

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : DES SCIENCES

AGRONOMIQUES

N° :



DOMAINE : SCIENCE DE LA NATURE
ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : PRODUCTION VEGETALE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par : M^{elle} ABDESSEMED Souad

M^{elle} HARROUD Soumia

Intitulé

**Caractérisation morphologique et Variation du
comportement morpho-physiologique et
biochimique de quelque variétés de la fève
(*Ficia faba* L) vis-à-vis le stress salin cultivée**

Soutenu devant le jury composé de :

M ^r . GUENDOUZEN O.	MAA	Université de M'sila	Président
M ^m . LALLOUCHE B.	MCB	Université de M'sila	Promoteur
M ^r . HADJ KOUIDER B.	MCB	Université de M'sila	Co- Promoteur
M ^r . TORCHIT N.	MAA	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire 2018/2019

REMERCIEMENTS

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous tenant à remercier sincèrement **Mm LALLOUCHE** et **Mr HADJKOUIDER**, qui, en tant que Directeurs de mémoire, se sont toujours montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Nous tenons également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance, tout particulièrement :

Mr GUENDOZEN O. pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de cette mémoire.

Mr TORCHIT N. pour avoir accepté d'examiner ce travail.

On n'oublie pas l'équipe de Laboratoire d'Amélioration des Plantes pour leur contribution et leur soutien.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos parents pour leur soutien et leur patience et à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.



Dédicaces

Je dédie à Mes très chers parents, avec tout mon amour, ma tendresse et mon estime, je n'arriverai jamais à leurs rendre ce qu'ils ont fait pour moi. Que Dieu vous protège.

A mes frères AHMED, LAKHDAR, ABDELOUAHED et SAID et mes sœurs SOUHILA, DJAMILA et HANANE, pour tout l'amour qu'ils m'apportent et leur soutien.

A toute la famille : ABDESSEMED.

A mon fiancé et sa famille

A toutes mes amies et à mon binôme dans ce travail : SOUMIA et tous mes amies en 2eme année master promotion 2018/2019.

SOUAD





Dédicaces

Je dédie à Mes très chers parents, avec tout mon amour, ma tendresse et mon estime, je n'arriverai jamais à leurs rendre ce qu'ils ont fait pour moi. Que Dieu vous protège.

A mes frères IBRAHIM, LKALILE et mes sœurs CHAIMA, SABRINE, ZINEB et SARA, pour tout l'amour qu'ils m'apportent et leur soutien.

A toute la famille : HARROUD.

A mon fiancé et sa famille

Sans oublier mes chères amies : DONIA, SOUAD, FAIZA et ZINEB et à mon binôme dans ce travail : SOUAD et tous mes amies en 2eme année master promotion 2018/2019.

SOUMIA



RESUME

La présente étude vise tout d'abord à observer l'effet comparatif de la salinité sur le comportement de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) (Malti, Rouiba, Sévil, Arbi, Picasso, Hystal, Violetta). À cet effet, des graines des différentes variétés sont semés en pots remplis de terre agricole. Quatre concentrations de Na Cl 0 (témoin), 50 mM, 100 mM et 150 mM ont été appliqués pendant 150 jours. Taux de germination, poids frais des parties aérienne et racinaire, longueur de tige et de racine, teneur en proline et en sucres solubles totales au niveau des racines et au niveau des tiges ont été analysés. Les résultats ont montré que le stress salin a un effet dépressif sur la croissance et le développement des différentes variétés de fève. Les teneurs en proline et en sucres solubles augmentent. D'après l'analyse de la variance et la comparaison de $F_{\text{observé}}$, la teneur en proline au niveau des racines admis comme marqueur biochimique de stress. Les résultats obtenus suivant cette stratégie montrent les deux variétés Malti et Picasso sont plus tolérantes au stress salin que les autres variétés. Ainsi, d'après nos analyses, il s'avère que le degré de tolérance de Malti et Picasso est étroitement reposant sur ses capacités d'accumulation de sucres solubles au niveau des racines. L'expérience suivante étudie la variation phénotypique de huit variétés de fève, semis en ligne dans la station expérimentale au département d'agronomie en utilisant 31 descripteurs de l'UPOV (2003), en vue de rechercher lequel des 31 descripteurs peuvent être utilisés comme de puissants estimateurs de la diversité phénotypique au sein des variétés de fève. L'analyse des composantes principales (ACP) a résumé l'information contenue dans les trente-un variables en 4 composantes qui restituent 86,804% de la variance totale. La classification ascendante hiérarchique a permis de distinguer 3 classes. L'ACP a montré que 16 variables contribuent le plus à discriminer les différentes classes. Ces caractères peuvent constituer des critères de base pour différencier les variétés de fève en Algérie. Les différentes classes peuvent servir de géniteurs dans la création de variétés améliorées.

Mots-clés : Fève, *Vicia faba* L., variétés, stress salin, marqueur morphologique, marqueur biochimique. Descripteurs morphologique, UPOV

ABSTRACT

The present study aims to observe the comparative effect of salinity on the behavior of eight bean varieties (*Vicia faba* L.) (Malti, Rouiba, Sevil, Arbi, Picasso, Histan, Violetta). For this purpose, seeds of different varieties are sown in pots filled with agricultural land. Four concentrations of 0 (control) Na Cl, 50 mM, 100 mM and 150 mM were applied for 150 days. Germination rate, fresh weight of aerial and root parts, stem and root length, proline content and total soluble sugars in the roots and stems were analyzed. The results showed that salt stress has a depressive effect on the growth and development of different bean varieties. The contents of proline and soluble sugars increase. From the analysis of the variance and the observed comparison, the proline content at the root level was accepted as a biochemical stress marker. The results obtained according to this strategy show the two varieties Malti and Picasso are more tolerant to salt stress than the other varieties. Thus, according to our analyzes, it turns out that the degree of tolerance of Malti and Picasso is closely based on its capacity for accumulation of soluble sugars in the roots. The following experiment investigates the phenotypic variation of eight bean varieties, seedlings in line in the experimental station at the Department of Agronomy using 31 UPOV descriptors (2003), to look for which of the 31 descriptors can be used as powerful estimators of phenotypic diversity within bean varieties. The Principal Component Analysis (PCA) summarized the information contained in the thirty-one variables into four components that yield 86.804% of the total variance. The ascending hierarchical classification made it possible to distinguish 3 classes. The PCA has shown that 16 variables contribute the most to discriminate the different classes. These characteristics may constitute basic criteria for differentiating bean varieties in Algeria. The different classes can serve as spawners in the creation of improved varieties.

Keywords: bean, *Vicia faba* L., varieties, salt stress, morphological marker, biochemical marker. Morphological descriptors, UPOV

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى ملاحظة التأثير المقارن للملوحة على سلوك ثمانية أصناف من الفول (Rouiba، Malti، Sevil، Arbi، Picasso، Hystal، Biskara، Violetta) لهذا الغرض، تزرع بذور من أنواع مختلفة في حاويات المليئة بالأراضي الزراعية. تم تطبيق أربعة تركيزات من 0 (التحكم) كلوريد الصوديوم، 50 ملم، 100 ملم و150 ملم لمدة 150 يومًا. تم تحليل معدل الإنبات والوزن الحيوي للأجزاء الهوائية والجذرية وطول الساق والجذر ومحتوى البرولين والسكريات الذائبة الكلية في الجذور والسيقان. وأظهرت النتائج أن الإجهاد الملح له تأثير الإجهاد على نمو وتطور أنواع مختلفة من الفول. زيادة محتويات البرولين والسكريات القابلة للذوبان. من تحليل التباين والمقارنة المرصودة، تم قبول محتوى البرولين على مستوى الجذر كعلامة ضغط كيميائي حيوي. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها وفقًا لهذه الاستراتيجية أن الصنفين Malti و Picasso أكثر تحملاً للإجهاد الملح من الأصناف الأخرى. وبالتالي، وفقًا لتحليلاتنا، اتضح أن درجة المقاومة مع Malti و Picasso

تعتمد بشكل كبير على قدرتها على تراكم السكريات الذائبة في الجذور. تبحث التجربة التالية في التنوع المظهري لثمانية أصناف من الفول، الشتلات في الخط في المحطة التجريبية في قسم الهندسة الزراعية باستخدام 31 من واصفات (2003) UPOV ، للبحث عن أي من 31 من الواصفات يمكن استخدامها مقدرات قوية للتنوع المظهري ضمن أصناف الفول. قام تحليل المكون الرئيسي (PCA) بتلخيص المعلومات الواردة في المتغيرات الحادية والثلاثين إلى أربعة مكونات تنتج 86.804% من إجمالي التباين. جعل التصنيف الهرمي التصاعدي من الممكن التمييز بين 3 فصول. أظهر PCA أن 16 متغيرًا تساهم بشكل كبير في التمييز بين الفئات المختلفة. قد تشكل هذه الخصائص معايير أساسية للتمييز بين أصناف الفول في الجزائر. يمكن للفئات المختلفة أن تكون بمثابة بيض في إنشاء أنواع محسنة.

الكلمات المفتاحية: الفول، *Vicia faba L.*، الأصناف، إجهاد الملح، العلامة المورفولوجية، العلامة الكيميائية الحيوية. واصفات المورفولوجيا، UPOV

TABLE DE MATIERE

REMERCIEMENT	1
RESUME	4
TABLE DE MATIERE	7
LISTE D'ABREVIATION	10
LISTE DES FIGURES	11
LISTE DES TABLEAUX	13
INTRODUCTION	15
CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE L'ESPECE ETUDIÉE	18
1.1. Origine et répartition géographique	18
1.2. Production de la fève.	18
1.2.1. Production mondiale.	18
1.2.2. Production nationale.	19
1.3. Classification botanique	20
1.4. Morphologie et cycle biologique	20
1.4.1. Morphologie	20
1.4.2. Cycle biologique	22
1.5. Différentes variétés de la fève (<i>V. faba</i>) présentes en Algérie	22
1.6. Exigences de la culture de fève	23
1.6.1. Exigences pédologiques	23
1.6.1.1. Eau	23
1.6.1.2. Sol	24
1.6.2. Exigences climatiques	24
1.6.2.1. Température	24
1.6.2.2. Lumière	24
1.6.3. Exigences agronomiques	24
1.6.3.1. Préparation du sol	24
1.6.3.2. Semis	25
1.7. Les principales maladies de la fève	25
1.7.1. Maladie viral	25
1.7.2. Les maladies parasitaires	25
1.7.3. Maladie transmis par les insectes	25
1.7.4. Les maladies fongiques (Bouzid, N., 2008)	26
1.8. Intérêts de la fève	26
1.8.1. Intérêt économique	26
1.8.2. Intérêt alimentaire	26
1.8.3. Intérêts agronomique	27
1.8.4. Intérêts économiques	27
1.8.5. Intérêt éco toxicologique	28
CHAPITRE II : SALINITE ET PROBLEME DE SALINISATION	29
2.1. Problème de la salinité des sols	29

2.2. Conséquences de la salinité sur la plante	29
2.3. Les stratégies d'adaptation	30
2.3.1. Homéostasie cellulaire	30
2.3.2. Séquestration du sodium dans des vacuoles	31
2.3.3. Prélèvement de K ⁺	31
2.3.4. Biosynthèse d'osmoprotectants	31
2.3.5. Synthèse de protéines induites par le sel	32
2.3.6. Synthèse d'antioxydants	32
2.3.7. Régulation de croissance	32
2.4. Limites de la physiologie	33
2.5. Les légumineuses et la salinité	33
2.5.1. Tolérance au sel des légumineuses	33
2.5.2. Le niveau de tolérance des légumineuses	34
2.5.3. Effet du sel sur la symbiose fixatrice d'azote	34

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES 35

3.1. Introduction	35
3.2. Présentation de station expérimentale	35
3.2.1. Localisation	35
3.2.2. Etude pédoclimatique du site expérimentale	35
3.2.2.1. Données climatiques	35
3.2.2.2. Analyse physico-chimique du sol	37
3.3. Matériel végétal	39
3.4. Première partie : Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de <i>Vicia faba</i> L.	41
3.4.2. Test de pré germination	41
3.4.3. Mise en place et conduite de l'essai	41
3.4.4. Dispositif expérimental utilisé	41
3.4.5. Paramètres étudiés	42
3.4.6. Analyse statistique	44
3.5. Deuxième Partie :Caractérisation phénotypique de quelques variétés de fève cultivée dans la région de M'sila	45
3.5.1. Préparation des planches de plantation	45
3.5.2. Semi	45
3.5.3. Irrigation	45
3.5.4. Dispositif expérimental :	45
3.5.5. Echantillonnage et méthode d'étude	46
3.5.6. Paramètres étudiés	46
3.5.7. Analyses statistique	47

CHAPITRE VI : RESULTATS ET DISCUSSION 50

4.1. Première partie : Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de <i>Vicia faba</i> L.	50
4.1.1. Effet du stress salin sur le taux de germination des graines	50
4.1.2. Effet du stress salin sur la longueur de tige	51
4.1.3. Effet du stress salin sur la longueur de racine	53

4.1.4. Effet du stress salin sur le poids frais partie aérienne et racinaire	54
4.1.6. Effet du stress salin sur le nombre des nœuds jusqu'au premier nœud florifère	56
4.1.7. Effet du stress salin sur le poids frais des fruits et des graines	58
4.1.9. Effet du stress salin sur la teneur relative en eau (Relative Water Content)	61
4.1.10. Effet de stress salin sur la teneur en proline au niveau des tiges	62
4.1.11. Effet de stress salin sur la teneur en proline au niveau des racines	63
4.1.12. Effet de stress salin sur la teneur en sucres solubles totale au niveau des tiges	65
4.1.13. Effet de stress salin sur la teneur en sucres solubles totale au niveau des racines	66
4.1.14. Classification des différentes variétés de fève étudiée en groupes homogènes, selon le test Newman-Keuls, pour le paramètre le plus discriminant	67

DISCUSSION 70

4.2. Deuxième Partie :Caractérisation phénotypique de quelques variétés de fève cultivée dans la région de M'sila 73

4.2.1. Analyses en composantes principales 73

4.2.1.1. Représentations des variables et des individus 75

4.2.1.2. Analyse de la matrice des corrélations (Pearson (n) 78

4.2.2. Analyse de la diversité par la classification Hiérarchique Ascendante 78

DISCUSSION 82

CONCLUSION 83

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

ANNEXE

LISTE D'ABREVIATIONS

FAO: Food and Agriculture Organization

FAOSTAT: Food and agriculture organization of the united nations

cm: Centimètre

g : Gramme

µg/g MF : Microgramme par gramme de matière fraîche

O.N.M: Office National de la Météorologie

U.P.O.V: Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales

C : Concentration

ms/cm: Milli siemens par centimètre

CE: Conductivité électrique

Na Cl : Chlorure de sodium

pH : Potentiel hydrogène

mM : Milli molaire

% : Pour cent

Pr : Probabilité.

Sig : Significatif

qx/ha : Quintaux par hectare

kg/ha : Kilogramme par hectare

Na⁺/K⁺: Potassium par sodium

mm : Millimètre

T° : Température

°C: Degré Celsius

ml /g: Millilitre par gramme

LISTE DES FIGURES

Figure 3.1 : Matériel végétal de 8 variétés de <i>Vicia faba</i> L.	40
Figure 3.2 : Dispositif expérimentale	42
Figure 3.3 : Dispositif expérimentale adopté	46
Figure 4.1.1 : Taux de germination de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) en fonction de différentes concentrations saline	51
Figure 4.1.2 : Longueur des tiges de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) en fonction de différentes concentrations saline	52
Figure 4.1.3 : Longueur des racines de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) en fonction de différentes concentrations saline	54
Figure 4.1.4 : Poids frais partie aérienne de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) sous différentes concentration de NaCl	56
Figure 4.1.5 : Poids frais partie racinaire de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) sous différentes concentration de NaCl	56
Figure 4.1.6 : Nombre des nœuds jusqu'au premier nœud florifère de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) sous différentes concentration de NaCl	58
Figure 4.1.7 : Poids des fruits de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) sous différentes concentration de NaCl	60
Figure 4.1.8 : Poids des graines de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) sous différentes concentration de NaCl	60
Figure 4.1.9 : Teneur relative en eau (%) de huit variétés de <i>Vicia faba</i> L. sous différentes concentration saline	62
Figure 4.1.10 : Teneur en proline au niveau des tiges de huit variétés de fève <i>Vicia faba</i> L. sous différentes concentration de NaCl (mM)	63
Figure 4.1.11 : Teneur en proline au niveau des racines de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) sous différentes concentration de NaCl (mM)	64
Figure 4.1.12 : Teneur en sucres solubles totale au niveau des tiges de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) sous différentes concentration de Na Cl (mM)	66

Figure 4.1.13: Teneur en sucres solubles totale au niveau des racines de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) sous différentes concentrations de NaCl (mM)	67
Figure 4.1.14 : Classification des différentes variétés selon leur tolérance ou leur sensibilité.	69
Figure 4.2.1 : Classification des différentes variétés selon leur tolérance ou leur sensibilité	77
Figure 4.2.2: Répartition des 8 variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) dans le plan 1-2 de l'ACP	77
Figure 4.2.3: Classification hiérarchique des différentes variétés de fève étudiées (<i>Vicia faba</i> L.). (CAH)	79
Figure 4.2.4 : Aspect morphologique de huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.) étudiées	81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Evaluation de la superficie et production de la fève et féverole en Algérie	19
Tableau 3.1 : Température mensuelle moyenne, minimale et maximale (°C).	36
Tableau 3.2 : Pluviométrie mensuelle (mm).	37
Tableau 3.3 : Normes d'interprétation de taux de la matière organique.	38
Tableau 3.4 : Normes d'interprétation du calcaire total.	38
Tableau 3.5 : Caractéristiques physico-chimiques du sol.	39
Tableau 3.6 : Descripteurs morphologiques et phénologiques utilisés pour la caractérisation des espèces de fève (<i>Vicia faba</i> L.) en Algérie (UPOV2003).	48
Tableau 4.1.1. : Résultats moyens du taux de germination des grainessous différentes concentration de NaCl	50
Tableau 4.1.2 : Résultats moyens de la longueur de tigesous différentes concentration de NaCl	52
Tableau 4.1.3 : Résultats moyens de la longueur de racinesous différentes concentration de NaCl	53
Tableau 4.1.4 : Résultats moyens du poids frais partie aérienne sous différentes concentration de NaCl	55
Tableau 4.1.5 : Résultats moyens du poids frais partie racinaire sous différentes concentration de NaCl	55
Tableau 4.1.6 : Résultats moyens du nombre des nœuds jusqu'au premier nœud florifèresous différentes concentration de NaCl	57
Tableau 4.1.7 : Résultats moyens du poids frais des fruits sous différentes concentration de NaCl	59
Tableau 4.1.8 : Résultats moyens du poids des graines sous différentes concentration de NaCl	59
Tableau 4.1.9 : Résultats moyens de la teneur relative en eau sous différentes concentration de NaCl	61

Tableau 4.1.10: Résultats moyens de la teneur en proline au niveau des tiges sous différentes concentration de NaCl	63
	64
Tableau 4.1.11 : Résultats moyens de la teneur en proline au niveau des racines sous différentes concentration de NaCl	
Tableau 4.1.12 : Résultats moyens de la teneur en sucres solubles totale au niveau des tiges sous différentes concentration de NaCl	65
Tableau 4.1.13 : Résultats moyens de la teneur en sucres solubles totale au niveau des racines sous différentes concentration de NaCl	67
Tableau 4.1.14 : Classification des différents paramètres analysés selon le test F	68
Tableau 4.2.1. : Valeurs propres et pourcentage de variation exprimée par les quatre premiers axes à partir de 39 caractères analysés chez huit variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.).	73
Tableau 4.2.2 : Corrélation des variables avec les composantes.	74

INTRODUCTION

La salinisation des sols est considérée comme l'un des principaux facteurs limitant le développement des plantes. A l'échelle mondiale, il est estimé que presque 800 millions d'hectares de terres sont affectés par le sel, que ce soit par la salinité (397 millions d'ha) ou par les conditions de sodisation associées aux teneurs en sodium (434 millions ha). En effet, la salinité s'étend sur plus de 6 % de la superficie totale de la planète (**MANCHANDA et GARG, 2008**), dont 3.8 % sont situés en Afrique (**EYNARD et al., 2006**). En Algérie, plus de 20 % des sols irrigués sont affectés par le problème de la salinisation (**BOUHLASSA et al., 2008**). La région de M'sila, comme plusieurs régions en Algérie, est caractérisée par un climat aride à semi-aride avec une pluviométrie faible, ce qui oblige les agriculteurs de recourir à l'irrigation, d'autant plus que la nappe phréatique est d'une qualité souvent médiocre, ce qui peut par conséquent dégrader la qualité des sols agricoles dans des années à venir. Les légumineuses alimentaires occupent une place très importante à l'échelle mondiale et nationale et sollicitent toujours un intérêt qui est de plus en plus croissant. En agriculture, les légumineuses jouent un rôle important dans l'amélioration de la fertilité du sol en matière d'azote suite à leur association symbiotique avec les rhizobia fixatrices de l'azote atmosphérique (**MANCHANDA et al., 2008, GRAHAM et VANCE, 2003**).

La salinité entraîne un déficit hydrique chez les plantes, dû au stress osmotique éventuellement couplé à des perturbations biochimiques induites par l'afflux d'ions sodium (**PARIDA, 2005 ; TAVAKKOLI et al., 2011**). Le franchissement de l'étape de la germination est crucial dans tout développement et croissance de la plantule. Au cours de la germination, la semence se réhydrate dès qu'elle est placée dans le sol, à condition que la teneur en eau de son environnement soit suffisante. L'imbibition de la graine déclenche ensuite des modifications hormonales, qui vont aboutir à des réactivations enzymatiques permettant le début de mobilisation des réserves (**LE DEUNFF, 1975**). Ces processus aboutissent à la percée de la radicule hors des téguments, la graine est alors germée (**BEWLEY, 1997**). Cependant, un bon déroulement des processus menant à la germination dépend de l'environnement proche

de la semence, il est fortement influencé par la température, les teneurs en eau et en oxygène et la structure du sol.

La germination des graines est généralement l'étape critique dans l'établissement des semis et ainsi la détermination d'une production agricole réussie. En effet, sous contrainte saline, un développement tardif favorise l'accumulation d'ions toxiques pouvant entraîner la mort des plantes avant la fin de leur cycle de développement (MUNNS , 2002 ; MAAOUIA-HOUIMLI et al., 2011). La tolérance au sel peut donc être évaluée par la précocité de la germination. La réponse au sel des espèces végétales dépend de plusieurs variables, commençant par l'espèce même, de sa variété, aussi de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (NACEUR et al., 2001, ALAOUI et al., 2013).

L'identification des variétés et des génotypes tolérants aux sels, capables de minimiser les effets dépressifs de la salinité sur les rendements, permettrait certainement d'améliorer la production agricole des zones touchées par la salinité. En raison de manque d'enquête sur le terrain des effets de la salinité sur la germination de variétés de fève commercialisées en Algérie et dans un optique d'anticipation de ces effets, ce travail se fixe pour objectif d'évaluer l'impact du stress salin sur la germination de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) cultivées et commercialisées en Algérie en suivant plusieurs paramètres liés à la germination suite à l'effet de l'exposition des graines à différentes concentrations en NaCl. Nous déterminerons aussi l'effet de la salinité sur le développement des plantules de fève et sur leur structure racinaire.

La présente étude comporte quatre chapitres :

Le premier chapitre a porté sur une présentation et description de l'espèce étudiée ainsi que son importance économique et alimentaire.

Le deuxième chapitre étudie l'effet de la salinité sur les plantes cultivées et le problème de la salinisation dans le monde.

Dans le troisième chapitre nous avons présenté le matériel végétal étudié, les différentes méthodes appliquées pendant la germination jusqu'à la croissance de la plante.

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

CHAPITRE I

PRÉSENTATION DE L'ESPECE ETUDIÉE

1.1. Origine et répartition géographique

La fève a été domestiquée très tôt dans le monde. Bien que son origine ne soit pas encore claire, il a été longtemps pensé qu'elle était originaire de la méditerranée ou de l'Asie de l'Ouest. D'autres auteurs comme (NUESSLY *et al.*, 2004) ; (MIKIC, 2011), la considèrent originaire d'Asie centrale. Selon (CUBERO, 2011), le centre d'origine de *Vicia faba* L. serait le Proche-Orient, cette plante aurait été disséminée d'abord vers l'Europe centrale et la Russie puis vers l'Est de la méditerranée et à partir de l'Egypte et les cotes Arabes vers l'Abyssinie puis de la Mésopotamie vers l'Inde et la Chine. Au cours du 16ème siècle, la culture de la fève a été introduite en Amérique par les Espagnoles et vers la fin du 20ème siècle, elle a réussi à atteindre l'Australie.

1.2. Production de la fève.

1.2.1. Production mondiale.

La production mondiale de la fève sèche en graines en 2012 a atteint 4,2 millions de tonnes/an. Sur 2,5 millions d'hectares. Les principaux pays producteurs sont la chine (1,4 million de tonnes/an sur 953 000 hectares), l'Ethiopie (944000 tonnes/an sur 574 000 hectares), l'Australie (425 000 tonnes/an sur 160 000 hectares) et la France (273 000 tonnes/an sur 60 000 hectares). L'Afrique a produit en 2012 environ 1,5 million de tonnes de fève sèches. L'Ethiopie seul représente 62% de cette production suivie du Soudan et du Maroc par une production de 156 000 et 147 000 tonnes respectivement. La surface cultivée en Egypte est 127 000 hectares en 2000-2002, cette superficie est diminuée en 2010- 2012 pour atteindre les 57 000 hectares, ce qui explique la diminution de la production qui a passée de 397 000 à 182 000 tonnes. La surface cultivée ainsi que la production au Maroc au cours de la même période ont augmenté, passant de 144 000 hectares avec une production de 67 000 tonnes à 155 000 tonnes produites sur 194 000 hectares. Cependant le rendement au Maroc est de 790 kg/ha et reste faible par rapport à l'Egypte dont le rendement est de 3 400 kg/ha (FAO, 2012).

1.2.2. Production nationale

Les données statistiques sur la superficie et la production de la fève en Algérie pour la décennie 2001- 2015 sont présentées dans le tableau suivant.

Il en ressort de ces données que la superficie moyenne réservée pour la culture de la fève en Algérie est de 31747 ha, elle présente des variations d'une année à une autre, ce qui influe sur la production qui varie aussi, dont la moyenne de dix années est de 1087370 qx. Nous constatons également des fluctuations du rendement, qui présente une moyenne de 8.56qx/ha. Le rendement maximal a été noté durant la campagne agricole 2008-2009 avec 11,31qx/ha, par contre le rendement minimal est enregistré durant l'année 2000-2001 avec 6,74qx/ha. Ces variations du rendement peuvent être expliquées, par la mauvaise conduite des cultures ainsi que les conditions climatiques (FAO, 2012).

Tableau 1.1 : Evaluation de la superficie et production de la fève et féverole en Algérie (FAOSTAT, 2015).

Compagne agricole	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2000/2001	31 416	211 760	6,64
2001/2002	33 565	228 880	6,82
2002/2003	34 028	306 810	9,02
2003/2004	36 767	320 450	8,72
2004/2005	35 031	268 330	7,66
2005/2006	33 537	242 986	7,25
2006/2007	31 284	279 735	8,94
2007/2008	30 688	235 210	7,66
2008/2009	32 278	364 949	11,31
2009/2010	27 782	366 252	8,93
2010/2011	27937 2	483 465	8,92
2011/2012	30 172 2	577 002	8,75
2012/2013	30 833 2	969 634	9,80
2013/2014	30 833 2	959 716	9,61
2014/2015	30 055 2	495 373	8,37

1.3. Classification botanique

D'après LINNE (1773) in DAJOZ (2000), la fève est classée comme suit :

- **Embranchement** : Spermaphytes
- **Sous-embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones → Sous-classe : Dialypétales
- **Série** : Caliciflores
- **Ordre** : Rosales
- **Famille** : Fabacées (Légumineuses)
- **Sous-famille** : Papilionacées
- **Genre** : Vicia
- **Espèce** : *Vicia faba* L

1.4. Morphologie et cycle biologique

1.4.1. Morphologie

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

1.4.1.1. Racines

Selon (DUC, 1997), le système racinaire de *V. faba* L. est formé par une racine principale pivotante et des racines secondaires portant des nodosités contenant des bactéries fixatrices d'azote (*Rhizobium leguminosarum*). D'après (CHAUX et FOURY 1994), le système radriculaire de la fève peut s'enfoncer jusqu'à 80 cm de profondeur, les nodosités sont abondantes dans les 30 premiers centimètres.

1.4.1.2. Tige

La tige est simple, dressé, creuse, de section quadrangulaire, sa hauteur est généralement comprise entre 0,80 à 1,20 m (**CHAUX et FOURY, 1994**). La tige est pourvue d'un ou plusieurs rameaux à la base et présente un type de croissance indéterminé (**DUC, 1997 ; BRINK et BLAY, 2006**).

1.4.1.3. Feuilles

Les feuilles sont alternes, composées-pennées, constituées par deux (02) à quatre (04) paires de folioles ovales, mucronées, sans vrille, de couleur vert glauque au grisâtre. Les stipules bien visibles en forme dentées (**CHAUX et FOURY, 1994**).

1.4.1.4. Fleurs

L'inflorescence est en grappe axillaire d'une (01) à six (06) fleurs. Les fleurs sont constituées d'un calice à cinq (05) sépales, d'une corolle blanche à cinq (05) pétales (carène, ailes et étendard), de 10 étamines dont neuf (09) sont soudées et une (01) libre. L'ovaire est supère et sessile avec deux (02) à quatre (04) ovules allant parfois jusqu'à neuf (09). La floraison débute en moyenne au niveau du 7ème nœud et continue jusqu'aux 20 nœuds suivants (**BRINK et BELAY, 2006**). La reproduction chez la fève peut être selon les lignées autogame, mais l'activité de butinage des abeilles sur la fève assure une pollinisation croisé et améliore significativement la production de la plante par rapport à l'autofécondation (**BENACHOUR et al., 2007**).

1.4.1.5. Fruits

Les fruits sont des gousses charnues qui peuvent avoir de 10 à 20 cm de long selon les variétés est contenir un nombre variable de graines (4 à 9). A l'état jeune, les gousses sont de couleur verte puis noircissent à maturité (**CHAUX et FOURY, 1994**). Les gousses sont pourvues d'un bec et elles sont renflées au niveau des graines (**BRINK et BELAY, 2006**).

1.4.1.6. Graines

Les graines sont charnues, de couleur vert tendre à l'état immature, elles développent, à complète maturité, un tégument épais et coriace de couleur brun rouge à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à couleur presque circulaire ou réniforme (**CHAUX et FOURY, 1994**).

Les graines possèdent un hile clair ou de couleur noire parfois entouré de taches de couleur marron (**DUC, 1997**).

La faculté germinative de la graine peut se maintenir 6 à 10 ans et même au-delà et que la graine est à germination hypogée c'est -à-dire que les cotylédones restent en terre et c'est l'épicotyle qui émerge du sol (**CHAUX et FOURY, 1994**).

1.4.2. Cycle biologique :

La fève est une plante annuelle, son cycle complet de la graine à la graine est environ 5 mois (**CHAUX et FOURY, 1994**). 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 BLAY, 2006**).

1.5. Différentes variétés de la fève (*V. faba*) présentes en Algérie

Il existe quatre variétés de fèves, et la féverole en Algérie, qui sont :

✓ **Séville** : C'est une variété précoce à gousses longues, renferment cinq (05) à six (06) grains volumineux. Sa tige est d'une hauteur de 70 cm, se distinguant des autres variétés par la couleur de son feuillage, d'un vert assez franc (**CHAUX et FOURY,**

1994). Ses gousses présentent une largeur d'environ 3 cm et une longueur de 25 cm (LAUMONIER, 1979).

✓ **Aguadulce** : Cette variété possède des gousses de couleur vert franc, volumineuse et très longue, pouvant atteindre 20 à 25 cm renfermant sept (07) à neuf (09) graines. C'est une variété très productive (CHAUX et FOURY, 1994). Elle est introduite, avec la Séville d'Espagne (ZAGHOUANE, 1991).

✓ **Muchaniel** : C'est une variété très précoce, elle a des gousses de couleur vert clair, de 20 cm de longueur en moyenne, renfermant cinq (05) à (06) grains blancs, elle est très productive (CHAUX et FOURY, 1994).

✓ **Sidi Moussa** : Elle est sélectionnée à El-Harrach en 1965, elle est convenable à tous les sols, résiste aux maladies cryptogamiques (Botrytis), aux insectes (Aphis fabae), aux plantes parasites (Orobanche sp) et aux nématodes (ZAGHOUANE, 1991).

✓ **Féverole** : Cette variété possède un système racinaire très repoussant et structurant, et de surcroît l'une des plus performantes, en matière de fixation de l'azote (THOMAS, 2008). En Algérie, la seule variété de féverole cultivée est « Sidi Aich » (ZAGHOUANE, 1991).

1.6. Exigences de la culture de fève

1.6.1. Exigences pédologiques

1.6.1.1. 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 (CHAUX et FOURY, 1994).

1.6.1.2. 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

1.6.2.1. Température

D'après **CHAUX ET FOURY, (1994)**, la fève supporte les faibles gelées ne dépassant pas -3°C . Les températures supérieures à 23°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 a l'attaque des insectes ravageurs, une température moyenne aux alentours de 13°C est optimale pour la croissance de la fève (**ZERIHUN, 2006**).

1.6.2.2. Lumière

La fève se comporte comme une plante de jour long qui se traduit par une exigence importante en luminosité (**LAUMONIER, 1979**).

1.6.3. Exigences agronomiques

1.6.3.1. Préparation du sol

Afin d'assurer à la plante une bonne autonomie vis-à-vis de ses besoins en eau, et en raison de son enracinement pivotant, un labour profond est conseillé (**CHAUX et FOURY, 1994**).

1.6.3.2. Semis

Selon le semis dépend des régions et des variétés, il peut s'effectuer à partir du mois d'octobre jusqu'à la fin du mois de Février et début du mois de Mars. En Algérie, le semis est réalisé au mois de Novembre afin d'éviter la sécheresse printanière (LAUMONIER, 1979).

I.7. Les principales maladies de la fève

1.7.1. Maladie viral

Les principales maladies virales de la fève d'après (KUMARI et VAN LEUR., 2011) sont :

- le virus des taches de la fève (broad bean stain virus : BBSV) transmis par les coléoptères.

- le virus jaune nécrotique de la fève (faba bean necrotic yellow virus : FBNYV)
Transmis par les pucerons

1.7.2. Les maladies parasitaires

Les parasites pouvant attaqués la fève sont les suivants :

- ✓ **L'orobanche** : La fève peut être parasitée principalement par 3 espèces d'orobanche : Orobanche Crenata, Orobanche foetida et Phelipanchea egyptiaca (PEREZ-DE-LUQUE et al., 2010).

- ✓ **Les nématodes** : Le nématode des tiges (Ditylenchusdipsaci) cause un gonflement et une distorsion au niveau de la tige avec une décoloration des parties de la plante (STODDARD et al., 2010)

1.7.3. Maladie transmis par les insectes

Les pucerons : Les pucerons l'une des causes indirectes de forts dégâts occasionnés par les virus dont ils sont vecteurs (MAATOUGUI, 1996)

1.7.4. Les maladies fongiques (BOUZID, 2008)

- ✓ **Mildiou** : Champignons (*Peronospora viciae*)
- ✓ **Taches brunes (ou (chocolat))** : Champignons (*Botryotinia fabae* (Anamorphe: *Botrytis fabae*))
- ✓ **Alternariose** : Champignons (*Alternaria alternata*)
- ✓ **Anthraxose (ou brûlure)** : Champignons (*Didymella fabae* (Anamorphe: *Ascochyta fabae*))
- ✓ **Rouille** : Champignons (*Uromyces viciae-fabae*)

1.8. Intérêts de la fève

1.8.1. Intérêt économique

L'utilité de la fève dans l'alimentation humaine et animale comme source de protéines ainsi que leur effet bénéfique sur la fertilité des sols sont largement reconnus ; L'utilisation de la fève est principalement orientée vers la consommation humaine en gousses fraîche à grande proportion et sous forme de graines secs ou au stade pâteux à faible proportion. Lors d'abondance le surplus des graines de fève incorporé dans la composition d'aliments du bétail (MAATOUGUI, 1996). La féverole, en revanche, lorsqu'elle est disponible, est strictement utilisée pour l'alimentation du bétail en graines concassées destinées aux bovins surtout pour l'engraissement. La fève peut être aussi utilisée en engrais vert dans les vergers (MAATOUGUI, 1996)

1.8.2. Intérêt alimentaire

La fève est l'une des légumineuses à graines utilisée pour la consommation humaine et animale (GOYOAGA *et al.*, 2011). Elle constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faible revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale (DAOUI, 2007). Cette légumineuse est une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de

vitamines (B9 et C) et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc) et elle a une teneur en protéine très élevée **GORDON (2004)**.

1.8.3. Intérêts agronomique

L'espèce *Vicia faba* comme toutes les légumineuses alimentaires, contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisants, dont l'incidence est positive sur les performances des cultures qui les suivent, notamment le blé (**KHALDI et al., 2002**). En plus de son intérêt nutritionnel, elle est introduite en rotation avec les céréales, où elle joue un rôle non négligeable dans l'enrichissement du sol en azote (**RACHEF et al., 2005**). Selon **HAMADACHE (2003)**, la fève améliore la teneur du sol en azote, avec un apport annuel de 20 à 40 kg/ha ; elle améliore aussi sa structure par son système racinaire puissant et dense. Les résidus des récoltes enrichissent le sol en matière organique.

1.8.4. Intérêts économiques

La fève (*Vicia faba* L.) est la principale légumineuse alimentaire cultivée en Algérie (**INRA, 2007**). Elle constitue une importante ressource socio-économique. La culture de la fève et la fèverole en Algérie n'ont pas encore bénéficiées de toute l'attention nécessaire devant assurer leur développement et continuent d'être marginalisées à tel point que des régressions importantes en superficies ont été enregistrées depuis 1987 D'autre part, la productivité et la production (faible) n'ont pas connu d'amélioration ce qui a engendré le recours aux importations pour satisfaire la consommation qui elle a nettement augmentée (**MAATOUGUI, 1996**). Tableau Sa culture est pratiquée essentiellement au niveau des plaines côtières et de l'intérieur et dans les zones sahariennes.

En Algérie, la fève est retenue surtout pour la consommation humaine sous forme de gousses fraîches, ou en grains secs. En cas de fortes productions, l'excédent en grains secs peut être incorporé dans l'alimentation du bétail (**MAATOUGUI, 1996**).

1.8.5. Intérêt écotoxicologique

La fève est très sensible à la pollution du sol, ce qui en fait un modèle végétal très utilisé en écotoxicologie dans un grand nombre d'études. La grande quantité d'ADN contenue dans son noyau (Bennett 1976), la rend très sensible aux molécules génotoxiques (**FERRARA et al., 2004**). Ainsi, elle est l'un des modèles les plus utilisés dans le test des micronoyaux, pratiqué sur les cellules-filles de ses méristèmes racinaires (**COTELLE, 1999 ; DEGRASSI et RIZZONI, 1982 ; DUAN et al., 1999 ; MARCATO-ROMAIN et al., 2009**). Un autre test de génotoxicité, le test des comètes, est également pratiqué sur différents tissus de la plante (**COTELLE, 1999 ; KOPPEN et VERSCHAEVE, 1996**). *Vicia faba* est en outre aussi employée pour étudier les réponses des marqueurs du stress oxydant (**RADETSKI et al., 2004**) et d'autres défenses antitoxiques de la plante comme les phytochélatines (**BERAUD, 2007**).

CHAPITRE II

SALINITE ET PROBLEME DE SALINISATION

2.1. Problème de la salinité des sols

Plusieurs contraintes environnementales sont limitantes pour la croissance et le développement des légumineuses. La salinité et la sécheresse sont considérés comme deux facteurs majeurs influant l'agriculture dans les zones arides et semi arides. Approximativement 40 % des surfaces sur terre sont caractérisés par la présence d'un problème potentiel de salinité (ZAHNAN, 1997). Les sols salins sont caractérisés par un niveau toxique des chlorures et sulfates de sodium, la conductivité électrique des solutions de sols saturés en sel est supérieure à 4 ds/m, l'équivalent de 40 mM NaCl (SHIROKOVA et al., 2000). Les régions du bassin méditerranéen sont fortement touchées par ce fléau. La Tunisie possède de vastes zones salées (chott et sebkha) et d'importantes quantités d'eaux de qualité très médiocres (MEZNI et al., 2002). D'un autre part, essayer de lutter contre la sécheresse par l'irrigation, rajoute aux sols une contrainte de salinisation dite secondaire. Dans ce contexte, améliorer la tolérance des plantes à la sécheresse et la salinité constitue une proposition attractive pour les agriculteurs. De nos jours, la pression devient plus forte pour chercher à combattre et trouver une solution à la salinité des sols pour les plantes cultivées. Cette urgence suggère que des méthodes efficaces soient requises pour améliorer la tolérance au sel pour de nombreuses variétés plantes cultivées. De nombreuses techniques puissantes se sont développées pour altérer des gènes et leur expression dans des plantes. Mais ces techniques n'ont pas été utilisées pour l'amélioration de la tolérance aux stress abiotiques. En effet cette tolérance montre généralement une héritabilité quantitative.

2.2. Conséquences de la salinité sur la plante

La salinité affecte différents mécanismes physiologiques et la nécessité de survivre dans un environnement salin nécessite de multiples mécanismes d'adaptation pour les plantes (YEO et FLOWERS, 1986).

La majorité des changements physiologiques notés chez les plantes soumises à un stress salin est une réponse à des composantes osmotiques. Néanmoins, en présence d'une osmorégulation, les plantes traitées par le sel sont confrontées au problème d'accumulation d'ions toxiques dans leurs tissus, ce qui est considéré comme un élément clé limitant la croissance des plantes en milieu salin (MUNNS *et al.*, 1995). L'inhibition de la croissance foliaire chez les plantes sensibles est la première réponse à l'excès de sel dans le milieu. Chez les graminées soumises à court terme à une salinité, une inhibition de la croissance foliaire résulte d'une réponse aux composantes osmotiques du stress salin à travers l'ABA (MUNNS et TERMAAT, 1986). En conséquence à la diminution de la surface foliaire, l'assimilation du carbone photosynthétique est sévèrement réduite. En effet, les composantes stomatiques et non stomatiques reliées aux cycles du CO₂ sont affectés par les sels. Le contrôle des stomates a été attribué surtout à l'ABA (SIBOLE *et al.*, 2003).

2.3. Les stratégies d'adaptation

Les mécanismes de tolérance au sel chez les plantes peuvent être groupés en

- 1) une homéostasie cellulaire regroupant homéostasie ionique et ajustement osmotique (ZHU, 2003),
- 2) un contrôle et une réparation des dommages causés par le stress ou détoxification,
- 3) une régulation de la croissance.

2.3.1. Homéostasie cellulaire

L'homéostasie ionique au niveau des cellules est atteinte sous stress salin par les stratégies suivantes :

- 1) exclusion des ions Na⁺ des cellules par les canaux ioniques : anti-port Na⁺ /H⁺ , ou bien par la limitation d'entrée des ions Na⁺,
- 2) compartimentation de Na⁺ dans des vacuoles intracellulaire pour un ajustement osmotique,

3) la sécrétion de Na^+ . Ainsi la régulation du transport ionique joue un rôle fondamental pour la tolérance au sel chez les plantes.

L'analyse génétique d'un mutant d'*Arabidopsis* SOS (Salt Overly Sensitive) a permis l'identification des mécanismes (the SOS pathway) qui régulent l'homéostasie cellulaire et la tolérance au sel (ZHU, 2002).

2.3.2. Séquestration du sodium dans des vacuoles

La compartimentation de Na^+ dans des vacuoles est une stratégie très importante chez les plantes permettant de maintenir ces ions à une faible concentration dans le cytoplasme et conserver un faible potentiel osmotique cellulaire. L'exclusion de l'excès de sodium du cytoplasme nécessite la synthèse d'osmolytes compatibles avec la réduction du potentiel osmotique ; ce dernier est essentiel pour pouvoir prélever de l'eau dans des conditions de stress salin.

2.3.3. Prélèvement de K^+

Dans les conditions optimales, les plantes maintiennent un haut ratio cytosolique K^+ / Na^+ . Le stress salin entraîne la diminution de ce ratio, du fait que les ions Na^+ sont en concurrence avec les ions K^+ , ce qui est défavorable pour les processus biochimiques cellulaires. De même, une forte concentration de potassium augmente le potentiel osmotique qui entraîne une entrée d'eau à partir du milieu extérieur (CLAUSSEN et al., 1997). Le prélèvement de K^+ est essentiel pour la turgescence cellulaire et le déroulement des processus biochimiques sous stress salin. Le niveau de transcription des gènes codant pour les transporteurs de K^+ reflète probablement une différence de capacité de la plante à prélever le K^+ sous stress salin. Par exemple chez *Arabidopsis*, le stress salin augmente le niveau de transcription du gène *AtKCI* correspondant à un transporteur de K^+ (PILOT et al., 2003).

2.3.4. Biosynthèse d'osmoprotectants

Les gènes impliqués dans la synthèse d'osmoprotectants sont surexprimés sous stress salin (ZHU, 2002). Les osmoprotectants compatibles pour différents solutés sous

stress salin protègent les plantes par ajustement osmotique ce qui maintient la turgescence cellulaire, par détoxification des espèces réactives d'oxygène (ROS : Reactive Oxygen Species), et par stabilisation de la structure (quaternaire) des protéines. Chez des plantes transgéniques, il a été prouvé que l'accumulation de mannitol (SHEN *et al.*, 1997), glycine bêtaïne (PRASAD *et al.*, 2000), et proline (ZHU *et al.*, 1998) améliorent leur tolérance au stress salin.

2.3.5. Synthèse de protéines induites par le sel

Chez les plantes supérieures, le stress osmotique induit différentes protéines dans les tissus végétatifs. Ces protéines sont nommées LEA : late-embryogenesis-abundant. Chez *M. sativa*, le gène *Alfin1* code pour une famille de facteurs de transcription et leur expression est corrélée avec la tolérance au sel (WINICOV *et BASTOLA*, 1999). In vitro *Alfin* se lie au promoteur du gène *MsPRP2*, qui code pour une protéine racinaire du cytosquelette induite par le sel.

2.3.6. Synthèse d'antioxydants

Les plantes produisent des espèces d'oxygène actif nommés ROS (radicaux superoxyde (O_2^-), peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), et radicaux hydroxyl (OH)) en réponse à un stress salin (HERNANDEZ *et al.*, 2001). Les ROS causent d'importants dommages dans des lipides membranaires, des protéine et acides nucléiques. La détoxification des ROS constitue un élément clé de défense des plantes contre les stress abiotiques dont le stress salin. Les enzymes responsables de cette détoxification nommées antioxydants incluent le superoxyde dismutase (SOD), la catalase, et des enzymes du cycle ascorbate-glutathion.

2.3.7. Régulation de croissance

Maintenir une croissance racinaire constitue un caractère adaptatif dans un environnement de faible disponibilité en eau tel que le milieu salin. L'allongement racinaire peut être dû à une augmentation d'activité des enzymes impliquées dans la construction du cytosquelette : par exemple la xyloglucan endotransglycosylase (WU *et*

al., 1994). L'autre cause peut être l'accumulation de proline (OBER et SHARP, 1994). Ces deux actions sont régulées par l'acide abscissique (ABA), qui est induit par le stress salin (JIA et *al.*, 2002). Ainsi chez le maïs, l'élongation racinaire est inhibée par la présence d'un inhibiteur de biosynthèse d'ABA. Mais elle peut être restaurée par un traitement des racines avec un inhibiteur de synthèse d'éthylène. Ces données suggèrent que l'élongation racinaire par l'intermédiaire de l'ABA doit être causée par une inhibition de biosynthèse d'éthylène (SPOLLEN et *al.*, 2000). Chez Arabidopsis, les régulations de la division cellulaire et de l'élongation cellulaire sous stress salin sont effectuées par l'intermédiaire de l'ABA (WANG et *al.*, 1993). Cependant le mécanisme exact de cette régulation est encore mal connu.

2.4. Limites de la physiologie

La tolérance au sel est un caractère complexe, qui fait intervenir de nombreux mécanismes chez les plantes. Plusieurs auteurs ont suggéré que la tolérance au sel ne peut être obtenue que par une pyramidisation de différents caractères, et chacun des caractères isolés ne confère pas une tolérance au sel (YEO et *al.*, 1990 ; FLOWERS, 2004). Cependant, chez Arabidopsis (APSE et *al.*, 1999) et la tomate (ZHANG et BLUMWALD, 2001), la surexpression d'un seul gène codant pour un antiport Na^+ / H^+ a montré une amélioration de la tolérance au sel.

2.5. Les légumineuses et la salinité

2.5.1. Tolérance au sel des légumineuses

La tolérance au sel a été beaucoup étudiée chez les halophytes (des végétaux adaptés aux milieux hypersalés ou par extension aux milieux à pression osmotique importante), pour comprendre les mécanismes développés pour leur adaptation (MUNNS, 2002). Cependant les succès notés pour la production de variétés de plantes cultivées tolérantes au sel se sont avérés très limités. Seuls 25 cultivars tolérants à la salinité appartenant à 12 espèces ont été enregistrées (FLOWERS et YEO, 1995). On peut citer l'exemple d'un cultivar pour la luzerne (Al-Doss et Smith 1998) et un pour le Soja (OWEN et *al.*, 1994). FLOWERS et YEO (1995) en ont conclu que la

complexité du processus étudié et l'absence d'une urgence environnementale imminente sont les causes du manque d'intérêt accordé à la création de variétés adaptées.

2.5.2. Le niveau de tolérance des légumineuses

La réponse des légumineuses au sel varie énormément. **ZAHRAN, (1991)** a reporté la variabilité de tolérance au sel des espèces cultivées qui vont de sensibles (ex haricot, pois chiche et le pois) à modérément tolérantes à la salinité (ex : soja).

2.5.3. Effet du sel sur la symbiose fixatrice d'azote

L'amélioration de la productivité des légumineuses dans les zones salines nécessite l'installation d'une symbiose tolérante. Cette approche implique une amélioration génétique des deux partenaires de la symbiose. En condition de symbiose, la situation est plus complexe puisqu'elle implique deux partenaires très différents. Les rhizobium ont une gamme de tolérance au sel beaucoup plus élevée que celle de sa plante hôte (**ZAHRAN, 2001**), certains sont inhibés par une concentration de 100 mM, alors que d'autres comme *S. meliloti* sont tolérants jusqu'à 300–700 mM NaCl (**MOHAMMAD et al., 1991; MULLER et PEREIRA, 1995**). La salinité affecte l'initiation, le développement et le fonctionnement des nodules, de même que la capacité photosynthétique des feuilles. Il s'avère que la FSN (Fixation Symbiotique de l'Azote) est plus affectée par le sel que la croissance des plantes (**RAO et al., 2002**). Généralement l'activité des nodules est plus touchée par le sel que la nodulation, mais l'étape la plus sensible à la présence du sel est le processus infectieux (**PAYAKAPONG et al., 2006**). Mais il ne faut pas oublier que la tolérance au sel chez les légumineuses dépend à la fois des 2 partenaires (**LARANJO et al., 2002**). Cependant quelques légumineuses comme *Lens culinaris* forment une symbiose efficace tolérante au sel avec une sélection de souches de *Rhizobium* spp. isolée à partir de la lentille (**RAI et SINGH, 2000**).

CHAPITRE III

MATERIELS ET METHODES

3.1. Introduction

Le travail expérimental est réalisé en deux parties :

3.1.1. La 1eme partie expérimentale est une conduite en pots, afin d'évaluer avec le plus de précision l'effet du stress salin sur les huit variétés de *Vicia faba* L. (Biskara, Malti, Arbi, Rouiba, Sevil, Picasso, Violetta, Hystal), utilisé à travers la mesure des paramètres morphologique, physiologiques et biochimiques.

3.1.2. La 2ere partie expérimentale : est une conduite en parcelle expérimentale (terrain agricole), dont l'objectif est la caractérisation morphologique des plantes de huit variétés de *Vicia faba* L. (Biskara, Malti, Arbi, Rouiba, Sevil, Picasso, Violetta, Hystal) sous conditions climatiques naturelles de la région de M'sila.

3.2. Présentation de station expérimentale

3.2.1. Localisation

L'essai est réalisé dans une station expérimentale située au département des sciences agronomiques à l'université de Mohammed Boudiaf, M'sila. Se localisent entre 35° 74' N et 04° 55' E ; avec 512 m d'altitude.

3.2.2. Etude pédoclimatique du site expérimentale

3.2.2.1. Données climatiques

Le climat est l'ensemble des actions de l'atmosphère, l'humidité, la pluie, la température, le vent, etc. C'est l'élément naturel sur lequel l'homme n'a aucune influence directe à l'exception de cas particuliers tels que les irrigations par exemple.

C'est un facteur déterminant pour le développement des plantes, de la formation et de l'évolution des sols (Greco, 1966).

3.2.2.1.1. Température

La température, est un facteur constitutif du climat, influe sur le développement de la végétation. Ce sont les températures extrêmes plus que les moyennes qui ont une influence sur la végétation, sauf si elles sont exceptionnelles et de courte durée (GRECO, 1966). Seules les valeurs ayant une signification biologique sont prises en considération : Températures moyennes mensuelles, moyennes des maxima du mois le plus chaud (M), moyennes des minima du mois le plus froid (m).

L'analyse des valeurs de la température de l'année 2017, montre que les températures maxima sont enregistrées durant le mois le plus chaud (Juillet) avec une valeur de : 40.4 °C (Tableau 3.1).

Tableau 3.1 : Température mensuelle moyenne, minimale et maximale (°C).

Moi	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Ao	Sep	Oct	Nov	Dec
T° Max	12.3	17.8	22.4	25.8	32.9	37.1	40.4	39.9	32.6	26.5	19.0	14.1
T° Min	2.8	6.3	7.7	11.6	18.1	22.0	24.6	25.7	18.5	12.5	6.2	3.4
T° moy	7.55	12.05	15.05	18.7	25.5	29.55	32.5	32.8	25.55	19.5	12.6	8.75

(O.N.M. M'sila 2018)

3.2.2.1.2. Précipitation

La pluviométrie constitue la principale forme des précipitations et la plus importante. C'est le premier facteur du climat influençant la croissance des végétaux. Ainsi la quantité d'eau reçue annuellement est un élément essentiel pour la vie végétale (DJELLOULI, 1981).

Le cumul annuel moyen de la précipitation de l'année 2017 est 142.2 mm (Tableau 3.2).

Tableau 3.2 : Pluviométrie mensuelle (mm).

Moi	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Cumul
P (mm)	71.4	1.0	2.5	5.6	13.2	18.0	4.3	0.5	1.5	12.7	4.1	7.4	142.2

(O.N.M. M'sila 2018)

La fève est localisée dans l'étage bioclimatique de 250 mm de pluie, tolère bien le froid (**HERZOG, 1984**) et les hautes températures. La somme des températures nécessaire pour accomplir son cycle végétatif est de 1900 à 2000 heures (**CARLU, 1952**)

3.2.2.2. Analyse physico-chimique du sol

Chaque type de sol est soumis à des analyses physico-chimiques (pH, matière organique, calcaire totale, humidité et la conductivité électrique).

3.2.2.2.1. Mesure du pH

Selon **DINON et GERSTMANS (2008)**, le degré d'acidité ou de basicité du sol joue un rôle très important dans l'assimilation des éléments nutritifs du sol par la plante.

Le pH eau, Selon **BAIZE, 1988** :

PH inférieur à 3,5 →hyper-acide pH entre 3,5 et 5 →très acide

PH entre 5 et 6,5 →acide pH entre 6,5 et 7,5→neutre

PH entre 7,5 et 8,7→basique pH supérieur à 8,7 →très basique

Le pH eau du sol de notre sol d'étude est égal 8.64, c'est un sol basique (**Tableau 3.5; Figure 1, ANNEXE 2**).

3.2.2.2.2. Mesure de la conductivité électrique d'un sol (CE)

Elle mesure la teneur en sels solubles dans une solution, la mesure a été faite à l'aide d'une conductimètre (mS/cm). La valeur obtenue est : CE = 0.404 mS/cm (**Tableau 3.5**).

3.2.2.2.3. Dosage de la matière organique

La teneur en matière organique (MO) totale du sol s'obtient généralement en dosant la teneur en carbone (C) (BAIZE, 2017).

Tableau 3.3 : Normes d'interprétation de taux de la matière organique.

Taux de MO %	Type du sol	Taux de MO %	Type du sol
<0.5 %	Très pauvre en MO	2.5-6 %	Riche en MO
0.5-1.5 %	Pauvre en MO	6-15 %	Très Riche en MO
1.5-2.5 %	Moyennement pauvre en MO		

D'après ces normes, notre sol est riche en matière organique car il enregistre un pourcentage élevé de l'ordre de 3.268 %, ce qui va influencer positivement sur le rendement des différentes variétés de *Vicia faba* L. (Tableau 3.5).

La fève préfère les sols profonds, silico argileux riche en matière nutritives et en humus (KOLEV, 1976).

3.2.2.2.4. Humidité du sol

La mesure de l'humidité du sol a été faite par la méthode d'Aubert (AUBERT, 1978).

Le taux de l'humidité prélevé concernant notre parcelle d'expérimentation est égale à 4.14 % (Tableau 3.5).

3.2.2.2.5. Dosage du calcaire total (calcimètre de Bernard)

Tableau 3.4 : Normes d'interprétation du calcaire total.

Calcaire total	Sol	Calcaire total	Sol
<1 %	Non calcaire	25-50 %	Fortement calcaire
1-5 %	Peu calcaire	50-80 %	Très Fortement calcaire
5-25 %	Modérément calcaire	>80 %	Excessivement calcaire

On trouve (après l'analyse de sol) que le taux de calcaire total est compris de 11.79 %, et selon les normes de tableau ci-dessus, on peut classer notre sol comme sol modérément calcaire (**Tableau 3.5**).

3.2.2.2.6. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique du sol consiste à classer les éléments du sol d'après leur grosseur et à déterminer le pourcentage de chaque fraction (sable, limon et argile) afin de définir la texture d'un sol.

Dans notre cas, on trouve que le sol à une texture argilo-sableuse (**Tableau 3.5**).

Les résultats des analyses physico-chimiques d'un échantillon de sol au niveau du laboratoire des sciences agronomiques, université Mohamed Boudiaf, M'sila sont récapitulés dans le **tableau 3.5**.

Tableau 3.5 : Caractéristiques physico-chimiques du sol.

Analyse de sol	Résultats	Analyse de sol	Résultats
PH	8.23	Calcaire totale %	11.79
Conductivité électrique (CE) ms/cm	0.40	Matière organique %	3.27
Humidité %	4.14%	Texture	argilo-sableuse

3.3. Matériel végétal

Afin d'évaluer d'une part l'effet de la salinité sur le processus de germination, et sur la croissance des plantules de *V. faba* L., et d'autre part étudier la caractérisation morphologique, nous avons utilisé des graines appartenant à 8 variétés cultivées et commercialisées en Algérie : Biskara, Malti, Arbi, Rouiba, Sevil, Picasso, Violetta et Histal (Figure 3.1).

Les graines de huit variétés (Biskara, Malti, Arbi, Rouiba, Sevil, Picasso, Violetta et Histal) ont été triées et désinfectées par un lavage avec de l'hypochlorite de sodium (5°) pendant 5 min, puis rincées abondamment à l'eau distillée pour éliminer l'eau de javel ainsi que les produits de conservation ayant adhéré à la graine. Pour

faciliter et homogénéiser leur germination, les graines ont été placées dans de l'eau distillée pendant 24 heures.

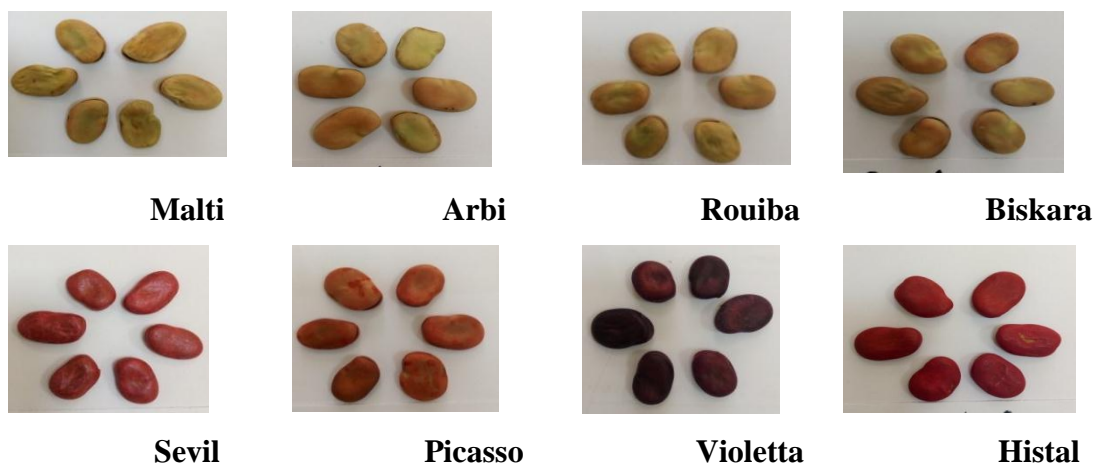


Figure 3.1 : Matériel végétal de 8 variétés de *Vicia faba* L.

3.4. Première partie : Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L.

3.4.2. Test de germination

Dix graines de chaque variété de *Vicia faba* ont été mises à germer dans une boîte de Petri contenant du papier filtre imbibé avec 2 ml d'eau distillée stérile additionnés de différentes concentrations en NaCl (0, 50, 100, 150 et 200 mM). Ensuite, les boîtes de Petri ont été incubées à l'obscurité dans l'étuve à $25\pm 1^\circ\text{C}$. Chaque traitement a été répliqué 3 fois (30 graines par traitement) et suivi tous les 24h pendant 4 jours. Une graine a été considérée germée lorsqu'il y a eu émergence de la radicule.

3.4.3. Mise en place et conduite de l'essai

Les graines triées et désinfectées sont semées dans des pots remplis de 5 kg de terre agricole (2 graines par pot) (les caractéristiques de ce type de terre sont indiquées dans le tableau 3.5). Les graines sont arrosées à l'eau distillée additionnés de différentes concentrations en NaCl (0, 50, 100 et 150 mM) jusqu'au stade de récolte.

3.4.4. Dispositif expérimental utilisé

Le dispositif expérimental est de type factoriel à deux facteurs en randomisation totale. Le premier facteur représente les quatre traitements salins (T1 : 0 mM, T2 : 50mM, T3 : 100 mM et T4 : 150 mM NaCl) et le 2ème facteur est représenté par les huit variétés (Biskara, Malti, Arbi, Rouiba, Sevil, Picasso, Violetta et Hystal). Le nombre de répétition est de cinq. Chaque répétition comporte trois pots par variété et par traitement.



Figure 3.2 : Dispositif expérimentale

3.4.5. Paramètres étudiés

1. Taux de germination final : est exprimé par le rapport du nombre de graines germées sur le nombre total de graines.

2. Longueur de tige : A la fin de l'expérimentation, et à l'aide d'une règle graduée, nous avons mesuré la longueur des racines (cm).

3. Longueur de racine : A la fin de l'expérimentation, et à l'aide d'une règle graduée, nous avons mesuré la longueur des racines (cm).

4. Biomasses aérienne et racinaire : A la fin de l'expérimentation les plants sont déposés soigneusement, pour garder le maximum de masse racinaire, on lave la partie racinaire pour éliminer les particules indésirables. La partie aérienne est séparée du système racinaire à l'aide d'une lame au niveau du collet.

4.1. Poids frais partie aérienne : On pèse la partie aérienne à l'aide d'une balance de précision (1/100).

4.2. Poids frais partie racinaire : On pèse la partie racinaire à l'aide d'une balance de précision (1/100).

5. Poids frais des fruits : On pèse le poids des fruits à l'aide d'une balance de précision (1/100).

6. Poids frais des graines : On pèse le poids des graines à l'aide d'une balance de précision (1/100).

7. Nombre des nœuds jusqu'au premier nœud florifère

9. Teneur relative en eau (Relative Water Content) : La teneur en eau est calculée par la différence entre la masse de matière fraîche (MF) et celle de matière sèche (MS) sur la matière sèche. Cette teneur est exprimée en ml.g⁻¹ MS et elle est déterminée selon la formule suivante : $\text{Teneur en eau} = (MF-MS) / MS$

10. Teneur en proline au niveau des feuilles et des racines (mg/g de MF)

La proline est dosée selon la technique utilisée par **TROLL et LINDESLY (1955)** simplifiée et mise au point par **DREIER et GORING (1974)** et modifiée par **MONNEVEUX et NEMMAR (1986)**.

Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique.

La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon.

Un poids de 100 mg de matière fraîche de la partie aérienne et ou racinaire est prélevé de chaque répétition et mis dans des tubes à essai auxquels on rajoute 2 ml de Méthanol à 40 %. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min.

Après refroidissement, 1 ml de l'extrait est prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels, nous ajoutons 1 ml d'acide acétique.

Ensuite, nous avons ajouté, dans chaque tube, 1 ml de mélange contenant 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide orthophosphorique (H₃PO₄, densité 1,7) et 25 mg de ninhydrine.

Le mélange est porté à l'ébullition durant 30 minutes et la solution vire vers le rouge. Après refroidissement des solutions, le chromatophore est extrait avec 5 ml de toluène. Deux phases se séparent après agitation au vortex. On prélève la phase supérieure contenant le chromatophore à laquelle on ajoute 5 mg du sulfate de sodium oxydé Na_2SO_4 à l'aide d'une spatule pour éliminer l'eau qu'elle contient. La lecture de la densité optique des échantillons est faite à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm, correspondant à son maximum d'absorption. Les valeurs obtenues sont ensuite reportées sur la courbe d'étalonnage réalisée à partir de concentration croissante en proline préparée à partir d'une solution mère de 20 $\mu\text{g/ml}$. Les teneurs sont exprimées en mg/gMF (**Figure 2. ANNEXE 2**).

11 Teneur en sucres solubles totale au niveau des feuilles et des racines (mg/g MF)

Le dosage des sucres solubles est fait au niveau des racines et des tiges selon la méthode de **DUBOIS et al., (1956)**. L'extraction des sucres solubles consiste à mettre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai puis rajouter 2 ml d'éthanol à 80 %. Le tout est laissé 48 H. Le dosage se fait par évaporation du total de l'alcool en mettant les tubes à essai dans un bain marie à 70°. Après refroidissement, on complète le volume de chaque tube à essai à 20 ml avec de l'eau distillée. Puis nous prélevons 1ml de la solution auquel on ajoute 1ml de phénol à 5 % en prenant soin de bien agiter. Après, on ajoute 2 ml d'acide sulfurique concentré dans des tubes déposés préalablement dans un bain de glace. Enfin, le tout est laissé se reposer pendant 25 min et on procède à la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 490 nm. Les teneurs en sucres sont déduites dans la courbe d'étalonnage réalisée à l'aide des concentrations croissantes en glucose obtenues à partir d'une solution mère de 100 $\mu\text{g/ml}$. Les teneurs sont exprimées en (mg/g MF) (**Figure 3; ANNEXE 2**).

3.4.6. Analyse statistique

Le traitement des données obtenues s'est fait à l'aide du logiciel Stat Box et a porté sur l'analyse de la variance entre les différentes moyennes. Lorsqu'une différence significative a été observée, le test statistique de Newman-Keuls, au seuil de 5%, a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

3.5. Deuxième Partie : Caractérisation phénotypique de quelques variétés de fève (*Vicia faba* L.) cultivée dans la région de M'sila

3.5.1. Préparation des planches de plantation

Les planches sont labourées superficiellement de 15-20 cm de profondeur. À l'aide un Charrué à disque. Par la suite les planches sont préparées manuellement. La taille des planches est de 180 cm de longueur et 100cm de largeur. Les blocs parcellaires sont d'abord nettoyés, les résidus sont enlevés. Une fois les planches délimitées, avant le semi, un binage léger est réalisé afin de casser les mottes et d'aplanir la planche.

3.5.2. Semi

Le semis est réalisé à la main en linge dans un terrain agricole (**Tableau 3.6**) de 15 cm, sur une profondeur de 1cm d'environ.

3.5.3. Irrigation

Tous les arrosages sont réalisés manuellement, à l'aide d'un arrosoir de 15 litres. Les exigences en eau des cultures varient au cours du cycle de développement. Après le semi une irrigation immédiate avec l'eau du robinet est réalisée une fois par semaine. Après l'apparition des gousses, l'arrosage est effectué deux fois par semaine.

3.5.4. Dispositif expérimental

L'expérience suit un dispositif en randomisation totale a un seul facteur étudiier (facteur variété), avec 10 répétitions (chaque variété est répété 10 fois), soit au totale 80 unité expérimentale.



Figure 3.3 : Dispositif expérimentale adopté

3.5.5. Echantillonnage et méthode d'étude

La récolte est effectuée manuellement après 150 jours de la culture. Les données sont collectées sur six plantes choisies aléatoirement. Les caractères qui font l'objet de notre étude sont ceux trouvés dans les principaux directeurs pour la conduite de l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité des caractères de fève (*Vicia faba* L.) et admis par l'UPOV 2003 (Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales). Dans cette recherche, nous avons étudié les caractères qualitatifs et quantitatifs (**Tableau 3.6**)

3.5. 6. Paramètres étudiés

Semence : tanin

Plante : Type de croissance

Hauteur

Nombre de tiges (tiges dépassant la moitié de la longueur de la tige principale incluse)

Tige : Nombre de nœuds jusqu'au premier nœud florifère inclus

Feuillage : Teinte grisâtre de la couleur verte

Intensité de la couleur verte

Foliole : Longueur (paire basale de foliole au niveau du second nœud)

Largeur

- Position de la largeur maximale
- Feuille :** Plissure le long de la nervure principale
Paire de folioles terminale
- Racème :** Nombre de fleurs
- Époque de floraison** (50% des plantes avec au moins une fleur)
- Fleur :** Longueur
- Aile :** Tache de mélanine, couleur de la tache de mélanine
- Étendard :** Tache de mélanine, pigmentation anthocyanique
Extension de la pigmentation anthocyanique
- Cyme :** Nombre des gousses
- Gousse :** Port, longueur) sans le bec)
Largeur (de suture à suture)
Intensité de la courbure au Stade vert
Intensité de la couleur verte, nombre d'ovules (y Compris les semences)
Épaisseur de la gousse
- Graine sèche :** Poids
Graine sèche couleur du tégument :(La récolte) après immédiatement,
Graine sèche pigmentation noire du hile
- Époque de développement complet de la gousse** (premières gousses Complètement développées)

Analyses statistiques

L'évaluation de la structuration de la diversité morphologique a été faite par une analyse en composantes principales (ACP) et une classification hiérarchique ascendante (CHA). Le logiciel XL 7.1 (2016) a servi aux analyses.

Tableau 3.6 : Descripteurs morphologiques et phénologiques utilisés pour la caractérisation des espèces de fève (*Vicia faba* L.) en Algérie (UPOV 2003).

Code	Descripteurs	Catégorie	Note							
			M	A	R	B	S	P	V	H
1	Semence : tanin	1 : Absent, 9 : présent	1	1	1	1	1	1	9	1
2	Plante : type de croissance	1 : Déterminée, 2 : indéterminée	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Plante : hauteur	1 : très basse, 3 : basse, 5 : moyenne, 7 : haute, 9 : très haute	7	5	9	5	5	7	5	9
4	Plante : nombre de tiges (tiges dépassant la moitié de la longueur de la tige principale incluse)	3 : Faible, 5 : moyen, 7 : élevé	7	5	5	3	3	3	3	5
5	Tige : nombre de nœuds jusqu'au premier nœud florifère inclus	3 : Faible, 5 : moyen, 7 : élevé	5	5	7	5	5	5	5	5
6	Feuillage : teinte grisâtre de la couleur verte	1 : Absente, 9 : présente	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Feuillage : intensité de la couleur verte	3 : Claire, 5 : moyenne, 7 : foncée	7	7	7	5	3	5	3	7
8	Foliole : longueur (paire basale de foliole au niveau du second nœud)	3 : Courte, 5 : moyenne, 7 : longue	5	5	5	5	5	5	5	7
9	Foliole : largeur	3 : Étroite, 5 : moyenne, 7 : large	7	3	5	3	3	7	5	5
10	Foliole : position de la largeur maximale	1 : vers le sommet, 2 : au milieu, 3 : vers la base	1	2	3	2	3	2	1	3
11	Feuille : plissure le long de la nervure principale, paire de folioles terminale	3 : Faible, 5 : moyen, 7 : forte	5	5	7	5	5	5	5	7
12	Racème : nombre de fleurs	3 : Faible, 5 : moyen, 7 : élevé	7	7	7	5	5	5	7	5
13	Époque de floraison (50% des plantes avec au moins une fleur)	3 : Précoce, 5 : moyenne, 7 : tardive	3	3	3	5	5	7	5	5
14	Fleur : longueur	3 : Courte, 5 : moyenne, 7 : longue	7	5	7	3	5	7	3	7
15	Aile : tache de mélanine	1 : Absente, 9 : présente:	9	9	9	9	9	9	9	9
16	Aile : couleur de la tache de mélanine	1 : jaune verdâtre, 2 : brune, 3 : noire	3	3	3	3	3	3	3	2
17	Étendard : tache de mélanine	1 : Absente, 9 : présente	9	9	9	9	9	9	9	9
18	Étendard : pigmentation anthocyanique	1 : Absente, 9 : présente	9	9	9	9	9	9	9	9
19	: Étendard : extension de la pigmentation anthocyanique	3 : Faible, 5 : moyen, 7 : forte	7	7	5	7	5	5	3	5
20	Cyme : nombre des gousses	3 : Faible, 5 : moyen, 7 : élevé	7	5	3	5	3	5	5	5
21	Gousse : port	Dressé 3 : demi-dressé, 5 : horizontal, 7 : demi retombant 1 : 9 : retombant	1	3	7	3	1	7	9	5
22	Gousse : longueur) sans le bec)	1 : très courte, 3 : courte, 5 : moyenne, 7 : longue 9 : très longue	3	1	7	5	5	7	7	9
23	Gousse : largeur (de suture à suture)	3 : étroite, 5 : moyenne, 7 : large, 9 : très large	9	5	5	7	3	5	7	7

24	Gousse : intensité de la courbure au Stade vert	1 : nulle ou très faible, 3 : faible, 5 : moyenne, 7 : forte	1	1	5	3	7	7	7	7
25	Gousse : intensité de la couleur verte	3 : très faible, 1 : Faible, 5 : moyenne, 7 : forte	3	7	3	5	7	1	1	3
26	Gousse : nombre d'ovules (y Compris les semences)	3 : Faible, 5 : moyenne, 7 : élevé	3	3	5	5	5	7	3	7
27	Gousse : épaisseur de la gousse	3 : Faible, 5 : moyenne, 7 : élevé	7	7	5	5	3	5	5	5
28	Graine sèche : poids	1 : très faible, 3 : faible, 5 : moyen, 7 : élevé, 9 : très élevé	7	3	3	5	5	5	9	9
29	Graine sèche couleur du tégument :(La récolte) après immédiatement	1 : Beige, 2 : vert, 3 : rouge, 4 : violet, 5 : noir	1	2	3	1	3	3	4	2
30	Graine sèche pigmentation noire du hile	1 : Absent, 9 : présente	1	1	1	1	1	1	1	1
31	Époque de développement complet de la gousse (premières gousses Complètement développées)	3 : Précoce, 5 : moyenne, 7 : tardive	3	3	3	5	5	7	5	5

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. Première partie : Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L.

4.1.1. Effet du stress salin sur le taux de germination des graines (%)

Bien qu'il ne reflète pas intégralement le comportement des plantes dans leurs conditions naturelles, le taux de germination, en conditions de stress salin, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement des variétés étudiées (**Ben Naceur et al., 2001**).

L'examen des résultats mentionnés dans le **tableau 4.1.1** et **figure 4.1.1** montre que les graines de huit variétés de *V. faba*, en absence de sel ont presque le même temps de latence qui est de 17 jours. L'intervalle de germination est compris entre 17 jours pour le témoin et 31 jours pour les concentrations de 100 et 150 mM. En moyenne des quatre concentrations salines étudiées, le taux de germination de la variété Malti et Histal est de 100 % contre 73.3% pour la variété Arbi. Ces résultats suggèrent que les deux variétés Malti et Histal, en moyenne, est relativement plus résistantes que Arbi au stress salin.

Tableau 4.1.1. : Résultats moyens du taux de germination des graines (%) sous différentes concentration de NaCl

mM NaCl	Mal	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picas	Violet	Hist
0	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a
50	100±0 ^a	83.3±0.2 ^b	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a
100	100±0 ^a	83.3±0.1 ^b	100±0 ^a	100±0 ^a	83.3±0.3 ^b	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a
150	100±0 ^a	66.6±0.3 ^c	100±0 ^a	83.3± ^b	66.6±0.4 ^c	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a
Prb	0							
Sig	Très hautement significative							

La présence de la même lettre sur les barres d'écarts types indique l'absence de différence significative au seuil d'erreur 5% entre les valeurs correspondantes.

Globalement l'ensemble des graines testées ont germé avec un taux supérieur à 66 % pour les doses de 100 et 150 mM en NaCl pour toutes les variétés testées. Cependant à partir de la concentration de 200 mM, ce taux est inférieur à 34 % pour la variété Arbi, alors que pour les variétés Malti, Rouiba, Biskara, Violetta, Picasso et Histil, le taux de germination dépasse encore 66 % (**Tableau 1, ANNEXE 1**).

L'apparition d'interaction très hautement significative entre traitement salin et variété pour ce paramètre, montre bien l'intérêt de ce caractère dans la sélection des variétés tolérantes à la salinité (**Figure 4.1.1**).

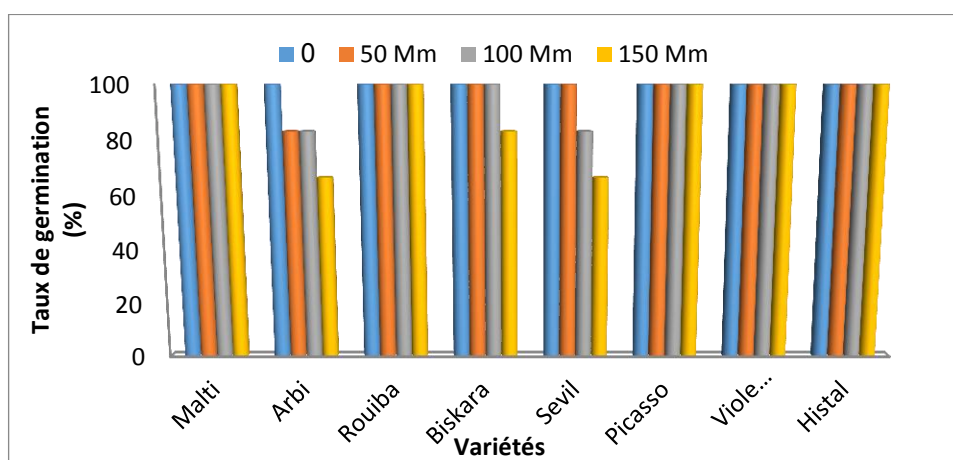


Figure 4.1.1 : Taux de germination de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) en fonction de différentes concentrations saline

4.1.2. Effet du stress salin sur la longueur de tige (cm)

Les résultats notent une diminution des valeurs de la longueur des tiges chez les différentes variétés étudiées. Chez les témoins, les longueurs des tiges restées plus élevées, comparativement aux longueurs des tiges traitées par les différentes concentrations de Na Cl (**Tableau 4.1.2 ; Figure 4.1.2**).

Ainsi, en l'absence de contrainte saline (témoin), la variété Rouiba présente la longueur la plus élevée. Par contre, la variété Arbi représente la longueur la plus faible par rapport aux autres variétés étudiées (**Tableau 4.1.2 ; figure 4.1.2**).

Sous les différentes concentrations en Na Cl (50, 100 et 150 mM Na Cl), l'analyse de la variance, montre un effet très hautement significatif du stress salin sur la longueur des tiges de toutes les variétés étudiées (**P=0 ; Tableau 2, ANNEXE 1**).

Lorsque le stress est sévère (150 mM NaCl / l), la diminution de la longueur des tiges est encore plus importante comparativement aux stress faible et modérés (50 et 100 mM NaCl / l), cependant, les variétés : Arbi, suivi par Malti et Violetta ont pu maintenir une certaine stabilité de leur longueur en conditions du stress salin aussi bien modéré que sévère (100 et 150mM). Ces dernières ont enregistrées des pourcentages de réduction les plus faible. Par contre, la variété Biskara a enregistré un pourcentage de réduction le plus élevé (78.94%).

Tableau 4.1.2 : Résultats moyens de la longueur de tige (cm) sous différentes concentration de NaCl

NaCl mM	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histil
0	23±1.6 B	17±2.1 DEFGHIJK	26.7±1.9 ^A	19±0 CDEFG	17.7±0.2 DEFGHIJ	20.5±3.8 BCDE	17.7±3.5 DEFGHIJ	22±5.4 BC
50	28.2±3.0 A	14.5±3.2 HIJKLM	21±1.6 BCD	14.7±0.2 HIJKLM	13±1.0 KLMN	19.5±2.7 BCDEF	14.2±2.4 HIJKLM	20.7±1.9 BCD
100	20.2±1.3 BCDE	18±1.0 DEFGHI	11.7±3.0 MNO	14.5±3.8 HIJKLM	15.2±1.9 LM	15.5±0.5 FGHIJKLM	16.5±2.7 EFGHIJKL	15.2±1.3 GHIJKLM
150	18.5±1.6 CDEFGH	14.2±1.9 HIJKLM	14.5±1.0 HIJKLM	4±1.0 PQ	10±0 NO	9.25±2.4 O	14±0 IJKLM	13.5±0 JKLMN
% de réduction	19.56	16.47	45.69	78.94	43.50	54.87	20.90	40.90
Prb	0							
Sig	Très hautement significatif							

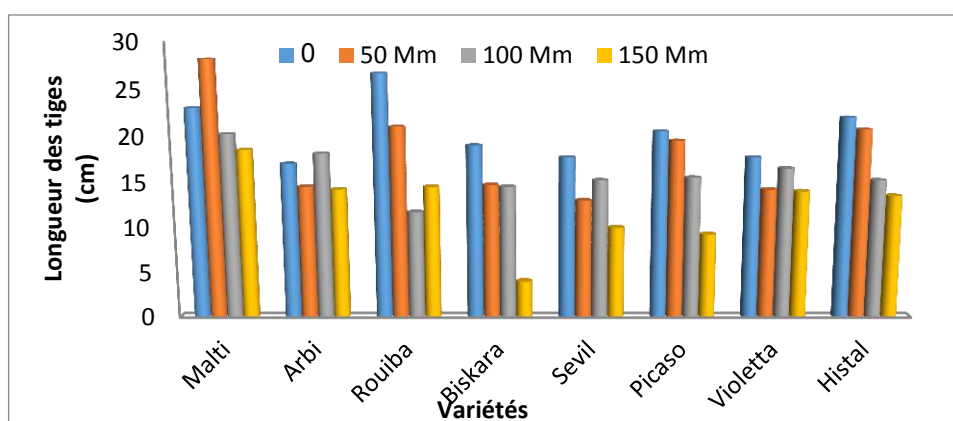


Figure 4.1.2 : Longueur des tiges de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) en fonction de différentes concentrations saline

L'apparition d'interaction très hautement significative entre traitement salin et variété pour ce paramètre, montre bien l'intérêt de ce caractère dans la sélection des variétés tolérantes à la salinité.

4.1.3. Effet du stress salin sur la longueur de racine (cm)

En l'absence de contrainte saline (témoin), les deux variétés Rouiba et Biskara présente la longueur la plus élevée. Par contre, la variété Picasso représente la longueur la plus faible par rapport aux autres variétés étudiées (**Tableau 4.1.3 ; figure 4.1.3**).

Au niveau de toutes les concentrations salins (50, 100 et 150 mM), l'analyse de la variance (**Tableau 4.1.3 ; Figure 4.1.3**), montre un effet très hautement significatif du stress salin sur la longueur de racine la plus longue de toutes les variétés étudiées (**P=0 ; Tableau 3, ANNEXE 1**).

Lorsque le stress est sévère (150 mM NaCl / l), la diminution de la longueur des racines est encore plus importante comparativement aux stress faible et modérés (50 et 100 mM NaCl / l), cependant, les variétés : Picasso, suivi par Malti et Histal ont pu maintenir une certaine stabilité de leur longueur en conditions du stress salin aussi bien modéré que sévère (100 et 150mM). Ces dernières ont enregistrées des pourcentages de réduction les plus faible. Par contre, la variété Biskara a enregistré de pourcentage de réduction le plus élevé (87.01%).

Tableau 4.1.3 : Résultats moyens de la longueur de racine (cm) sous différentes concentration de NaCl

NaCl mM	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histil
0	35.7±4.6 BCDEFG H	47±5.3 ABC	52.2± 3 A	52±0 A	46±5.47 ABCD	34.2±1.3C DEFGH	50±9.8 AB	47.5±0.5 BCD
50	32±2.7CD EFGH	35.7±6.8 BCDEFG H	35.2±1.3 BCDEF GH	39.7±9 ABCDEF G	35.5±5BC DEFGH	34.5±3.8C DEFGH	42±2.1 ABCDE	46±2.1 ABCD
100	31.7±1.3 CDEFGH	35±4.3BC DEFGH	31±4.7 DEFGH	31±2.1 DEFGH	30.5±2.7 DEFGH	29±2.1EF GH	41.2±3.5 ABCDE F	40±4 ABCDE FG
150	28.2±2.4E FGH	24.2±15.6 GH	29.7±0.8 EFGH	6.75±1.9 I	25±8.7 FGH	28.2±17.8 EFGH	28.5±7 EFGH	34.2±8C DEFGH
% de réduction	21	48.51	43.10	87.01	45.65	17.54	43	28
Prb	0							
Sig	Très hautement significatif							

L'apparition d'interaction très hautement significative entre traitement salin et variétés pour la longueur de racine, montre bien l'intérêt de ce caractère dans la sélection des espèces tolérantes à la salinité.

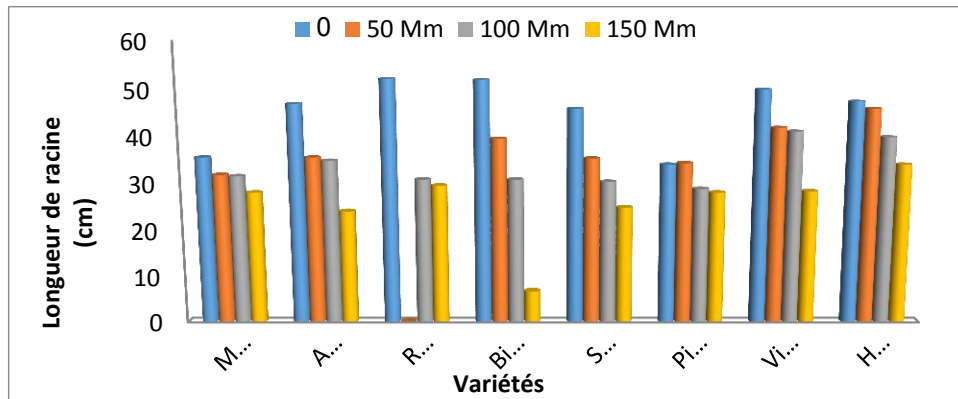


Figure 4.1.3 : Longueur des racines de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) en fonction de différentes concentrations saline

4.1.4. Effet du stress salin sur le poids frais partie aérienne et racinaire (g)

Les résultats de l'effet de la contrainte saline sur la production des biomasses frais des parties aériennes et celles racinaires sont donnés dans les tableaux ci-dessous.

Nos résultats ont montré que le poids frais de l'appareil végétatif et racinaire est lié à la concentration saline appliquée. En effet, une nette régression de la biomasse fraîche aérienne et racinaire a été enregistrée au fur et à mesure que la concentration du sel augmente (**Tableau 4.1.4 ; 4.1.5, Figure 4.1.4 ; 4.1.5**).

Cette relation (concentration saline/poids frais partie aérienne et racinaire) est confirmée par l'analyse de la variance à un seul critère de classification. Le traitement statistique indique un effet très hautement significatif (**P=0, tableau 4 et 5, ANNEXE 1**).

Ainsi les taux de réduction les plus élevés des biomasses fraîche des parties aérienne et souterraine par rapport au témoin ont été enregistrés au niveau du traitement 150 mM Na Cl. Les taux de réduction les plus faibles ont été obtenus chez Biskara (84.61%, 98.50) (**Tableau 4.1.4 et 4.1.5**).

Tableau 4.1.4 : Résultats moyens du poids frais partie aérienne (g) sous différentes concentration de NaCl

mM NaCl	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histil
0	36.8±1.1 ^A	25.9±6 ^{BC}	26.2±2.5 ^{BC}	13.0±4 ^{EFGH}	12.3±1 ^{EFGHI}	13.9±1.2 ^{EFG}	18.4±2 ^{CDE}	37.7±3 ^A
50	30,1±3,7 ^B	25.7±9.8 ^{BC}	22.7±6 ^{BCD}	11.6±1 ^{EFGHI}	11.25±0.8 ^{EFGHIJ}	10.9±0.9 ^{EFGHIJ}	13.1±3.3 ^{EFGH}	15.3±2.7 ^{DEF}
100	24.6±1.5 ^{BC}	23.1±2 ^{BCD}	7.7±2.0 ^{FGHIJK}	2.1±0 ^{IK}	10.8±2.1 ^{EFGHIJ}	12.8±2 ^{EFGH}	11.5±3.1 ^{EFGHI}	14.0±2 ^{EFG}
150	18.8±3 ^{CDE}	5.8±2.7 ^{FGHIJK}	4.8±3.5 ^{FGHIJK}	2±1.6 ^{IK}	2.6±0.4 ^{GHIJK}	3.8±1.4 ^{FGHIJK}	7.7±1.9 ^{FGHIJK}	13.2±1 ^{EFGH}
Prb	0							
Sig	Très hautement significatif							

Tableau 4.1.5 : Résultats moyens du poids frais partie racinaire (g) sous différentes concentration de NaCl

NaCl mM	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histil
0	54±23 ^B	20.3±0.6 ^{FG}	28.2±1.4 ^D	13.8±0.5 ^{HI}	12.5±2. ^{9I}	16.5±1.6 ^H	60.3±3.0 ^A	39.6±2.3 ^C
50	23.4±3 ^{.4E}	13.9±1.2 ^{HI}	22±3.8 ^{EF}	8.8±0.5 ^J	6.8±1.3 ^{JKL}	6.4±1.0 ^{JKL}	39.5±1.8 ^C	18.9±2.5 ^G
100	23.3±1 ^{8E}	15±1.717 ^{HI}	2±0.3 ^{MN}	5.9±1.4 ^{JKL}	6.9±0.6 ^{JKL}	7.4±0.4 ^{JK}	14.6±1.6 ^{HI}	15.3±1.2 ^{HI}
150	18,7±1 ^{1G}	7.0±0.6 ^{JKL}	4.3±0.4 ^{LM}	0.2±0.1 ^N	1.9±0.7 ^{MN}	5.5±2 ^{KL}	8.2±0.9 ^{JK}	12.6±2.6 ^I
% de réduction	63.37	57.82	84.75	98.50	84.8	66.66	86.40	68.18
Prb	0							
Sig	Très hautement significatif							

L'apparition d'interaction très hautement significative entre traitement salin et variété pour le poids frais partie aérienne et racinaire, montre bien l'intérêt de ces deux caractères dans la sélection des espèces tolérantes à la salinité.

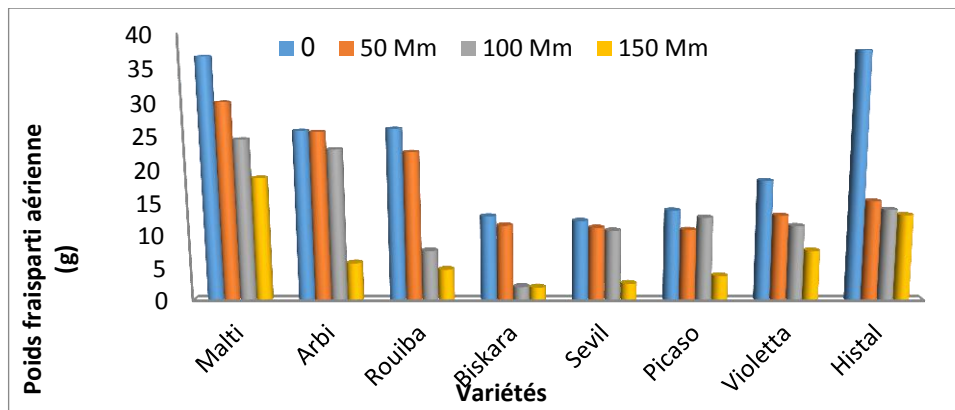


Figure 4.1.4 : Poids frais partie aérienne de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) sous différentes concentration de NaCl

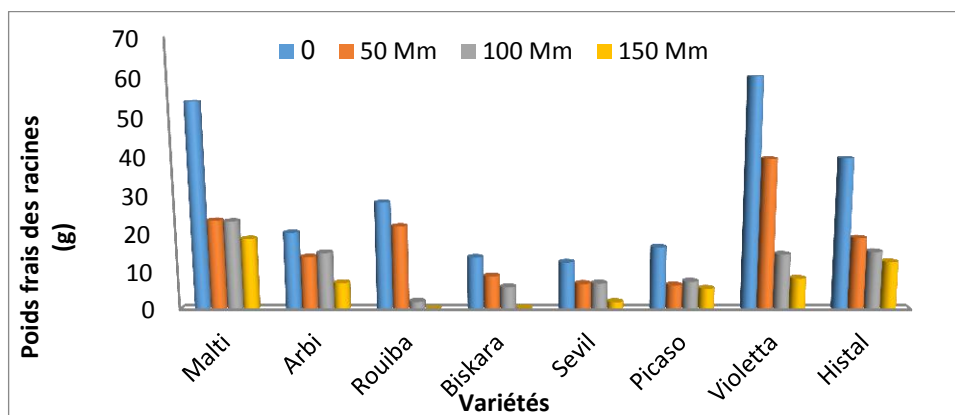


Figure 4.1.5 : Poids frais partie racinaire de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) sous différentes concentration de NaCl

4.1.6. Effet du stress salin sur le nombre des nœuds jusqu'au premier nœud florifère

L'analyse des résultats montre que le nombre des nœuds jusqu'au premier nœud florifère a été affecté par le stress salin de manière très hautement significative (**Tableau 4.1.6**).

D'après nos résultats on a constaté la formation des nœuds aux niveaux des tiges de toutes les variétés dans les quatre traitements de NaCl mais avec un taux décroissant dans le nombre vis avis la concentration de NaCl appliquée (**Figure 4.1.6**)

Au niveau de toutes les concentrations salins (50, 100 et 150 mM), l'analyse de la variance (**Tableau 4.1.6 ; Figure 4.1.6**), montre un effet très hautement significatif du stress salin sur la longueur de racine la plus longue de toutes les variétés étudiées (**P=0 ; Tableau 6, ANNEXE1**).

Lorsque le stress est sévère (150 mM NaCl / l), la diminution de **nombre des nœuds** est encore plus importante comparativement aux stress faible et modérés (50 et 100 mM NaCl / l), cependant, les variétés : Arbi, suivi par Violette et Histal ont pu maintenir une certaine stabilité de leur nombre des noeuds en conditions du stress salin aussi bien modéré que sévère (100 et 150mM). Ces dernières ont enregistrées des pourcentages de réduction les plus faible. Par contre, la variété Biskara, suivi par Rouiba ont enregistrées de pourcentage de réduction le plus élevé (37.5 et 37.21%) respectivement.

L'apparition d'interaction très hautement significative entre traitement salin et variété pour ce paramètre, montre bien l'intérêt de ce caractère dans la sélection des variétés tolérantes à la salinité.

Tableau 4.1.6 : Résultats moyens du nombre des nœuds jusqu'au premier nœud florifère sous différentes concentration de NaCl

mM NaCl	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histil
0	4.5±0.8 ABCD	4.8±1.3 ABCD	6.1±1.9 ABCD	4.8±0.9 ABCD	5.1±2.0 ABCD	6±0.8 AB	5.5±1.5 ABC	5.6±1.2 AB
50	5.5±1.6 ABC	4.8±0.7 ABCD	6±0.63 AB	3.8±1.1 ABCD	3.6±0.8 ABCD	5±0.89 A	5.1±1.1 ABCD	5±0.8 ABCD
100	5.5±1.3 ABC	4.6±1.6 ABCD	5±1.26 ABCD	4.6±0.81 ABCD	4.8±1.7 ABCD	5.3±1.3 ABC	5.3±1.6 ABC	5.1±0.7 ABCD
150	4.1±1.7 ABCD	4.3±0.5 ABCD	3.83±0.7 ABCD	3±0 CD	3.5±0.54 BCD	4.1±0.9 ABCD	4.6±0.8 ABCD	4.5±1.2 ABCD
%de réduction	25.45	10.41	37.21	37.5	31.37	31.66	16.36	19.64
Prb	0							
Sig	Très hautement significatif							

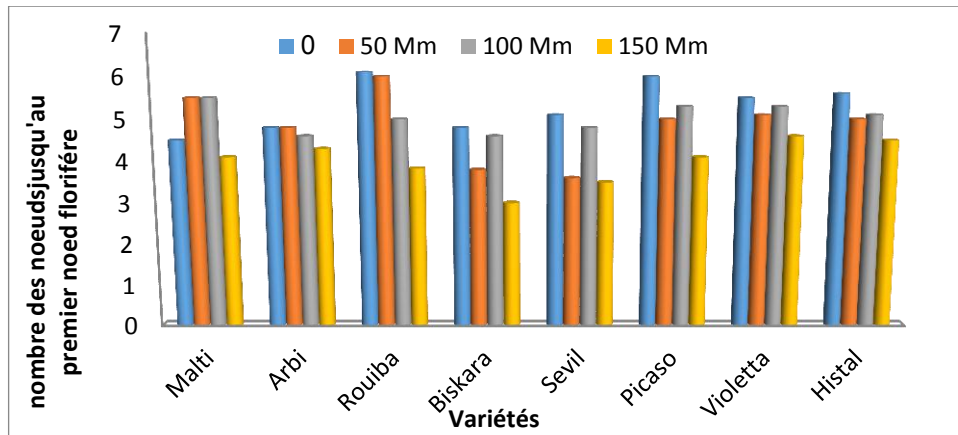


Figure 4.1.6 : Nombre des nœuds jusqu'au premier nœud florifère de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) sous différentes concentrations de NaCl

4.1.7. Effet du stress salin sur le poids frais des fruits et des graines (g)

Le poids frais des fruits et des graines sont également affectés par le stress salin comme l'indique l'analyse de la variance (**Tableau.4.1.7; 4.1.8.et figure.4.1.7;4.1.8**). Les résultats montrent une diminution des valeurs du poids frais des fruits et des graines chez les différentes variétés étudiées. Ainsi, chez les témoins, les poids frais des fruits et des graines restées plus élevées, comparativement aux poids frais des fruits et des graines traitées par les différents niveaux de sel (**Tableau.4.1.7; 4.1.8.et figure.4.1.7;4.1.8**).

En l'absence de contrainte saline (témoin), la variété Rouiba présente le poids frais des fruits le plus élevé, suivi par la variété Malti et la variété Malti présente le poids des graines le plus élevé suivi par la variété Rouiba. Par contre, la variété Picasso représente les poids les plus faibles (fruit et graines) par rapport aux autres variétés étudiées (**Tableau 4.1.7 ; figure 4.1.7**).

Sous toutes les concentrations de NaCl (50, 100 et 150 mM NaCl), l'analyse de la variance, montre un effet très hautement significatif du stress salin sur le poids frais des fruits et des graines de toutes les variétés étudiées (**P=0 ; Tableau7et 8 ., ANNEXE 1**).

Lorsque le stress est sévère (150 mM NaCl / l), la diminution du poids frais des fruits et des graines est encore plus importante comparativement aux stress faible et modérés (50 et 100 mM NaCl / l), cependant, les variétés : Picasso, suivi par Sévil ont enregistrées des pourcentages de réduction les plus faible sous stress salin modéré et sévère. Par contre, la variété Rouiba, suivi par Violetta, Arbi et Biskara ont enregistrées de pourcentage de réduction le plus élevé (73.31%, 64.44%, 63,65% et 60%) respectivement (**Tableau.4.1.7**).

Tableau 4.1.7: Résultats moyens du poids frais des fruits sous différentes concentration de NaCl

mM NaCl	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histil
0	15.8±1.3 B	13.9±0.8 C	23.5±1.8 A	13.0±2C D	8.85±0.7 97GHIJK	8.2±0.6 GHIJKL	12.1±2.9 CDE	12.7±3.5 CDE
50	11.5±1.8 DEF	13.3±0.7 CD	17.3±0.9 B	7.0±0.7IJ KLMN	7.8±1.4 HIJKLM	6.2±0.75 KLMN	5.9±0.7 LMN	9.1±2.15 GHIJ
100	10.7±2.3 EFG	9.3±0.2G HI	6.9±0.6IJ KLMN	7.1±0.7 IJKLMN	6.9±0.70 8JKLMN	6.9±0.7I JKLMN	5.9±0.8 LMN	8.3±1.0 GHIJKL
150	9.85±2.1 FGH	5.1±0.7 MNO	5.8±1.4 LMN	5.2±0.7 MNO	6.5±0.4 JKLMN	5.8±0.4 LMN	4.3±2.1 NO	5.5±1.3 LMNO
% de réduction	37.65	63.3	73.31	60	26.55	20.73	64.44	56.69
Prb	0							
Sig	Très hautement significative							

Tableau 4.1.8. : Résultats moyens du poids des graines sous différentes concentration de NaCl

mMNaCl	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histil
0	6.5±1.1 A	3.2±1.7 CDE	3.5±0.8 CD	3.4±0.39CD	2.5±0.3 DEFGHI	1.7±0.5 FGHIJK	1.9±0.3 FGHIJK	2.9±1.1 DEFG
50	4.1±0.9 B	3.0±0.7 CDEF	2.7±0.5 DEFGHI	2.9±0.6 DEFG	1.7±0.3 FGHIJK	1.3±0.1 JK	1.9±0.3 FGHIJK	2.7±0.9 DEFGHI
100	4.6±1.2 B	3.0±0.3 CDEF	1.9±0.6 EFGHIJK	2.2±0.1 DEFGHIJ	1.4±0.27 HIJK	1.4±0.4 HIJK	1.8±0.1 FGHIJK	1.7±0.5 FGHIJK
150	2.6±0.7 DEFGHI	2.7±0.6 DEFGH	1.9±0.5 EFGHIJK	1.8±0.2 FGHIJK	1.1±0.1 JK	1.1±0.2 JK	1.6±0.18 GHIJK	1.9±0.3 FGHIJK
%de réduction	60	15.62	45.71	47.05	56	35.29	15.78	34.48
Prb	0							
Sig	Très hautement significative							

Pour le poids frais des graines, les résultats montre que les deux variétés Arbi et Violetta ont enregistrées des pourcentages de réductions les plus faible comparativement aux Biskara et Rouiba qui ont enregistrées des pourcentages de réduction les plus élevé (**Tableau.4.1.8.**).

L'apparition d'interaction très hautement significative entre traitement salin et variété pour le poids frais des fruits et des graines, montre bien l'intérêt de ce caractère dans la sélection des espèces tolérantes à la salinité.

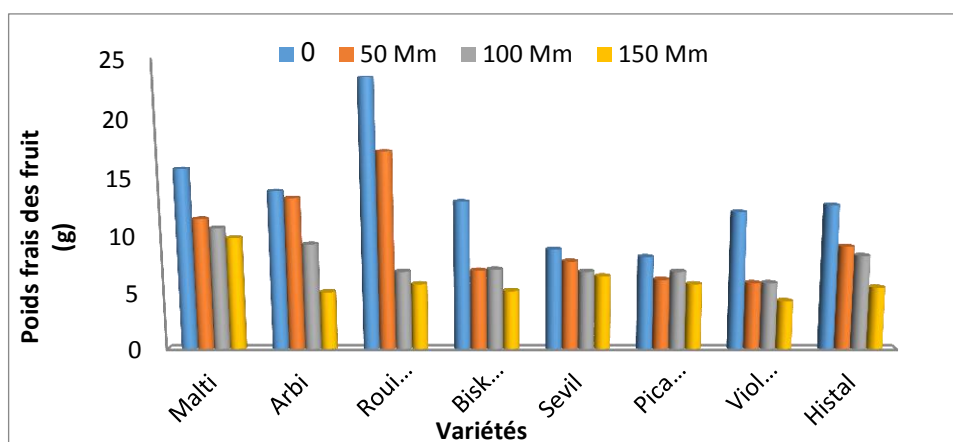


Figure 4.1.7. : Poids des fruits de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) sous différentes concentration de NaCl

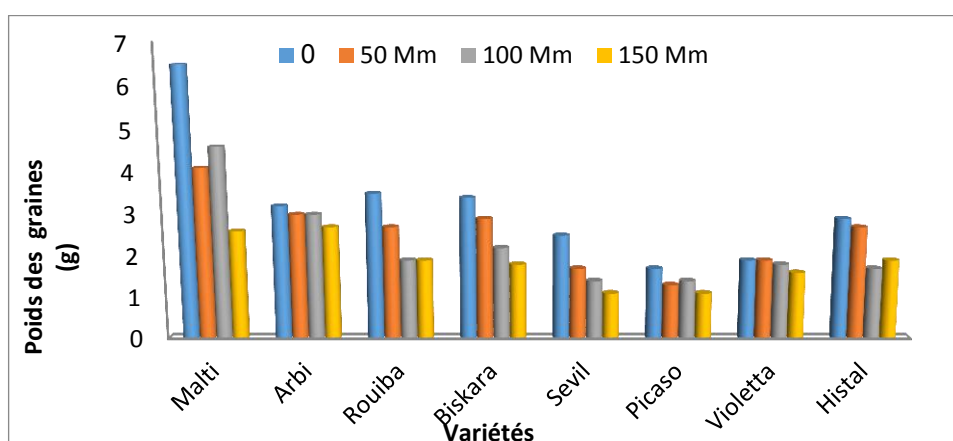


Figure 4.1.8. : Poids des graines de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) sous différentes concentration de NaCl

4.1.9. Effet du stress salin sur la teneur relative en eau (Relative Water Content) (%)

La teneur relative en eau est considérée comme un excellent indicateur de l'état hydrique de la plante. Elle constitue un paramètre influençable pour toute variation de potentialité absorbante des plantes.

Dans les conditions de notre expérimentation, l'analyse des résultats obtenus démontre que la teneur relative en eau est dépendante de la nature génotypique ($P=0$) et elle est grandement influencée par le niveau du stress salin appliqué ($P=0$, **Tableau 9, ANNEXE 1**)

D'après les résultats obtenus les niveaux en eau les plus élevées sont notés au traitement témoin (absence du stress salin), avec une valeur maximale enregistré par la variété Arbi de l'ordre 93% et une valeur minimale donnée par la variété Picasso de l'ordre 55.6%.

En condition de stress salin sévère (150 mM), les valeurs les plus faibles sont enregistrées par les variétés Arbi, Rouiba suivi par Biskara et Sévil.

Tableau 4.1.9 : Résultats moyens de la teneur relative en eau sous différentes concentration de Na Cl

NaCl	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histal
0	61.4±2 CDEFG	93±3 ^A	77.3±2 ^B	65±4 ^{BCDE} F	68.3±1 BCDE	55.6±3 EFGHIJ	72.±5 ^{BC}	63.8±2 BCDEF
50	60.7±1 CDEFGH	72±10 BCD	62.5±5 CDEF	58.9±4 CDEFGHI	63.8±5 BCDET	55.2±2 EFGHIJK	70.5±3 BCD	57.5±1 DEFGHI
100	55.8±1 EFGHIJ	67.1±1 ^{BC} DE	53.8±2 EFGHIJKLM	54.4±2 EFGHIJKLM	54.3±3 EFGHIJKLM	55±3 EFGHIJKL	62.9±1.2 CDEF	54±7.6 EFGHIJKLM
150	52.9±1 EFGHIJKLM	49.9±2 FGHIJKLM	45.8±1 HIJKLMN	47.1±2 GHIJKLM	51.1±1 FGHIJKLM	44.9±1 IJKLMN	59±1.9 CDEFGHI	51±1.6 FGHIJKLM
% de réduction	13.84%	46.34%	40.75%	27.53%	25.18%	19.24%	18.05%	20.06%
Prb	0							
Sig	Très hautement significatif							

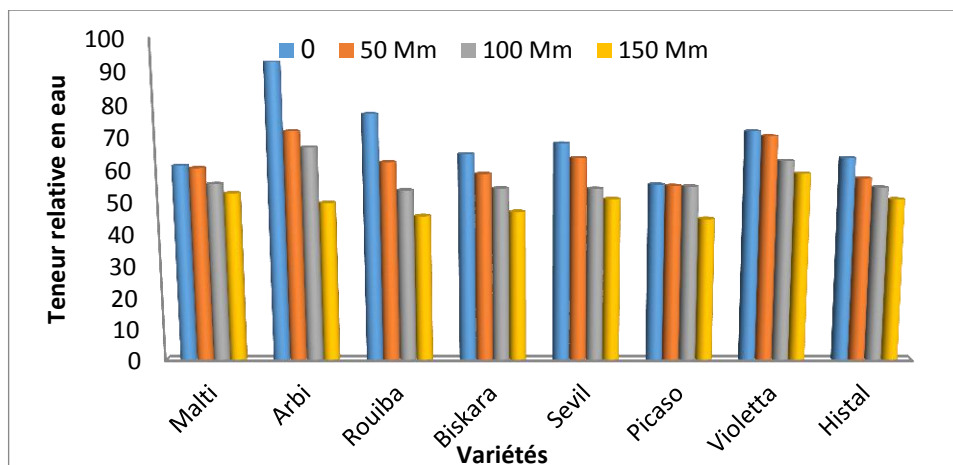


Figure 4.1.9 : Teneur relative en eau (%) de huit variétés de *Vicia faba* L. sous différentes concentration saline

L'apparition d'interaction très hautement significative entre traitement salin et variété pour la teneur relative en eau, montre bien l'intérêt de ce caractère dans la sélection des espèces tolérantes à la salinité.

4.1.10. Effet de stress salin sur la teneur en proline au niveau des feuilles (mg/g MF)

Dans les conditions normales (témoin), la variété Arbi, présente la teneur en proline dans la Feuille la plus élevée suivie par la variété Violetta. Par contre, la teneur la plus faible est enregistrée chez la variété Histal (**Tableau 4.1.10 ; Figure 4.1.10**).

Au niveau de tous les traitements salins (50 mM, 100 mM et 150 mM NaCl), l'analyse de la variance (**Tableau 4.1.10, figure 4.1.10**), montre un effet très hautement significatif du stress salin sur la teneur en proline au niveau des tiges de toutes les variétés étudiées (**P=0; Tableau 1, ANNEXE 1**). L'accumulation de proline au niveau des Feuille (**Figure 4.1.10**) est positivement corrélée avec la salinité.

L'apparition d'interaction très hautement significative entre traitement salin et l'écotype pour la teneur en proline au niveau des Feuille, montre bien l'intérêt de ce caractère dans la sélection des espèces tolérantes à la salinité.

Tableau 4.1.10 : Résultats moyens de la teneur en proline au niveau des Feuilles sous différentes concentrations de NaCl

NaCl	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histal
0	2,5±0,14 Q	6,02±0,0 KL	2,8±0,05 PQ	1,4±0,12 R	2,5±0,05 Q	1,1±0,09 R	4,3±0,07 M	0,9±0,07 R
50	5,6±0,05 L	20,6±0,09 C	2,9±0,1P Q	3,3±0,09 O	2,6±0,09 Q	2,46±0,07 Q	6,8±0,07 J	1,4±0,05 R
100	9,5±1,4 H	23,01±0,0 4B	3,8±0,05 N	3,2±0,07 OP	9,6±0,09 H	13,5±0,09 G	6,4±0,05 K	6,02±0,05 KL
150	19,8±0,0 5D	24,1±0,09 A	7±0,09J	20,1±0,0 4D	14,4±0,0 7F	14,79±0,0 5F	7,4±0,09 I	16,1±0,05 E
Prb	0							
sig	Très hautement significative							

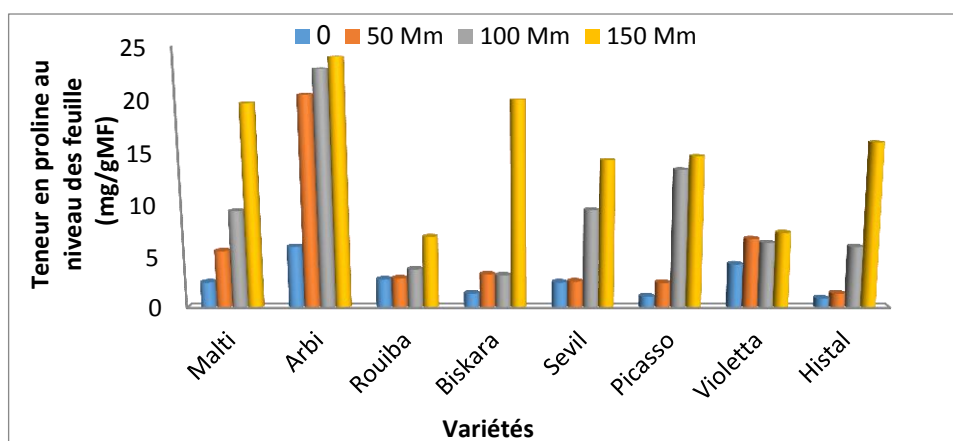


Figure 4.1.10 : Teneur en proline au niveau des Feuilles de huit variétés de fève *Vicia faba* L. sous différentes concentrations de NaCl (mM)

4.1.11. Effet de stress salin sur la teneur en proline au niveau des racines (mg/g MF)

En l'absence de stress, les deux variétés Arbi et Picasso présentant la teneur en proline au niveau des racines la plus élevée suivie par les deux variétés Rouiba et Histal, par contre la teneur la plus faible est enregistrée chez la variété Malti (**Tableau 4.1.11 ; Figure 4.1.11.**).

L'analyse de la variance (**Tableau 4.1.11. ; Figure 4.1.11.**), montre que la présence de 50 mM, 100 mM et 150 mM NaCl dans l'eau d'irrigation induit une augmentation très hautement significative des teneurs en proline au niveau des racines

chez toutes les variétés étudiées (**P=0 ; Tableau 2, ANNEXE 1**). L'accumulation de proline au niveau des racines (**Figure 4.1.11.**) est positivement corrélée avec la salinité.

L'apparition d'interaction très hautement significative entre traitement salin et les variétés pour la teneur en proline au niveau des racines, montre bien l'intérêt de ce caractère dans la sélection des espèces tolérantes à la salinité.

Tableau 4.1.11 : Résultats moyens de la teneur en proline au niveau des racines sous différentes concentration de NaCl

Na Cl	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histal
0	0,58±0,05 V	1,68±0,11 R	1,38±0,0 9S	1,08±0,0 5T	0,9±0,13 TU2	1,55±0,05 R	0,95±0,07 TU	1,2±0,07 S
50	0,9±0,11 U	2,91±0,11 N	3,01±0,0 5N	1,68±0,1 3R	2,61±0,05 O	1,93±0,06 Q	1,53±0 R	3,7±0,07 K
100	0,9±0,11T U15	11,73±0,1 1D	3,38±0,0 9L	2,26±0,0 5P	3,66±0,11 K	5,89±0,09 H	6,47±0,07 G	3,17±0,0 7M
150	15,16±0,1 2B	12,46±0,1 1C	4,29±0,0 5I	3,13±0,0 9M	4,04±0,18 J	18,57±0,0 5A	7,09±0,05 F	9,85±0,0 5E
Prb	0							
Sig	Très hautement significative							

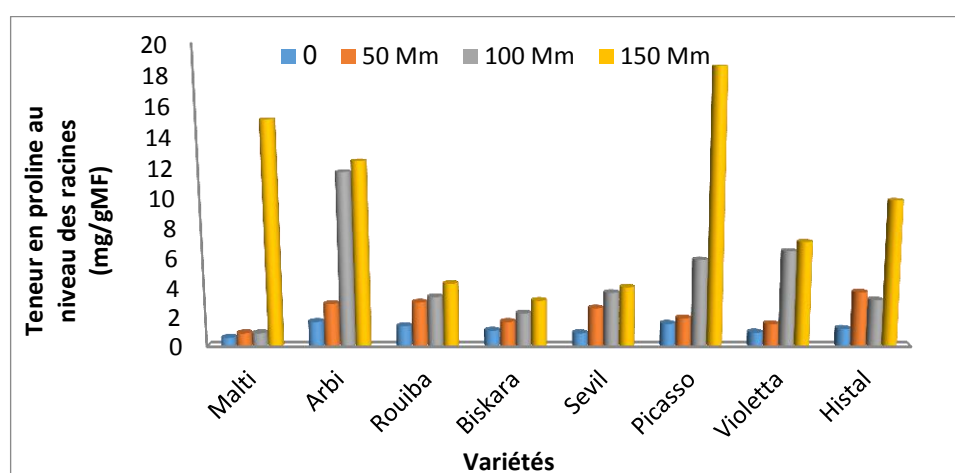


Figure 4.1.11 : Teneur en proline au niveau des racines de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) sous différentes concentration de NaCl (mM)

4.1.12. Effet de stress salin sur la teneur en en sucres solubles totale au niveau des feuille (mg/g MF)

Dans les conditions normales (témoin), la variété Histal présente la teneur en sucres solubles totale au niveau de feuille la plus élevée. Par contre, les teneurs les plus faibles sont enregistrées chez la variété Arbi (**Tableau 4.1.12 ; Figure 4. 1.12**).

Au niveau du stress salins faible, modéré et sévère (50 mM, 100 mM et 150 mM NaCl), l'analyse de la variance (**Tableau 4.1.12 ; Figure 4. 1.12**), montre un effet très hautement significatif du stress salin sur l'accumulation des teneurs en sucres solubles chez toutes les variétés étudiées (**P=0; Tableau 3 ANNEXE 1**). L'accumulation des sucres solubles totale au niveau des feuilles (**Figure 4.1.12.**) est positivement corrélée avec la salinité.

L'apparition d'interaction très hautement significative entre traitement salin et les variétés pour la teneur en sucre soluble totales au niveau des tiges, montre bien l'intérêt de ce caractère dans la sélection des variétés tolérantes à la salinité.

Tableau 4.1.12 : Résultats moyens de la teneur en sucres solubles totale au niveau des Feuille sous différentes concentration de NaCl

Na Cl	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histal
0	10.85±0.1 8O	1.03±0.25 R	8.06±0.2 6P	40±0.5 G	4.62±0.2 5Q	36.67±0. 55I	7.18±0.18 P	15.47±0. 25N
50	17.22±0.2 3M	9.49±0.67 O	23.33±0. 18K	48.8±0.1 2F	10.94±0. 5O	52.05±0. 07E	15.47±0.1 8N	17.35±0. 18M
100	18.8±0.39 LM	10.26±0.3 2O	38.12±0. 37H	48.8±0.0 7F	67.69±0. 61B	60.36±0. 4C	19.49±0.4 4L	59.83±1. 21C
150	32.82±0.3 9J	18.89±0.6 2LM	66.67±5. 03B	56.92±0. 37D	71.2±0.1 8A	71.54±0. 37A	39.4±0.18 GH	66.67±0. 12B
Prb	0							
Sig	Très hautement significative							

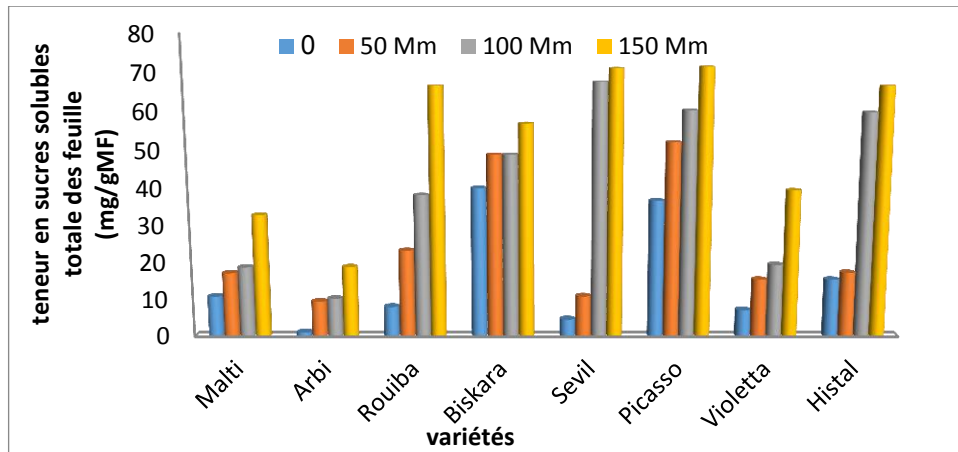


Figure 4.1.12 : Teneur en sucres solubles totale au niveau des Feuilles de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) sous différentes concentrations de NaCl (mM)

4.1.13. Effet de stress salin sur la teneur en sucres solubles totale au niveau des racines (mg/g MF)

Dans les conditions normales (témoin), la variété Histal présente les teneurs en sucres solubles totale au niveau des racines les plus élevées suivies par la variété Rouiba. Par contre, la teneur la plus faible est enregistrée chez la variété Malti (**Tableau 4.1.13 ; Figure 4.1.13**).

Au niveau de tous les traitements salins (50 mM, 100 et 150 mM NaCl), l'analyse de la variance (**Tableau 4.1.13 ; Figure 4.1.13**), montre un effet très hautement significatif du stress salin sur l'accumulation des teneurs en sucres solubles dans les racines (**P=0 ; Tableau 4, ANNEXE 1**) chez toutes les variétés étudiées. L'accumulation de sucre soluble total au niveau des racines (**Figure 4.1.13**) est positivement corrélée avec la salinité.

L'apparition d'interaction très hautement significative entre traitement salin et les variétés pour la teneur en sucre soluble totale au niveau des racines, montre bien l'intérêt de ce caractère dans la sélection des espèces tolérantes à la salinité.

Tableau 4.1.13 : Résultats moyens de la teneur en sucres solubles totale au niveau des racines sous différentes concentration de NaCl

Na Cl	Malti	Arbi	Rouiba	Biskara	Sevil	Picasso	Violetta	Histal
0	2.82±0.2 5W	9.91±0.37 U	22.74±0.3 N	18.8±0.61 P	7.69±0.3 V	7.09±0.1 8V	12.31±0.2 5T	32.48±0.3 J
50	13.14±0. 26S	23.85±0.5 7M	28.8±0.3 L	31.28±0.3 K	50.51±0.0 7G	9.57±0.1 8U	13.93±0.1 8R	43.25±0.3 7H
100	18.72±0. 71P	23.76±0.5 7M	67.14±0.3 8D	31.37±0.4 5K	63.78±0.4 E	20.6±0.0 7O	15.47±0.0 7Q	54.44±0.4 2F
150	32.22±0. 5J	33.76±0.3 9I	70.09±1.4 C	79.74±0.6 2A	75.81±0.4 2B	43.16±0. 3H	42.82±0.1 2H	54.23±0.3 6F
Prb	0							
Sig	Très hautement significatif							

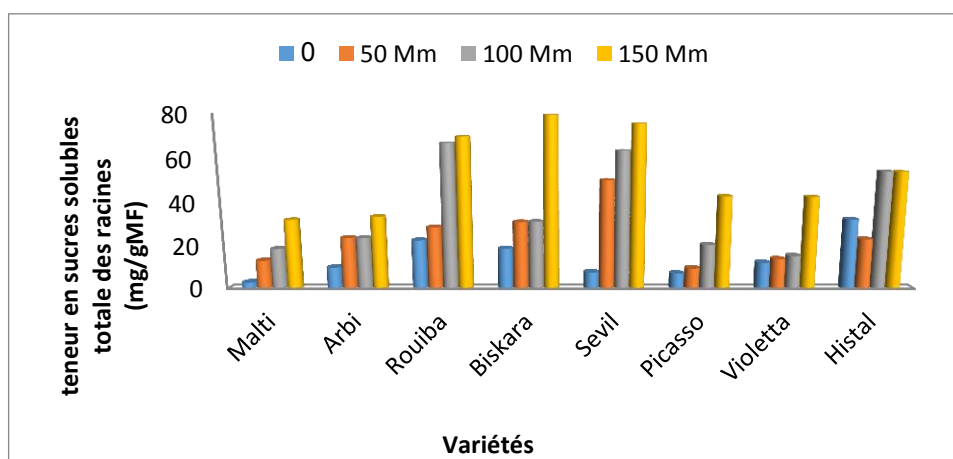


Figure 4.1.13 : Teneur en sucres solubles totale au niveau des racines de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) sous différentes concentration de NaCl (mM)

4.1.14. Classification des différentes variétés de fève étudiée en groupes homogènes, selon le test Newman-Keuls, pour le paramètre le plus discriminant

La comparaison de $F_{\text{observé}}$ de tous les traitements salin (0, 50 mM, 100 mM, 150 mM NaCl) combinée avec les huit variétés (*Malti*, *Arbi*, *Rouiba*, *Biskara*, *Sevil*, *Picasso*, *Violetta*, *Histal*) montre que la teneur en proline au niveau des racines est le paramètre le plus discriminant, suivi par la teneur en sucres solubles totales au niveau des racines, la teneur en proline au niveau des tiges, teneur en sucres solubles totales au

niveau des tiges (**Tableau 4.1.14**). Les résultats obtenus montre que les variétés « Malti, Arbi, Rouiba et Histal » sont significativement les meilleurs, comparativement aux autres variétés. Suivi par Sévil et Violetta. Les variétés « Picasso et Biskara), quant à elles, elles se montrent les plus sensible au stress salin (**Figure 4.1.14**).

Tableau 4.1.14 : Classification des différents paramètres analysés selon le test F

Les paramètres	Test F
longueur de tige	14.474
longueur de racine	8.747
poids frais partie aérienne	5,299
poids frais partie racinaire	173,836
nombre des nœuds jusqu'au premier nœud florifère	1.893
poids frais des fruits	24.541
poids des graines	5.834
la teneur relative en eau (Relative Water Content)	5.255
Teneur en sucre solubles totales au niveau des racines	6357.79
Teneur en sucre solubles totales au niveau des tiges	1216.13
Teneur en proline au niveau des tiges	2323,55
Teneur en proline au niveau des racines	10254,32



Biskara

Témoin 50mM 100mM 150mM



Picasso

Témoin 50mM 100mM 150mM



Violetta

Témoin 50mM 100mM 150mM



Sévil

Témoin 50mM 100mM 150mM



Arbi



Malti



Rouiba

Témoin 50mM 100mM 150mM



Histal

Témoin 50mM 100mM 150mM

Figure 4.1.14 : Classification des différentes variétés selon leur tolérance ou leur sensibilité

DISCUSSION

La présente étude fournit des informations pouvant aider à déterminer les variétés de fève qui ont une haute tolérance au stress salin. Nos résultats montrent clairement que les graines des différentes variétés germent mieux en présence de 50 et 100 mM de NaCl pour toutes les variétés étudiées, de 150 mM de NaCl pour les cinq variétés « Malti, Rouiba, Biskara, Picasso, Violetta et Hista ». Lorsque la concentration en sel augmente une inhibition de taux de graines germées se produit sous la concentration de 150 mM de NaCl. Ces résultats viennent confirmer les effets relevés, à travers des études antérieures, exercés par la salinité sur le processus de germination chez plusieurs espèces de légumineuses. **OKÇU et al., (2005)**, ont démontré que l'application de différents niveaux de NaCl induit une réduction significative du taux de germination final chez les cultivars de petit pois. Des résultats comparables ont été observés chez différentes variétés de haricot (**KAYMAKANOVA, 2009 ; COKKIZGIN, 2012**), de pois chiche (**HAJLAOUI et al., 2007**), de lentille (**EL-MONEM A., SHARAF, 2008**) et d'autres légumineuses fourragères (**NICHOLS et al., 2009**).

La salinité réduit en générale la croissance des plantules chez l'ensemble des variétés étudiées. Néanmoins, une grande variabilité entre les variétés a été révélée à ce stade. Les interactions très hautement significatives entre les deux effets (variétés x salinités), observées dans notre cas, montre la possibilité d'une sélection essentiellement sur la base des caractères : poids frais des parties aérienne et racinaire, longueur de tige et de racine, poids frais des fruits et des graines, teneur relative en eau, nombre des nœuds jusqu'au premier nœud florifère, teneur relative en proline et en sucre solubles dans les différents organes et la teneur relative en eau.

Les perturbations observées pourraient être expliquées par une diminution du potentiel osmotique du milieu suite à l'ajout du sel (**MAUROMICALE, LICANDRO, 2002**). L'augmentation de la concentration de NaCl a provoqué chez les graines de *Vicia faba*, un allongement de la période de germination allant de 17 jours pour le témoin jusqu'à 31 jours pour les concentrations 100 et 150 mM NaCl. D'après **BEN MILED et**

al., 1986, ce retard s'expliquerait par le temps nécessaire aux graines pour déclencher les mécanismes leur permettant d'ajuster leur pression osmotique.

Selon **PRADO et al.**, 2000, la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress, représentant ainsi une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales.

La diminution de la croissance des parties aérienne peut aussi être expliquer par des perturbations des taux des régulateurs de croissance dans les tissus, particulièrement l'acide abscissique et les cytokinines induites par le sel (**FAHAD et al.**, 2015), mais aussi à une diminution de la capacité photosynthétique provoqué par la diminution de la conductance stomatique de CO₂ sous la contrainte saline. Dans tous les cas, cette réduction de la croissance des différentes parties aériennes est considérée comme une stratégie adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à la salinité (**DAROUI et al.**, 2013). Ceci permet à la plante d'emmagasiner de l'énergie nécessaire pour faire face au stress afin de réduire les dommages irréversibles occasionnés, quand le seuil de la concentration létale est atteint (**BENMAHIOUL et al.**, 2009).

Les résultats obtenus montrent que, la proline et les sucres solubles augmentent de teneur dans tous les organes (tiges et racines) de la plante en fonction de l'augmentation de la salinité. Ces résultats montrent aussi que les tiges sont plus riches en proline et en sucres solubles que les racines, aussi bien dans les conditions témoins que dans les conditions de salinité. Les teneurs maximales en proline et en sucres solubles totale dans les tiges et les racines sont accumulées en présence d'un stress salin sévère (150 mM NaCl).

Nos résultats rejoignent ceux obtenues par d'autres auteurs sur des espèces différentes. En effet, **BEN KHALED et al.**, (2003), rapportent que l'exposition des plantules de trèfle d'Alexandrie à 2, 4, 6 et 8 g.l⁻¹ de NaCl, a induit une accumulation de sucres solubles dans les feuilles (**BEN KHALED et al.**, 2003). **MOHSEN.**, (2013), on notent sous l'effet de 100 mM et 150 mM NaCl, une accumulation des sucres solubles totale chez *Vicia faba*, cette augmentation est observée aussi bien dans les feuilles que dans les racines.

A l'issue du travail réalisé sur les huit variétés de fève, nous pouvons conclure que sur la base des paramètres les plus discriminants, la variété « Malti » suivi par « Arbi, Rouiba et Hystal » semble mieux supporter la contrainte saline que les autres variétés. Cependant, il est difficile de définir avec certitude des critères pertinents de tolérance vu que la capacité des plantes à survivre et à se développer en situation de stress abiotique est un caractère complexe et polygénique, ayant pour origine de nombreux processus agissant de façon additive et synergique.

4.2. Deuxième Partie : Caractérisation phénotypique de quelques variétés de fève cultivée dans la région de M'sila

4.2.1. Analyses en composantes principales

L'Analyse en Composante Principale (ACP) sur les variables morphologiques a pour objectif l'identification des caractères les plus descriptifs. La connaissance de ces caractères permettra de les utiliser comme base dans la sélection des variétés performantes (**Tableau 4.2.1**).

Tableau 4.2.1. : Valeurs propres et pourcentage de variation exprimée par les quatre premiers axes à partir de 39 caractères analysés chez huit variétés de fève (*Vicia faba* L.).

	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	7,861	5,756	4,627	3,457
Variabilité (%)	31,442	23,025	18,509	13,827
% cumulé	31,442	54,468	72,976	86,804

Le tableau 4.2.1 donne une estimation de la variabilité représentée par chaque axe. Sept axes ayant une valeur propre supérieure à 1 ont été obtenus, permettant d'expliquer 100 % de la variance présente dans les variables. Cependant, le test d'accumulation de variance montre que les quatre premiers axes sont les plus pertinentes. Ces quatre axes seront utilisés pour décrire la variabilité totale des accessions, soit 86.80% de la variance.

Le premier axe exprime un important pourcentage de variation (31.44%). Cette composante se définit du côté positive par : l'époque de floraison (50% des plantes avec au moins une fleur (EFPMF), le port des gousses (GP), la longueur des gousses sans le bec (GLSB), l'intensité de la courbure au Stade vert des gousses (GICSV), le nombre d'ovules (y Compris les semences) des gousses (GNOCS), la couleur du téguments des gousses sèche après récolte immédiatement (GSCTRAI) et l'époque de développement complet de la gousse (premières gousses complètement développées) (EDCGPGCD), et du côté négative par : le nombre de tiges (tiges dépassant la moitié de

la longueur de la tige principale incluse (PNT), l'extension de la pigmentation anthocyanique (EEPA) et l'épaisseur de la gousse (GEG) (**Tableau 4.2.1 ; 4.2.2**).

La deuxième composante décrit 23,025 % de la variation. Elle se définit du côté positive par : hauteur des plants (PH), l'intensité de la couleur verte de feuillage (FICV), la plissure le long de la nervure principale des feuilles, paire de folioles terminale (FPLNPPFT) et la longueur des fleurs (FLGU), et du côté négative par : la couleur de la tache de mélanine sur l'ail (ACTM) (**Tableau 4.2.1 ; 4.2.2**).

La troisième composante décrit 18,509 % de la variation. Elle se définit du côté positive par : position de la largeur maximale des folioles (FPLM) et intensité de la couleur verte des gousses (GICV), et du côté négatif par tanin des semences (ST), largeur des folioles (FL), nombre des gousses de cyme (CNG), largeur des gousses (de suture à suture) (GLSS), poids des graines sèche (GSP).

Tableau 4.2.2 : Corrélation des variables avec les composantes.

Paramètres	F1	F2	F3	F4	Paramètres	F1	F2	F3	F4
ST	0,300	-0,464	-0,66*	0,354	ETM	0,000	0,000	0,000	0,000
PTC	0,000	0,000	0,000	0,000	EPA	0,000	0,000	0,000	0,000
PH	0,175	0,952*	-0,038	0,196	EEPA	-0,79*	0,102	0,334	-0,418
PNT	-0,70	0,620*	-0,174	0,090	CNG	-0,510	0,088	-0,70*	-0,471
TNNJPNFI	0,022	0,404	0,288	0,797*	GP	0,580*	0,069	-0,450	0,507
FTGCV	0,000	0,000	0,000	0,000	GLSB	0,856*	0,412	-0,195	0,056
FICV	-0,56	0,777*	0,062	0,033	GLSS	-0,393	0,272	-0,75*	-0,243
FLPBFNSN	0,323	0,694*	-0,059	-0,378	GICSV	0,981*	0,027	-0,030	0,064
FL	0,060	0,430	-0,65*	0,032	GICV	-0,410	-0,271	0,777*	-0,180
FPLM	0,402	0,423	0,800*	0,052	GNOCS	0,681*	0,484	0,275	-0,360
FPLNPPFT	0,264	0,839*	0,175	0,320	GEG	-0,80*	0,213	-0,409	0,009
RNF	-0,57	-0,030	-0,365	0,710*	GSP	0,336	0,127	-0,71*	-0,319
EFPMF	0,78*	-0,210	-0,123	-0,457	GSCTRAI	0,675*	-0,272	-0,119	0,590
FLGU	-0,04	0,808*	0,068	0,048	GSPNH	0,000	0,000	0,000	0,000
ATM	0,000	0,000	0,000	0,000	EDCGPGCD	0,781*	-0,210	-0,123	-0,457
ACTM	-0,32	-0,694*	0,059	0,378					

Deux caractères contribuent significativement à la formation de la composante 4 : nombre de nœuds jusqu'au premier nœud florifère inclus (TNNJPNFI), nombre de

fleurs par racème (RNF). Ces deux variables sont positivement corrélées à l'axe 4. Cette composante rassemble 13,827% de la variabilité totale et apporte une information complémentaire à l'axe 1 (**Tableau 4.2.1 ; 4.2.2**).

4.2.1.1. Représentations des variables et des individus

La figure **4.2.1**. présente la projection des individus sur le plan formé par les axes 1 et 2 en fonction de leur contribution. L'examen de la figure permet de distinguer 7 groupes d'individus dont la contribution relative à la formation des axes est importante.

L'axe **1** sépare deux groupes : GI et GII, situés respectivement du côté positif et négatif de l'axe.

Groupe GI : comprend une seule variété Picasso, dont la plante est caractérisée par : un époque tardive de floraison (EFPMF), un port demi retombant des gousses (GP), une longue gousses sans le bec (GLSB), une forte intensité de la courbure au stade vert des gousses (GICSV), un nombre élevé d'ovules (y Compris les semences) des gousses (GNOCS), une couleur rouge du téguments des gousses sèche après récolte (GSCTRAI) et un époque tardive de développement complet de la gousse (premières gousses complètement développées) (EDCGPGCD).

Groupe II : comprend deux variétés : Malti et Arbi, ces deux variétés sont caractérisés par : un nombre élevé de tiges (tiges dépassant la moitié de la longueur de la tige principale incluse (PNT) chez Malti et moyen chez Arbi, forte extension de la pigmentation anthocyanique (EEPA) chez les deux variétés et par une épaisseur élevée de la gousse (GEG) (**Figure 4.2.1**).

L'axe **2** est composé de la variété Histal (**groupe III**), situé du côté positif de l'axe. Cette variété est caractérisée par : des plants très haute (PH), intensité foncée de la couleur verte des feuillages (FICV), une forte plissure le long de la nervure principale, une paire de folioles terminale (FPLNPPFT), et une longue fleur (FLGU)

L'axe **3** sépare deux groupes (**GIV et GV**), situés respectivement du côté positif et négatif de l'axe.

Groupe GIV : est composé de la variété Sévil (**groupe IV**), situé du côté positif de l'axe. Cette variété est caractérisée par : une position de la largeur maximale des folioles vers la base (FPLM) et forte intensité de la couleur verte des gousses (GICV).

Groupe GV : est composé de la variété Violette, située du côté négatif de l'axe. Cette variété est caractérisée par la présence de tanin des semences (ST), une largeur moyenne des folioles (FL), un nombre moyen des gousses de cyme (CNG), une large gousse (de suture à suture) (GLSS), et un poids très élevé des graines sèche (GSP).

L'axe **4** sépare deux groupes : (**GVI et GVII**), situés respectivement du côté positif et négatif de l'axe.

Groupe GVI : composé de la variété Rouiba, situé du côté positif de l'axe. Cette variété est caractérisée par un nombre élevé de nœuds jusqu'au premier nœud florifère inclus (TNNJPNFI) et un nombre élevé de fleurs par racème (RNF).

Groupe GVII : composé de la variété Biskara.

En vue d'avoir une vision globale, nous sommes passés à une autre analyse synthétique pour discerner les différents génotypes pour toutes les variables retenues.

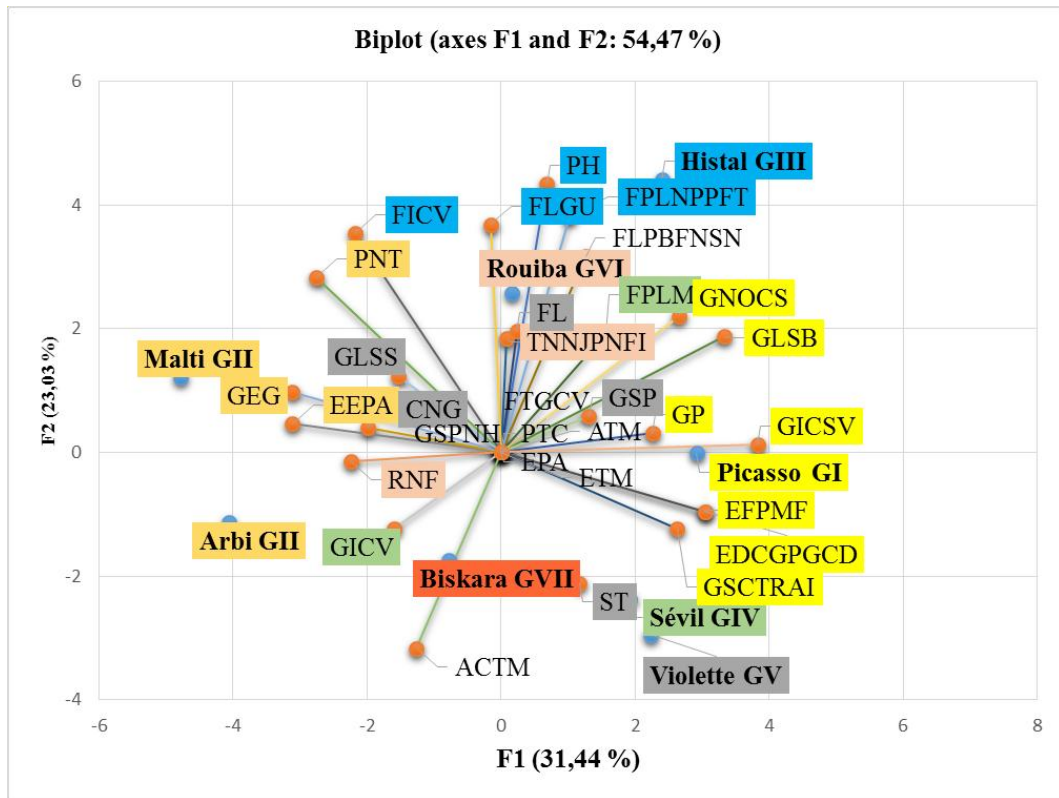


Figure 4.2.1. : Distribution des variables et des variétés de fève (*Vicia faba* L.) dans le plan 1-2 révélée à partir de l'ACP.

Pour mieux apprécier la diversité morphologique des huit variétés de fève étudiées, nous avons procédé à une Classification Ascendante Hiérarchique sur la base de tous les variables étudiée précédemment.

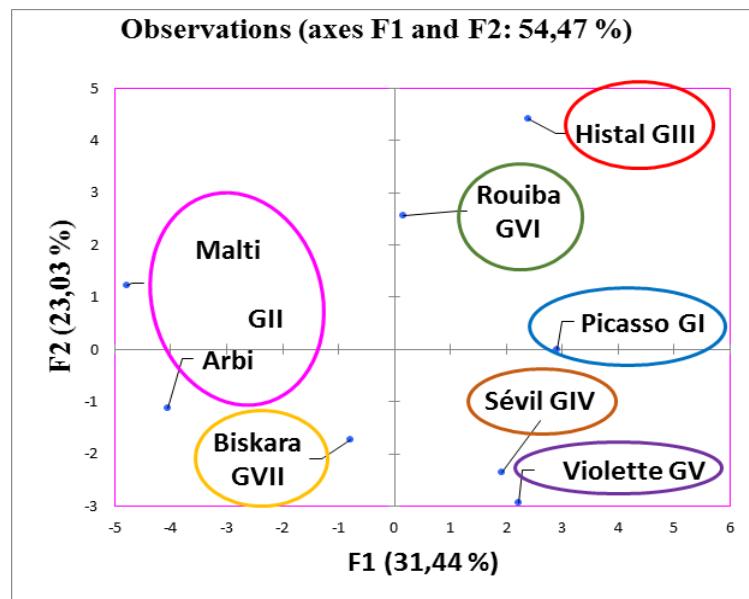


Figure 4.2.2 : Répartition des 8 variétés de fève (*Vicia faba* L.) dans le plan 1-2 de l'ACP

4.2.1.2. Analyse de la matrice des corrélations (Pearson (n))

Le traitement des données par l'ACP nous a fourni la matrice des coefficients de corrélation entre les différents caractères morphologiques (**Tableau 1, Annexe1**). L'analyse de cette matrice montre une forte corrélation positive entre plusieurs couples de variables. La corrélation entre EFPMF et EDCGPGCD a été ($r^2 = 1$). D'autres fortes corrélations positive sont également obtenues entre FPLNPPFT et PH ($r^2 = 0.87$), entre GLSB et GICSV ($r^2 = 0.84$), entre CNG et GLSS, et PH et FLGU ($r^2 = 0.81$) (**Tableau 1, Annexe 1**).

4.2.2. Analyse de la diversité par la classification Hiérarchique Ascendante

La classification ascendante hiérarchique réalisée sur la base de la distance euclidienne avec la méthode de Ward comme critère d'agrégation révèle trois classes morphologiques (**Figure 4.2.3**).

La première classe : comprend trois variétés « Malti, Arbi et Biskara » :

Ces trois variétés sont identiques pour un seul caractère qui est une forte extension de la pigmentation anthocyannique (EEPA). (**Tableau 4.2.2, figure 4.2.3**), et sont différentes au niveau du nombre de tige (tige dépassant la moitié de la longueur de la tige principale incluse (PNT) qui est élevé chez la variété Malti, moyen chez la variété Arbi et faible chez la variété Biskara et au niveau de l'épaisseur de la gousse (GEG) qui est élevé chez Malti et Arbi et moyenne chez Biskara.

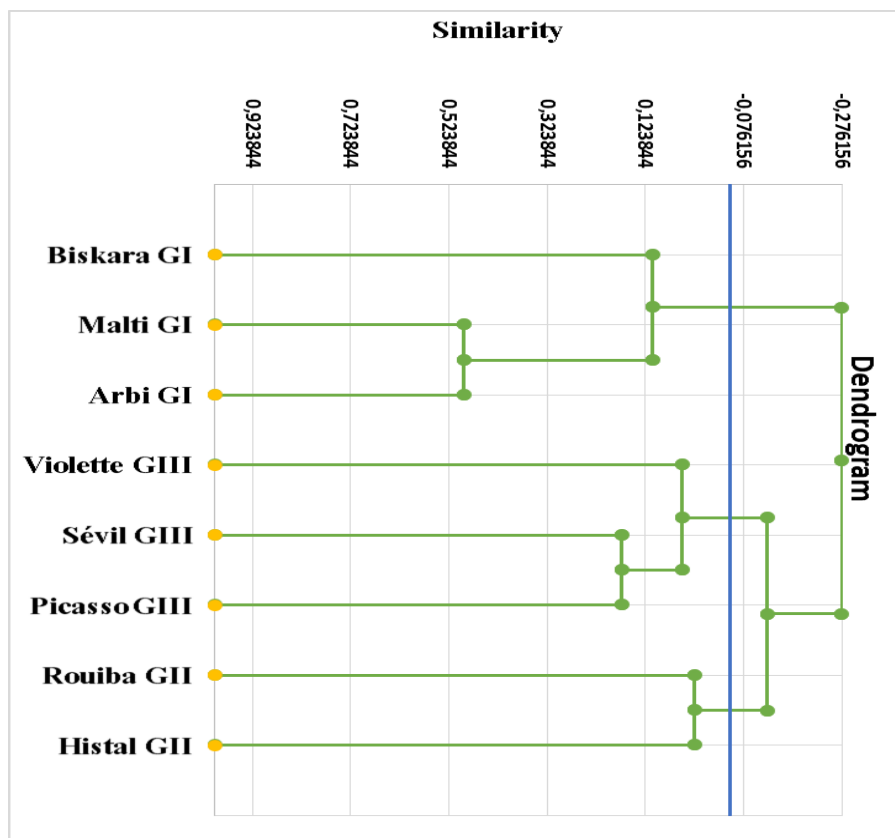


Figure 4.2.3 : Classification hiérarchique des différentes variétés de fève étudiées (*Vicia faba* L.). (CAH)

La seconde classe : regroupe deux variétés Rouiba et Histal.

Ces deux variétés sont identiques au niveau de la hauteur des plants qui sont très haute (PH), de l'intensité de la couleur verte des feuillages (FICV) qui sont foncée, de la plissure le long de la nervure principale· paire de folioles terminale(FPLNPPFT) qui sont forte, de la longueur des fleurs (FLGU) qui sont longue. Ces deux variétés sont différentes au niveau du nombre de nœuds jusqu'au premier nœud florifère inclus (TNNJPNFI) qui est élevé chez Rouiba et moyen chez Histal, et au niveau du nombre de fleurs par racème (RNF) qui est moyen chez Histal est élevé chez Rouiba.

La dernière classe : contient trois variétés (Sévil, Picasso et Violetta).

Ces trois variétés sont identiques au niveau de l'intensité de la courbure au stade vert des gousses (GICSV) qui est forte (Tableau, Figure 3.5).

Ces trois variétés sont différentes au niveau : de l'époque de floraison EFPMF (moyenne chez Sévil et Violetta, tardive chez Picasso), du port des gousses GP (dressé chez Sévil, demi retombant chez Picasso, retombant chez Violetta), de la longueur des gousses sans le bec GLSB (moyenne chez Sevil, longue chez Picasso et Violetta), du nombre d'ovules (y Compris les semences) des gousses GNOCS (moyenne chez Sévil, élevé chez Picasso, faible chez Violetta), de la couleur du tégument des gousses sèche après récolte GSCTRAI (rouge chez Sévil et Picasso, violet chez Violetta), de l'époque de développement complet de la gousse (premières gousses complètement développées) EDCGPGCD (moyenne chez Sévil et Violetta, tardive chez Picasso), du tanin des semences ST (absent chez Sévil et Picasso, présents chez Violetta), de la largeur des folioles FL (étroite chez Sévil, large chez Picasso, moyenne chez Violetta), du nombre des gousses de cyme CNG (faible chez Sévil et moyenne chez Picasso et Violetta), de la largeur des gousse (de suture à suture) GLSS (étroite chez Sévil, moyenne chez Picasso, large chez Violetta), du poids des graines sèche GSP (moyen chez Sévil et Picasso, très élevé chez Violetta), de la position de la largeur maximale des folioles FPLM (vers la base chez Sévil, au milieu chez Picasso, vers le sommet chez Violetta) (**Tableau 4.2.2, Figure 4.2.2**).

Au total, sur les 31 variables analysées, 16 descripteurs ont contribué essentiellement à la révélation de la variabilité totale : nombre de tige (tige dépassant la moitié de la longueur de la tige principale incluse PNT ; épaisseur de la gousse GEG ; nombre de nœuds jusqu'au premier nœud florifère inclus TNNJPNFI ; nombre de fleurs par racème RNF; époque de floraison EFPMF ; port des gousses GP ; longueur des gousses sans le bec GLSB ; nombre d'ovules (y Compris les semences) des gousses GNOCS ; couleur du tégument des gousses sèche après récolte GSCTRAI ; époque de développement complet de la gousse (premières gousses complètement développées) EDCGPGCD ; tanin des semences ST ; largeur des folioles FL ; nombre des gousses de cyme CNG ; largeur des gousse (de suture à suture) GLSS ; poids des graines sèche GSP ; position de la largeur maximale des folioles FPLM.

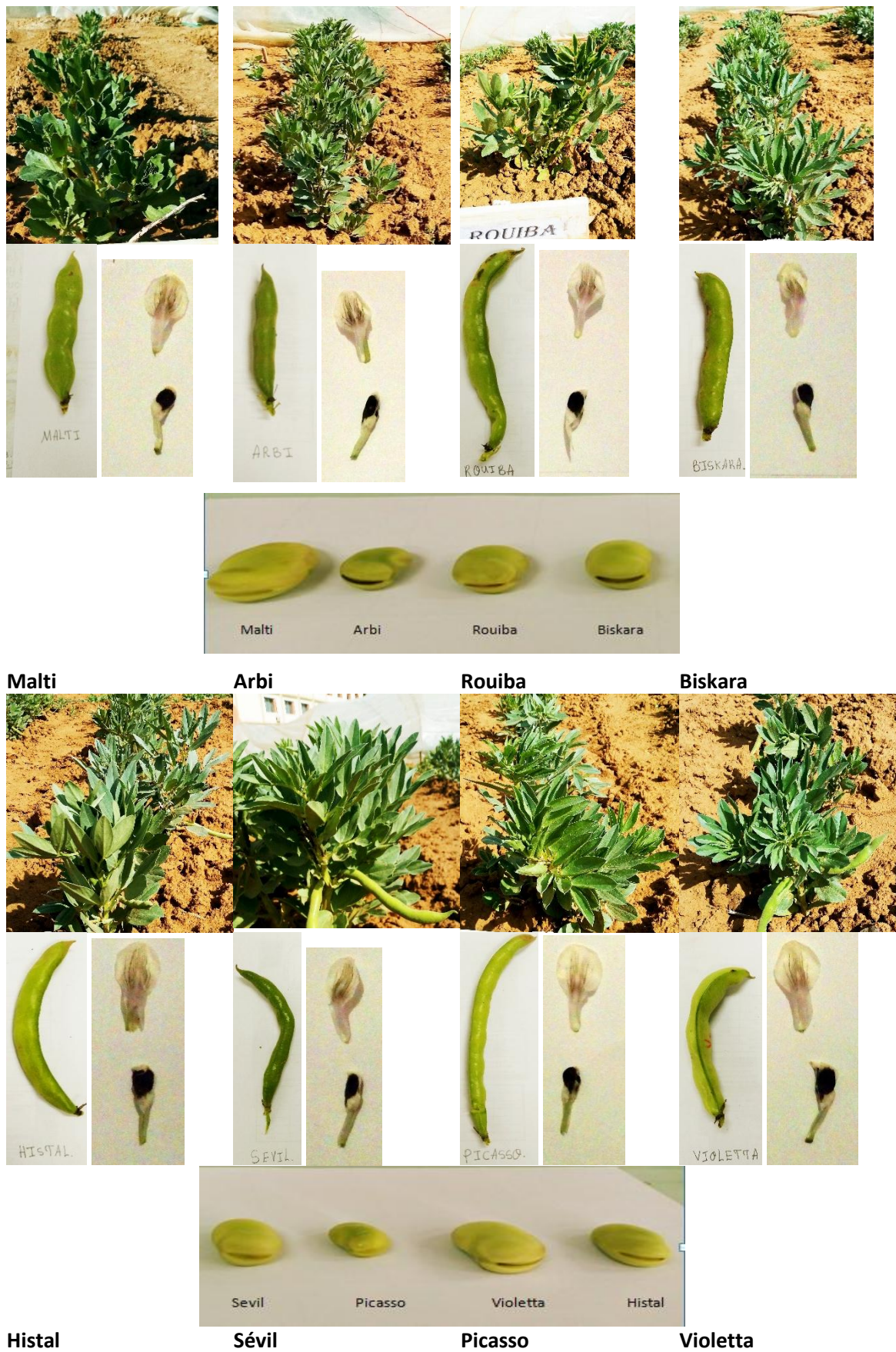


Figure 4.2.4: Aspect morphologique de huit variétés de fève (*Vicia faba* L.) étudiées

DISCUSSION

L'analyse de la diversité génétique de huit variétés de fève (*Vicia faba* L. à l'aide de paramètres morphologiques rapportant aux gousses, graines, plantes, feuilles et tige sa permis d'apprécier la variabilité génétique intra-spécifique, d'estimer les distances phénotypiques et de dresser un dendrogramme des relations phylogéniques révélées entre ces variétés. Cette diversité morphologique a été structurée en trois groupes qui se différencient par 16 descripteurs. L'analyse discriminante à montrer que les paramètres de l'époque de floraison, des gousses et des graines contribuent à discriminer les variétés. Ces descripteurs sont donc les plus pertinents pour l'explication de la variabilité. nombre de tige (tige dépassant la moitié de la longueur de la tige principale incluse PNT ; épaisseur de la gousse GEG ; nombre de nœuds jusqu'au premier nœud florifère inclus TNNJPNFI ; nombre de fleurs par racème RNF; époque de floraison EFPMF ; port des gousses GP ; longueur des gousses sans le bec GLSB ; nombre d'ovules (y Compris les semences) des gousses GNOCS ; couleur du tégument des gousses sèche après récolte GSCTRAI ; époque de développement complet de la gousse (premières gousses complètement développées) EDCGPGCD ; tanin des semences ST ; largeur des folioles FL ; nombre des gousses de cyme CNG ; largeur des gousse (de suture à suture) GLSS ; poids des graines sèche GSP ; position de la largeur maximale des folioles FPLM sont des variables qui ont servis à décrire la variabilité des variétés de fève en Algérie. La structuration de la diversité morphologique observée pourrait résulter de la sélection phénotypique paysanne qui prend en compte principalement les caractéristiques des gousses, de tige, de foliole et des graines. Chaque année, les agriculteurs choisissent pour reconduire leur culture les semences issues des plantes les plus grosses et les plus beaux. Cette sélection massale à favoriser une différenciation des variétés en plusieurs groupes mis en évidence dans la présente étude.

Les résultats préliminaires sur la diversité et la structuration morphologique des variétés de la fève montrent clairement que ces variétés analysés présentant une variation pour l'ensemble des caractères utilisés, en particulier ceux liés aux gousses, graine, foliole et tige. Cette variabilité génétique observée entre les variétés constitue un atout pour les travaux de sélection.

CONCLUSION

Notre travail comporte deux parties.

Dans la première partie, nous avons étudié 12 paramètres morphologique et biochimique (taux de germination des graines, longueur de tige, poids frais des parties aérienne et racinaire, nombre des nœuds jusqu'au premier nœud florifère, poids frais des fruits, poids frais des graines, teneur relative en eau, teneur en proline des tiges, teneur en proline des racines, teneur en sucres solubles totale des tiges, teneur en sucres solubles totale des racines), dans le but de sélectionner les paramètres les plus discriminants ou les marqueurs de la tolérance et montré la variabilité de la réponse au sel des différentes variétés de fève étudiées.

En accord avec ce qui est trouvé à travers de cette étude, on peut tirer la conclusion que parmi tous les paramètres morphologique et biochimiques analysés, la teneur en proline au niveau des racines est le paramètre le plus discriminant et admis comme marqueurs biochimique de tolérance à la salinité chez les différentes variétés de fève, suivi par la teneur en sucres solubles totale au niveau des racines.

Le comportement de tolérance à la salinité est donc, d'après notre étude, intimement lié à son aptitude à accumuler les proline et les sucres solubles de la partie racinaire.

Ces résultats nous ont permis de classer les variétés étudiées en trois groupes significativement différents, en comparant leur accumulation en proline au niveau des racines. Le premier groupe est formé de quatre variétés « Malti, Arbi, Rouiba et Histal » qui sont les variétés les plus tolérantes au sel. Le deuxième groupe regroupe deux variétés qui sont moyennement tolérantes (Sevil et Violetta). Enfin, le troisième groupe contient deux variétés « Picasso et Biskara) qui sont les plus sensibles au stress salin.

En se basant sur les analyses des paramètres les plus discriminants, on conclut que Malti est la variété la plus résistante au stress salin comparé avec les autres variétés, tandis que Picasso, Histal, Violetta, Arbi, Sévil ont été trouvées modérément tolérantes.

Rouiba et Biskara sont très sensible sous stress salin severe (150 mM) et cette forte sensibilité traduite par l'apparitions des symptômes de jaunissement, de chlorose et de nécrose allant jusqu'à la mort des plants.

Dans la deuxième partie, nous avons étudié 31 caractères qualitatifs et quantitatifs. Les résultats préliminaires sur la diversité et la structuration morphologique des différentes variétés de fève cultivée en Algérie montrent clairement que les variétés analysées présentent une variation pour l'ensemble des caractères utilisés, en particulier ceux liés aux gousses, graines, époque de floraison. Cette variabilité a été structurée en trois groupes par la classification ascendante hiérarchique. Chaque groupe constitue une source potentielle de caractères intéressants pour l'amélioration de la fève. Il est important d'associer aux caractères morphologiques des techniques moléculaires telles que les microsatellites qui permettront de mieux caractériser les variétés à l'intérieur de deuxième groupe.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Alaoui M.M., El Jourmi L., Ouarzane A., Lazar S., El Antri S., Zahouily M., Hmyene A. 2013. J. Mater. Environ. Sci. 4 (997).

Al-Doss AA, Smith SE. 1998. Registration of AZ-97MEC and AZ-97MEC-ST very nondormant alfalfa germplasm pools with increased shoot weight and differential response to saline irrigation. Crop Science 38: 568-568

Apse MP, Aharon GS, Snedden WS, Blumwald E. 1999. Salt tolerance conferred by overexpression of a vacuolar Na⁺/H⁺ antiport in Arabidopsis. Science 285: 1256-1258

Aubert G.1978. Méthode d'analyses des sols. Centre nationale de documentation pédologique, CP/Dp. Marseille. 191 P.

Baize D. 1988. Guide des analyses courantes en pédologie. INRA

Baize D.2017. Guide des analyses en pedologie, 3eme édition revue et auglntée édition Quae, 323.

Benachour, K., Louadi, K., Terzo, M.2007. Role des abricotiers sauvages et domestiques (Hymenoptera: Apoidea) dans la pollinisation de la féve (*vicia faba*L.var.major) (Fabaceae) en région de Costantine(Alegérie). Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s). 43(2) : 213-219

Benmahioul, B., Daguin, F., and Kaid-Harche, M., Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.). Comptes Rendus Biologies. 2009. 332(8): p. 752-758. Available on: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631069109000936>

Ben Miled D, Boussaid M, Cherif A. Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre *Medicago* au cours de la germination. Colloque sur les végétaux en milieu aride. Tunisie : Djerba, 1986.

Ben Naceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Meddahi ML., & Selmi M. 2001. Effet du stress salin sur la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Sécheresse, vol 12, 167- 174.

Beraud.2007. Etude des effets écotoxiques et de l'induction des phytochélatines chez *Vicia faba* L. (fabaceae) exposée au cadmium. Application de test *Vicia* – micronoyaux à des matrices. Metz .Université de Mets 107p. Thèse de doctorat.

- Bouid, N.2008.** Principales Maladies Fongiques des Céréales et des Légumineuses .Tunisie Centre de Publication Universitaire : 90-91.
- Bewley J.D.,** Plant Cell 9 .1997.1055.
- Bouhlassa, S. Alechcheikh, C. et Kabiri, L.,** «Origine de la minéralisation et de la détérioration de la qualité des eaux souterraines de la nappe phréatique du Quaternaire du bassin versant de Rheris (Errachidia, Maroc)». Sécheresse, vol. 19, n° 1. 2008,pp. 67-75.
- Brink, M. , Belay, G.2006.** Ressources Végétales de l’Afrique tropicale 1 : céréales et légumes Secs, prota, pays bas, pp.221-223
- Carlu J., 1952.** Fèves et féveroles. Larousse agricole, 204p
- Chaux, C., Foury, C. 1994.** Production légumière : légumineuses potagères, légumes fruits, lavoisier. Paris. Pp. 4-8.
- Claussen M., Luthen H., Blatt M. and Bottger M. 1997.** Auxin induced growth and its linkage to potassium channels. Planta 201:227-234.
- Cokkizgin A.,** Notulae Not. Bot. Horti. Agrobo. 40 .2012. 177.
- Cotelle. 1999 .** Etude de la génotoxicité de matrices complexes à l’aide de plantes supérieures. Metz: Université de Metz. 179 p
- CuberoJ. L. 2011.** The faba bean: a historic perspective. Grain Legumes56: 5-7
- Dajoz R. 2000.** Eléments d’écologie. Ed. Bordas., 5ème édition. Paris. 540 p
- Daroui, E.A.,Boukroute, A., Kouddane, N.-E., and Berrichi, A.,** Effet de la salinité sur la germination et la croissance in vitro du *Washingtonia filifera* L. Nature & Technology. 2013. 8: p. 32-38. Available on: http://www.univ-chlef.dz/RevueNatec/Art_8_B_05.pdf
- Daoui K.,** Recherche de stratégies d’amélioration de l’efficience d’utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d’agriculture pluviale au Maroc, Université Catholique de Louvain. 2007.277
- Degrassi, F. and Rizzoni, M. 1982.** Micronucleus test in *Vicia faba* root tips to detect mutagen damage in fresh water pollutions. Mut. Res. 97: 19–22.
- Dreier W., Göring M. 1974.** Der Einfluss hoher Salzkonzentrationen auf verschiedene physiologische Parameter von Maiswurzeln. Wiss. Z. der HU. Berlin, Nath. Naturwiss. R., 23, 641-644.
- Dinon, E. et Gerstmans, A. 2008.** L’Influence du pH sur l’assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes. Université de Liege,

Printemps des Sciences, 4p. www2.ulg.ac.be/sciences/printemps/pedagogique/l151.pdf. Accédé le 15 Mars 2014.

Djellouli, H.T.Y., «Etude climatique et bioclimatique des hauts plateaux du sud Oranais, wilaya de Saida comportements des espèces vis à vis des éléments du climat», thèse de doctorat de 3eme cycle en science biologique, option écologie végétale, Université des Science et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, (1981), 178

Duan et al. 1999. Genotoxicity of water samples from Dianchi lake detected by the *Vicia faba* micronucleus test. *Mutat. Res.- Fundam. Mol. Mech. Mutag.* 426(2):121-125.

Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Pebers P.A and Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, p: 350-356.

Duc, G. 1997. Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field crops Research.*53: 99-109. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). 2012.

El-Monem A., Sharaf M., N. Y. *Sci. J.* 1 .2008. 70.

Eynard A., Lala R., Keith D.W. In *Encyclopedia of Soil Science*, (CRC Press) Chapter: 323 (2006) 1538.

Fahad, S., Hussain, S., Matloob, A., et al., Phytohormones and plant responses to salinity stress: a review. *Plant Growth Regulation*, 2015. 75(2): p. 391-404. Available on: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10725-014-0013-y>

FAOSTAT-Agriculture 2015. Food and agricultural commodities production. Food and agriculture organization. Rome.

Ferrara et al. 2004: Anticlastogenic, antitoxic and sorption effects of humic substances on the mutagen maleic hydrazide tested in leguminous plants. *Eur. J. Soil Sci.* 55(3):449-458.

Flowers TJ .2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of experimental botany* 55: 307-319

Flowers TJ, Yeo AR .1995. Breeding for salinity resistance in crop plants-where next? *Australian Journal of Plant Physiology* 22: 875-884

Graham P.H., Vance C.P. 2003. Legumes: Importance and constraints to greater use. *Plant Physiol.* 131 -872

Gordon M.M . 2004. Haricot sec ; situation prospective et agroalimentaire .canada, pp1-7

Goyoaga C, Burbano C, Cuadrado C, Romero R., Guillamo'N E, Varela A, Pedrosa M M and Muzquiz M .2011. Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seeding growth of two cultivars of *Vicia faba*. Journal of food composition and analysis 24, 391-397. ijsk.org/uploads/3/1/1/7/.../1_germination_of_mexican_beans.pdf

Greco, J., «L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie», Alger Algérie, 1966, 393

Hajlaoui H., Denden M., Bouslama M., Tropicultura 25 .2007. 168.

Hamadache A ., 2003 la fêverole. Insti. Techn.gr. cult (I.T.G.C), 13p

Hernandez JA., Ferrer MA., Jiménez A., Barcelo AR., Sevilla F. 2001. Antioxidant systems and O₂-/H₂O₂ production in the apoplast of pea leaves. It is relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. Plant Physiol., 127, 817-831.

Herzog H. 1984. Relation of source and sink during grain filling period in wheat and some aspects of its regulation .Physiol.Plant. 56, p.155-160.

INRA.2007. Contribution à l'étude des principales maladies, parasites et ravageurs des fèves et féveroles. Institut Technique Des Grandes Cultures, Tiaret. Séminaire N°10:123-125.

Jia W, Wang H, Zhang CH, Zhang J .2002. Salt-stress-induced ABA accumulation is more sensitively triggered in roots than in shoots. J Exp Bot 53: 2201-2206

Kaymakanova M., Biotechnol. & Biotechnol. EQ. SE. 23 .2009.326.

Khaldi R ., ZEKRI S ., MAATOUGUI M .E.H et BEN YASSINE A . 2002. l'economie des legumineuse alimentaires au maghreb et dans le monde proceeding du 2eme séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA "le devenir des légumineuse dans le Maghreb ", Hammamet, 100p.

KOLEV N. 1976. Les cultures maraicheres en algerie : legume, fruit, ED J .BAILLIERE, paris ,vol .207 p

Koppen and Verschaeve. 1996: The alkaline comet test on plant cells: A new genotoxicity test for DNA strand breaks in *Vicia faba* root cells. Mutat. Res.-Environ. Mutag. Related Subj. 360 (3) :193-200

Kumari, SG., Van Leur, JA. G. 2011. Viral diseases infecting faba bean (*Vicia faba* L.). Grain legumes. No. 56: 24-26

- Laranjo M, Branco C, Soares R, Alho L, Carvalho MDE, Oliveira S .2002.** Comparison of chickpea rhizobia isolates from diverse Portuguese natural populations based on symbiotic effectiveness and DNA fingerprint. *J. Appl. Microbiol.* 92: 1–8
- Laumonier, 1979 :** Cultures légumières et maraîchères, Tome III. Ed.J.B. BAILLIERE, 276p.
- Nuessly GS, Hentz MG, Beiriger R, Scully BT.** Insects associated with faba bean, *Vicia faba* (Fabales: Fabaceae), in southern Florida. *Florida Entomologist.* 2004 ; 87:204–211. [[Google Scholar](#)]
- Le Deunff Y.,** In La germination de semences .1975.81. Eds. R Chaussat and Y Le Deunff. Gauthier Villars, Paris
- Maaouia-Houimli S.I., Denden M., Dridi-Mouhandes B., Mansour-gueddes S.B.,** *Tropicultura* 29 .2011. 75.
- Maatougi, M.E. 1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et Perspectives de relance .*Céréaliculture.* N°.29 :6-18.
- Manchanda G., Garg N.,** *Acta Physiol. Plant* 30 .2008. 595. 3. Eynard A., Lala R., Keith D.W. In *Encyclopedia of Soil Science*, (CRC Press) Chapter: 323 .2006. 1538
- Marcato-Romain et al.2009:** New direct contact approach to evaluate soil genotoxicity using the *Vicia faba* micronucleus test. *Chemosphere* 77(3):345-350
- Marcel, 2002:** Larousse agricole. Ed Larousse. Canada. 768 pp.
- Mauromicale G., Licandro P.2002.** Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe artichoke. *Agronomie* 22 : 443-50.
- Mezni M., Albonchi A., Bizid E. et Hamza M.2002.** Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*). EDP Sciences, *Agronomie* 22, pp283-291.
- Mikic, A. 2011.** Words denoting faba bean (*vicia faba*) in European languages. *Ratar.povrt./field veg. crop Res.* 48:233-238
- Mohammad RM, Akhavan-Kharazian M, Campbell WF, Rumbaugh MD .1991.** Identification of salt-and drought-tolerant *Rhizobium meliloti* L. strains. *Plant and Soil Biol Biochem* 134 : 271–276
- Monneveux P, Nemmar M .1986.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L) et chez le blé dur (*Triticum durum* DESF). Étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie* 6, 583-590

Muller SH, Pereira PAA .1995. Nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by mineral nitrogen supply at different growth stages. *Plant and Soil* 177: 55– 61

Munns R., *Plant Cell Environ.* 25 .2002. 239.

Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25, 239-250.

Munns R., Schachtman D.P. and Condon A.G. 1995. - The significance of atwo-phase growth response to salinity in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology* 22, 561–56

Munns R., Termaat A .1986. Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 143-160.

Naceur M.B., Rahmoune C., Sdiri H., Meddahi M.L., Selmi M., *Sci. Chang. Planétaires / Sécheresse* 12 .2001. 167.

Nichols P.G.H., Malik A.I., Stockdale M., Colmer T.D., *Plant Soil* 315 .2009. 241.

Ober ES, Sharp RE .1994. Proline accumulation in maize (*Zae Mays* L.) primary roots at low water potentials.I. Requirement for increased levels of abscisic acid. *Plant Physiol* 105: 981-987

Okçu G., Kaya M.D., Atak M., *Turk. J. Agric. For.* 29 .2005. 237. 22.

Ouamer F. et Ouffroukh A . 2005 inventaire des ravageurs de la feve en algerie (identification et caracterisation) *I.N.R.A.*, 16:36-41.

Owen PA, Nickell CD, Noel GR, Thomas DJ, Frey K .1994. Registration of 'saline' soybean. *Crop Science* 34: 1689

Parida A.K., Das A.B., *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 60 .2005. 324.

Payakapong W, Tittabutr P, Teaumroong N, Boonkerd N, Singleton PW, Borthakur D .2006. Identification of Two Clusters of Genes Involved in Salt Tolerance in *Sinorhizobium* sp. Strain BL3. *Symbiosis* 41: 47-51

Pérez-de-luque, A., H, Eizenberg., JH, Grenz., JC, Sillero.,, C, Avila., J, Sauerborn.,, Rubiales, D. 2010. Broomrape management in faba bean. *Field Crops Research.* 115: 319-328

Peron J-Y. 2006. referencces. *Production legumieres . 2eme ED.* 613 P.

Pilot G, Gaymard F, Mouline K, Cherel I, Sentenac H.2003. Regulated expression of Arabidopsis Shaker K⁺ channel genes involved in K⁺ uptake and distribution in the plant. *Plant Molecular Biology* 51, 773–787.

Prado F.E., Boero C., Gallardo M., Gonzalez J.A., 2000. “Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds”, *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 41, pp. 27-34.

Prasad K.V.S.K., Sharmila P., Kumar PA., Saradhi PP. 2000. Transformation of *Brassica juncea* (L.) Czern with bacterial cod a gene enhances its tolerance to salt stress. *Molecular Breed*, 6, 489-499.

Radetski CM. Ferrari B., Cottele S., Masfareaud JF. Ferard JF. 2004. Evaluation of the genotoxic, mutagenic and oxidant stress potentials of municipal solid waste incinerator bottom ash lactates. *Sci .Total Environ* .333(1-3), 209 -218

Rai R, Singh RP .2000. Effect of salt stress on interaction between lentil (*Lens culinaris*) genotypes and *Rhizobium* spp. strains: symbiotic N₂ fixation in normal and sodic soils. *Biol. Fertil. Soils* 29: 187–190

Rao DLN, Giller KE, Yeo AR, Flowers TJ .2002. The effect of salinity and sodicity upon nodulation and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum*). *Ann. Bot.* 89: 563–570

Shen B., Jensen RG. Bohnert HJ. 1997. Increased resistance to oxidative stress in transgenic plants by targeting mannitol biosynthesis to chloroplasts. *Plant Physiol*, 113, 1177- 1183.

Sibole J.V., Cabot C., Poschenrieder C.and Barcelo J. 2003. Efficient leaf ion partitioning, an overriding condition for abscisic acid-controlled stomatal and leaf growth responses to NaCl salinization in two legumes. *Journal of Experimental Botany* 54: 2111-2119

Spollen WG, LeNoble ME, T.D. S, Bernstein N, Sharp RE .2000. Abscisic acid accumulation maintains maize primary root elongation at low water potentials by restricting ethylene production. *Plant Physiol* 122: 967-976

Shirokova, Y., Forkutsa, I., Sharafutdinova, N. 2000. Use of electrical conductivity instead of soluble salts for soil salinity monitoring in Central Asia. *Irrigation Drainage System*, 14: 199- 205.

Stoddard, F.L., A.H, Nicholas. D, Rubiales., J,Thomas., Villegas-Fernandez A.M.2010. Integrated pest management in faba bean. *Field Crops Research*. 115: 308-318

Tavakkoli E., Fatehi F., Coventry S., Rengasamy P., McDonald G.K., J. Exp. Bot. 62 .2011. 218.

Thomas F., la fève role confirme son intérêt. Technique culturales simplifiée N48 .4eme Edition .102. 2008.

UPOV. 2003. Union Internationale Pour La Protection Des Obtentions Végétales fève (*Vicia faba* L. var. *major* Harz), Genève.

Wang H, Qi Q, Schorr P, Cutler AJ, crosby W, Fowke LC .1993. ICK1, a cyclin dependent protein kinase inhibitor from Arabidopsis thaliana interacts with both cdc2a and CycD3, and its expression is induced by abscisic acid. Plant J 15: 501-510

Wu Y, Spollen WG, Sharp RE, Hetherington PR, Fry SC .1994. Root growth maintenance at low water potentials increased activity of xyloglucan endotransglycosylase and its possible regulation by abscisic acid. Plant Physiol 106: 607-615

Winicov II, Bastola DR .1999. transgenic overexpression of the transcription factor alfin1 enhances expression of the endogenous MsPRP2 gene in alfalfa and improves salinity tolerance of the plants. Plant Physiol 120: 473-80

Wang, H -F., Zong, X-X., Guang, J-P., Youg, T., sun, X-L, Ma, Y., Redden, R. 2012. Genetic diversity and relationship of global faba bean (*vicia faba* L.) germplasm revealed by ISSR markers. Theor APPL Genet. 124: 789-797.

Yeo, A.R. and Flowers, T.J. 1986. Salinity resistance in rice (*Oryza sativa* L.) and pyramiding approach to breeding varieties for saline soils. Australian Journal of Plant Physiology 13: 161-173.

Yeo AR, Yeo ME, Flowers SA, Flowers TJ .1990. Screening of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for physiological characters contributing to salinity resistance, and their relationship to overall performance. Theor Appl Genet 79: 377-384

Zahran HH .1991. conditions for successful Rhizobium-legume symbiosis in saline environments. Biol. Fertil. Soils 12: 73-80

Zahran HH .2001. Rhizobia from wild legumes: diversity, taxonomy, ecology, nitrogen fixation and biotechnology. Journal of Biotechnology 91: 143-153

Zerihun, .2006. Symbiotic and phenotypic diversity of Rhizobium leguminosarum bv. Viciae isolates (*Vicia faba*) from Northern Gondar, Ethiopia. An MSc Thesis, School of Graduate Studies, Addis Ababa University, Addis Ababa, 73pp.

Zahran, H.H. 1997. Diversity, adaptation and activity of the bacterial flora in Saline environments. Biol. Fertil. Soils. 25: 211-223.

Zaghouane O. 1991.the situation of faba bean (*vicia faba*) in algeria .option mediteranienne , present statut and future perspects of faba bean production I.C.A.R.D.A.serie A .N° 10.pp 123-125.

Zhang HX, Blumwald E .2001. Transgenic salt-tolerant tomato plants accumulate salt in foliage but not in fruit. *Nat. Biotechnol.* 19: 765- 768.

Zhu B., Su J., Chang MC., Verma DPS., Fan YL., Wu R. 1998. Over expression of a pyrroline5-carboxylate synthetase gene and analysis of tolerance to water and salt stress in transgenic rice. *Plant Sci*, 139, 41-48.

Zhu J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol* 53: 247-273

Zhu J.K. 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Current Opinion in plant biology* 6: 441-445

ANNEXE

ANNEXE 1 :

Tableau 2 : Analyse de variance Longueur de tige

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var. totale	9696.367	239	40.571				
var. facteur 1	2075.243	7	296.463	63.988	0		
var. facteur 2	4816.82	4	1204.205	259.912	0		
var. inter f1*2	1877.679	28	67.06	14.474	0		
var résiduelle 1	926.625	200	4.633			2.152	14.46%

Tableau 3 : Analyse de variance Longueur des racinaire

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var. totale	53934.58	239	225.668				
var. facteur 1	3988.785	7	569.827	9.657	0		
var. facteur 2	23692.8	4	5923.2	100.383	0		
var. inter f1*2	14451.75	28	516.134	8.747	0		
var résiduelle 1	11801.25	200	59.006			7.682	24.83%

Tableau 4 : Analyse de variance Poids de partie aérienne

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var. totale	26922,58	239	112,647				
var. facteur 1	8247,842	7	1178,263	45,62	0		
var. facteur 2	9677,168	4	2419,292	93,67	0		
var. inter f1*2	3832,018	28	136,858	5,299	0		
var résiduelle 1	5165,555	200	25,828			5,082	38,24%

Tableau 5 : Analyse de variance Poids de partie racinaire

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var. totale	45485,93	239	190,318				
var. facteur 1	15970,04	7	2281,434	821,45	0		
var. facteur 2	15442,03	4	3860,507	1390,009	0		
var. inter f1*2	13518,4	28	482,8	173,836	0		
var résiduelle 1	555,465	200	2,777			1,667	11,54%

Tableau 6 : Analyse de variance le nombre de nœuds jusqu'au premier nœud florifère

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var. totale	465.496	239	1.948				
var. facteur 1	44.862	7	6.409	4.959	0.00004		
var. facteur 2	93.642	4	23.41	18.113	0		
var. inter f1*2	68.492	28	2.446	1.893	0.00656		
var résiduelle 1	258.5	200	1.293			1.137	25.01%

Tableau 7 : Analyse de variance Poids de fruit

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var. totale	4406.276	239	18.436				
var. facteur 1	844.768	7	120.681	58.89	0		
var. facteur 2	1743.509	4	435.877	212.701	0		
var. inter f1*2	1408.148	28	50.291	24.541	0		
var résiduelle 1	409.85	200	2.049			1.432	16.82%

Tableau 8 : Analyse de variance Poids de graine

	S.c.e	Ddl	C.m.	Test f	Proba	E.t.	C.v.
Var. totale	373.3	239	1.562				
Var. facteur 1	154.003	7	22	52.275	0		
Var. facteur 2	66.379	4	16.595	39.431	0		
Var. inter f1*2	68.747	28	2.455	5.834	0		
Var résiduelle 1	84.172	200	0.421			0.649	28.07%

Tableau 9 : La teneur relatif en l'eau

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var. totale	45354.11	239	189.766				
var. facteur 1	5059.941	7	722.849	13.241	0		
var. facteur 2	21342.51	4	5335.628	97.735	0		
var. Inter f1*2	8033.086	28	286.896	5.255	0		
var résiduelle 1	10918.57	200	54.593			7.389	13.18%

Tableau 10 : Analyse de variance de proline (Tige)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var. Totale	6274,96	127	49,41				
var. Facteur 1	2131,8	7	304,54	4124,22	0		
var. Facteur 2	532,97	3	177,66	2405,88	0		
var. Inter f1*2	3603,11	21	171,58	2323,55	0		
var. Résiduelle 1	7,09	96	0,07			0,27	3,26%

Tableau 11 : Analyse de variance de proline (racine)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var. Totale	2504,04	127	19,72				
var. Facteur 1	394,75	7	56,39	7082,2	0		
var. facteur 2	393,86	3	131,29	16488,21	0		
var. Inter f1*2	1714,66	21	81,65	10254,32	0		
var. Résiduelle 1	0,76	96	0,01			0,09	2,04%

Tableau 12 : Analyse de variance le sucre (tige)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var. Totale	65666,81	127	517,06				
var. facteur 1	26826,93	7	3832,42	4014,73	0		
var. Facteur 2	14369,31	3	4789,77	5017,62	0		
var. Inter f1*2	24378,93	21	1160,9	1216,13	0		
var. Résiduelle 1	91,64	96	0,95			0,98	2,93%

Tableau 13 : Analyse de variance le sucre (racine):

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var. Totale	58746,46	127	462,57				
var. Facteur 1	21963,48	7	3137,64	15562,19	0		
var. Facteur 2	9844,69	3	3281,56	16276,02	0		
var. Inter f1*2	26918,93	21	1281,85	6357,79	0		
var. Résiduelle 1	19,36	96	0,2			0,45	1,36%

ANNEXE 2

Matériels et méthodes



Figure 1 : Mesure du pH

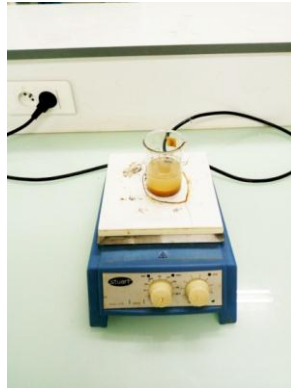


Figure 2 : Mesure de la conductivité électrique d'un sol (CE)

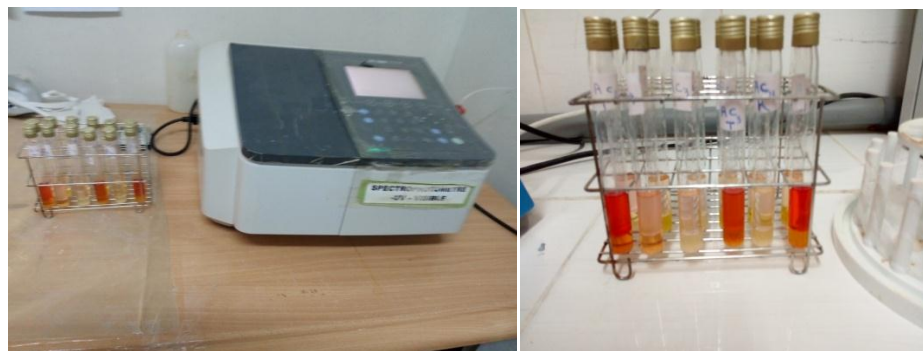


Figure 3 : Dosage de proline



Figure 4 : Dosage des sucres solubles totaux