poids le plus élevé a été enregistré à 25 mM (1,26 g), alors que le poids le plus faible a été noté à 50 mM (0,36 g).

Quant à la variété Contender, il n'a pas germé dès le départ, ce qui empêche toute comparaison.

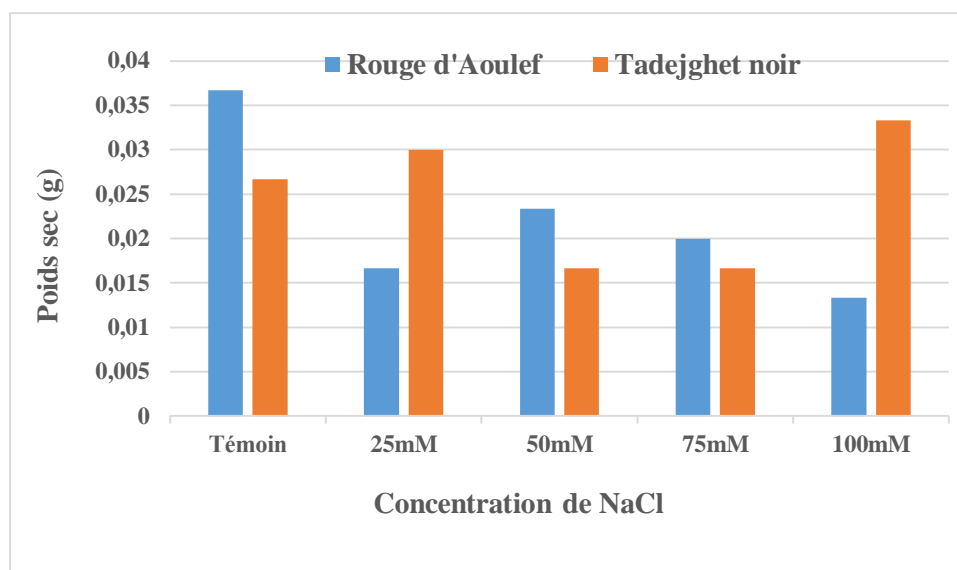
Les résultats statistiques montrent des effets non significatifs de la salinité ainsi que de l'interaction salinité x variété ( $p > 0,05$ ) pour le poids frais de la partie aérienne et la partie racinaire. En revanche, l'effet variétal est très hautement significatif pour le poids frais de la partie aérienne ( $p = 0,000324$ ) et hautement significatif pour la partie racinaire ( $p = 0,001186$ ) (**Annexe 12, tableau H et I**)

L'étude précédente montre que le stress salin affecte négativement le poids frais des racines et des parties aériennes. Le cultivar Rouge d'Aoulef a enregistré une diminution continue du poids frais avec l'augmentation de la concentration en sel, ce qui indique sa sensibilité au sel. La variété Tadleghet a montré une tolérance relative au stress salin, tandis que Contender n'a pas montré de croissance et aucun résultat n'a été enregistré.

Selon **FERRARA et AL. (2011)**, cette diminution de la matière fraîche sous stress salin est probablement due à une réduction de la teneur en eau dans les feuilles et à une baisse du potentiel osmotique de la plante stressée. Ainsi, tant les observations expérimentales que les explications physiologiques confirment que le stress salin provoque une perturbation de l'équilibre hydrique de la plante, entraînant une réduction significative de la croissance et de l'accumulation de biomasse fraîche chez les trois cultivars étudiés.

### 2.2.2) Effet de salinité sur le poids sec

Les résultats obtenus sont présentés dans les figures 22 et 23



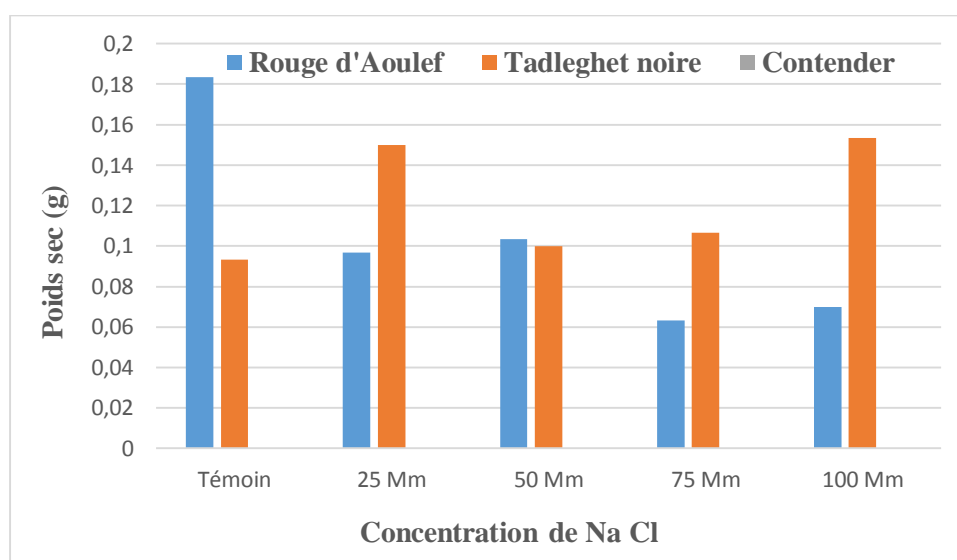
**Figure 21.** Variation de poids sec de partie souterrain en fonction du stress salin

Lors de la comparaison du poids sec des racines des plantes soumises au stress salin avec celui des racines des plantes non stressées pour trois variétés de haricot, des effets différents du stress salin ont été observés.

Pour la variété Rouge d'Aoulef, le poids sec des racines a montré des changements notables avec l'augmentation de la concentration en sel. Le poids sec le plus élevé a été enregistré à une concentration de 50 mM (0,023 g), tandis que le poids le plus faible a été observé à 100 mM (0,013 g).

En ce qui concerne la variété Tadleghet noir, elle a présenté un comportement différent avec une baisse à certaines concentrations. On note une augmentation du poids sec des racines de 0,02 g chez le témoin à 0,03 g à une concentration de 25 mM, puis une diminution à 0,01 g aux concentrations de 50 et 75 mM, suivie d'une remontée à 0,03 g à 100 mM.

Quant à la variété Contender, elle n'a pas germé dès le départ, ce qui empêche toute comparaison.



**Figure 22.** Variation de poids sec de partie aérienne en fonction du stress salin

En comparant le poids sec des parties aériennes des plantes soumises au stress avec celles non soumises au stress chez différentes variétés de haricots, des effets variés du stress ont été observés.

Pour la variété Rouge d'Aoulef, une diminution du poids sec a été constatée avec l'augmentation de la concentration en sel. Le poids le plus élevé a été enregistré à une concentration de 50 mM (0,10 g), tandis que le poids le plus faible a été observé à 75 mM (0,06 g).

Quant à la variété Tadhghet noir, elle a montré un comportement différent, avec une augmentation du poids sec des parties aériennes en fonction de l'augmentation de la concentration en sel. Le poids le plus élevé a été observé à une concentration de 100 mM (0,15 g), tandis que le plus faible a été enregistré à 50 mM (0,10 g).

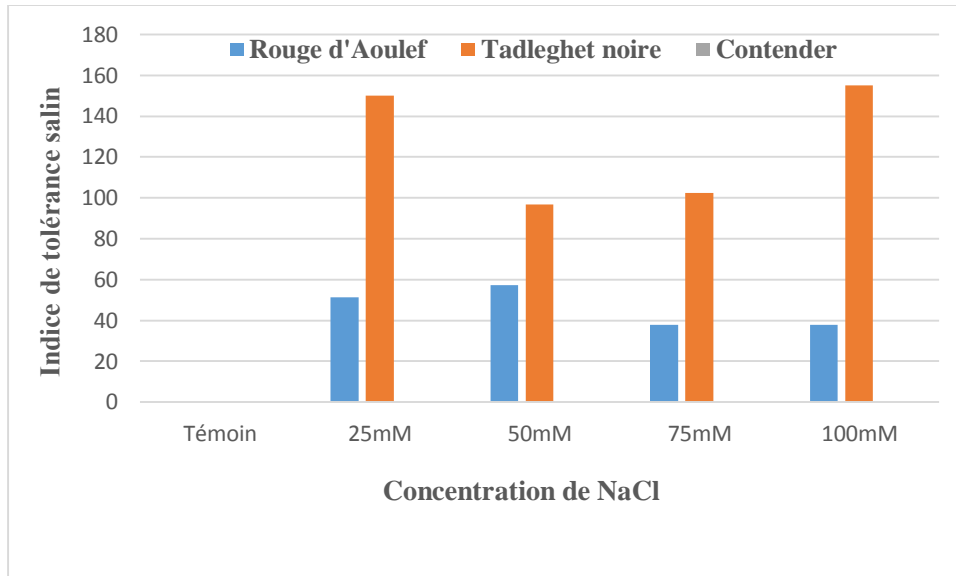
En ce qui concerne la variété Contender, aucune germination n'a été observée dès le début, ce qui ne permet pas d'effectuer une comparaison.

L'analyse de la variance du poids sec a montré que l'effet variétal est très hautement significatif aussi bien pour la partie aérienne ( $p = 0,000$ ) que pour la partie racinaire ( $p = 0,003401$ ). En revanche, l'effet de la salinité ainsi que l'interaction variété x salinité ne sont pas significatifs ( $p > 0,05$ ) pour les deux parties de la plante. Ces résultats indiquent que la variation du poids sec est principalement influencée par la variété, indépendamment du stress salin appliqué (**Annexe 12, tableaux J et K**)

Nos résultats confirment ceux de **CHARTZOULAKIS et KLAPAKI (2000)**, qui ont montré que le stress salin entraîne une diminution de la biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines. Dans notre étude, cet effet négatif varie selon les variétés : Rouge d'Aoulef a montré une réduction du poids sec, Tadhghet s'est révélée plus tolérante, tandis que Contender n'a présenté aucune croissance.

### 2.2.3) Effet de salinité sur l'indice de tolérance au stress salin

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 24



**Figure 23.** Variation d'indice de tolérance salin en fonction du stress salin

Pour la variété Rouge d'Aoulef, l'indice de tolérance au sel le plus élevé a été enregistré à une concentration de 50 mM, avec une valeur de 57,27, tandis que l'indice le plus bas a été observé à une concentration de 100 mM, avec une valeur de 37,72.

Pour la variété Tadlghet noir, l'indice de tolérance au sel le plus élevé a été enregistré à une concentration de 100 mM, avec une valeur de 155, tandis que la valeur la plus basse a été notée à une concentration de 50 mM, avec une valeur de 96,66.

Quant au variété Contender, il n'a pas germé dès le départ, ce qui empêche toute comparaison.

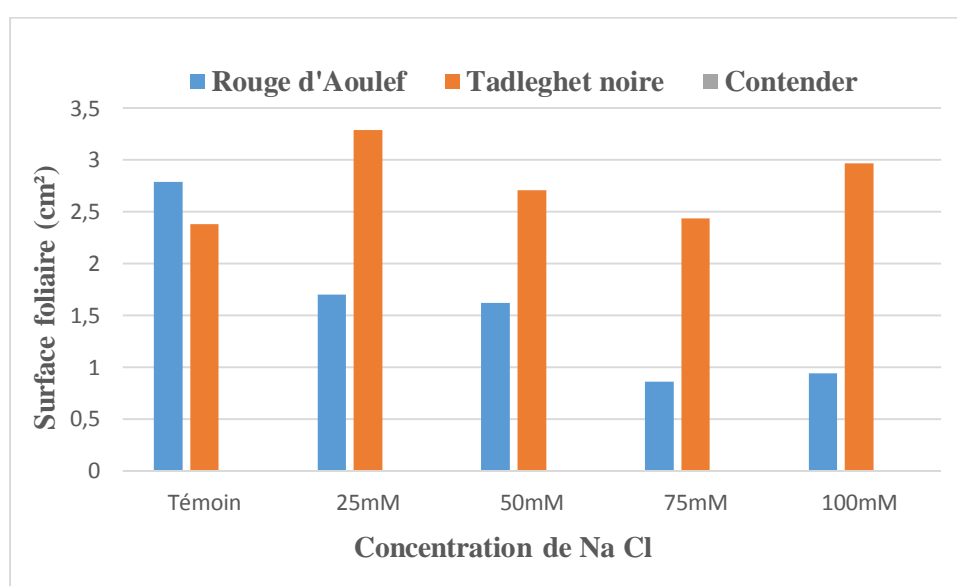
Pour l'indice de tolérance au stress salin, l'analyse de la variance a montré une influence très hautement significative de la variété ( $p = 0,0004012$ ), tandis que l'effet de la salinité était non significatif ( $p = 0,186977$ ) (**Annexe 12, tableau L**)

Les résultats de cette étude montrent que le stress salin affecte différemment les variétés testées. La variété Rouge d'Aoulef s'est avérée sensible, avec une diminution notable de l'indice de tolérance, contrairement à la variété Tadlegheh qui a maintenu une certaine résistance. Ces différences de réponse peuvent être expliquées par des ajustements biochimiques au niveau cellulaire. Selon **CRAMER et AL. (2011)**, les

stress abiotiques, comme la salinité, provoquent des changements dans le métabolisme des plantes, entraînant la synthèse de protéines spécifiques de stress. D'après **HAMDIA et AL. (2004)**, les plantes tolérantes maintiennent un niveau élevé de protéines solubles sous stress salin, ce qui pourrait expliquer la meilleure adaptation de Tadleghet. Ces résultats rejoignent ceux de **SCHULZE et AL. (2005)** et de **ZERRAD et AL. (2008)**, qui confirment que la capacité des plantes à activer des mécanismes biochimiques appropriés détermine leur niveau de tolérance au stress salin

#### 2.2.4) Effet de salinité sur la surface foliaire

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 25



**Figure 24.** Variation de la surface foliaire en fonction du stress salin

Pour la variété Rouge d'Aoulef, les résultats ont montré une diminution générale de la surface foliaire avec l'augmentation des niveaux de salinité. La plus grande surface foliaire a été enregistrée à une concentration de 25 mmol avec 1,7 mm, tandis que la plus petite surface foliaire a été observée à une concentration de 75 mmol avec 0,86 mm.

Quant au variété Tadleghet noir, il a montré un comportement différent : la plus grande surface foliaire a été enregistrée à une concentration de 25 mmol avec 3,292 mm, et la plus petite à une concentration de 50 mmol avec 2,71 mm.

En ce qui concerne la variété Contender, aucune croissance n'a été observée, ce qui empêche toute comparaison des effets des concentrations salines sur celui-ci.

Les résultats de l'étude précédente montrent que le stress salin affecte la surface foliaire de la plante dans les variétés de céréales, en particulier la variété Rouge d'Aoulef, qui a montré une diminution progressive de la surface foliaire, mettant clairement en évidence l'effet négatif de la salinité. La variété Tadleghet a également montré une diminution de la surface foliaire.

La variété Contender n'a pas montré de croissance et aucun résultat n'a donc été enregistré (**SAID et TABTI, 2024**).

Pour la surface foliaire, l'analyse de la variance a montré une influence très hautement significative de la variété ( $p=0,000072$ ), tandis que l'effet de la salinité ( $p=0,876814$ ) et l'interaction variété  $\times$  salinité ( $p=0,909911$ ) ne sont pas significatifs ( $p>0,05$ ) (**Annexe 12, tableau M**)

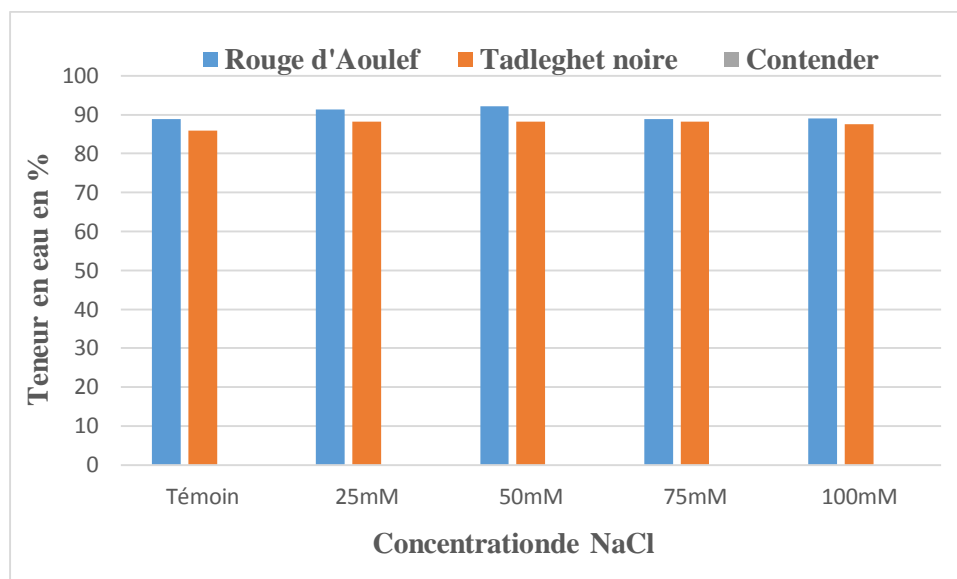
Ceci indique que cette étude est en accord avec la nôtre en ce qui concerne l'effet négatif de la salinité sur la surface foliaire

Plusieurs études ont démontré que la salinité du sol exerce un impact défavorable sur le développement foliaire des plantes, en particulier chez les espèces céréalières. **EL-SABAGH et SES COLLABORATEURS (2021)** signalent que l'exposition à un stress salin entraîne une réduction marquée de la surface foliaire, accompagnée d'une baisse de la biomasse et du contenu en chlorophylle.

De leur côté, **BACILIO et AL. (2004)** ont observé une limitation significative de l'expansion de la feuille étendard chez le blé, ce qui reflète une perturbation du développement normal de la plante. Ces résultats suggèrent que la salinité interfère directement avec les processus physiologiques liés à la croissance foliaire. De telles constatations sont en parfaite concordance avec nos observations, où certaines variétés locales ont montré une sensibilité accrue au stress salin, se traduisant par une réduction manifeste de la surface des feuilles.

### 2.2.5) Effet de salinité sur le teneur en eau

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 26



**Figure 25.** Variation de la teneur eau (%) en fonction du stress salin

En comparant la teneur en eau des plantes stressées et non stressées pour différentes variétés de haricots, des effets différents du stress local ont été observés. Pour la variété Rouge d'Aoulef, la teneur en eau a montré des variations selon l'augmentation de la concentration en sel, avec un maximum enregistré à 50 mM (92,19 %) et un minimum à 75 mM (88,84 %), indiquant des fluctuations dues au stress salin.

Quant à la variété Tadlghet noir, elle a montré un comportement différent, avec une teneur en eau relativement stable. La valeur maximale a été enregistrée à 50 mM (88,2 %) et la valeur minimale à 100 mM (87,57 %).

En ce qui concerne la variété Contender, aucune germination n'a été observée, ce qui empêche toute comparaison.

Pour la teneur en eau, l'analyse de la variance a montré une influence très hautement significative de la variété ( $p=0,000000$ ) sur la teneur en eau, tandis que l'effet de la salinité ( $p=0,191863$ ) n'est pas significatif ( $p>0,05$ ) (**Annexe 12, tableau N**)

Les différences observées entre les variétés quant à leur sensibilité ou tolérance au stress salin peuvent être expliquées par les mécanismes d'ajustement osmotique décrits par **STEWART et AL. (1974)**, où l'accumulation d'ions et de composés organiques joue un rôle clé dans la régulation de la pression osmotique

**CONCLUSION**

## Conclusion

---

Au terme de notre étude portant sur l'impact du stress salin, induit par différentes concentrations de NaCl, sur les paramètres morphologiques et physiologiques des plantes *Phaseolus vulgaris L.* et *Vigna unguiculata L.*, Les données recueillies ont conduit aux constatations suivantes

La présente étude a examiné les réponses physiologiques et morphologiques de différentes variétés de plantes à la salinité durant la phase de germination. Les variétés Tadlaghet et Rouge d'Aoulef ont démontré une résistance notable aux effets néfastes du stress salin sur le taux et la vitesse de germination, ainsi que sur la longueur des racines et des tiges. En revanche, la variété Contender a montré une sensibilité élevée.

Globalement, la longueur des tiges et des racines a diminué progressivement avec l'augmentation des concentrations en sel pour toutes les variétés, la variété Contender ne présentant aucune croissance significative. Une réduction de la surface foliaire, mécanisme protecteur visant à limiter l'évapotranspiration, a été observée comme réponse majeure au stress salin.

Le nombre de feuilles a également diminué pour toutes les variétés à mesure que la concentration en sel augmentait, à l'exception de la variété Contender qui n'a pas développé de feuilles. Les poids frais et sec des parties aériennes et souterraines ont varié en fonction des concentrations salines. La variété Rouge d'Aoulef a montré une diminution significative de ces poids avec l'accroissement de la salinité. Pour la variété Tadlaghet,

La teneur en eau des plantes stressées a fluctué de manière significative sous diverses concentrations de sel, soulignant l'impact du stress salin sur leur état hydrique. Enfin, l'indice de tolérance au sel a varié, la variété Tadlaghet présentant des valeurs plus élevées à des concentrations faibles de sel, suggérant une meilleure adaptation au stress salin comparativement à la

Par conséquent, cette étude a permis de distinguer deux groupes bien définis parmi les variétés analysées :

Le premier groupe regroupe les variétés Tadlaghet et Rouge d'Aoulef, qui se sont révélées les plus tolérantes au stress salin.

Le second groupe est représenté par la variété Contender, identifiée comme la plus sensible au sel parmi les trois variétés étudiées.

## Conclusion

---

### Perspectives

Cette étude constitue une première étape, ce qui rend essentiel l'élargissement du champ d'analyse pour inclure d'autres facteurs, tels que la concentration des ions et l'étude de la chlorophylle, afin de mieux comprendre les mécanismes de tolérance au stress salin. Par ailleurs, l'évaluation d'un éventail plus large de concentrations de chlorure de sodium, l'augmentation du nombre de variétés étudiées et le suivi de l'expérience à des stades de croissance plus avancés contribueront à affiner la précision des résultats. En outre, la mise en application de ces recherches dans des environnements naturels, tels que les champs affectés par la salinité, offrira une vision plus réaliste, notamment en prenant en compte l'impact des autres conditions climatiques, comme la hausse des températures et le stress hydrique, qui interagissent avec les facteurs étudiés

**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références Bibliographiques

---

**ARAUS J. L., SLAFERG. A., REYNOLDS M. P ET ROYO C., 2002.** Plant breeding and water relations in C3 cereals. What should we breed for? *Annals of Botany*, 89 : 925 – 940.

**AJMAL KHAN N., IRWIN A., SHOWALTER A.M. and SHOWALTER U., 2000.** Effect of salinity on growth, water relation and ion accumulation of the subtropical perennial Halophytes, *Atriplex griffithii* var. *stocksi*, *Annals of Botany*, 85 : 225-232.

**ASLAM M., TRAVIS RL AND RAIN D.W., 2001** - Le improvement of the activity of nitrate reductase and the metabolic nitrate concentration by sulfoximine of the methionine in the barley enracine. *Science of plants*; 161: p133-142

**ASLOUM H., 1990:** Elaboration d'un système de production maraîchère (*Tomate*, *Lycopersicon esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis: 24- 32

**BABA SIDI KACI S., 2010 :** Effet du stress salin sur quelques paramètres phénologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'*Atriplex* en vue d'une valorisation agronomique. Mémoire de magister en gestion des agrosystèmes sahariens, Université Kasdi Merbah Ouargla : 133P.

**BEN FATTOUM, M. (2003).** Évaluation de la tolérance au stress salin de certains porte-greffes de citrus (Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies). Institut National Agronomique de Tunis

**BARRETO M.M., 1983.** Etude expérimentale du développement des racines adventives de la tige de *Phaseolus vulgaris* L. Mémoire de D.E.A. Université de Dakar, Sénégal, 67 p). (BOUKHELLOUTS., 2009 ).

**BELL A., (1994).** La morphologie descriptive et dynamique des plantes à fleurs. Edition. Masson. Paris 340p.

**BENZELLAT BENMOHAMED 2012 :** Contribution à l'amélioration des rendements des plantes cultivées en sols salés. Mémoire de magister en sciences agronomiques, Université Boubaker Belkaid, Tlemcen : 170P

**BOUZERZOUR, H., ABBAS, K., & BENMAHAMMED, A. (2003).** Les céréales, les légumineuses alimentaires, les plantes fourragères et pastorales. Recueil des Communications Atelier N°3 « Biodiversité Importante pour l'Agriculture » MATEGEF/PNUD Projet ALG/97/G31.

## Références Bibliographiques

---

**BEZZALA A., 2005.** Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels), dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Université El HADJ LAKHDAR. BATNA. Thèse de Magister 143p.

**BRISSON N., 2008.** Modéliser la réponse des cultures à la contrainte hydrique avec le modèle STICS pour comparer des stratégies et anticiper les changements climatiques. Notetechnique Agroclim INRA Avignon, pp : 9-18.

**BOUZID S., 2010 :** Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L. Mémoire de magister en biologie végétale, Université Mentouri Constantine : P 178.

**BAKHT, J., M. SHAFI, Y. JAMAL, H. SHE. 2011:** Response of maize (*Zea mays* L.) to seed priming with NaCl and salinity stress. Spanish Journal of Agricultural Research 9: 252-261.

**CANADO IC, DOUSSINAGUE C ET VILLENA E, 2003-**Technicien en agriculture. Ed. Cultural S. A. Madrid. 519 p

**CHAUX C., FOURY C., (1994).** Maîtrise de facteurs de production, qualité et traitement des semences, mise en culture par semis en place en production légumière. Tome 1. Généralité. Tec et Doc. Lavoisier. Pp277-431-445.

**CHAIBI COSSENTINI W., 1995:** Etude physiologique ultra structurale et cytoenzymologique de l'effet du chlorure de sodium chez *Medicago sativa* L. (cultivar de Gabes). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de Tunis, 224 P.

**CHARTZOULAKIS K., KLAPAKI G. ( 2000):** Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Sci. Hortic. 86, 247–260.

**CHAUX. C. et FOURY. C ; 1994:** Productions légumières, Tome III, Légumineuses potagères, Légumes fruits, Technique et Documentation – Lavoisier, Paris. 414p

**CRAMER, G. R., URANO, K., DELROT, S., PEZZOTTI, M., & SHINOZAKI, K. (2011).** Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. BMC Plant Biology, 11, 163. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-11-163>

## Références Bibliographiques

---

**CHARTZOULAKIS, K. S., & KLAPAKI, G. (2000).** Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, 86(3), 247–260. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00151-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00151-5)

**COKKIZGIN, A. (2012).** Salinity stress in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed germination. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(1), 177–182. <https://doi.org/10.15835/nbha4017493>

**DOOREMBOS G., 1980.** Réponse de rendement l'eau –Bull. FAO. Irri. Drai. N0 33. 42, 111pp

**DUPONT F., GUIGNARD J., 1989.** Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Masson Collection : Abrégés pharma. Paris .510p

**DUPONT F., GUIGNARD J., (1989).** Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Masson Collection : Abrégés pharma. Paris .510p.

enconditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université De Genève.  
germination hand. *PF lanzenphysiol*, 15(2), p.848-893

iron compounds. *Journal of Plant Nutrition* 11(6-11): 1379-1385.

**FERRARA, A.S. LOVELLI, T. DI TOMASSO, AND PERNIOLE, M. 2011.** Flowering, Growth and fruit setting in greenhouse Bell pepper under water stress. *Journal of Agronomy*, 10(1), 12-19.

**F.A.O.2006**– la production mondiale de haricots verts ,9p

**GUIGNARD, J.L. (1998).** Boutanique. Les familles de plantes (Eds). Masson, 159.

**GREENWAY, H., & MUNNS, R. (1980).** Mechanisms of Salt Tolerance in Nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31, 149-190.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.pp.31.060180.001053>

## Références Bibliographiques

---

**HMISSI, M., CHAIEB, M., & KROUMA, A. (2023).** Differences in the physiological indicators of seed germination and seedling establishment of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars subjected to salinity stress. *Agronomy*, 13(7), 1718. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071718>

**HUBERT., 1978** Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antan anarivo, BDPA

**HUBERT., 1978** Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antan anarivo, BDPA

**HUBERT P., 1978.** Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antan anarivo, BDPA. 45 p. (Document IRAM, n. 351) Document technique et de recherche

**HOPKINS W. G., 2003** – Physiologie végétale. Traduction de la 2<sup>ème</sup> édition américaine par SERGE R. Ed. De Boeck ; p. 66-81 ; 309-362

**HAMZA M., 1980.** Réponse des végétaux à la salinité, *Physiologie végétale*, pp 69-81.

**HAJLAOUI, H., DENDEN, M., & BOUSLAMA, M. (2007).** Étude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura* 25(3), 168-173.

**HAMDIA, M. A. S., SHADDAD, M. A. K., & DOAA, M. (2004).** Mechanisms of salt tolerance and interactive effects of *Azospirillum brasilense* inoculation on maize cultivars grown under salt stress conditions. *Plant Growth Regulation*, 44(2), 165–174. <https://doi.org/10.1007/s10725-004-3131-0>

(*Phaseolus vulgaris*) cultivées sous serre.univ blida 1,62 P.

**KABRI Y.,2016**-Effet du purin d'ortie sur la croissance et le rendement du haricot

**KHAN M.H. et PANDA S.k., 2008.** Alterations in root lipid peroxidation and anioxida-tive reponsesin tow rice cultivars ubder NaCl-Salinty setresse, *Acta physyol plant*, 30,90-89.

## Références Bibliographiques

---

- LAUMONIER R., 1979.** Cultures légumières et maraîchères, Tome III, Ed J.B Baillière, Paris, 1276p
- LANG A., (1965).** Effects of somme internal and external conditions on seed
- LECOMTE B., 1997.** Etude du développement embryonnaire in vivo et in vitro dans le genre Phaseolus L. Thésedoct. Sci. Agron. Gembloux, Belgique : Faculté universitaire des Science agronomiques de Gembloux, 186p
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., CASSE-DELBART F., 1995:** Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures.4 (4): 263-273.
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., CASSE-DELBART F., 1995:** Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures.4 (4): 263-273.
- MAHROUZ Fatima, 2013-** Effet du stress salin sur la croissance et la composition chimique de l' *Atriplex canescens* . Option : phytotechnie.7p
- MAMADOU, O. DINESH, K. MAYECOR, D. SUBHASH, N. ET TAHIR, D. 2014.** Effet de la salinité sur la croissance et la production de biomasse de deux provenances de *Jatropha curcas* L. cultivés en serre. Int. J. Biol. Chem. Sci. 8(1): 46-56.
- MAZILIAK P., (1982).**croissance et développement .éd. Herma. Collection
- MELONI D.A., OLIVA M.A., RUIZ H.A., MARTINEZ C.A. ( 2001):** Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J. Plant Nutr. 24, 599–612  
Méthodes
- MD. SALEH UDDIN, M. S., JAHAN, N., RAHMAN, M. Z., ISLAM, M. R., & HOSSAIN, K. M. W. (2017).** Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under different salinity levels. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 11(3), 180–187.
- NABIL, M., & COUDRET, A. (1995).** Effects of salinity on growth and mineral nutrition of a halophyte (*Atriplex hortensis* L.) and a glycophyte (*Beta vulgaris* L.). Journal of Plant Physiology, 147(3-4), 271-280
- OUKARROUM A., 2007.** Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare*L.)

## Références Bibliographiques

---

oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75, 623–627.

**PERON.J.Y., 2006.** Production légumièrees .2 eme édition. Lavoisier. 389 p.

**PITRAT M. ET FOURY F., 2003.** Histoires des légumes, des origines au XXI siècle. Edit. INRA, Paris, pp: 22-28.

**POCHON N., 1981-**La prairie permanente à base de trèfle blanc. Ed. Institut technique d'élevage bovin. Paris, 104p  
Abdenour H,1982-Etude de la fixation de l'azote chez quelques légumineuses. Thèse d'ing.Institut national d'agronomie (INA) d'El Harrach, 72p

**REVERRI, E. J., RANDOLPH, J. M., KAPPAGODA, C. T., PARK, E., EDIRISINGHE, I., & BURTON-FREEMAN, B. M. (2017).** Assessing beans as a source of intrinsic fiber on satiety in men and women with metabolic syndrome. *Appetite*, 118, 75-81

**STATISTARESEARCHDEPARTMENT (2019).** Production de légumes secs en Algérie entre 2016 et 2017, par type de légumes. Pour la campagne agricole 2016/2017.  
<https://fr.statista.com/statistiques/990929/production-totale-de-legumes-secs-par-type-algerie/>

**SHANNON, M. C., & GRIEVE, C. M. (1999).** Tolerance of plants to salinity: A review. *Agricultural Water Management*, 78(1-2), 5-22.

**SNOUSSI S.A., 2010.** Etude de base sur la Tomate en Algérie. Ed FAO.6 P. sprays of

**STEWART, G. R. & LEE, J. A. (1974).** The role of proline accumulation in halophytes. *Planta*, 120, 279–289

**VIÉGAS, R.A., & SILVEIRA, J. A.G (1999).** Ammonia assimilation and proline accumulation in young cashew plants during long-term exposure to NaCl-salinity. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11(3), 153-159

**WANG Y., NIL N. (2000):** Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–

**WORTMANN CS, KiRkby Ra, ELeDU Ca Et ALLeN DJ,1998-**Atlas of commonbean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Africa. CIAT, Cali, Colombia GALLAIS A., BENNERORT H.,

## Références Bibliographiques

---

1992. Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de la sélection. INRA Editions, Versailles, 768 p.

**ZHU J. K., 2004:** Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6, 41–45.

### **Effet de salinité sur la germination et la croissance de trois variétés d'haricot**

*(Phaseolus vulgaris L.) et (Vigna unguiculata L.)*

#### **Résumé**

Cette étude visait à évaluer l'effet de la salinité sur la germination et la croissance de trois variétés de haricots (*Phaseolus vulgaris L.*) : Rouge d'Aoulef, Tadlegheh et Contender. Les graines ont été exposées à cinq concentrations de salinité différentes (C1 = 0, C2 = 25, C3 = 50, C4 = 75, et C5 = 100), en utilisant deux tests principaux :

Test de germination des graines en boîte de Pétri, pour étudier la capacité de germination, la vitesse de germination, la longueur des tiges et des racines.

Test de croissance des semis en pots, pour évaluer l'effet de la salinité sur les caractéristiques morphologiques et physiologiques, telles que la longueur des racines, le nombre de feuilles et la longueur des racines : la longueur des racines, le nombre de feuilles et l'indice de tolérance.

Les résultats ont montré que les taux et la vitesse de germination s'adaptaient mieux au stress salin, tandis que la longueur des racines et des tiges était significativement affectée. Les variétés Rouge d'Aoulef et Tadlegheh ont montré une plus grande tolérance, tandis que la variété Contender n'a pas montré de croissance dans des conditions de stress salin

**Mots-clé :** Salinité, germination, croissance, haricots, stress, tolérance, caractères morphologique

### تأثير الملوحة في انبات و نمو ثلاثة أصناف من الفاصولياء (Phaseolus vulgaris L) و (Vigna unguiculata L)

#### ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الملوحة على إنبات ونمو ثلاثة أصناف من الفاصولياء (Phaseolus vulgaris L): Rouge d'Aoulef، Tadleghet، و Contender. تم تعريض البذور إلى خمس تراكيز مختلفة من الملوحة (C1 = 0، C2 = 25، C3 = 50، C4 = 75، C5 = 100)، باستخدام اختبارين رئيسيين:

اختبار إنبات البذور في أطباق بيتري، لدراسة قدرة الإنبات، وسرعة الإنبات، وطول الساق والجذر. اختبار نمو الشتلات في أوعية زراعية، لتقييم تأثير الملوحة على الصفات المورفولوجية والفسولوجية مثل: طول الجذر، عدد الأوراق، ومؤشر التحمل.

أظهرت النتائج أن معدلات وسرعة الإنبات كانت أكثر قدرة على التكيف مع الإجهاد الملحي، بينما تأثر طول الجذر والساق بشكل ملحوظ. أظهر صنفا Rouge d'Aoulef و Tadleghet قدرة أكبر على التحمل، في حين أن صنف Contender لم يُظهر أي نمو تحت ظروف الإجهاد الملحي.

**الكلمات المفتاحية:** الملوحة، الإنبات، النمو، الفاصولياء، الإجهاد، التحمل، الصفات المورفولوجية

### **Effect of salinity on the germination and growth of three varieties of bean (*Phaseolus vulgaris L.*) and (*Vigna unguiculata L.*)**

#### **Summary**

This study aimed to evaluate the effect of salinity on the germination and growth of three bean varieties (*Phaseolus vulgaris L.*): Rouge d'Aoulef, Tadlegheh, and Contender. Seeds were exposed to five different salinity concentrations (C1 = 0, C2 = 25, C3 = 50, C4 = 75, and C5 = 100), using two main tests:

Seed germination test in Petri dishes, to study germination capacity, germination speed, stem and root length.

Seedling growth test in pots, to evaluate the effect of salinity on morphological and physiological traits such as: Root length, number of leaves, and tolerance index.

The results showed that germination rates and speed were more adaptable to salt stress, while root and stem length were significantly affected. The Rouge d'Aoulef and Tadlegheh varieties showed greater tolerance, while the Contender variety did not show any growth under salt stress conditions

**Keywords :** Salinity, germination, growth, beans, stress, tolerance, morphological traits

Annexes

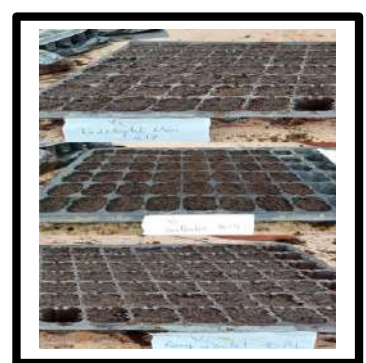
## Annexes

---

### Annexe 01 : Préparation des concentrations salin



### Annexe 02 : les étapes de préparation du substrat et l'ensemencement



### Annexe 03 : Les plantules après 20jour



### Annexe 04 : Forme des feuilles



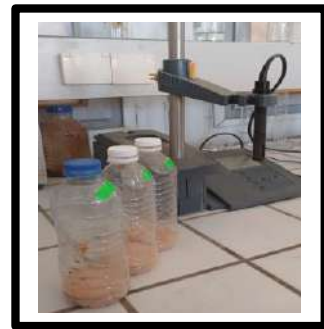
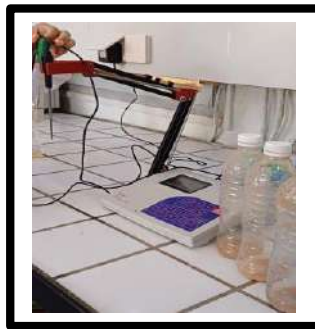
## Annexes

---

### Annexe 05 : La mort de plante variété contender



### Annexe 06 : les étapes d'analyse physico-chimique du sol



### Annexe 07 : Résultat analyse physico-chimique du sol

**Tableau 01:** Mesure PH du sol

<b>Echantillon</b>	<b>Ph</b>	<b>C°</b>
<b>1</b>	<b>6.69</b>	<b>28.4</b>
<b>2</b>	<b>6.57</b>	<b>27.9</b>
<b>3</b>	<b>6.62</b>	<b>27.7</b>

**Tableau 02:** Mesure CE du sol

<b>Echantillon</b>	<b>CE</b>	<b>C°</b>
<b>1</b>	<b>3.59</b>	<b>29.3</b>
<b>2</b>	<b>3.36</b>	<b>28.9</b>
<b>3</b>	<b>3.34</b>	<b>28.6</b>

## Annexes

---

**Tableau 01 :** Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 du sol à 25 °C (MATHIEU ET PIELTAIN, 2009)

<b>CEe1:5 à 25 °C</b>	<b>Classe de salinité</b>
$CEe1:5 \leq 0,6$	Non salé
$0,6 < CEe1:5 \leq 1$	Légèrement salé
$1 < CEe1:5 \leq 2$	Salé
$2 < CEe1:5 \leq 4$	Très salé
$CEe1:5 > 4$	Extrêmement salé

**Tableau 02:** Classes de pH des sols selon l'extrait 1/5 (SOLTNER, 1989 )

<b>PH</b>	<b>Classes</b>
5 à 5,5	Très acide
5,6 à 5,9	Acide
6 à 6,5	Légèrement acide
6,6 à 7,2	Neutre
7,3 à 8	Alcaline
>8	Très alcaline

**Annexe 12 : Les tableaux des analyses des variances ANOVA**

**Tableau A : Analyse de la variance de la longueur de la racine (essai de germination)**

	<b>SS</b>	<b>Degr. of Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	542,8796	1	542,8796	487,6695	0,000000
<b>VAR</b>	182,6276	2	91,3138	82,0273	0,000000
<b>NaCl</b>	11,7789	4	2,9447	2,6452	0,034608
<b>Jour</b>	135,1678	6	22,5280	20,2369	0,000000
<b>VAR*NaCl</b>	71,2778	8	8,9097	8,0036	0,000000
<b>VAR*Jour</b>	46,2755	12	3,8563	3,4641	0,000113
<b>NaCl*Jour</b>	3,0285	24	0,1262	0,1134	1,000000
<b>VAR*NaCl*Jour</b>	17,5198	48	0,3650	0,3279	0,999992
<b>Error</b>	233,7745	210	1,1132		

**Tableau B : Analyse de la variance de la longueur de la tige (essai de germination)**

	<b>SS</b>	<b>Degr. of Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	2622,076	1	2622,076	1188,579	0,000000
<b>VAR</b>	950,042	2	475,021	215,326	0,000000
<b>NaCl</b>	97,749	4	24,437	11,077	0,000000
<b>Jour</b>	655,360	6	109,227	49,512	0,000000
<b>VAR*NaCl</b>	123,381	8	15,423	6,991	0,000000
<b>VAR*Jour</b>	237,526	12	19,794	8,972	0,000000
<b>NaCl*Jour</b>	24,419	24	1,017	0,461	0,986339
<b>VAR*NaCl*Jour</b>	30,812	48	0,642	0,291	0,999999
<b>Error</b>	463,272	210	2,206		

## Annexes

---

**Tableau C : Analyse de la variance du taux final de germination**

	<b>SS</b>	<b>Degr. of Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	128000,0	1	128000,0	248,2759	0,000000
<b>VAR</b>	36213,3	2	18106,7	35,1207	0,000000
<b>NaCL</b>	1777,8	4	444,4	0,8621	0,497895
<b>VAR*NaCL</b>	2542,2	8	317,8	0,6164	0,757091
<b>Error</b>	15466,7	30	515,6		

**Tableau D : Analyse de la variance de la vitesse de germination**

	<b>SS</b>	<b>Degr. of Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	31229,76	1	31229,76	333,4818	0,000000
<b>VAR</b>	2803,56	2	1401,78	14,9687	0,000031
<b>NaCL</b>	653,51	4	163,38	1,7446	0,166298
<b>VAR*NaCL</b>	724,43	8	90,55	0,9670	0,479644
<b>Error</b>	2809,43	30	93,65		

**Tableau E : Analyse de la variance de la hauteur de tige**

	<b>SS</b>	<b>Degr. of Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1454,460	1	1454,460	2417,682	0,000000
<b>VAR</b>	747,786	2	373,893	621,506	0,000000
<b>NaCl</b>	1,994	4	0,499	0,829	0,517517
<b>VAR*NaCl</b>	3,136	8	0,392	0,652	0,728570
<b>Error</b>	18,048	30	0,602		

## Annexes

**Tableau F** : Analyse de la longueur de racines

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	73,21689	1	73,2169	47,0143	0
<b>VAR</b>	37,58044	2	18,7902	12,0656	0,00014
<b>NaCl</b>	7,152	4	1,788	1,14812	0,35316
<b>VAR*NaCl</b>	9,41067	8	1,17633	0,75535	0,64348
<b>Error</b>	46,72	30	1,55733		

**Tableau G** : Analyse de la variance du nombre de feuilles

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	316,4543	1	316,4543	443,0908	0,000000
<b>VAR</b>	158,3605	2	79,1802	110,8660	0,000000
<b>NaCl</b>	3,8667	4	0,9667	1,3535	0,273405
<b>VAR*NaCl</b>	10,3926	8	1,2991	1,8189	0,112515
<b>Error</b>	21,4259	30	0,7142		

**Tableau H** : Analyse de la variance du poids frais / partie aérienne

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	18,81800	1	18,81800	43,78542	0,000000
<b>VAR</b>	9,61733	2	4,80867	11,18873	0,000234
<b>NaCl</b>	0,59867	4	0,14967	0,34824	0,843138
<b>VAR*NaCl</b>	3,64267	8	0,45533	1,05946	0,416373
<b>Error</b>	12,89333	30	0,42978		

**Tableau I** : Analyse de la variance du poids frais / partie racinaire

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	0,174222	1	0,174222	49,00000	0,000000
<b>VAR</b>	0,088444	2	0,044222	12,43750	0,000116
<b>NaCl</b>	0,003556	4	0,000889	0,25000	0,907381
<b>VAR*NaCl</b>	0,047111	8	0,005889	1,65625	0,150748
<b>Error</b>	0,106667	30	0,003556		

## Annexes

**Tableau I :** Analyse de la variance du poids frais / partie racinaire

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	0,174222	1	0,174222	49,00000	0,000000
<b>VAR</b>	0,088444	2	0,044222	12,43750	0,000116
<b>NaCl</b>	0,003556	4	0,000889	0,25000	0,907381
<b>VAR*NaCl</b>	0,047111	8	0,005889	1,65625	0,150748
<b>Error</b>	0,106667	30	0,003556		

**Tableau J :** Analyse de la variance du poids sec / partie aérienne

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	0,250880	1	0,250880	41,24808	0,000000
<b>VAR</b>	0,127693	2	0,063847	10,49726	0,000350
<b>NaCl</b>	0,006631	4	0,001658	0,27256	0,893332
<b>VAR*NaCl</b>	0,030729	8	0,003841	0,63153	0,744858
<b>Error</b>	0,182467	30	0,006082		

**Tableau K :** Analyse de la variance du poids sec / partie racinaire

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	0,010889	1	0,010889	27,37430	0,000012
<b>VAR</b>	0,005498	2	0,002749	6,91061	0,003401
<b>NaCl</b>	0,000422	4	0,000106	0,26536	0,897870
<b>VAR*NaCl</b>	0,001258	8	0,000157	0,39525	0,914381
<b>Error</b>	0,011933	30	0,000398		

**Tableau L :** Analyse de la variance de l'indice tolérance au stress salin

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	31577,37	1	31577,37	28,85223	0,000668
<b>Var</b>	26034,45	2	13017,22	11,89383	0,004012
<b>NaCl</b>	8770,28	4	2192,57	2,00335	0,186977
<b>Error</b>	8755,61	8	1094,45		

## Annexes

---

**Tableau M :** Analyse de la variance de la surface foliaire

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>94,39513</b>	<b>1</b>	<b>94,39513</b>	<b>43,95746</b>	<b>0,000000</b>
<b>VAR</b>	<b>57,30697</b>	<b>2</b>	<b>28,65349</b>	<b>13,34321</b>	<b>0,000072</b>
<b>NaCl</b>	<b>2,56114</b>	<b>4</b>	<b>0,64028</b>	<b>0,29816</b>	<b>0,876814</b>
<b>VAR*NaCl</b>	<b>6,92349</b>	<b>8</b>	<b>0,86544</b>	<b>0,40301</b>	<b>0,909911</b>
<b>Error</b>	<b>64,42260</b>	<b>30</b>	<b>2,14742</b>		

**Tableau N :** Analyse de la variance de la teneur en eau

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>52566,05</b>	<b>1</b>	<b>52566,05</b>	<b>58938,15</b>	<b>0,000000</b>
<b>Var</b>	<b>26297,50</b>	<b>2</b>	<b>13148,75</b>	<b>14742,65</b>	<b>0,000000</b>
<b>NaCl</b>	<b>7,04</b>	<b>4</b>	<b>1,76</b>	<b>1,97</b>	<b>0,191863</b>
<b>Error</b>	<b>7,14</b>	<b>8</b>	<b>0,89</b>		