

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–  
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique  
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par :

DJAADA ZI NEB

DJERAD KHAWLA

KERNAOU GHANIA

*Thème*

**Effet de la salinité et le déficit hydrique sur la croissance et certains  
métabolites de la fève (*Vicia faba* L.).**

Soutenu publiquement le 04/07/2023

**Jury:**

**Président:** Mr ADDA. A  
**Encadrant:** Mme CHAHBAR. S  
**Co-encadrant:** Mme BOULENOUAR. H  
**Examineur :** Mr BOUFARES. K

**Grade**

**Professeur**  
**Maitre de conférences**  
**Doctorante**  
**Maitre de conférences**

**Année universitaire 2022-2023**

## **Remerciement**

« Louange à Allah qui nous a guidés à ceci.

Nous n'aurions pas été guidés, si Allah ne nous avait pas guidés ».

Notre reconnaissance, et nos sincères remerciements vont à notre encadreur Madame CHAHBAR. S pour nous avoir dirigés tout au long de la réalisation de ce travail. Ses orientations, et sa disponibilité.

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à Monsieur ADDA A d'avoir accepter de présider ce jury et à M.BOUFARES KH, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons également à remercier Mme Boulanoiare Houda pour son aide tout au long de cette recherche ainsi que pour ses encouragements et sa compréhension.

Nous tenons également à remercier le professeur Boubkeur Abdel Aziz et Khaled. Ils ont joué un grand rôle lors de l'installation de notre essai.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué et nous ont aidés à compléter ce mémoire.

## **Dédicace**

Je dédie moi

A celle qui m'a donné la vie et éclairé mon chemin, à la personne la plus précieuse, ma mère bien-aimée, que Dieu la perpétue pour moi.

A la fontaine du don qui a planté en moi l'ambition et la persévérance, mon cher père, que Dieu le protège.

J'ai celles qui portent dans leurs yeux les souvenirs de mon enfance, mes sœurs :

Khaira, Bakhta et Bochra.

Mes frères : Djawad et Ayoub.

A mes neveux : Taha, Lodjain, Djohaina, Fatima al-Zahra et Taima.

À ceux qui ont goûté les lignes de leur souvenir, mon cœur les a élargies, mes amies : Kenza, houda, Chaima, Fatima, Hadjer, Romaissa, Karima, Nadjjet, Marwa et Malika.

A mes vertueux professeurs : Chahbar Safia et Boulenouar Houda.

Mes benômes : Khouala et Ghania.

À chaque famille Djaada et à tous ceux qui m'ont enseigné et éclairé le chemin de la connaissance.

**Zineb**

## **Didicace**

Par la grâce de Dieu, j'ai complété mes notes et dédié mon travail

Premièrement, à ma chère mère Rabia, nous prions le Seigneur de la garder en bonne santé  
et le bien-être.

Puis à mon père Mokhtar, que Dieu ait pitié de lui et qu'il demeure dans ses vastes jardins.

A mes soeurs, Khaïra et Ahlem les meilleurs rêves, mon ami et mon soutien.

Mes chers amis qui ont travaillé si dur pour nous aider, Karima Maryam Rashida

Puis mes binome Khaoula et Zainab.

Je voue mon plus grand respect et ma gratitude à mes professeurs, Madame Chahbar S. et  
Madame Boulenoir H.

**Ghania**

### **Dédicace 3**

Dieu soit loué, avec la grâce duquel les bonnes actions sont accomplies.

Je dédie mon travail à celle qui le préfère à moi-même, et pourquoi pas, parce qu'elle s'est sacrifiée pour moi et n'a ménagé aucun effort pour me rendre toujours heureux (ma mère bien-aimée ).

A une couronne d'orgueil tant que je l'ai portée sur ma tête, vous avez plein de remerciements et de gratitude (cher père).

A l'âme de mon petit frère (Abdul Qadir), que Dieu lui fasse miséricorde

· A mes soeurs, Chaima et sabrine et mon frère Hamza, que Dieu les protège

A mes chers amis. Vous êtes mon compagnon dans ce merveilleux voyage d'ambition et de défis. Je vous remercie pour les beaux digitales et nos souvenirs partagés : Amira ,Chaima ,Mariem, et Nadjet

· Puis mes binome : Zineb et Ghania.

Je dédie la note de fin d'études à mon estimé superviseur, qui m'a inspiré et encouragé à atteindre mon plein potentiel. Grâce à vous, j'ai pu surmonter les défis des études. Je dois toute la connaissance et la confiance que vous m'avez accordées : Madame Chahbar Safia et Madame Boulenouar Houda.

***Khaoula***

## Résumé

La salinité et le stress hydrique affectent les plantes à différents niveaux de leurs organisations suivant leurs durées, leurs intensités. La fève est une légumineuse très importante dans le monde pour sa consommation ou pour les superficies emblavées pour sa culture. Ce travail est basé sur l'étude de l'effet de la salinité et le déficit hydrique sur la croissance et le dosage de certains métabolites chez deux variétés de la fève (*Vicia faba* L.). L'essai est conduit sur deux variétés de fèves (Hystal et Reina mora) sous deux traitements hydriques (modéré et sévère) et trois traitements salins à intensité différentes (100Mm, 150Mm et 200Mm), les mesures ont porté sur plusieurs paramètres morphologiques et biochimiques à savoir : poids sec de partie aérienne et le système racinaire, longueur des racines et des tiges, sucres solubles, la teneur relative en eau des feuilles (RWC) et les teneurs en chlorophylle a, b et caroténoïdes.

Les résultats obtenus au cours de ce travail ont montré que le développement du système racinaire se traduit par une élongation des racines et un volume racinaire important. La variété 2 enregistre la plus longue racine en comparaison avec la variété 1. La présence de NaCl à différentes concentrations dans le milieu de culture entraîne une diminution de la teneur en pigments chlorophylliens. Néanmoins une accumulation des sucres solubles est observée au niveau des deux stress. Finalement, la capacité des plantes à supporter et ou à résister aux stress hydrique et salin dépend étroitement de l'âge, l'espèce, la variété, la durée, l'intensité et la dose des sels.

**Mots –clés :** Fève (*Vicia faba* L.), adaptation, mécanisme, salinité, manque d'eau.

## Summary:

Salinity and water stress affect plants at different levels of their organization according to their durations, their intensities. The broad bean is a very important legume in the world for its consumption or for the areas sown for its cultivation. This work is based on the study of the effect of salinity and water deficit on growth and certain metabolites in two varieties of broad bean (*Vicia faba* L). The test is conducted on two varieties of beans (Histal and Reina mora) under two water treatments (moderate and severe) and three saline treatments at different intensities (100 Mm, 150 Mm and 200 Mm), the measurements have focused on several morphological and biochemical parameters, namely : dry weight of root and aerial part, length of roots and stems, soluble sugars, relative leaf water content (RWC) and chlorophyll a, b and carotenoid contents.

The results obtained during this work have shown that the development of the root system results in an elongation of the roots and a significant root volume. Variety 2 records the longest root in comparison with variety 1. The presence of NaCl at different concentrations in the culture medium leads to a decrease in the content of chlorophyll pigments. Nevertheless, an accumulation of soluble sugars is observed at the level of the two stresses. Finally The ability of plants to withstand and/or resist water and salt stress depends closely on age, species, variety, duration, intensity and dose of salts.

**Keywords:** *Vicia faba* L, adaptation, mechanism, salinity, water deficit.

## المخلص

تؤثر الملوحة نقص المائي على النباتات على مستويات مختلفة من تنظيمها وفقاً لفتراتها وشدها. الفول هو من البقوليات الهامة جدا في العالم سواء بالنسبة للغذاء أو في منطقة الزراعة. يعتمد هذا العمل على دراسة تأثير الملوحة ونقص المياه على النمو نواتج أيضا في نوعين من الفول (*Vicia faba* L). تم إجراء الاختبار على نوعين من الفول (Histal و Reina mora) تحت معاملتين مائيتين (متوسط وحاد) وثلاث معالجات ملحية بكثافة مختلفة (100 ملم ، 150 ملم و 200 ملم) ، وكزت القياسات على عدة معايير مورفولوجية وكيميائية حيوية وهي: الوزن الجاف للجزء العلوي للجذع ، وطول الجذع والساق ، والسكريات القابلة للذوبان ، ومحتوى الماء النسبي للأوراق (RWC) ومحتويات الكلوروفيل أ ، ب والكاروتينويد.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها لال هذا العمل أن تطور نظام الجذع يؤدي إلى استطالة الجذع وحجم جذع كبير. يسجل النوع 2 أطول جذع مقارنة بالمتوسط. وجود كلوريد الصوديوم بتركيزات مختلفة في وسط الاستزراع يؤدي إلى انخفاض في محتوى أصباغ الكلوروفيل. ومع ذلك ، لوحظ تراكم السكريات القابلة للذوبان على مستوى الإجهادين. يرتبط اعتماد قدرة النباتات على تحمل و / أو مقاومة نقص الماء والملح بشكل وثيق على العمر ، والأنواع ، والتنوع ، والمدة ، والشدة ، وجرعة الأملاح.

**لكلمات المفتاحية:** الفول (*Vicia faba* L) ، التكيف ، الآلية ، الملوحة ، عجز المياه.

## Liste des figures

<b>Figure n°01</b> : description de fève.....	04
<b>Figure n°02</b> : Graine de Histal et de Reina mora.....	17
<b>Figure n° 03</b> : dispositif expérimental.....	19
<b>Figure n° 04</b> : Résultats moyens de la teneur en eau (%) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique et de la salinité.....	25
<b>Figure n°05</b> Résultats moyens de la longueur de tige (cm) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de déficit hydrique et de la salinité.....	28
<b>Figure n°06</b> : Résultats moyens de la longueur de racine (cm) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de déficit hydrique et de la salinité.....	31
<b>Figure n°07</b> : Résultats moyens de volume de racine (ml) des deux variétés de la fève ( <i>vicia faba L.</i> ) sous l'effet de déficit hydrique et de la salinité.....	34
<b>Figure n°08</b> : Résultats moyens de MSR/MSA des deux variétés de la fève ( <i>vicia faba L.</i> ) sous l'effet de déficit hydrique et de la salinité.....	37
<b>Figure n°09</b> : Résultats moyens de la chlorophylle a ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique et de la salinité.....	41
<b>Figure n°10</b> : Résultats moyens de la teneur en chlorophylle b ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique et la salinité.....	44
<b>Figure n°11</b> : Résultats moyens de la teneur en caroténoïdes $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique et de la salinité.....	47
<b>Figure n°12</b> : Résultats moyens des sucres solubles ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique et de la salinité.....	50



## LISTE DE TABLEAU

<b>Tableau n°01</b> : Les principales caractéristiques des variétés étudiées. ....	17
<b>Tableau n°02</b> : Analyse de la variance de la teneur relative en eau chez deux variétés de fève ( <i>Vicia faba L</i> ) sous trois traitements hydrique. ....	23
<b>Tableau n° 03</b> : Résultats moyens de la teneur relative en eau (%) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de trois régimes hydriques. ....	24
<b>Tableau n° 04</b> : Analyse de la variance de la teneur relative en eau de deux variétés de fève ( <i>Vicia faba L</i> ) sous quatre niveaux de salinité. ....	24
<b>Tableau n° 05</b> : Résultats moyens de la teneur relative en eau (%) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous quatre traitements salins. ....	25
<b>Tableau n°06</b> : Analyse de la variance de la longueur de tige (cm) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique. ....	26
<b>Tableau n°07</b> : Résultats moyens de la longueur de tige (cm) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique. ....	27
<b>Tableau n°08</b> : Analyse de la variance de la longueur de tige (cm) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba.</i> ) sous l'effet de la salinité. ....	27
<b>Tableau n°09</b> : Résultats moyens de la longueur de tige (cm) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de la salinité. ....	28
<b>Tableau n°10</b> : Analyse de la variance de la longueur de racine (cm) de deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique. ....	29
<b>Tableau n°11</b> : Résultats moyens de la longueur de racine (cm) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique. ....	30
<b>Tableau n°12</b> : Analyse de la variance de la longueur de racine (cm) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de stress salin. ....	30

<b>Tableau n°13</b> : Résultats moyens de la longueur de racine (cm) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de la salinité.....	31
<b>Tableau n°14</b> : Analyse de la variance de volume de racine (cm <sup>3</sup> ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique.....	32
<b>Tableau n°15</b> : Résultats moyens de volume de racine (cm <sup>3</sup> ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique.....	32
<b>Tableau n°16</b> : Analyse de la variance de volume de racine (cm <sup>3</sup> ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de la salinité.....	33
<b>Tableau n°17</b> : Résultats moyens de volume de racine (cm <sup>3</sup> ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de la salinité.....	34
<b>Tableau n°18</b> : Analyse de la variance de MSR/MSA des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique.....	35
<b>Tableau n°19</b> : Résultats moyens de MSR/MSA des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique.....	35
<b>Tableau n°20</b> : Analyse de la variance de MSR/MSA des deux variétés de la fève ( <i>vicia faba L.</i> ) sous l'effet de la salinité.....	36
<b>Tableau n°21</b> : Résultats moyens de MSR/MSA des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de la salinité.....	37
<b>Tableau n°22</b> : Analyse de la variance de la Chlorophylle a (µg/100gMF) de deux variétés de la fève ( <i>Vacia faba L.</i> ) sous trois traitements hydrique.....	38
<b>Tableau n°23</b> : Résultats moyens de la chlorophylle a (µg/100gMF) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique.....	39
<b>Tableau n°24</b> : Analyse de la variance de la Chlorophylle a (µg/100gMF) de deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de la salinité.....	39
<b>Tableau n°25</b> : Résultats moyens de la chlorophylle a des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de la salinité.....	40

<b>Tableau n°26</b> : Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle b ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) de deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous trois traitements hydrique.....	41
<b>Tableau n°27</b> : Résultats moyens de la teneur en chlorophylle b ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique.....	42
<b>Tableau n°28</b> : Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle b ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du stress salin.....	43
<b>Tableau n°29</b> : Résultats moyens de la teneur en Chlorophylle b ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de la salinité.....	43
<b>Tableau n°30</b> : Analyse de la variance de la teneur en caroténoïdes ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique.....	44
<b>Tableau n°31</b> : Résultats moyens de la teneur en caroténoïdes ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique.....	45
<b>Tableau n°32</b> : Analyse de la variance de la teneur en caroténoïdes ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du stress salin.....	45
<b>Tableau n°33</b> : Résultats moyens de la teneur en caroténoïdes ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du stress salin.....	46
<b>Tableau n°34</b> : Analyse de la variance des sucres solubles ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) Sous l'effet du déficit hydrique.....	47
<b>Tableau n°35</b> : Résultats moyens des sucres solubles ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet du déficit hydrique.....	48
<b>Tableau n°36</b> : Analyse de la variance du sucre ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de la salinité.....	49
<b>Tableau n°37</b> : Résultats moyens des sucres solubles ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève ( <i>Vicia faba L.</i> ) sous l'effet de la salinité.....	49

## Liste des abréviations

<b>%</b>	<b>:</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>C</b>	<b>:</b>	<b>Caroténoïdes</b>
<b>CaCl<sub>2</sub></b>	<b>:</b>	<b>Chlorure de calcium</b>
<b>Na Cl</b>	<b>:</b>	<b>Chlorure de sodium</b>
<b>Chl</b>	<b>:</b>	<b>Chlorophylle</b>
<b>FAO</b>	<b>:</b>	<b>Organisation des nations pour l'alimentation et l'Agriculture</b>
<b>DO</b>	<b>:</b>	<b>Densité Optimal</b>
<b>Pf</b>	<b>:</b>	<b>Poids frais</b>
<b>PS</b>	<b>:</b>	<b>Poids sec</b>
<b>PPT</b>	<b>:</b>	<b>Poids Plein Turgescence</b>
<b>Mm</b>	<b>:</b>	<b>Milli mole</b>
<b>MSA</b>	<b>:</b>	<b>Matière sèche aérienne</b>
<b>MSR</b>	<b>:</b>	<b>Matière sèche racinaire</b>
<b>P</b>	<b>:</b>	<b>Probabilité</b>
<b>Tab</b>	<b>:</b>	<b>Tableau</b>
<b>V1</b>	<b>:</b>	<b>Variété de Heistal</b>
<b>V2</b>	<b>:</b>	<b>Variété de Reina mora</b>
<b>X</b>	<b>:</b>	<b>Xanthophylle</b>

## Table des matières

**Résumé**

**Summary**

**الملخص**

**LISTE DES FIGURES**

**LISTE DES TABLEAUX**

**LISTE DES ABREVIATIONS**

**Introduction**

### **CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

<b>1.Généralités sur la fève .....</b>	<b>04</b>
1-1.Généralité et classification .....	04
1-2.Classification classique .....	04
1-3. Classification phylogénétique .....	05
1-4. Caractéristique morphologique .....	05
1-5. Cycle biologique.....	06
1-6. Exigence de la culture de la fève .....	06
1-6-1. Exigences pédologiques .....	06
1-6-2. Exigences climatiques .....	06
1-6-3. Exigences agronomiques .....	07
<b>2. Le stress .....</b>	<b>07</b>
2-1. Stress abiotique .....	08
2-2. Types de stress abiotique.....	08

2-2.-1 Stress thermique .....	08
2-2-2. Stress hydrique .....	08
2-2-3. Stress salin .....	09
2-3. Type de salinité .....	09
2-3-1. salinisation primaire .....	09
2-3-2. salinisation secondaire.....	09
2-4. salinité dans le monde et en l'Algérie .....	09
2-5. Les effets de la salinité sur la plante .....	10
<b>3. Adaptation .....</b>	<b>12</b>
3-1. Définition .....	12
3-2. Mécanisme d'adaptation au stress abiotique .....	12
3-3. Stratégie d'adaptation au stress hydrique .....	12
3-3-1. L'esquive .....	12
3-3-2. L'évitement.....	13
3-3-3. La tolérance .....	13
3-4. Adaptation phénologique .....	13
3-5. Adaptation morphologique .....	14
3-5. Adaptation physiologique .....	14
3-6. Mécanisme d'adaptation en biochimie .....	15
3-6-1. Sucres solubles .....	15
3-6-2. La teneur en chlorophylle .....	15

## **CHAPIRE 2 : MATERIEL ET METHODES**

1. Objectif .....	17
2. Matériel Végétal .....	17
3. Le site expérimental .....	18
4. Substrat .....	18
5. Dispositif expérimental .....	18
6. Mesures effectuées .....	19
6-1. Paramètres physiologiques .....	19
6-1-1. Teneur relative en eau .....	19
6-2. Paramètres morphologiques .....	19
6-2-1. Longueur de tige .....	19
6-2-2. Longueur de racine .....	20
6-2-3. Volume de racine .....	20
6-2-4. La matière sèche des parties aériennes souterraines (MSR/MSA) .....	20
7. Paramètres biochimiques .....	20
7-1. Extraction des chlorophylles et caroténoïdes .....	20
7-2. Dosage des sucres solubles .....	20
8. Traitement statistique .....	21

## **CHAPITRE 3 : RESULTAT ET DISCUSSION**

Résultat et interprétation .....	23
----------------------------------	----

1. Paramètre physiologique .....	23
1-2. Effet de stress hydrique et salin sur la TRE .....	23
2. Paramètre morphologique .....	26
2-1. Effet de stress hydrique et salin sur la longueur de tige .....	26
2-2. Effet de stress hydrique et salin sur la longueur de racine.....	29
2-3. Effet de stress hydrique et salin sur volume de racine .....	32
2-4. Effet de stress hydrique et salin sur MSR/MSA .....	35
3- Paramètre biochimique .....	38
3-1. Effet de stress hydrique et salin sur la chlorophylle a .....	38
3. 2 Effet de déficit hydrique et stress salin sur chlorophylle b .....	41
3. 3 Effet de déficit hydrique et stress salin sur Caroténoïdes .....	44
4-2. Effet de stress hydrique et salin sur sucre soluble .....	47
Discussion .....	51
Conclusion .....	56
Références bibliographique.....	57
<b>Annexe</b> : Indice de sensibilité de stress hydrique et salin chez la fève.....	62



# **Introduction**

## Introduction

La fève est l'une des légumineuses les plus cultivées dans le monde. C'est un légume dont l'origine a longtemps été discutée. Aujourd'hui, il existe des régions méditerranéennes qui sont considérées comme l'origine de ce légume, sa culture représente près de 25% de la superficie totale cultivée (Saxena, 1991). La fève est nutritionnelle, économique et légumes intéressants pour l'environnement La fève (*Vicia faba L.*) est une légumineuse importante en raison de sa haute teneur en protéines et en amidon. Les fèves peuvent être cultivées dans différentes conditions climatiques. L'Afrique du Nord est l'une des régions les plus productrices de la fève dans le monde. La fève occupe la première place parmi les légumineuses en Algérie parce qu'elle a une haute valeur nutritionnelle.

Cependant, dans les milieux arides et semi-arides, les stress abiotiques imposent des limites au développement de la plante. La résistance à ces stress est dépendante du génotype qui développe des mécanismes morphologiques, physiologiques, et/ou biochimiques pour éviter ou tolérer la contrainte (Neffar, 2013). Ces contraintes environnementales peuvent être divisées principalement en trois groupes selon leur nature: la composition en éléments minéraux du sol (stress salin), les contenus hydrique du sol et de l'air (stress hydrique), et les chocs thermiques (Chahbar, 2008). L'adaptation au stress est définie comme un ordre de processus qui mènent à une nouvelle optimalité. Différentes stratégies adaptatives sont utilisées pour régler les différents paramètres fonctionnels et structuraux du système (Oukkaroum, 2007).

La salinité peut être définie comme une accumulation excessive de sels dans les sols ou dans les eaux à un seuil pouvant avoir un impact sur les activités humaines et naturelles (plantes, animaux, écosystèmes aquatiques, approvisionnement en eau, agriculture,...). On distingue deux types de salinité, une salinité primaire où l'augmentation de sels est uniquement due à des processus naturels et une salinité secondaire ou induite où les augmentations ont eu lieu en raison des changements des pratiques d'utilisation des terres par les activités humaines (Soukeina, 2010).

Le déficit hydrique est une contrainte permanente de la production agricole dans de nombreux pays au climat de type méditerranéen. Elle est à l'origine des pertes de production agricole dans de nombreuses régions. Les risques du manque d'eau sont et deviendront de plus en plus fréquents et persistants, à l'avenir, par suite des changements climatiques causés par l'effet de serre (Witcombe et al., 2009).

En Algérie, la fève est l'une des cultures les plus importantes des légumineuses alimentaires en termes de superficies et de production. Durant la campagne agricole 2011/ 2012, la fève a occupé une superficie de 29 567 ha avec une production de 2 577 002 qx et un rendement de 87,2 qx/ha (MADR, 2012).

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est axé sur l'étude de l'effets des stress abiotiques sur les comportements de deux variétés (Histal et Reina mora ) de la fève (*vicia faba L* ) et les différents mécanismes de tolérance et d'adaptation morpho-physiologiques et biochimiques qui déclenchent ces stress.

La présente étude comporte trois chapitres :

Le 1er chapitre, sera consacré à une revue bibliographique pour une présentation. Dans le deuxième chapitre nous avons présenté le matériel végétal étudié, les différentes méthodes appliquées après la partie floraison.

La présentation des résultats et leurs discussions ont été présentées dans le troisième chapitre. Enfin, dans la conclusion générale, nous avons synthétisé les différents résultats obtenus et développé les perspectives de cette recherche.

PARTIE 1 :

Synthèse Bibliographique

## Chapitre 1 : Généralité sur la fève

### 1-1. Généralité et classification

La fève (*Vicia faba L*) est l'une des légumineuses alimentaires qui fait partie de nos systèmes agraires depuis longtemps. C'est une culture importante considérée comme une source cruciale de protéines pour les humains et les animaux, notamment pour les pays méditerranéens et la Chine. Egalement, La fève joue un rôle dans la rotation des cultures (BENTAMA et BOURSAS, 2016).



Figure n°01 : description de fève (Foltete A.S., 2010).

### 1-2. Classification classique

Les légumineuses alimentaires constituent une grande famille, avec quelques 690 genres et environ 18 000 espèces, dont fait partie la fève qui est une plante herbacée annuelle, appartenant à celle des Fabacées (Peron, 2006). Selon Kolven (1976), la fève est classée comme suit :

Embranchement	Spermaphytes
Sous- embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétales
Série	Calciflores
Ordre	Rosales
Famille	Fabacées

Sous famille	Papilionacées
Tribu	Viciées
Genre	Vicia
Espèce	<i>Vicia faba L.</i>

### 1-3. Classification phylogénétique

Selon Chase et Reveral (2009), la fève est classée comme suit :

Règne	Plante
Clade	Angiospermes
Clade	Dicotylédones
Clade	Fabidées
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Sous famille	Papilionioideae
Tribu	Fabeae
Genre	Vicia
Espèce	<i>Vicia faba L.</i>

### 1-4. Caractéristique Morphologique de la fève :

La fève est une plante diploïde ( $2n=12$  chromosomes) et partiellement allogame. Elle est formée d'un appareil végétatif et d'un appareil reproducteur. L'appareil végétatif comprend : les racines, la tige et les feuilles quand son appareil reproducteur, il est formé par les fleurs qui sont l'origine des fruits et des graines (Wang et al., 2012).

Le système racinaire de la fève est formé par une racine principale pivotante et des racines secondaires portant des nodosités contenant des bactéries fixatrices d'azote (*rhizobium leguminosarum*) (Abdessamed S, 2019).

La tige est simple, dressé, creuse, de section quadrangulaire, sa hauteur est généralement comprise entre 0,38 à 1,20 m (Chaux et four, 1994). La tige est pourvue d'un ou plusieurs rameaux la base et présente un type de croissance indéterminé (Brink et Belay, 2006). Les

feuilles de fève sont de couleur vert clair, ovales, entières elles sont composées et possèdent 2 à 12 folioles (Dominique, 2010).

Les graines sont charnues, de couleur vert tendre à l'état immature, elles développent, à complète maturé, un tégument épais et coriace de couleur brun rouge à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à couleur presque circulaire ou réniforme ((wang et ., al 2012).

Le fruit est une gousse charnue, qui peut atteindre de 10 à 20 cm, selon la variété, et le nombre de graines peut varier (4 à 9) (Debbakh, w, 2021).

Les fleurs classiques de Légumineuses sont portées aux aisselles des noeuds reproducteurs en grappes de 2 à 12 selon le type. Les fleurs sont grandes, 2 à 3 cm, blanches tachées de noir (DJERIBIAI L, 2022).

### **1-5. Cycle biologique**

La fève est une plante annuelle, son cycle complet, de la graine à la graine est d'environ 5 mois, le développement de la fève est caractérisé par cinq stades principaux : germination et levée, développement végétatif, développement reproductif, sénescence de la gousse et sénescence de la tige (Brink et Belay, 2006).

### **1-6. Exigence de la culture de fève**

#### **1-6-1. Exigences pédologiques**

**Eau** : L'espèce est très exigeante en humidité du sol surtout pendant les périodes initiales de son développement. Les phases de floraison et de développement des gousses présentent une sensibilité élevée vis-à-vis d'un stress hydrique, raison pour laquelle il faut intervenir par arrosage ou irrigation en cas de faibles précipitations (Derakaoui M et al ,2018).

**Sol** : La fève ne présente pas d'exigence spécifique au regard de la nature des sols (CHAUX et FOURY, 1994). Cependant, la préférence est donnée au sol sablo-argileux humifié (PERON, 2006), et un pH neutre à légèrement alcalin (7-8,3). D'après, la fève croit mieux sur des sols à texture plus lourde, mais craint les sols légers (MARCEL, 2002).

#### **1-6-2. Exigences climatiques**

**Température** : D'après CHAUX ET FOURY, (1994), la fève supporte les faibles gelées ne dépassant pas  $-3^{\circ}\text{C}$ . Les températures supérieures à  $23^{\circ}\text{C}$  sont néfastes pour la fève, elles

provoquent la chute prématurée des fleurs, stimulent le développement de maladies virale et fongique et rend la plante susceptible à l'attaque des insectes ravageurs, une température moyenne aux alentours de 13°C est optimale pour la croissance de la fève (ZERIHUN, 2006).

**Lumière :** La fève se comporte comme une plante de jour long qui se traduit par une exigence importante en luminosité (Derakaoui M et al, 2018).

### **1-6-3. Exigences agronomiques**

#### **Préparation du sol**

C'est des opérations allant du labour initial, au disquage, au roulage, au hersage en vue d'assurer à la plante les conditions optimales de croissance et de développement en créant une meilleure structure possible du sol (Besmouche et al ., 2017).

#### **Semis**

Selon Amara, et al (2020), d'après les régions et les variétés, le semis de la fève peut s'effectuer à partir du mois d'octobre jusqu'à la fin du mois de février et début du mois de mars ; dans certains cas nous pouvons aller jusqu'au début du mois de mai ; en Algérie, le semis est réalisé au mois de novembre afin d'éviter la sécheresse printanière et le développement de l'orobanche.

## **Chapitre 2 : Notion du Stress**

Les plantes en général exigent des conditions environnementales optimales pour une croissance normale, mais elles sont souvent sujettes à des facteurs externes de potentielle hydrique. Température et salinité. en engendrant différentes types de stress (HOPKINS, 1999; BOUAOUINA et al ., 2000). Le terme de stress désigne un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant (Ben Kadour, 2014).

Le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un system vivant, par exemple par une carence. Le stress est donc, un ensemble de conditions qui provoquent des changements des processus physiologique résultant éventuellement des dégâts dommage blessures inhibition de croissance ou de développement (Chahbar, 2017). On appelle stress toute pression domination exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. En revanche, la réponse du



végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, tels que : le type de contrainte, son intensité, sa durée et caractéristique génétique : espèce et génotype (Hopkins, 2003).

## **2-1. Stress abiotique**

Le stress abiotique est défini comme l'impact négatif des facteurs non vivants sur des organismes vivants dans un environnement spécifique. Les facteurs de stress abiotique, naturels ou anthropiques, influent négativement sur la performance de la population ou la physiologie des individus (Vinebrooke et al., 2004). Divers stress abiotiques sont distingués tels que la disponibilité d'eau (sécheresse, inondation), les températures extrêmes (froid, gel, chaleur), la salinité, les carences nutritionnelles et la structure des sols (Larcher, 2003).

## **2-2. Types du stress abiotique**

### **2-2-1. Thermique**

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 plants. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou 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).

### **2-2-2. Stress hydrique**

La sécheresse menant au stress hydrique dans la plante, il se traduit par une série de modifications 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 (Chahbar, 2017). 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 (Oudina et Selfaoui, 2016).

Le stress hydrique affecte les plantes à différents niveaux de leur organisation suivant sa durée, son intensité. Le stade de développement de la plante ainsi que le génotype de cette dernière et son interaction avec l'environnement (YOKOTA et al. 2006 in ZAIM, 2014).

Tous les processus de la plante sont affectés par un déficit hydrique, que ce soit le métabolisme, et la morphogénèse (phénomène de différenciation, et de croissance aboutissant à des organes marts) (Doré et al ., 2006).

### **2-2-3. Le stress salin**

Le stress se défini comme étant un changement environnemental exercé sur la plante qui répond à cette modification par des mécanismes appropriés (Kordorstami et Rabiei, 2019).

Selon Shavrukov (2013), le stress salin veut dire « l'exposition des plantes à la salinité, dont le principal composant est le NaCl ». Autrement dit, la réponse des plantes vis-à-vis de la salinité par un équipement de mécanismes (Trung, 2020).

## **2-3. Types de salinité**

### **2-3-1. La salinité primaire ou naturelle**

Elle est dite aussi une salinité naturelle. Elle est d'origine d'accumulation de sels sur de longues périodes par des processus naturels dans le sol (Kordrorami et Rabiei, 2019) aboutissent à la formation des zones salées naturellement y compris les des lacs salés, les marais salées, les marécages et les plaines salées (Chakeraborty et al ., 2018).

### **2-3-2. Salinisation secondaire**

La salinisation d'origine secondaire est induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées. Les causes principales de cette salinisation secondaire des sols sont:

- utilisation d'une eau d'irrigation de qualité médiocre et lessivage naturel insuffisant ;
- remonté de la nappe souterraine à proximité de la surface et transport de sels par remontées capillaires (Marc, 2001).

## **2-4.La salinité dans le monde et en Algérie**

### **Dans le monde**

La salinisation représente également un défi. Elle touche 160 millions d'hectares de terres cultivées dans le monde et entraine chaque année une perte de productivité sur une superficie de 1.5 million d'hectares (FAO, 2022).

### **Dans l'Algérie**

En Algérie, il n'est recensé aucune étude cartographique fiable et précise permettant de délimiter les zones touchées par la salinité des terres et la quantification de la teneur des sels dans le sol. Néanmoins il existe quelques données fragmentaires qui donnent une idée générale sur le phénomène de salinité et de la dégradation des terres (HABALLAH *et al* 2018).

D'après SZABLOCS (1989) 3,2 million d'hectares subissent à des degrés de sévérité variable, le phénomène de salinisation dont une bonne partie se trouve localisée dans les régions steppiques où le processus de salinisation est plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficient (Badraoui et Meziani, 2019).

Plus de 20% des sols irrigués sont affectés par la salinité (Douaoui et Hartani, 2008).

Les sols salés sont très répandus en Algérie essentiellement dans les zones arides et semiarides, des travaux effectués par différents auteurs montrent que la majorité des sols agricoles en Algérie sont affectés par les sels (Badraoui et Meziani, 2019).

#### **2-4. Les effets de salinité sur la plante**

Le stress salin entraîne des modifications morphologiques des plantes et retarde leurs croissance parmi ces modifications au stress salin, il y a une faible ramification, une diminution de la longueur du diamètre, du poids sec des tiges, racines. Un raccourcissement de l'entre-nœud et une diminution du nombre de nœud, Une réduction du nombre de feuilles et la surface foliaire (Saada et al ., 2017).

La réduction du potentiel osmotique de la solution du sol empêche l'imbibition de la graine suite à une diminution des activités enzymatiques et une forte absorption de Na<sup>+</sup> par rapport au K<sup>+</sup>, ce qui conduit un retard dans les processus métaboliques (Hajlaoui et al ., 2007).

L'inhibition de la croissance est d'après (Munns et al ., 2006) due à deux raisons, tout d'abord, à la présence de sel dans la solution du sol qui réduit la capacité de la plante à absorber l'eau, et cela conduit à une croissance plus lente, par un effet osmotique ou un déficit hydrique. Et à des quantités excessives de sel dans le flux de transpiration qui endommagent les cellules foliaires responsables de la transpiration qui réduit encore la croissance.

La salinité affecte négativement sur le développement de la plante, notamment en réduisant la croissance de la partie aérienne, lorsqu'il s'est avéré que les feuilles sont les tissus les plus

sensibles de la plante à une salinité excessive, par contre la croissance des racines s'en trouve faiblement affectée (Benmahioul *et al.* , 2009 in Kouadria., 2019).

La réduction de la croissance due à la salinité est également attribuée à la toxicité d'ions et au déséquilibre nutritionnel, ce qui provoque non seulement une accumulation élevée de Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> dans les plantes, mais aussi affecte l'absorption des éléments nutritifs antagonistes essentiels tels que K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup> (Zörb *et al.* , 2019).

D'après Alem *et al.* (2002), la salinité affecte l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse, qui présente la cause principale de la réduction de la productivité végétale. Selon Ykhlef et Djekoun (2000), la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire.

Laing *et al.* (2020) ont montré que la salinité limite fortement la fixation photosynthétique du CO<sub>2</sub> et que le taux d'absorption d'énergie lumineuse par les pigments photosynthétiques dépasse le taux de sa consommation dans les chloroplastes.

La quantité excessive de sels/ions (Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup>) dans le tissu foliaire peut perturber les métabolismes cellulaires et provoquer la dégénérescence des organites cellulaires et elle peut se comporter comme agent dégradant des pigments verts (Abbas *et al.* , 2013). La salinité détruit la structure fine des chloroplastes, provoque une diminution de la teneur en chlorophylle, l'inhibition de la synthèse de l'acide 5 aminolévulinique, un précurseur de la chlorophylle et l'altération du PSII (Santos., 2004). Elle provoque l'instabilité des complexes protéines-pigments. Entre autre la réduction de la concentration en chlorophylle en conditions de stress salin est attribuée à l'augmentation de l'activité des enzymes catalytiques, les chlorophylliens (Liang *et al.* , 2020). D'un autre coté l'expansion foliaire réduite entraînant une accumulation des glucides inutilisés dans les tissus en croissance peut générer des signaux de rétroaction pour réguler la photosynthèse (Munns *et al.* , 2000).

Le stress salin modifie les traits morphologiques, physiologiques et biochimiques des plantes. Cet effet peut être lié à des perturbations de concentrations des régulateurs de croissance : (déséquilibre hormonal). Les phytohormones sont les substances endogènes les plus importantes à la modulation des réponses physiologiques qui conduisent finalement à une adaptation à un environnement défavorable, comme c'est le cas dans la salinité (Khan et Khan, 2013). Ils jouent des rôles clés et coordonnent diverses voies de transduction du signal pendant la réponse au stress abiotique (Kazan., 2015). Ils comprennent l'auxine (IAA), les cytokinines (CK), l'acide abscisique (ABA), l'éthylène (ET), les gibbérellines (AG).

La salinité constitue un facteur limitant non négligeable pour l'agriculture mondiale, parce que dans les régions arides et semi- arides, les sols sont perturbés à la fois dans leurs activités biologiques, leurs stabilités et leurs fertilités. Ils sont sans cesse soumis à une grande variabilité physico-chimique du notamment à la présence de l'Na Cl (Rechachi *et al.*, 2020).

## **Chapitre 03 : Adaptation**

### **3-1. Définition**

L'adaptation est un ensemble de modifications héréditaires dans les structures ou les processus qui augmentent la probabilité pour les organismes de survivre dans un environnement donné. Beaucoup de modifications génétiques apportant ces caractères se sont produits au cours de l'évolution et sont le résultat de mutations aléatoires ou de recombinaisons. La plupart sont létales et disparaissent mais quelques-unes permettent à la plante de croître et de se reproduire plus facilement et sont préservées par la sélection naturelle. Ces modifications se produisent sur les plantes de milieux variés et ne sont préservées par la sélection que dans les climats à contraintes. Les plantes soumises à une contrainte hydrique ont accumulé des modifications à caractère adaptatif qui augmentent leur probabilité de survie ( Marouane, 2022).

### **3-2. Mécanismes d'adaptation au stress abiotique.**

La résistance d'une plante à une contrainte abiotique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (Bouatrous, 2013). En effet, selon le degré de salinité dans le milieu, les glycophytes en particulier sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique (Bennaceur *et al.*, 2001), biochimique (Grennan, 2006) et minéral (Martinez *et al.*, 2007). Ainsi, les plantes réagissent à ces variations de la salinité dans le biotope, soit pour disparaître ou déclencher plusieurs mécanismes de résistance et pas un seul mécanisme qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (Bouatrous *et al.*, 2009)

### **3-3. Stratégie d'adaptation au stress hydrique**

#### **3-3-1. L'esquive**

L'esquive est l'une des stratégies d'amélioration variétale qui consiste à raccourcir le cycle d'une variété afin de lui permettre de parvenir jusqu'à la maturité durant une période humide.

FISHER et al ont montré dans une étude sur 53 cultivars de blé, d'orge et de Triticale, que chaque jour de précocité confère un gain de rendement compris entre 30 et 85 kg/ ha. Toutefois la précocité à la floraison s'accompagne d'une réduction du potentiel de production. Par diminution du nombre de sites de remplissage). De plus les variétés précoces ont de faibles potentiels en année favorable (Mekliche et al., 2003).

### **3-3-2. L'évitement**

La capacité d'une plante à éviter le stress hydrique est liée à la réduction des pertes en eau ou au maintien de l'absorption de l'eau (HIRECHE, 2006). Ceci implique plusieurs mécanismes (HIRECHE, 2006):

- La fermeture partielle ou totale des stomates.
- Le développement d'un système racinaire mieux adapté en profondeur pour chercher de l'eau.
- La sénescence foliaire.
- Réduction de la surface foliaire.
- Enroulement des feuilles .

### **3-3-3. La tolérance**

La tolérance à la sécheresse est le résultat de divers mécanismes complexes permettant à la plante de maintenir un faible potentiel hydrique interne lui assurant le déroulement de ses activités métaboliques. Les mécanismes par lesquels la tolérance ou résistance est achevée diffèrent selon les espèces végétales et la nature du stress (FOULKES et al, 2007 in FELLAHI, 2017).

Sur le plan physiologique, le maintien d'un faible potentiel hydrique interne se réalise notamment par l'accumulation de certains osmolytes compatibles, c'est l'ajustement osmotique (EL MIDAOUI et al. 2007).

### **3-4. Adaptation phénologique**

La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (Nadjem, 2012).

### **3-5. Adaptation morphologiques**

L'effet de la sécheresse peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et/ou pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilats. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine : réduction de la surface foliaire et du nombre de tiges, enroulement des feuilles et/ou meilleur développement du système racinaire (Slama et al ., 2005).

Un système racinaire capable d'extraire l'eau du sol serait un caractère essentiel pour l'adaptation à la sécheresse. Cette caractéristique revêt une importance particulière pour les cultures qui subissent régulièrement des déficits hydriques durant le cycle de croissance (El Fakhri et al ., 2011).

La surface foliaire détermine progressivement à la fois les quantités d'eau utilisées par la plante sous forme de transpiration et les quantités de carbone fixées par voie photosynthétique. (Ben Mohammed et al ., 2008). L'inflorescence des céréales est relativement protégée de l'évaporation par des surfaces protectrices comme une cuticule épaisse qui fait que le statut hydrique des inflorescences est meilleur que celui des feuilles. Les barbes peuvent améliorer le rendement en conditions de sécheresse par augmentation de la surface photosynthétique de l'épi (Slama et al ., 2005).

Les plantes manifestent des adaptations diverses en présence d'un excès de sel, un allongement faible des organes, un raccourcissement des entrenœuds et une réduction de la surface foliaire. Les différentes parties de la plante ne réagissent pas de la même façon en milieu salin. Les racines commencent à diminuer (LEVIGNERON et al ., (1995), Lallouche et al., (2017)).

### **3-5. Adaptation physiologique**

En physiologie, une distinction importante existe entre accumulation et adaptation l'acclimatation osmotique correspond à la réaction immédiate d'un organisme suite à un stress ionique et osmotique . Cette réaction implique le ré-establishment de l'homéostasie Cellulaire à travers des processus de transport et la production d'osmolytes .

L'adaptation osmotique correspond à une évolution à travers des déférences inter-génération dans le sens où il s'agit d'une sélection des individus les plus performants pour assurer une reproduction efficace.

L'adaptation osmotique se manifeste donc au niveau génétique (Jean-Nicolas et al, 2011).

### **3-6. Mécanismes biochimiques**

#### **3-6-1. Sucres solubles**

L'augmentation de la concentration des sucres (glucose, saccharose et fructose) améliorent la tolérance à plusieurs stress abiotiques, tels que la sécheresse et la salinité.

Généralement, on pense qu'une hausse de la teneur en sucres solubles peut avoir comme origine l'hydrolyse des réserves (en particulier l'amidon) mais aussi une modification de certaines voies métaboliques de synthèse (Lepoivre, 2003). Ils permettent également la stabilité des membranes, la protection des protéines, la protection des processus de synthèse des enzymes et la production d'énergie. Ce phénomène d'osmorégulation permet le maintien des nombreuses fonctions physiologique comme la photosynthèse ou encore la croissance et peut intervenir à tous les stades de développement (Hassani et al., 2008 ; Ahmad, 2019).

#### **La teneur en chlorophylle**

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (Bousba et al ., 2009). Pour limiter les pertes en eau par évaporation et aussi l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO<sub>2</sub> atmosphérique nécessaire à la photosynthèse, l'économie de l'eau se traduit par une turgescence relative moins affectée par le stress conduisant à une dilution de la chlorophylle. Le rapport chlorophylle (a/b) est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique (Mouellef, 2010)



# **Partie 2**

## **Matériel et méthodes**

## 1. Matériel et méthodes

### 1. Objectif de travail

Notre essai consiste à étudier l'effet de la salinité et le déficit hydrique sur la croissance et certains métabolites chez deux variétés de la fève (*Vicia faba L*). Les paramètres retenus sont d'ordres biochimiques, physiologiques et morphologiques. Sous trois traitements salins (100,150 et 200Mm), et deux traitements hydriques (modéré et sévère) avec un traitement témoin en condition contrôlées.

### 2. Matériel végétal

Deux variétés de fève (*Vicia faba L*) Histal, Reina mora, ont été choisies afin d'étudier leur comportement sous stress hydrique et salin.

**Tableau n°01** : Les principales caractéristiques des variétés étudiées (Douba, 2016).

Variétés	Origine	Caractéristiques
REINA MORA	Italie	Variété extra précoce, vigoureuse et très productive, gousse de 23 à 24 cm de long contenant 6 à 7 grains, la semence une fois sèche est de couleur violette brillante et de dimension moyenne.
HISTAL	Espagne	Variété précoce, maturité 3 à 4 jours avant Aguadulce et bonne résistance au froid, haute avec 4 à 5 tiges fortes et épaisses, extra longue de 30 à 33 cm de longueur et 3 cm de large, contenant 7 à 8 grains.



Figure n°02 : Graine de Hystal et Reina mora

### 3. Le site expérimental

L'expérimentation a été conduite dans une serre à conditions contrôlées au niveau de la faculté des Sciences de la nature et de la vie Université IBN KHALDOUN de Tiaret.

### 4. Le substrat

Les graines préalablement désinfectées avec l'eau javellisée sont repiquées dans des cylindres en P.V.C ayant un diamètre intérieur de 10cm et une hauteur de 100 cm. Chaque cylindre est rempli de substrat constitué d'un mélange de sol, sable et matière organique bien décomposée avec des proportions de 1-8-1.

### 5. Dispositif expérimental

L'expérimentation comprend deux essais à savoir :

Un essai avec un déficit hydrique et un deuxième appliqué à la salinité.

Le dispositif expérimental conduit en déficit hydrique présente un traitement témoin conduit à la capacité au champ. Cette situation hydrique est maintenue jusqu'au début des mesures stade floraison. Les autres traitements subissent des déficits hydriques à intensités différentes : modéré (11 jours d'arrêt d'arrosage) et sévère (22 jours d'arrêt d'arrosage).

Le dispositif expérimental conduit au stress salin comprend également un traitement témoin irrigué à la capacité au champ à l'eau de robinet. Trois autres traitements sont arrosés à une solution saline composée d'une association de deux sels le NaCl+CaCl<sub>2</sub> (V/V) à trois différentes concentrations 100, 150 et 200 mM. L'usage du CaCl<sub>2</sub> dans cette composition s'impose en raison du rôle physiologique du calcium chez les végétaux dans la régulation de la croissance et du développement (Cramer et al., 1985). En outre, le NaCl associé au CaCl<sub>2</sub> produit un milieu salin alors que la solution obtenue avec seulement du NaCl, est plutôt sodique. Le stress est appliqué avec une irrigation à la solution saline au 30<sup>ème</sup> jour du

semis soit au stade de floraison puis répétée selon une fréquence d'un apport par trois jours pendant 22 jours. Au niveau de chaque traitement, les variétés sont répétées quatre fois.



**Figure n° 03:** dispositif expérimental

## **6. Mesures effectuées**

### **6-1. Paramètres physiologiques**

#### **6-1-1. La teneur relative en eau (RWC = Relative Water Content)**

La teneur relative en eau est déterminée selon la méthode de Ladiges (1975), utilisé par Clarke et *al.* (1982) et Rascio et *al.* (1988). Le limbe de la feuille est sectionné à sa base et immédiatement pesé (Pf). La partie coupée est placée dans un tube à essai rempli d'eau distillée. L'ensemble est maintenu à l'obscurité et à une température de 4°C pendant 48 heures. Les feuilles sont délicatement essuyées en surface et pesées à nouveau, ce qui donne le poids en pleine turgescence (PPT). La matière sèche (PS) de la feuille est obtenue par étuvage à 80°C pendant 48 heures. La teneur relative en eau est déterminée par le rapport :

$$RWC(\%) = \frac{Pf - Ps}{Ppt - Ps} \times 100$$

### **6-2. Paramètres morphologiques de la partie aérienne et souterraine**

**6-2-1. la longueur de la tige :** On mesure la longueur de la tige à l'aide d'une règle on commençant de point de séparation jusqu'à l'apex de la plante.

A la fin de l'expérimentation, les cylindres sont vidés de leurs contenus par un jet d'eau. Les racines sont récupérées et délicatement nettoyées pour subir une série de mesure. La masse végétative aérienne est séparée des racines. Les mesures effectuées dans cette expérimentation ont concerné :

**6-2-2. La longueur des racines :** On fait la même chose comme les tiges, mais on commençant de point de séparation jusqu'à la dernière coiffe.

**6-2-3. Le volume des racines :** Le volume est déterminé par immersion des racines dans une burette graduée et qui représente le volume d'eau déplacé

**6-2-4. La matière sèche des parties aériennes et souterraines (MSR/MSA) :** est déterminée par passage des masses végétatives à l'étuve pendant 48heures, à une température 80°C

## **7. Paramètres biochimiques**

### **7-1. Extraction des chlorophylles et caroténoïdes**

La teneur en chlorophylle a, chlorophylle b, caroténoïdes et les chlorophylles totales sont déterminés selon la méthode de Lichtenthaler (1987) et Shabala et *al.* (1998) et au niveau de l'avant dernière feuille. Dans des tubes à essais, on ajoute à 100 mg d'échantillon frais, coupé en petits fragments, 5 ml d'acétone à 100%(pure), l'ensemble est conservé à l'obscurité et à 4°C pendant 48 heures. Les concentrations de la chlorophylle a, chlorophylle b et les caroténoïdes sont effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre (type Pharmacia Biotech. NOVASPEC II) à des densités optiques respectives de 662, 644 et 470 nm. L'appareil est étalonné avec la solution témoin à base d'acétone à100%, les concentrations de la chlorophylle a, chlorophylle b, caroténoïdes et les chlorophylles totales sont calculées par les formules suivantes :

$$\text{CHL a} = 9,784x \text{ Do (662)} - 0,99x\text{Do (644)}$$

$$\text{CHL b} = 21,42x \text{ Do (644)} - 4,65x\text{Do (662)}$$

$$C(x + c) = \frac{1000 \text{ DO (470)} - 1.90 \text{ Chl a} - \text{Chl b}}{214}$$

**Do :** densité optique

### **7-2. Dosage des sucres solubles**

Les oses (glucoses, fructose et saccharose) sont dosés par la méthode de Shields et Burnet (1960) utilisée par Korichi (1992) et Rekika (1997). Ces sucres sont extraits après macération dans un solvant capable de les solubiliser et de bloquer l'activité enzymatique susceptible de les dégrader. Le principe de la réaction est basé sur la condensation des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique : ce dernier, très concentré, transforme à chaud les oses en dérivés du furfural qui donnent une coloration bleu-vert avec l'antrone, dosée par colorimétrie à 585 nm.

Le matériel végétal prélevé (50mg) sur le tiers médian de la feuille est laissé 24 h dans 5,25 ml l'éthanol à 80% pendant 24 heures; 2ml sont prélevés de l'extrait préalablement dilué 10 fois avec l'éthanol 80% (extrait A); le réactif (extrait B) est préparé 4 h avant le dosage à une concentration de 2g d'antrone pure additionnée à 1000 ml d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) par suite, 2 ml de l'extrait (A) est prélevé pour être ajouter dans tous les tubes à essai, l'ensemble sera maintenu dans la glace fondante. Après agitation, les tubes sont placés dans un bain-marie à 92°C pendant 8 mn ; ensuite puis refroidis pendant 30 mn à l'obscurité. L'absorbance est lue au spectromètre à une longueur d'onde de 585 mn et la concentration est exprimée en µg/100mg Mf.

**8. Traitement statistique :** Les résultats obtenus ont subi un traitement statistique par l'analyse de la variance à l'aide du logiciel STATISTICA.



## **RESULTAT ET DISCUSSION**



## Résultats

### 1. Paramètre physiologique

#### 1-2.Effet du stress salin et hydrique sur la teneur relative en eau (RWC)

- Effet déficit hydrique

L'analyse de la variance des résultats obtenus (Tab n° 02) montre que la teneur relative en eau est dépendent par la nature des variétés conduites ( $P < 0.05$ ). Ce paramètre dépend également d'une manière très hautement significative du traitement hydrique appliqué ( $p < 0,05$ ).

L'interaction entre les deux facteurs d'étude ne provoque aucune influence notable sur la TRE ( $p > 0,05$ ) ce ci indique que les variétés testés ont manifesté des comportements similaire aux variations du régime hydrique appliqué.

**Tableau n° 02** : Analyse de la variance de la teneur relative en eau chez deux variétés de fève (*Vicia faba L*) sous trois traitements hydrique.

Paramètre	Variété		Stress hydrique		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	probabilité	Test F	Probabilité
RWC	6.634	0.024	21.249	0.000	2.720	0.106

Les résultats moyens (Tab n° 03) montrent que chez la variété V1 la valeur maximale de la teneur relative en eau est de  $95.56 \pm 1.35\%$  au niveau du traitement témoin et la valeur minimale est de  $74.76 \pm 4.30\%$  au niveau de traitement sévère. Les valeurs de la RWC présente des taux de progression de 16.10% et 21.76% respectivement chez les traitements modéré et sévère en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe)

Chez la variété V2 la valeur maximale  $85.04 \pm 1.38\%$  est enregistrée au niveau de traitement témoin et la valeur minimale est de  $62.13 \pm 3.17\%$  au niveau du traitement sévère. Le taux de régression est de 3.48% au niveau du traitement de 11 jours d'arrêt d'arrosage, ce taux est de 26.94% après 22 jours d'arrêt d'arrosage (tableau n° 01 en annexe).

**Tableau n° 03:** Résultats moyens de la teneur relative en eau (%) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet de trois régimes hydriques.

Variété	Déficit hydrique	TRE (%)
V1	Témoin	95.56±1.35
	Modéré	80.17±5.06
	Sévère	74.76±4.30
V2	Témoin	85.04±1.38
	Modéré	82.08±3.15
	Sévère	62.13±3.17

- **Effet salinité**

L'analyse des résultats obtenus (Tab n° 04) montre que la teneur en relative en eau se comporte indépendamment du choix des variétés testée ( $P > 0.05$ ). Ce paramètre dépend d'une manière très hautement significative du traitement salin appliqué ( $P < 0.01$ ).

L'interaction entre les deux facteurs d'étude influe d'une manière hautement significative sur la teneur relative en eau ( $P < 0.05$ ). Le comportement des variétés testées, en présence de la contrainte, se réalise de manières différentes.

**Tableau n° 04 :** Analyse de la variance de la teneur relative en eau de deux variétés de fève (*Vicia faba L.*) sous quatre niveaux de salinité.

Paramètre	Variété		Stress salin		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	probabilité	Test F	Probabilité
<b>RWC</b>	0.629	0.439	19.253	0.000	3.518	0.039

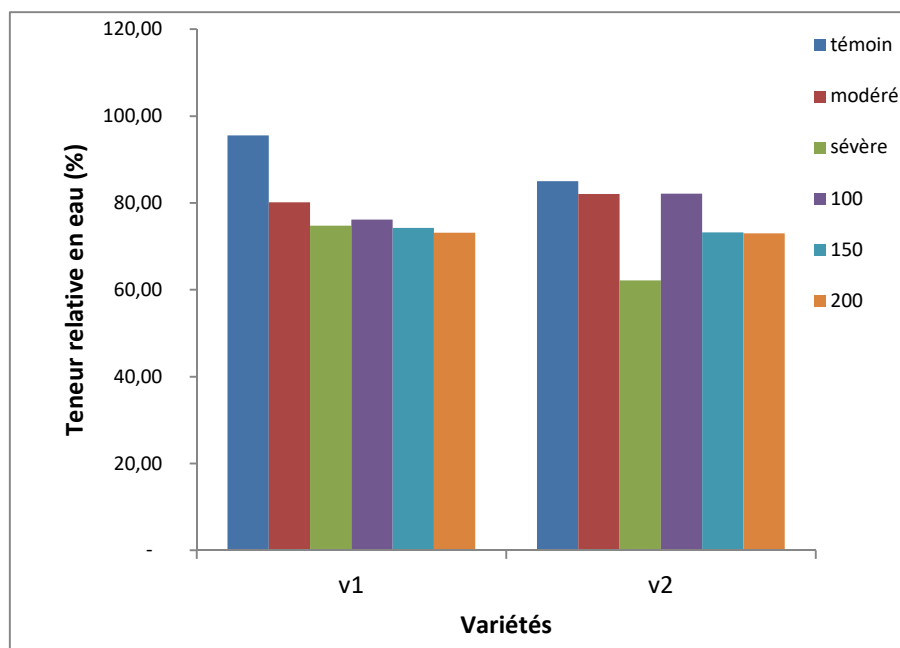
Les résultats moyens (Tab n° 05) montrent que chez la variété V1 RWC varie entre une valeur supérieur de 95.56±1.35% au niveau du traitement témoin et une valeur inférieur de 73.15 % au niveau de traitement 200Mm. Les valeurs de la RWC présente des taux de progression de 20.28% et 22.27% et 23.45% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe)

Chez la variété V2 la valeur supérieur de la teneur relative en eau est de 85.04±1.32% au niveau de traitement témoin et la valeur inférieure de la RWC est de 72.97±3.83% au niveau

200Mm. Les taux de régression de 3.38% et 13.91% et 14.19% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe).

**Tableau n° 05:** Résultats moyens de la teneur relative en eau (%) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous quatre traitements salins.

Variété	Stress salin	TRE (%)
V1	Témoin	95.56±1.35
	100mM	76.18±1.45
	150mM	74.27±0.46
	200mM	73.15±0
V2	Témoin	85.04±1.32
	100mM	82.16±5.44
	150mM	73.21±1.54
	200mM	72.97±3.83



**Figure n° 04 :** Résultats moyens de la teneur en eau (%) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique et de la salinité.

## 2. Paramètre morphologique

### 2-1. Effet de déficit hydrique et stress salin longueur de tige

- Effet de déficit hydrique

L'analyse des résultats (tab n°06) démontre que la variance de la longueur de la tige est indépendante de l'effet variétal ( $p>0.05$ ). Ce paramètre ne présente aucun effet significatif à la déclaration du régime hydrique appliqué ( $p>0.05$ ). Le comportement des variétés testées, en présence de la contrainte hydrique, se réalise de manières similaires ( $p>0.05$ ).

**Tableau n°06 :** Analyse de la variance de la longueur de tige des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique.

Paramètre	Variété		Stress hydrique		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
Longueur de tige	0.218	0.648	2.968	0.089	0.105	0.900

Les résultats moyens obtenus (tab n°07) exposent que la longueur de la tige de la variété V1 varie entre  $44.33\pm 8.96$  cm et  $36.00\pm 3.21$  cm au niveau des traitements modéré et sévère respectivement. Ces longueurs un taux d'évolution de 18% chez les traitements modéré en comparaison avec les tiges témoins (tableau n° 02 en annexe)

La variété V2 enregistre des longueurs fluctue entre une valeur maximale de  $45.00\pm 4.58$  cm au niveau de traitement modéré et une valeur minimale de  $33.16\pm 1.09$  cm au niveau de traitement sévère. Le taux de progression est de 31.08% au niveau du traitement modéré (tableau n° 02 en annexe)

**Tableau n°07** : Résultats moyens de la longueur de tige (cm) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique

Variété	Déficit hydrique	longueur de tige (cm)
V1	Témoin	37.33±0.60
	Modéré	44.33±8.96
	Sévère	36.00±3.21
V2	Témoin	34.33±.96
	Modéré	45.00±4.58
	Sévère	33.16±1.09

#### Effet de stress salin

L'analyse des résultats obtenus (Tab n°08) montre que la longueur de la tige se comporte indépendamment du choix des variétés testées ( $P > 0.05$ ). Ce paramètre dépend d'une manière significative du traitement salin appliqué ( $P < 0.05$ ). L'interaction entre les deux facteurs d'étude ne provoque aucune influence notable ( $p > 0,05$ ) ce ci indique que les variétés testés ont manifesté des comportements similaire aux variations du régime salin appliqué.

**Tableau n°08** : Analyse de la variance de la longueur de la tige des deux variétés de la fève (*vicia faba L.*) sous l'effet de la salinité.

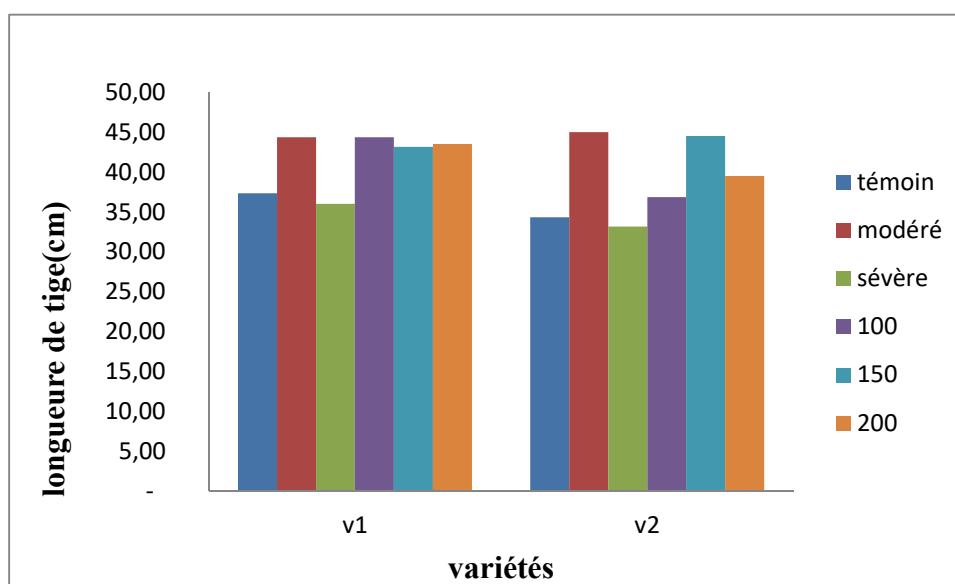
Paramètre	Variété		Stress salin		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
Longueur de tige	3.330	0.086	3.471	0.041	1.017	0.411

Les résultats moyens obtenus (tab n°09) exposent les longueurs de la tige chez la variété V1 prolonge de 37.33±0.6 cm (témoin), 44.33 ±1.85 cm (100Mm), 43.16±2.45 cm (150Mm) et 43.50±2.59 cm (200Mm). Les valeurs de la longueur de la tige présente des taux d'évolution de 18.75 % et 15.61% et 16.52% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les tiges témoins (tableau n° 02 en annexe)

Chez la variété V2 la plus longue tige est  $44.50 \pm 0.86$  cm au niveau du traitement 150Mm et la plus courte est  $34.33 \pm 2.96$  cm au niveau de traitement témoin. Les taux de hausse sont 7.28% et 29.62% et 15.05% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les tiges témoins (tableau n° 02 en annexe)

**Tableau n° 09:** Résultats moyens de la longueur de tige (cm) des deux variétés de la fève (*vicia faba L*) sous l'effet de la salinité.

Variété	Stress salin	longueur de tige (cm)
V1	Témoin	$37.33 \pm 0.6$
	100Mm	$44.33 \pm 1.85$
	150Mm	$43.16 \pm 2.45$
	200mM	$43.50 \pm 2.59$
V2	Témoin	$34.33 \pm 2.96$
	100mM	$36.83 \pm 4.83$
	150mM	$44.50 \pm 0.86$
	200mM	$39.50 \pm 1.60$



**Figure n°05:** Résultats moyens de la longueur de tige (cm) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet de déficit hydrique et de la salinité.

## 2-2.Effet du stress salin et hydrique sur longueur de racine

- **Effet du stress hydrique**

L'analyse de la variance des résultats (tab n°10) montre que la longueur de racine se comporte indépendamment du choix des variétés testées ( $P>0.05$ ). Par contre, le déficit hydrique présente un effet significatif ( $P<0.05$ ) sur l'expression de ce paramètre. Aucune signification notable quant à l'interaction des deux paramètres d'étude ( $P>0.05$ ). Les variétés testées se comportent de façon similaire à la déclaration de déficit hydrique.

**Tableau n° 10:** Analyse de la variance de la longueur de racine de deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique.

Paramètre	Variété		Stress hydrique		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
<b>Longueur de racine</b>	3.050	0.106	4.686	0.031	0.221	0.804

La lecture des résultats moyens (tab n°11) montre que chez la plus longue racine chez la variété 1 est affichée au niveau du traitement modéré avec  $94.33\pm 1.45$  cm, la plus courte racine est au niveau du traitement témoin avec  $73.66\pm 14.34$  cm. Les longueurs de la racine présente des taux de hausse de 28.06% et 24.43% respectivement chez les traitements modéré et sévère en comparaison avec les racines témoins (tableau n° 02 en annexe)

Chez la variété V2 les longueurs oscillent entre  $99.66\pm 0.33$  cm au niveau de traitement sévère et  $86.66\pm 0.66$  cm au niveau du traitement témoin. Le taux de progression est de 14.62% au niveau du traitement de 10 jours d'arrêt d'arrosage, ce taux est de 15% au niveau du lot de 21 jours d'arrêt d'arrosage (tableau n° 02 en annexe)

**Tableau n° 11:** Résultats moyen de la longueur de racine (cm) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique.

Variété	Déficit hydrique	Longueur de racine (cm)
V1	Témoin	73.66±14.34
	Modéré	94.33±1.45
	Sévère	91.66±2.18
V2	Témoin	86.66±0.66
	Modéré	99.33±2.90
	Sévère	99.66±0.33

- **Effet de stress salin**

L'analyse de la variance des résultats (Tab n°12) montre que l'effet variétal est significatif sur la Longueur de racine ( $P>0.05$ ). L'intensité du régime salin présente une influence hautement significative ( $P>0.01$ ) sur l'expression de ce paramètre. L'interaction de l'effet variétal et le stress salin est indépendante de l'expression de la Longueur de racine ( $p>0.05$ ). Les variétés testées se comportent de manière similaire.

**Tableau n° 12:** Analyse de la variance de la longueur de racine des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet de la salinité.

Paramètre	Variété		Stress salin		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
Longueur de racine	6.235	0.023	5.818	0.006	0.176	0.910

La lecture des résultats moyens (tab n°13), la variété V1 donne des longueurs passe de 96.33±0.33 cm au niveau du traitement 150Mm à 73.66±14.34 cm au niveau de traitement témoin. Les longueurs présente des taux d'augmentations de 23.54%, 30.77% et 23.98% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les racines témoins (tableau n° 02 en annexe).

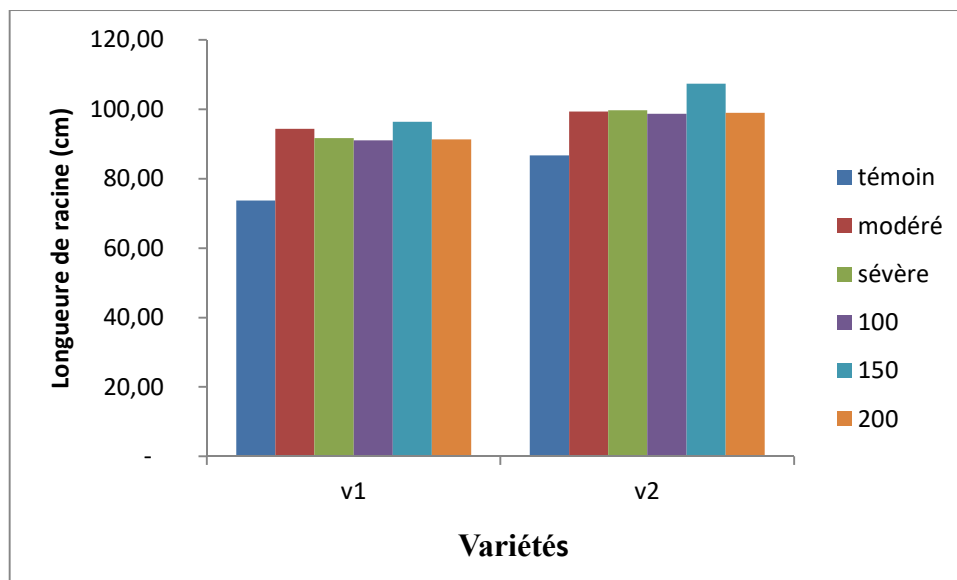
La variété V2 affiche la plus longue racine avec une valeur de 107.33±3.84 cm au niveau de traitement 150Mm et la plus courte racine avec 86.66±0.66 cm au niveau du traitement témoin. Les taux de hausse sont de 11.93%, 23.85% et 14.23% respectivement chez les



traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les racines témoins (tableau n° 02 en annexe).

**Tableau n° 13:** Résultats moyens de la longueur de racine (cm) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet de la salinité.

Variété	Stress salin	Longueur de racine (cm)
V1	Témoin	73.66±14.34
	100Mm	91.00±1.73
	150Mm	96.33±0.33
	200Mm	91.33±1.33
V2	Témoin	86.66±0.66
	100Mm	97.00±1.15
	150Mm	107.33±3.84
	200Mm	99.00±0.57



**Figure n°06 :** Résultats moyens de la longueur de racine (cm) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet de déficit hydrique et de la salinité.

## 2-3.Effet de déficit hydrique et stress salin de volume de racine

- **Effet de déficit hydrique**

L'analyse des résultats obtenus (Tab n°14) montre que le volume de racine comporte indépendamment du choix des variétés testées ( $P>0.05$ ). Ce paramètre dépend d'une manière significative du traitement salin appliqué ( $P<0.05$ ). L'interaction entre les deux facteurs d'étude ne provoque aucune influence notable ( $p>0,05$ ) ce qui indique que les variétés testées ont manifesté des comportements similaires aux variations du régime salin appliqué.

**Tableau n°14** : Analyse de la variance de volume des racines des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique.

Paramètre	Variété		Stress hydrique		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
<b>Volume de racine</b>	0.974	0.343	6.896	0.010	0.083	0.920

Les résultats moyens obtenus (tab n°15) démontrent que chez la variété V1, le volume racinaire varie entre  $28.83\pm 2.61 \text{ cm}^3$  et  $14.00\pm 7.21 \text{ cm}^3$  enregistrés au niveau des traitements sévère et témoin. Le volume de racine présente des taux de progression de 59.5% et 105.92% respectivement chez les traitements modéré et sévère en comparaison avec les racines témoins (tableau n° 02 en annexe)

Chez la variété V2 le volume oscille entre une plus grande valeur de  $32.66\pm 2.02 \text{ cm}^3$  enregistrée au niveau de traitement sévère et une plus faible valeur de  $18.33\pm 2.66 \text{ cm}^3$  donnée au niveau de traitement témoin. Les taux de progression sont de 29.07% et 78.17% respectivement chez les traitements modéré et sévère en comparaison avec le volume des racines témoins (tableau n° 02 en annexe).

**Tableau n°15** : Résultats moyens de volume des racines des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique

Variété	Déficit hydrique	Volume ( $\text{cm}^3$ )
V1	Témoin	$14.00\pm 7.21$
	Modéré	$22.33\pm 2.96$
	Sévère	$28.83\pm 2.61$

<b>V2</b>	<b>Témoin</b>	18.33±2.66
	<b>Modéré</b>	23.66±3.71
	<b>Sévère</b>	32.66±2.02

- **Effet de stress salin**

L'analyse des résultats obtenus (Tab n°16) montre que le volume de racine se comporte indépendamment du choix des variétés testées ( $P > 0.05$ ). Ce paramètre dépend d'une manière significative du traitement salin appliqué ( $P < 0.05$ ). L'interaction entre les deux facteurs d'étude ne provoque aucune influence notable ( $p > 0,05$ ) ce ci indique que les variétés testés ont manifesté des comportements similaire aux variations du régime salin appliqué.

**Tableau n°16** : Analyse de la variance de volume des racines des deux variétés de la fève (*vicia faba L.*) sous l'effet de la salinité.

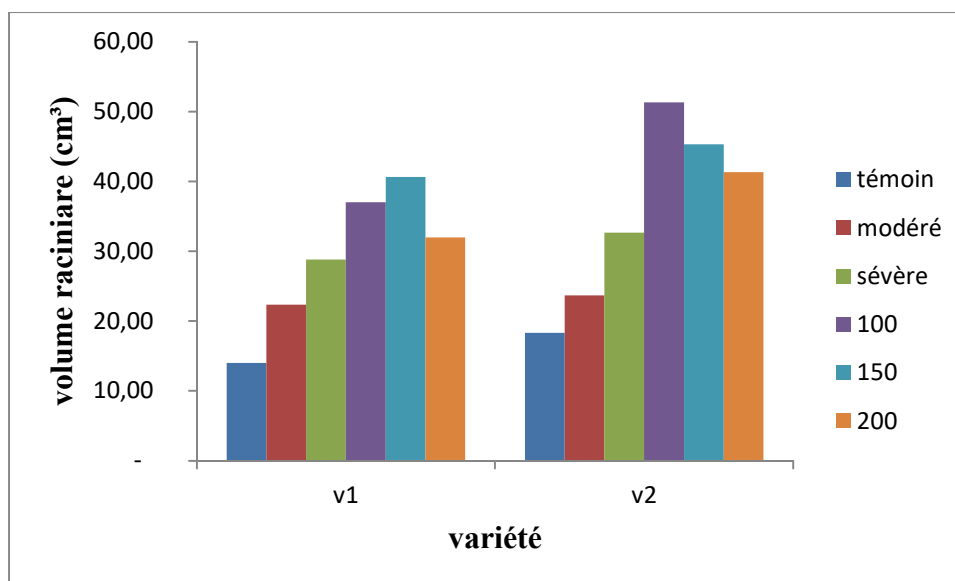
<b>Paramètre</b>	<b>Variété</b>		<b>Stress salin</b>		<b>Interaction</b>	
	<b>Test F</b>	<b>Probabilité</b>	<b>Test F</b>	<b>Probabilité</b>	<b>Test F</b>	<b>Probabilité</b>
<b>Volume</b>	2.654	0.122	6.705	0.003	0.220	0.881

Les résultats moyens obtenus (tab n°17) montrent que chez la variété V1 le volume le plus important est de  $40.66 \pm 12.15 \text{ cm}^3$  au niveau du traitement 150 Mm et le plus faible volume est de  $14.00 \pm 7.21 \text{ cm}^3$  au niveau de traitement témoin. Les volumes racinaires présente des taux d'évolution de 164.28 %, 190.42% et 128.57% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec le volume des racines des témoins (tableau n° 02 en annexe).

Chez la variété V2 le volume racinaire affiche une valeur maximale de  $51.33 \pm 4.05 \text{ cm}^3$  au niveau de traitement 100 Mm et une valeur minimale de  $18.33 \pm 2.66 \text{ cm}^3$  au niveau de traitement témoin. Les taux d'augmentation du volume sont 180.03%, 147.29% et 125.47% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les racines des témoins (tableau n° 02 en annexe).

**Tableau n°17:** Résultats moyens de volume de racine (cm<sup>3</sup>) des deux variétés de la fève (*vicia faba L.*) sous l'effet de la salinité.

Variété	Stress salin	Volume (cm <sup>3</sup> )
V1	Témoin	14.00±7.21
	100Mm	37.00±8.50
	150Mm	40.66±12.15
	200mM	32.00±7.57
V2	Témoin	18.33±2.66
	100mM	51.33±4.05
	150mM	45.33±6.33
	200mM	41.33±2.96



**Figure n°07:** Résultats moyens de volume de racine (cm<sup>3</sup>) des deux variétés de la fève (*vicia faba L.*) sous l'effet de déficit hydrique et de la salinité.

## 2-4. Effet de déficit hydrique et stress salin de MSR/MSA

- **Effet de déficit hydrique**

L'analyse des résultats obtenus (Tab n°18) montre que la MSR/MSA comporte indépendamment du choix des variétés testées ( $P > 0.05$ ). Ce paramètre dépend d'une manière non significative du traitement salin appliqué ( $P > 0.05$ ). L'interaction entre les deux facteurs d'étude ne provoque aucune influence notable ( $p > 0,05$ ) ce qui indique que les variétés testées ont manifesté des comportements similaires aux variations du régime salin appliqué.

**Tableau n°18 :** Analyse de la variance de MSR/MSA des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique.

Paramètre	Variété		Stress hydrique		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
<b>MSR/MSA</b>	2.831	0.118	3.601	0.059	0.355	0.707

Les résultats moyens obtenus (tab n°19) montrent que chez la variété V1 le plus haut rapport  $1.12 \pm 0.24$  enregistré au niveau du traitement modéré et plus faible rapport est de  $0.64 \pm 0.06$  au niveau de traitement témoin. Les valeurs du MSR/MSA présentent des taux de progression de 75% et 68.75% respectivement chez les traitements modéré et sévère en comparaison avec les valeurs des témoins (tableau n° 02 en annexe)

Chez la variété V2 la valeur la plus importante est de  $0.92 \pm 0.13$  au niveau de traitement sévère et la valeur la plus faible est  $0.50 \pm 0.05$  au niveau de traitement témoin. Les taux d'augmentation sont de 44.% et 84% respectivement chez les traitements modéré et sévère en comparaison avec les rapports du témoin (tableau n° 02 en annexe)

**Tableau n° 19:** Résultats moyens de MSR/MSA des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique.

Variété	Déficit hydrique	MSR/MSA
<b>V1</b>	<b>Témoin</b>	$0.64 \pm 0.06$
	<b>Modéré</b>	$1.12 \pm 0.24$
	<b>Sévère</b>	$1.08 \pm 0.29$

<b>V2</b>	<b>Témoin</b>	0.50±0.05
	<b>Modéré</b>	0.72±0.03
	<b>Sévère</b>	0.92±0.13

- **Effet de stress salin**

L'analyse des résultats obtenus (Tab n°20) montre que la MSR/MSA se comporte indépendamment du choix des variétés testées ( $P>0.05$ ). Ce paramètre dépend d'une manière non significative du traitement salin appliqué ( $P>0.05$ ). L'interaction entre les deux facteurs d'étude ne provoque aucune influence notable ( $p>0,05$ ) ce ci indique que les variétés testés ont manifesté des comportements similaire aux variations du régime salin appliqué.

**Tableau n°20** : Analyse de la variance de MSR/MSA des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet de la salinité.

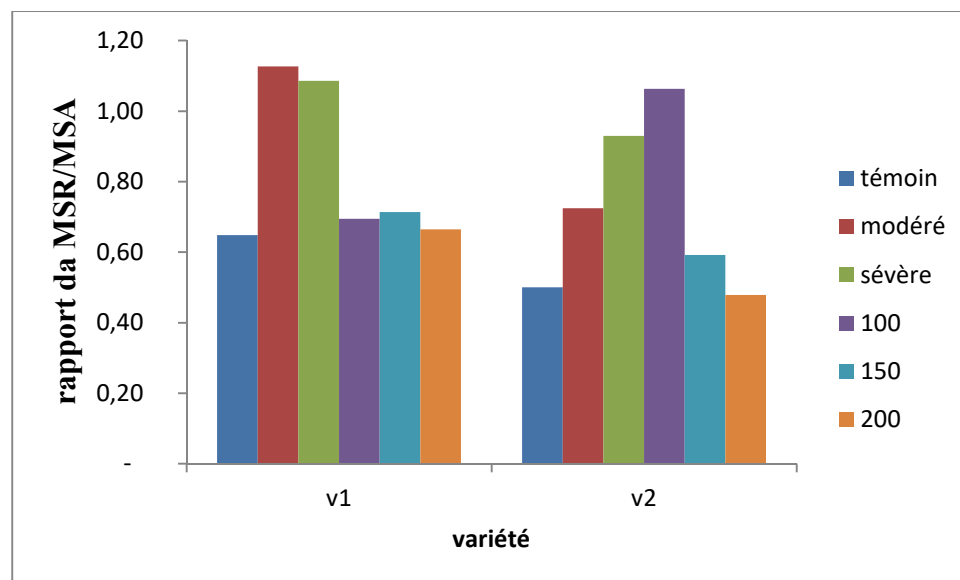
<b>Paramètre</b>	<b>Variété</b>		<b>Stress salin</b>		<b>Interaction</b>	
	<b>Test F</b>	<b>Probabilité</b>	<b>Test F</b>	<b>Probabilité</b>	<b>Test F</b>	<b>Probabilité</b>
<b>MSR/MSA</b>	0.021	0.884	0.992	0.434	0.789	0.517

Les résultats moyens obtenus (tab n°21) montrent que la variété V1 enregistre des rapports variant entre 0.71±0.10 au niveau du traitement 150mM et 0.64±0.06 au niveau du traitement témoin. Les valeurs du MSR/MSA présente des taux d'augmentation de 7.81%, 10.93% et 3.12% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les rapports du témoin (tableau n° 02 en annexe)

Chez la variété V2 la valeur maximale est 1.06±0.56 au niveau de traitement 100Mm et la valeur minimale est de 0.47±0.00 au niveau de traitement 200Mm. Les taux progression de 112% et 18% respectivement chez les traitements 100Mm et 150Mm comparaison avec les racines et parties aériens témoins (tableau n° 02 en annexe)

**Tableau n° 21:** Résultats moyens de MSR/MSA des deux variétés de la fève (*Vicia faba L*) sous l'effet de la salinité.

Variété	Stress salin	MSR/MSA
V1	Témoin	0.64±0.06
	100Mm	0.69±0.05
	150Mm	0.71±0.10
	200Mm	0.66±0.05
V2	Témoin	0.50±0.05
	100mM	1.06±0.56
	150mM	0.59±0.04
	200mM	0.47±0.00



**Figure n°08 :** Résultats moyens de MSR/MSA des deux variétés de la fève (*vicia faba L.*) sous l'effet de déficit hydrique et de la salinité.

### 3. Paramètres biochimiques

#### 3.1 Effet de déficit hydrique et stress salin sur chlorophylle a

- Effet déficit hydrique

L'analyse de la variance des résultats obtenus (Tab n°22) montre que la teneur de chlorophylle a se comporte indépendamment du choix des variétés testées ( $P>0.05$ ). Par contre, le déficit hydrique présente un effet significatif sur ce paramètre ( $P<0.05$ ). L'interaction entre les deux facteurs d'étude ne provoque aucune influence notable ( $p>0,05$ ) ce ci indique que les variétés testés ont manifesté des comportements similaires aux variations du régime hydrique appliqué.

**Tableau n° 22 :** Analyse de la variance de la Chlorophylle a de deux variétés de la fève (*Vicia faba L*) sous trois traitements hydrique.

Paramètre	Variété		Stress hydrique		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test	Probabilité
CHL a	0.624	0.444	4.164	0.042	1.837	0.201

La lecture des résultats moyens (Tab n°23) montre que chez la variété V1 les teneurs en chlorophylle a passent de  $6.85\pm 2.01 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  (témoin),  $2.21\pm 1.73 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  (modéré) à  $1.81\pm 0.71 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  (sévère). Les valeurs de la chlorophylle a présente des taux de baisse de 67.73% et 73.57% respectivement chez les traitements modéré et sévère en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe).

Chez la variété V2 la teneur de la chlorophylle a varie entre  $3.58\pm 0.75 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de traitement modéré et  $1.39\pm 0.44 \mu\text{g}/100\text{gM}$  au niveau du traitement sévère. Le taux de régression est de 60.05% sévère en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe).



**Tableau n° 23** : Résultats moyennes de la chlorophylle a ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique.

Variété	Déficit hydrique	CHL a ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ )
V1	Témoin	6.85±2.01
	Modéré	2.21±1.73
	Sévère	1.81±0.71
V2	Témoin	3.48±1.00
	Modéré	3.58±0.75
	Sévère	1.39±0.44

- **Effet de stress salin**

L'analyse de la variance des résultats (tab n° 24) montre que la chlorophylle a se comporte indépendamment du choix des variétés testées ( $P>0.05$ ). Par contre, la salinité présente un effet très hautement significative ( $P<0.05$ ) sur l'expression de ce paramètre. Aucune signification notable quant à l'interaction des deux paramètres d'étude. Les variétés testées se comportent de façon similaire à la déclaration du traitement salin ( $P>0.05$ ).

**Tableau n° 24** : Analyse de la variance de la Chlorophylle a de deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet de la salinité.

Paramètre	Variété		Stress Salin		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
<b>Chl a</b>	2.068	0.169	6.560	0.004	1.837	0.181

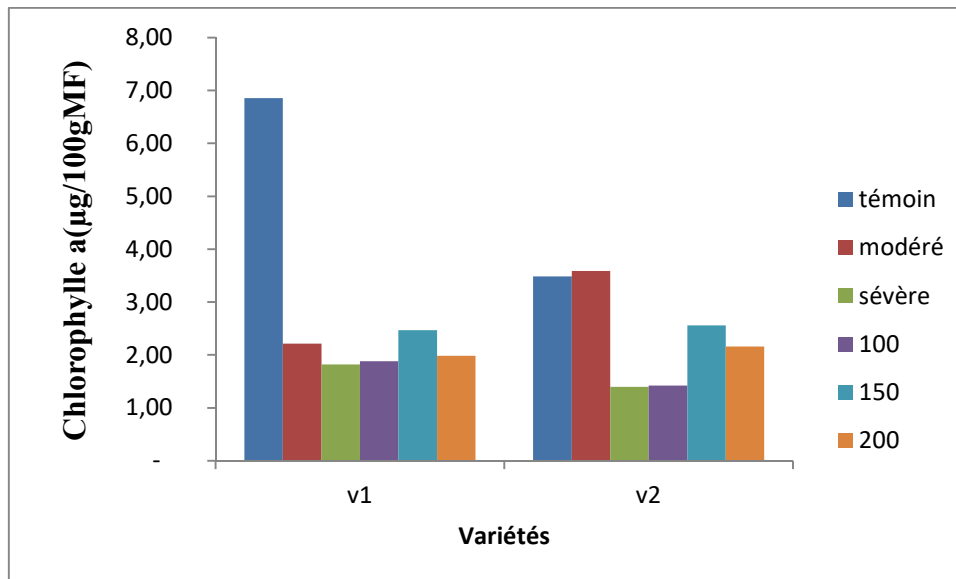
La lecture des résultats moyens (tab n° 25) montre que chez la variété V1 les teneurs en chlorophylle a oscillent entre 6.85±2.01  $\mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau du traitement témoin et 1.88±0.49  $\mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de traitement 100Mm. Ces teneurs en chlorophylle a

présentent des diminutions de 72.55%, 64.08% et 71.09% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe).

Dans la variété V2 la plus grande teneur en chlorophylle a est de  $3.48 \pm 1.00$   $\mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de traitement témoin par contre la plus faible teneur est de  $1.41 \pm 0.14$   $\mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de 100Mm. Les taux de baisse sont de 59.48%, 26.43% et 37.93% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe).

**Tableau n°25** : Résultats moyens de la chlorophylle a des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet de la salinité.

Variété	Stress salin	CHL a ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ )
<b>V1</b>	<b>Témoin</b>	6.85 $\pm$ 2.01
	<b>100Mm</b>	1.88 $\pm$ 0.49
	<b>150Mm</b>	2.46 $\pm$ 0.74
	<b>200Mm</b>	1.98 $\pm$ 0.28
<b>V2</b>	<b>Témoin</b>	3.48 $\pm$ 1.00
	<b>100mM</b>	1.41 $\pm$ 0.14
	<b>150mM</b>	2.56 $\pm$ 0.26
	<b>200Mm</b>	2.16 $\pm$ 0.30



**Figure n°09:** Résultats moyens de la chlorophylle a ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève (*vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique et de la salinité.

### 3. 2 Effet de déficit hydrique et stress salin sur chlorophylle b

- Effets de déficit hydrique.

L'analyse des résultats (tab n°26) démontre que la variance de la teneur en Chlorophylle b est indépendante de l'effet variétal ( $p > 0.05$ ). Ce paramètre présente un faible effet à la déclaration du régime hydrique appliqué ( $p > 0.05$ ). Le comportement des variétés testées, en présence de la contrainte hydrique, se réalise de manières similaires ( $p > 0.05$ ).

**Tableau n°26 :** Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle b de deux variétés de la fève (*vicia faba L.*) sous trois traitements hydrique.

Paramètre	Variété		Stress hydrique		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
CHLb	1.247	0.285	3.641	0.058	2.508	0.122

Les résultats moyens obtenus (tab n°27) révèlent qu'au niveau de la variété V1 la valeur plus haut de la teneur en chlorophylle b est  $1.88 \pm 0 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  enregistré dans le traitement témoin et la moins valeur de la teneur en chlorophylle est  $1.20 \pm 0.50 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  obtenue au niveau de traitement sévère. Les valeurs de la Chlorophylle b présente des taux de baisse de

33.51% et 36.17% respectivement chez les traitements modéré et sévère en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe).

La variété V2 affiche la plus importante teneur en chlorophylle b au niveau du traitement modéré avec une valeur de  $2.52 \pm 0.17$   $\mu\text{g}/100\text{gMF}$  par contre la plus faible est de  $0.87 \pm 0.29$   $\mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de traitement sévère. Cette teneur présente un taux de régression de 55.32% au niveau du traitement sévère en comparaison avec le témoin (tableau n°01 en annexe).

**Tableau n° 27:** Résultats moyens de la teneur en chlorophylle b ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique.

Variété	Déficit hydrique	CHL b ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ )
V1	Témoin	1.88±0
	Modéré	1.25±0.65
	Sévère	1.20±0.50
V2	Témoin	1.95±0.19
	Modéré	2.52±0.17
	Sévère	0.87±0.29

- **Effets de stress salin**

L'analyse de la variance des résultats obtenus (Tab n°28) montre que la teneur en chlorophylle b se comporte indépendamment du choix des variétés testées ( $P > 0.05$ ). Par contre, la salinité présente un effet très hautement significatif ( $P < 0.05$ ). L'interaction des deux paramètres d'étude ne présente aucune signification notable sur la teneur de chlorophylle b ( $P > 0.05$ ). Les variétés testées se comportent de façon similaire à la déclaration de la salinité.

**Tableau n°28** : Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle b des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du stress salin.

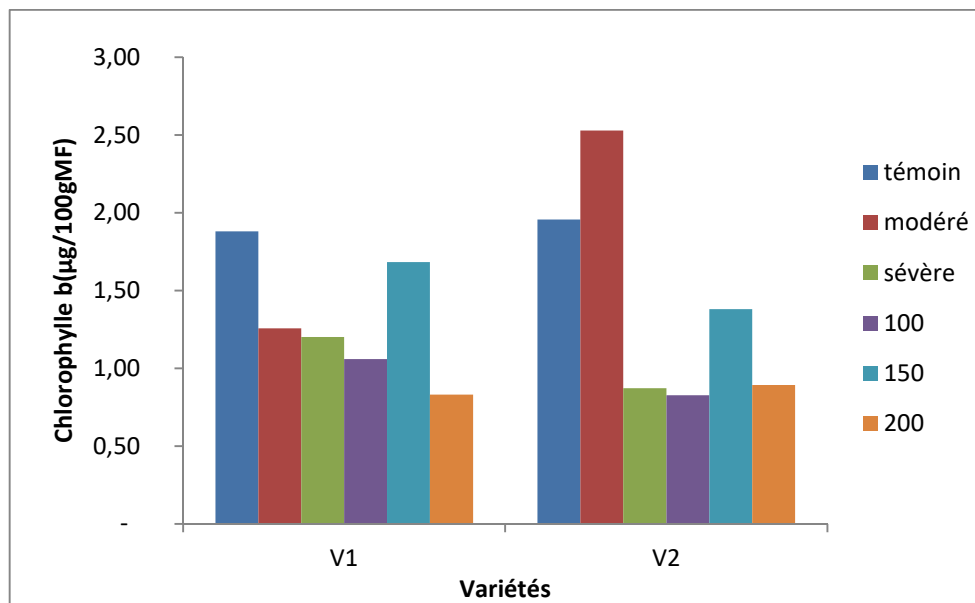
Paramètre	Variété		Stress salin		Interaction	
	Test F	probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
<b>CHL b</b>	0.260	0.616	6.643	0.004	0.254	0.857

Les résultats moyens obtenus (tab n29) révèlent que la variété v1 les teneurs en chlorophylle b fluctuent entre une valeur maximale  $1.88 \pm 0 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  enregistrée au niveau du traitement témoin et une valeur minimale  $0.83 \pm 0.16 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de traitement 200Mm. Les valeurs de la teneur en chlorophylle b présente des taux de diminution de 44.14%, 10.63% et 55.85% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe)

Chez la variété V2 la valeur élevée de la chlorophylle b est enregistrée au niveau de traitement témoin avec  $1.95 \pm 0.19 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  et la valeur la plus faible est de  $0.82 \pm 0.15 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  affichée au niveau de traitement 100Mm. Les taux de baisse sont de 57.94%, 29.23% et 54.35% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe)

**Tableau n°29** : Résultats moyens de la teneur en Chlorophylle b ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet de la salinité.

Variété	Stress salin	CHL b ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ )
<b>V1</b>	<b>Témoin</b>	1.88= 0
	<b>100mM</b>	$1.05 \pm 0.17$
	<b>150mM</b>	$1.68 \pm 0.28$
	<b>200mM</b>	$0.83 \pm 0.16$
<b>V2</b>	<b>Témoin</b>	$1.95 \pm 0.19$
	<b>100mM</b>	$0.82 \pm 0.15$
	<b>150mM</b>	$1.38 \pm 0.58$
	<b>200mM</b>	$0.89 \pm 0.23$



**Figure n°10** : Résultats moyens de la teneur en chlorophylle b ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique et la salinité.

### 3-3. Effet de déficit hydrique et stress salin sur la teneur en caroténoïdes

- **Effets du stress hydrique**

Les résultats mentionnés dans le (tab n°30) montrent que les deux facteurs d'étude ne présente aucun effet significatif sur l'expression de ce paramètre ( $P > 0.05$ ). L'interaction entre les deux facteurs d'études n'exerce un impact significatif ( $P > 0.05$ ) sur la teneur des caroténoïdes. Les variétés testées se comportent de façon similaire à la déclaration de la contrainte hydrique.

**Tableau n°30** : Analyse de la variance de la teneur en caroténoïdes ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique.

Paramètre	Variété		Stress hydrique		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
caroténoïdes	0.008	0.927	0.532	0.600	0.662	0.533

Les résultats moyens obtenus (tab n°31) exposent que chez la variété V1 la teneur en caroténoïdes varie entre  $3.36 \pm 1.36 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau du traitement témoin  $2.17 \pm 1.26 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de traitement modéré. Les taux de caroténoïdes présente une

diminution de 35.41% et 28.86 respectivement chez les traitements modéré et sévère en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe).

Chez la variété V2 la régression des teneurs en caroténoïdes passe de  $3.37 \pm 0.35 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de traitement modéré à  $1.98 \pm 0.61 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de sévère. Les taux des teneurs en caroténoïdes sont irréguliers. Néanmoins, il présente une progression de 22.10% au niveau du traitement modéré puis une baisse de 39.39% au niveau du traitement sévère en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n°01 en annexe).

**Tableau n°31 :** Résultats moyens de la teneur en caroténoïdes ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique.

Variété	Déficit hydrique	Caroténoïdes ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ )
V1	Témoin	$3.36 \pm 1.36$
	Modéré	$2.17 \pm 1.26$
	Sévère	$2.39 \pm 0.64$
V2	Témoin	$2.76 \pm 0.17$
	Modéré	$3.37 \pm 0.35$
	Sévère	$1.98 \pm 0.61$

- **Effets de stress salin**

L'analyse statistique des résultats (tab n°32) de la teneur en caroténoïdes énonce une indépendance variétale ( $P > 0.05$ ) d'une part. Le régime salin appliqué influe d'une manière significative sur la variation des valeurs obtenues ( $P < 0.05$ ) d'autre part. L'interaction entre les deux facteurs d'étude ne présente aucune influence notable ( $P > 0.05$ ), ce ci indique que la variabilité conduite présente des réponses similaires vis-à-vis la contrainte salin appliquée.

**Tableau n° 32:** Analyse de la variance de la teneur en caroténoïdes des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du stress salin.

Paramètre	Variété		Stress salin		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
Caroténoïdes	0.476	0.499	3.972	0.027	0.109	0.953

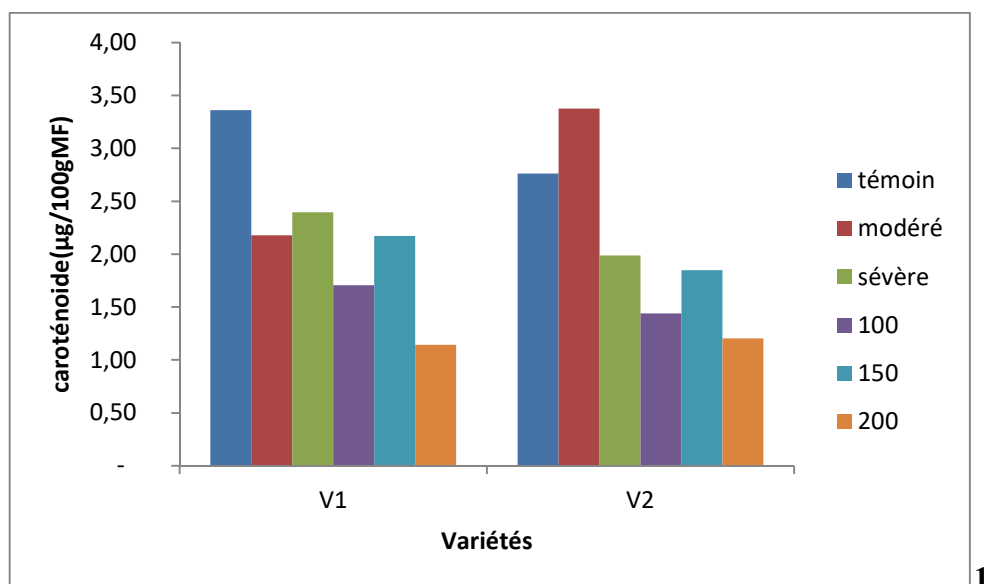
Les résultats moyens obtenus (tab n°33), exposent que chez la variété V1 les valeurs des caroténoïdes évolue de  $3.36 \pm 1.36 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  à  $1.70 \pm 0.16 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  à  $2.17 \pm 0.43 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  à  $1.14 \pm 0.19 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  respectivement au niveau des traitements témoin, 100Mm, 150Mm et 200Mm. Ces teneur présente des taux de baisse de 49.40% et 35.41% et 66.07% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe).

Chez la variété V2 la valeur maximale des caroténoïdes est  $2.76 \pm 0.17 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  enregistrée au niveau de traitement témoin et la valeur minimale est  $1.20 \pm 0.29 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  donnée au niveau de 200Mm. Ces teneurs diminue de 47.82%, 33.33% et 56.52% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe).

**Tableau n° 33:** Résultats moyens de la teneur en caroténoïdes ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du stress salin.

Variété	Stress salin	caroténoïdes ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ )
V1	Témoin	$3.36 \pm 1.36$
	100Mm	$1.70 \pm 0.16$
	150Mm	$2.17 \pm 0.43$
	200mM	$1.14 \pm 0.19$
V2	Témoin	$2.76 \pm 0.17$
	100mM	$1.44 \pm 0.42$
	150mM	$1.84 \pm 0.49$
	200mM	$1.20 \pm 0.29$





**Figure n°11:** Résultats moyens de la teneur en caroténoïdes ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique et de la salinité.

### 3-4.Effet du stress salin et hydrique sur teneur en sucres solubles

- **Effets de stress hydrique**

L'analyse des résultats (tab n°34) démontre que la variance des sucres solubles est indépendante de l'effet variétal ( $p>0.05$ ). Ce paramètre ne présente aucune influence notable à la déclaration du régime hydrique appliqué ( $p>0.05$ ). Le comportement des variétés testées, en présence de la contrainte hydrique, se réalise de manières similaires.

**Tableau n° 34:** Analyse de la variance des sucres solubles des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) Sous l'effet du déficit hydrique.

Paramètre	Variété		Stress hydrique		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
Sucre	1.500	0.244	0.600	0.564	0.825	0.461

Les résultats moyens obtenus des sucres solubles (tab n°35) exposent que chez la variété V1 la valeur maximale des teneurs en sucres solubles est de  $50.89 \pm 16.92 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau du traitement sévère et la valeur minimale est de  $24.07 \pm 11.32 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau du traitement témoin. Les valeurs de la teneur en sucres solubles présentent des taux de hausse

de 73.49% et 111.42% respectivement chez les traitements modéré et sévère en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe)

Chez la variété V2 la valeur maximale de la teneur en sucres solubles est de 29.07±5.66 µg/100gMF au niveau du traitement témoin et la valeur minimale est de 25.76±1.85 µg/100gMF au niveau de traitement modéré. Le taux de diminution est de 11.38% au niveau du traitement de 10 jours d'arrêt d'arrosage, ce taux est de 5.81% après 21 jours d'arrêt d'arrosage (tableau n° 01 en annexe)

**Tableau n°35** : Résultats moyens des sucres solubles (µg/100gMF) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique.

Variété	Déficit hydrique	sucres solubles (µg/100gMF)
V1	Témoin	24.07±11.32
	Modéré	41.76±17.20
	Sévère	50.89±16.92
V2	Témoin	29.07±5.66
	Modéré	25.76±1.85
	Sévère	27.38±6.90

- **Effets de stress salin**

L'analyse de la variance des résultats (Tab n°36) montre que l'effet variétal n'a aucun effet significatif sur la teneur en sucre solubles ( $P > 0.05$ ). L'intensité du régime salin ne présente aucune influence notable sur l'expression de ce paramètre ( $P > 0.05$ ). L'interaction de l'effet variétal et le stress salin est indépendante de l'expression de la teneur en sucre soluble ( $p > 0.05$ ). Les variétés testées se comportent de manière similaire.

**Tableau n°36 :** Analyse de la variance des sucres solubles des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet de la salinité.

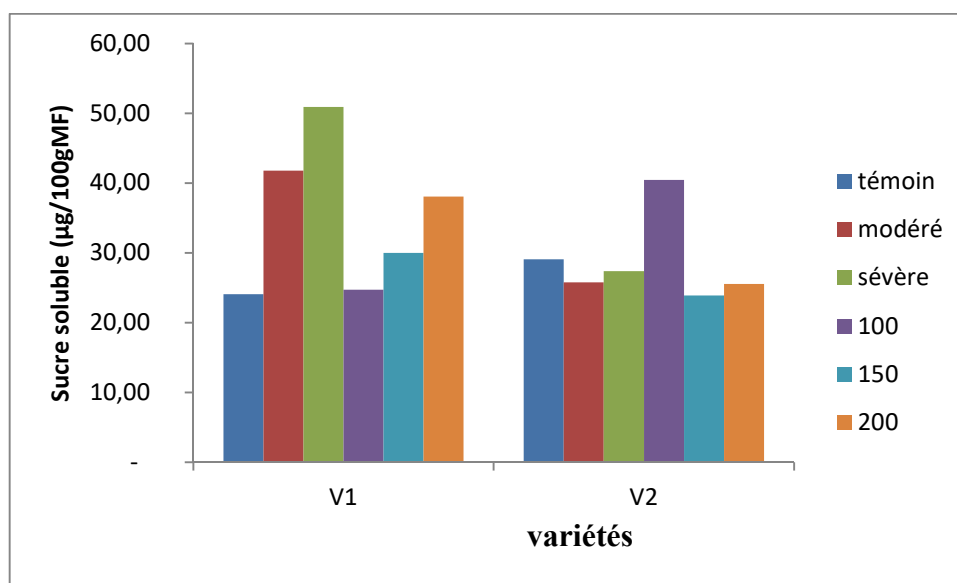
Paramètre	Variété		Stress salin		Interaction	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
Sucre	0.008	0.928	0.314	0.814	1.222	0.333

Les résultats moyens obtenus (tab n°37), exposent qu'à la variété V1 la valeur supérieur de la teneur en sucre soluble est  $38.07 \pm 11.78 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau du traitement 200 Mm et la valeur inférieur est  $24.07 \pm 11.32 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de traitement témoin. Les valeurs de la teneur en sucre soluble présente des taux oscille de -2.65% et -24.63% et -58.16% respectivement chez les traitements 100Mm, 150Mm et 200Mm en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe).

Dans la variété V2 la valeur supérieur  $40.43 \pm 9.98 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de traitement 100Mm et la valeur inférieur est  $23.87 \pm 7.51 \mu\text{g}/100\text{gMF}$  au niveau de 150Mm. Les taux des sucres solubles sont irréguliers. Cependant, seul le traitement 100Mm qui présente une accumulation des sucres solubles avec un taux de 39.07% en comparaison avec les feuilles témoins (tableau n° 01 en annexe)

**Tableau n°37 :** Résultats moyens des sucres solubles ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet de la salinité.

Variété	Stress salin	sucres solubles ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ )
V1	Témoin	$24,07 \pm 11.32$
	100mM	$24.71 \pm 3.58$
	150mM	$30.00 \pm 0.86$
	200mM	$38.07 \pm 11.78$
V2	Témoin	$29.07 \pm 5.66$
	100mM	$40.43 \pm 9.98$
	150mM	$23.87 \pm 7.51$
	200Mm	$25.53 \pm 6.22$



**Figure n°12** : Résultats moyens des sucres solubles ( $\mu\text{g}/100\text{gMF}$ ) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous l'effet du déficit hydrique et de la salinité.

## Discussion

A travers ce travail nous avons fait ressortir l'impact de deux types de stress abiotiques à savoir stress hydrique et stress salin sur deux variétés de fève (*Vicia faba L.*). Dans un premier temps, nous avons étudié cet impact sur la croissance en longueur des tiges, des racines avec une évaluation de la teneur en eau, le volume racinaire et le rapport MSR/MSA. Dans un deuxième temps, nous avons estimé les teneurs en sucres solubles et en chlorophylle (a et b) ainsi que la teneur en caroténoïdes.

La teneur relative en eau ou la turgescence foliaire est une caractéristique génotypique liée à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'eau dans la feuille. Il est important que la plante conserve suffisamment d'eau en minimisant les pertes (par la fermeture des stomates, la réduction de la surface foliaire, la sénescence des feuilles les plus âgées etc.) et en maximisant l'ajustement osmotique d'une part et l'absorption d'eau par augmentation de la croissance des racines d'autre part (Khazaei et al., 2013; Araújo et al., 2015). Les variations constatées de la teneur relative en eau chez les deux génotypes testés montrent que la salinité et déficit hydrique pratiqués influent d'une manière fortement significative et négative sur le maintien de la teneur relative en eau ( $r = -0.763^{***}$ ) et ( $r = -0,795^{***}$ ) respectivement. Les plantules soumises au déficit hydrique et à la salinité montrent une capacité de rétention en eau plus faible en comparaison avec le témoin. En effet, plus la concentration en NaCl CaCl<sub>2</sub> est importante, plus la valeur de la teneur relative en eau diminue. La variété 1 présente un indice de sensibilité plus important au niveau du traitement 200mM en comparaison avec le traitement témoin. Par contre, chez la variété 2 cet indice est plus fort au niveau du traitement le plus sévère du stress hydrique. Nos résultats sont similaires à ceux de Derkaoui et al. (2022) lors de l'application de stress salin chez les plantules de tomate. Il note que les concentrations croissantes de NaCl influent d'une manière négative sur l'augmentation de la teneur relative en eau (TRE). Les espèces végétales tolérantes absorbent de grandes quantités d'ions tout en maintenant la turgescence cellulaire et en évitant leur toxicité grâce à un compartimentage cellulaire et l'accumulation dans les vacuoles. L'équilibre osmotique du cytoplasme est alors assuré par une synthèse active de composés organiques solubles (Greenways et al., 1980). Chez les *Citrus*, les cultivars les plus résistants au stress salin sont ceux qui limitent le plus efficacement possible l'accumulation des sels dans leurs feuilles (Greive et al., 1983 ; Benmahioul et al., 2009).

D'un autre côté, la déshydratation du milieu de culture a conduit à une stimulation des caractéristiques morphologiques du système racinaire à savoir : la production de la matière sèche des racines, le volume racinaire et la longueur de l'axe principal. En effet, des fortes relations positives établies entre l'intensité du manque d'eau et la longueur de l'axe principal ( $r = 0.511^{**}$ ), le volume racinaire ( $r = 0.715^{***}$ ) et le MSR/MSA ( $r = 0.529^{**}$ ). Cette corrélation s'est traduite par des valeurs de ce rapport MSR/MSA qui restent toujours supérieures chez les plantes les plus stressées. Ceci indique que le déficit hydrique n'a pas affecté de façon similaire les deux parties de la plante. Le manque d'eau dans le milieu de culture provoque une réduction du poids sec de la partie aérienne alors qu'il améliore celui de la racine. Selon el azab et al., 2014, la réduction de croissance de l'appareil végétatif aérien est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique. En effet, ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles.

Néanmoins, le stress hydrique a provoqué une élongation de la racine principale conduisant à une meilleure exploration des horizons profonds, et par là, à une meilleure absorption de l'eau des couches profondes du sol. Cette dynamique d'enracinement des plantes stressées a été mise en évidence par de nombreux auteurs (Brown et al., 1987 ; Ali Dib et al., 1992), et constitue un des mécanismes d'évitement de la sécheresse utilisé par les plantes. L'élongation racinaire est plus marquée chez la variété 1 avec un taux d'évolution de 30.77% au niveau du traitement 150mM de NaCl en comparaison avec la longueur des racines des plants témoins. Par contre ce taux d'élongation est de 28.06% et 24% au niveau du traitement de 10 et 21 jours d'arrêt d'arrosage respectivement.

L'optimisation de l'absorption de l'eau par les racines est, en effet, liée à un ensemble complexe de caractères morphologiques comprenant la longueur, le volume. La forte corrélation positive qui s'est produite entre le volume et la longueur de l'axe principal s'explique par une forte ramification de ce système racinaire sous stress hydrique ( $r = 0,641^{***}$ ) et salin ( $r = 0.609^{***}$ ). Le volume racinaire traduit par une extension et/ou une ramification qui favorisent la colonisation d'une plus grande surface de sol et rendent plus accessibles à la plante les réserves en eau du sol (Benlaribi et al., 1990 ; Benabdallah et al., 1993).

La chlorophylle des feuilles peut être influencée par plusieurs facteurs (âge et position des feuilles), facteurs environnementaux (lumière, température, disponibilité en eau et la salinité) (Hikosaka *et al.*, 2006 ; yousfi *et al.*, 2011). Nos résultats montrent que la salinité et le manque d'eau ont un effet hautement significatif sur la teneur en chlorophylle des feuilles de la fève. En effet, la présence de NaCl à différentes concentrations dans le milieu de culture entraîne une diminution de la teneur en chlorophylle a ( $r=-0.463^{**}$ ), la chlorophylle b ( $r=-0.488^{**}$ ) et les caroténoïdes ( $r= -0.534^{**}$ ). Une réponse analogue a été signalée avec l'arrêt d'arrosage pour la chlorophylle a ( $r= -0.574^{**}$ ), pour la chlorophylle b ( $r= - 0.469^{**}$ ) et pour les caroténoïdes ( $r= - 0.266$ ).

La chlorophylle a chez La variété 1 est plus sensible à la salinité avec un taux de réduction qui atteint 72.09% et 71.54% au niveau des traitements 100 et 200mM respectivement. Cette réduction est de 73% pour les plants de vicia faba de la variété1 qui ont subis un arrêt d'arrosage pendant de 21 jours. Levitt (1980), attribue la dégradation de la chlorophylle foliaire sous l'effet du stress salin, à la destruction des pigments chlorophylliens et à l'instabilité du complexe pigmentaire protéique perturbé par l'excès des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ . Nos résultats sont en accord avec ceux de Chahbar (2008) qui affirment que la chlorophylle a et b des feuilles de la fève est fortement influencée par le manque d'eau. Cette diminution est expliquée par la dégradation des membranes de thylakoïdes des chloroplastes et l'altération du processus photosynthétique. La teneur en chlorophylle est le critère le plus utilisé pour quantifier l'état général de la plante, c'est un excellent bio-indicateur de stress (Tripathi *et al.*, 1999).

L'augmentation de la teneur en sucres solubles lors d'un stress est parmi les phénomènes les plus observés (Hajihashemi *et al.* 2006). Selon nos résultats, l'accumulation des sucres solubles dans les feuilles de la fève (*Vicia faba* L.) augmente progressivement en fonction des périodes d'arrêt d'arrosage appliquées d'une part et de l'accentuation des doses de sels d'autre part. Les deux variétés de fève ont été affectées avec cependant une hausse plus prononcée chez la variété 1 d'un taux d'évolution de 111% après 21 jours d'arrêt d'arrosage en comparaison avec les plants témoin. Cependant, l'accumulation des teneurs en sucres solubles présente un taux de 58 % au niveau du traitement salin 200Mm en comparaison avec les plants témoin.

Nombreux travaux avaient déjà mentionné le rôle prépondérant de l'accumulation des osmoticums notamment des sucres solubles dans le cas de stress osmotique (Araus *et al.*, 2014) et stress hydrique (Adda, 2005 ; Chahbar, 2017). Ces mécanismes d'adaptation

permettent aux plantules de maintenir la turgescence foliaire en diminuant le potentiel hydrique favorisant ainsi l'absorption d'eau malgré la présence du sel dans le sol. Cette augmentation serait due, selon certains auteurs, à une modification d'activités enzymatiques liées au métabolisme glucidique (Araus et al ., 2004 ; Yousfi et al., 2012).



# **Conclusion**

## **Conclusion :**

Les stress abiotique ont un effet dépressif sur la croissance, le développement ainsi que le rendement final des cultures. Les variétés analysées soumises au stress salin et au stress hydrique présentent une variation pour l'ensemble des caractères utilisés, en particulier ceux liés à la racine. En réponse au manque d'eau, les deux variétés de la fève réduisent sa croissance aérienne et tend à maintenir le développement de son système racinaire. Le développement du système racinaire se traduit par une élongation des racines et un volume racinaire important. La variété de Hystal enregistre la plus longue racine en comparaison avec la variété Riena mora.

Le déficit hydrique n'a pas affecté de façon similaire les deux parties de la plante. Le manque d'eau dans le milieu de culture provoque une réduction du poids sec de la partie aérienne alors qu'il améliore celui de la racine.

Les plantules soumises au déficit hydrique et à la salinité montrent une capacité de rétention en eau plus faible en comparaison avec le témoin. En effet, plus la concentration en NaCl CaCl<sub>2</sub> est élevée, plus la valeur de la teneur relative en eau est faible.

Des réponses analogues pour les deux types de stress mais avec un indice de sensibilité variable en fonction des variétés utilisées pour les pigments chlorophylliens et l'accumulation des sucres solubles. L'accumulation des sucres solubles est plus marquée chez la variété Riena mora que chez la variété Hystal

La capacité des plantes à supporter et ou à résister aux stress hydrique et salin dépend étroitement de l'âge, l'espèce, la variété, la durée, l'intensité et la dose des sels.

## **Références**

- **Adda A., 2006-** Etude des mécanismes d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur

(*Triticum durum* Desf). Thèse de doctorat, p.179.

- **Amara L et Bouarroudj D, 2020-** Effet bio-insecticide de l'huile essentielle de Myrte commun (*Myrtus communis*) sur les adultes de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* BOH (Coleoptera: Chrysomelidae). Mémoire master, UNIVERSITE MOULOUDE MAMMERI DE TIZI OUZOU.
- **Benmahammed, A., Bouzerzour, H., Mekhlouf, A., & Benbelkacem, A. (2008).** Variation de la teneur relative en eau, l'intégrité cellulaire, la biomasse et l'effet d'utilisation de l'eau des variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var durum)
- **Bentama Nour elhouda et Boursas Samia ,2016 :** Etude de la variation chromosomique chez l'espèce *Vicia faba* L, thème de master, Université des Frères Mentouri Constantine, p01.
- **Berthomieu, 2003).** function analysis of *athkt1* in arabidopsis shows that Na recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance *Embo Journal* 22, 2004-2014.
- **Benlaribi, M., 1990.** Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*triticum durum*, desf) étude de caractères morphologiques thèse, Doc, Agr,ISN ; Constantine ; 164P.
- **Bois G. ,2005-**Ecophysiologie de semis de conféresectomycorhizés en milieu salin et sociqu .thèse de doctorat.Univ de Merséille.France .187p.
- **Bousba R., Ykhlef N. & Djekoun A. (2009).** Water use efficiency and flag leaf photosyntheticin response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf).*World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5: 609 -616 p.
- **Brown SC., Gregory PJ., Wahbi A., 1987.** Root characteristics and water use in Mediterranean environments. In: Srivastava JP, Porceddu E, Acevedo E, Varma S, eds. Drought tolerance in winter cereals. Proceedings of the international workshop. P: 27-31. October 1985. Capri. Italy. Wiley. Chichester. UK.
- **Chahbar S. (2008)** Études des paramètres morphologiques et physiologiques de résistance à la sécheresse chez la fève *Vicia faba* L. laboratoire de physiologie végétale, Oran. Mémoire de magister : 15-16p.
- **Chahbar S. 2016.** Water deficit effects on morpo-physiologicals parameters in Durum wheat. *Journal of Fundamental and Applied Sciences.* 8(3) : 1166-1181.
- **Demarly Y. 1984 -** Mécanismes génétiques de l'adaptation chez les végétaux, *Bull.soc.bot.Fr, Actual. Bot,* 131: 125-137.
- **El fakhri M., Mahboub S., Benchekroun M., & Nsarellah N. (2011).** Effet du stress hydrique sur la répartition ionique dans les feuilles et les racines du blé dur (*Triticum Durum*). *Nature & Technologie,* 05: 66-71.

- **El midaoui M., Benbella M., Ait Houssa A., Ibriz M. et Talouizte 2007** - Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus*L.), Revue HTE. 136: 29-34.
- **Fellahi Z. 2017** - Analyse génétique d'un croisement line x tester, réponse à la sélection et tolérance des stress du blé tendre (*Triticumaestivum* L.) aous conditions semi - arides. Thè. Doc. Univ. Ferhat Abbas Sétifl. 260.
- **Foudili D, Gasmi A.** Stress de la sècheressechez quatre variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Un examen sur quelque caractéristique morphologique et sur les pigments [En ligne]. Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed Boudiaf-M'Sila, 2017, p 78. Disponible.
- **Foltete A.S., 2010.** Effets génotoxiques et systèmes de détoxication chez *Vicia faba* (Fabaceae) dans le cadre de l'évaluation des sols pollués. Thèse Doct. Université Paul Verlaine – Metz. 189 pages.
- **Gate, P. (1995).**Ecophysologie du blé, Edit. Lavoisier, Paris, Technique et documentation, 429, p.
- **Hanana M., Hamroni L., Cagnac O., Bluwaled E., 2011-** Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. Presses scientifique de CNRC, Enviro, N°19 : 121-141.
- **Hajhashemi, S., K. Kiarostami, S. Enteshari and A. Saboora. 2006.** The effects of salt stress and paclobutrazol on some physiological parameters of two salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of wheat. Pak. J. Biol. Sci., 9(7): 1370-1374.
- **Haouala.,2007).** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, et Ca<sup>2+</sup>) et du chlore (Cl<sup>-</sup>) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent.Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, Vol. 11, No. 3. pp : 235- 244.
- **Hinckley, T.M., Braatne, J. 1994.** Stomata. In: Plant -environment interactions. Wilkinson RE, eds. New York: Marcel Dekker Inc, pp. 323-355.
- **Howell, G.S., 2001.** Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. Amer. J. Enol. Vitic. 52:165-174.
- **Hopkins W. G., 2003.** Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruxelles: 61-476.

- **-Laberche J-C . 2004.** La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2e (éd). Paris:154 -163 p.
- **Levitt J. 1980** - Responses of plants to environmental stress 2ème éd. Water, radiation, salt and other stresses physiological Ecology series. Acad. Press NewYork, 205-211.
- **Luttge U ; Kluge M ; Bauer G, 2002.** Botanique. 3ème édition, Tec et DocLavoisier, PALEM C ; AMARI A., 2005). Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. Reviews in Biology and Biotechnology, Vol. 4, No. 1. pp: 20- 31. aris .pp: 439- 450.
- **Mekliche A., Boukecha D., et Hanifi-Mekliche L., 2003** - Etude de la tolérance a la sécheresse de quelque variété de blé dur (*Triticum durum* desf) effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologique. Annales de l'institut national agronomique El Harrach, Vol. 24, n°1, 297-110 : 98-99 p.
- **Mouellef A. 2010** - Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Thèse. Mag. Univ. Mentouri, Constantine. 118p.
- **Nadjem k. (2012).** Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride. Mém. Magister. Univ. Farhat abbas. sétif. 12p.
- **Oukarroum A. (2007)** Vitalité des plantes d'orges (*Hordeum vulgare*) en condition de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Université de Genève, laboratoire de bioénergétique et microbiologique : 2p.
- **Passioura J. (2004).** Increasing crop productivity when water is scarce: from breeding to field management. In proceedings of the 4th International Crop Science Congress "New directions for a diverse planet" Brisbane, Australia. 12 pages.
- **Peron J-Y, 2006.** Références. Production légumières. 2ème Ed. DUC, Paris, 613p.
- **Piri K ; Anceau C ; El Jaafari S ; Lepoivre P ; Semal J, 1994).** Plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. Sécheresse. pp : 109-116. Plantes spontanées sahariennes (*Retama retam*, *Genista saharae* *Asphodelus tenuifolius* et *Oudneya africana*).

- **Kabongo T. 2018** - Evaluation de la sensibilité aux stress hydriques du maïs (zeamaysL.) cultivé dans la savane du sud-ouest de la RD Congo, cas de mvuazi. Thèse. Doc. Univ. KINSHASA 1. 161p.
- **Kordrostami. M et Rabiei. B, ; 2019**, Salinity Stress Tolerance in Plants: Physiological, Molecular, and Biotechnological Approaches, in Plant Abiotic Stress Tolerance, pp 101-120.
- **Kramer, 1980**. Drought stress and the origine of adaptation of plants . To water and high temperature stress. Edit.Wiley inter science. Newyork. PP 7-20.
- **Kramer P.J. and J.S. Boyer, 1995**. Water relations of plants and soils (Book). Academic Press, Inc
- **Regragui A., 2005-** Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur le couple tomate-Verticillium: Conséquences physiologiques et impact sur la bioprotection des tomates contre la Verticilliose. Thèse de doctorat en Phytopathologie, Université Mohammed V-Agdal Faculté des Sciences, Rabat, Morocco : 81-82.
- **Saxena M.C., 1991**. Status and scope for production of faba bean in the Mediterranean countries. Centre International dans la Recherche d'Agriculture. Séminaire N° 10: 15-20.
- **Slama A. (2002)**. Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie. Tunis.
- **Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M., & Zid, E. (2005)**. Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance (Inrat) ,16 (3) : 225-229.
- **Steinitz B., 1999-** Sugar alcohols display no osmotic roles in regulating morphogenesis and metabolism in plants that do not produce polyols as primary photosynthetic products. Journal of Plant Physiology, Vol. 155: 1-8.
- **Tahrie.H., Belabed A.M., Sadki K., 1998-** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutaminesynthétase chez trois variétés de blé dur (Triticum durum). Université Mohamed Premier. Maroc. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, 2: 81-87.
- **Turner, N.C. 1986**. Adaptation to water deficit: a changing perspective. Aust J Plant Physiol; 13: 175-90

- **Turner N.C. 1979** - Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plant in stress physiology in crop plants, (H.W. Musseland et, R.C Staples, ed, Wiley, (interscience) New York, 343 372.
- **Yaday S., Irfan M., ahmad A., Hayet S., 2011-** Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: a review. Journal of Environmental Biology, 32(5): 667-685.
- **Zerrad W., Hillali S., Maataui B.S, El Antri S., Hmyene A., 2006-** Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. Congrès International de Biochimie, Agadir : 371- 376.
- **Zouaui A., Moula E., Snoussi S.A., 2018-** Etude de l'effet de la salinité et de l'inoculation de Brady rhizobium sp. (Lotus) sur le comportement morpho-physiologique du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Revue Agrobiologia. 8(1): 802-808.

## Annexe

**Tableau n°01** : Indice de sensibilité de la teneur relative en eau (%), les chlorophylles a , b et la Caroténoïdes (%),et le sucre soluble(%), des deux variétés de la fève (*Vicia faba* L.) sous l'effet de stress salin et hydriques.

Variété	Stress salin et hydrique		RWC	Chla	Chl b	Cart	Sucres solubles
		Sévère	21.76	73.57	36.17	28.86	-111.42

V1	<b>Stress hydrique</b>	<b>Modéré</b>	16.10	67.73	33.51	35.41	-73.49
	<b>Stress salin</b>	<b>100</b>	20.28	72.55	44.14	49.40	-2.65
		<b>150</b>	22.27	64.08	10.63	35.41	-24.63
		<b>200</b>	23.45	71.09	55.85	66.07	-58.16
V2	<b>Stress hydrique</b>	<b>Sévère</b>	26.94	60.05	55.38	39.39	5.81
		<b>Modéré</b>	3.48	-2.87	-29.23	-22.10	11.38
	<b>Stress salin</b>	<b>100</b>	3.38	59.48	57.94	47.82	-39.07
		<b>150</b>	13.91	26.43	29.23	33.33	17.88
		<b>200</b>	14.19	37.93	54.35	56.52	12.17

**Tableau n°02** : Indice de sensibilité de la longueur de racine (%), longueur de tige (%), volume de racine (%) et MSR/MSA (%) des deux variétés de la fève (*Vicia faba L.*) sous stress salin et hydriques.

<b>Variété</b>	<b>Stress salin et hydrique</b>		<b>la longueur de racine (%)</b>	<b>longueur de tige (%)</b>	<b>volume de racine (%)</b>	<b>MSR/MSA (%)</b>
V1	<b>Stress hydrique</b>	<b>Sévère</b>	3.56	-105.92	-105.92	-68.75
		<b>Modéré</b>	-18.75	-59.5	-59.5	-75
		<b>100</b>	-18.75	-164.28	-164.28	-7.81



	<b>Stress salin</b>	<b>150</b>	-15.61	-190.42	-190.42	-10.93
		<b>200</b>	-16.52	-128.57	-128.57	-3.12
<b>V2</b>	<b>Stress hydrique</b>	<b>Sévère</b>	3.40	-78.17	-78.17	-84
		<b>Modéré</b>	-31.08	-29.07	-29.07	-44
	<b>Stress salin</b>	<b>100</b>	-7.28	-180.03	-180.03	-112
		<b>150</b>	-29.62	-147.29	-147.29	-18
		<b>200</b>	-15.05	-125.47	-125.47	6

Tableau n° 3 Relation entre la salinité et les paramètres étudiés

	SS	RWC	long tige	long racine	chl a	chl b	carot	sucre	volume	MSR/MSA
RWC	- 0,763	1,000								
long tige	0,438	- 0,442	1,000							
long racine	0,494	- 0,560	0,271	1,000						
chl a	- 0,463	0,570	- 0,180	- 0,631	1,000					
chl b	- 0,488	0,446	- 0,153	- 0,338	0,569	1,000				
carot	- 0,535	0,500	- 0,317	- 0,186	0,705	0,663	1,000			
sucre	0,088	- 0,107	- 0,247	0,202	- 0,292	0,023	0,023	1,000		
volume	0,429	- 0,481	0,122	0,609	- 0,532	- 0,510	- 0,330	0,177	1,000	
MSR/MSA	- 0,077	- 0,221	- 0,122	0,031	- 0,114	- 0,306	- 0,110	0,274	0,332	1,000

Tableau n° 4 Relation entre le stress hydrique et les paramètres étudiés

	SH	RWC	long tige	long racine	chl a	chl b	carot	sucre	volume	MSR/MSA
RWC	- 0,796	1,000								
long tige	- 0,065	- 0,035	1,000							
long racine	0,511	- 0,451	0,127	1,000						
chl a	- 0,574	0,686	- 0,189	- 0,540	1,000					
chl b	- 0,469	0,578	- 0,067	- 0,066	0,634	1,000				
carot	- 0,267	0,475	- 0,250	0,111	0,706	0,712	1,000			
sucre	0,270	- 0,171	0,338	0,279	- 0,387	- 0,265	- 0,241	1,000		
volume	0,715	- 0,579	- 0,160	0,642	- 0,335	- 0,234	0,138	0,073	1,000	
MSR/MSA	0,530	- 0,556	0,365	0,184	- 0,316	- 0,320	- 0,202	0,330	0,191	1,000

