

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد بوضياف - المسيلة

Université Mohamed Boudiaf - M'Sila

FACULTE SCIENCES

DEPARTEMENT DES
SCIENCES AGRONOMIQUES

N° : 20/DSA/VCDPGR/2023



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : PRODUCTION VEGETALE

Mémoire présenté pour l'obtention
du diplôme de Master Académique

Par : **AMGHAR Wassen** et **MAHROUG Imane**

Intitulé

Etude du comportement variétal vis à vis
de la salinité chez la fève cultivée
dans la région de M'Sila

Soutenu devant le jury composé de :

M. GUENDOUZEN Omar	MAA	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Président
M. HADJ KOUIDER Boubakr	MCA	Université Med BOUDIAF - M'SILA	Promoteur
Mme LALLOUCHE Bahia	MCA	Université Med BOUDIAF - M'SILA	Co-Promotrice
M. ZEDAM Abdelghani	Prof.	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Examineur

Année universitaire : 2022 / 2023

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 tenons à exprimer notre plus profonde gratitude et appréciation au promoteur de ce mémoire : **M^r HADJ KOUIDER B., MCA.**, et au Co-promoteur **M^{me} LALLOUCHE B., MCA.**, au département d'agronomie, Université Mohamed Boudiaf de M'sila pour avoir acceptés de diriger ce travail, pour leur patience, encouragements, orientations et leurs conseils précieux.

Nous tenons à remercier chaleureusement les membres du jury : **M^r ZEDAM A.**, professeur chercheur au département des Sciences Agronomiques, Université Med. Boudiaf de M'sila, **M^r GUENDOZEN O.**, enseignant chercheur au département des Sciences Agronomiques, Université Med. Boudiaf de M'sila de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire, de nous consacrer du temps et de porter leur jugement expert sur ce modeste travail.

Nous adressons aussi nos remerciements à l'ingénieur de la serre monsieur **Mr AROUSSI B.** et les jardiniers de la ferme expérimentale (**Aissa et Abdessamed**) pour leur aide pratique et leur disponibilité durant notre préparation de ce travail.

Nous remercions également l'équipe de laboratoire de département des sciences agronomiques, Université de Med. Boudiaf pour leur disponibilité, leur patience, et surtout leurs conseils leur patience et surtout leurs conseils et assistances.

Nous souhaitons également d'adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

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.

DEDICACES

DEDICACE

***J**e tiens avec grand plaisir à dédier ce modeste travail*

À mes chers parents qui ont sacrifié leur vie pour notre réussite et nous ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux. Nous espérons qu'un jour, nous pourrons leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour nous. Que Dieu leur prête bonheur et longue vie.

À mes chers frères.

A mon binôme Imane ; Que Dieu la bénisse et qu'elle ait la meilleure santé qu'on puisse avoir.

À tous mes amis de promotion de 2ème année Master PDV, à toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

À tous les membres de ma famille et toute personne qui porte le nom AMGHAR, je dédie ce travail à tous ceux qui ont participé à ma réussite.

Wassen

DEDICACES

DEDICACE

C'est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail

A mon père qui m'a accompagnée toutes mes années d'étude et qui m'a consolé toute ma vie.

A ma mère, mon bonheur et ma clé de réussite. J'espère qu'un jour, je pourrai rendre à mes parents un peu de ce qu'ils ont fait pour moi. Que Dieu leur prête bonheur et longue vie.

À mon frère unique Abdessamed.

A mes chères sœurs : Amina, Ibtihal, Amani

A mon binôme Wassen ; Que Dieu la bénisse et qu'elle ait la meilleure santé qu'on puisse avoir.

A mes professeurs qui m'ont enseignée avec abnégation.

Imane

الملخص

في هذا العمل، وفي الجزء الأول منه قمنا بدراسة المواصفات المورفولوجية والبيوكيميائية لخمسة أصناف من الفول المزروعة في منطقة المسيلة. ويستند التوصيف على 14 سمة المورفولوجية والبيوكيميائية للبذور والقرون الجافة. وفي الجزء الثاني من الدراسة درسنا تأثير أنواع مختلفة من المعالجة تحت ظروف الإجهاد الملحي على بعض المتغيرات المورفولوجية والبيوكيميائية لنوع محلي من الفول، حيث. سمح لنا تحليل الخصائص النوعية والكمية بتسجيل اختلاف كبير جداً في جميع المعلمات التي تم فحصها: القرون الجافة والبذور الجافة.

بالإضافة إلى ذلك، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن البذور أظهرت فرقاً كبيراً جداً على مستوى الخصائص الكمية المدروسة.

زيادة عن ذلك، كشفت دراستنا أن تقنية المعالجة تحت ظروف الإجهاد الملحي، ولا سيما الكالسيوم، لها تأثير إيجابي على سلوك الصنف المدروس وهذا بالنسبة للمعايير المدروسة. حيث خفض هذا الأخير من التأثير السلبي لإجهاد الملح على هذا الصنف المحلي من الفول (مالتني) عن طريق زيادة طول وقوة النباتات، كما لاحظنا زيادة محتوى البرولين والسكريات الكلية.

الكلمات المفتاحية: الفول، *Vicia faba L.*، التباين، المعالجة المسبقة، الإجهاد الملحي.

ABSTRACT

In this work, we studied the morphological and biochemical characterization of five varieties of bean grown in the M'sila region (Picasso, Sevil, Hystal, Violetta, Malti) in the first part. In our study, the characterization was based on 13 morphological and biochemical characteristics of the seeds and dry pods. Secondly, the effect of different types of pretreatment under saline stress on some morphological and biochemical parameters of a local bean variety.

Moreover, the results obtained show that the seeds show a very important difference in the quantitative parameters studied.

In addition, our study revealed that the technique of pretreatment under conditions of saline stress, in particular Ca, had a positive effect on the behaviour of the studied variety for the parameters studied. The latter reduced the negative impact of saline stress on this local bean variety (Malti) by increasing plant length and vigour, increasing proline and total sugars.

Key words: Faba bean, *Vicia faba* L., Diversity, pre-treatment, salt stress.

RESUME

Dans ce travail, nous avons étudié la caractérisation morphologique et biochimique de cinq variétés de la fève cultivées dans la région de M'sila (Picasso, Sevil, Hystal, Violetta, Malti) en première partie. Dans notre étude, la caractérisation s'est basée sur 13 caractères morphologiques et biochimiques des graines et des gousses sèches. Et en deuxième partie l'effet de différents types de prétraitement en condition de stress salin sur quelques paramètres morphologique et biochimiques d'une variété locale de fève.

L'analyse des paramètres qualitatifs et quantitatifs nous a permis de distinguer une très grande différence au niveau de tous les paramètres examinés : des gousses sèches et des graines sèches.

De plus, les résultats obtenus montrent que les graines présentent une différence très importante au niveau des paramètres quantitatifs étudiés.

On outre, notre étude a révélé que la technique de prétraitement en condition de stress salin, en particulier Ca, a un effet positif sur le comportement de la variété étudié et ce pour les paramètres étudiés. Ces derniers ont réduit l'impact négatif du stress salin sur cette variété locale de fève (Malti) en augmentant la longueur et la vigueur des plants, en augmentant la teneur en proline et en sucres totaux.

Mots clés : Fève, *Vicia faba* L., Diversité, prétraitement, Stress salin.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

RESUME

TABLE DE MATIERE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION	12
CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ESPECE	14
1.1. Origine géographique et génétique	14
1.1.1. Origine géographique	14
1.1.2. Origine génétique	14
1.2. Importance de l'espèce	16
1.2.1. Importance économique	16
1.2.2. Importance alimentaire	16
1.2.3. Importance médicinale	16
1.2.4. Intérêts agronomique	17
1.3. Description botanique	17
1.3.1. Description morphologique	17
1.3.1.1. Partie racinaire	17
1.3.1.2. Partie aérienne	18
1.4. Exigences édapho-climatique et techniques culturales	19
1.4.1 Exigences édaphique	19
1.4.2. Exigences climatique	19
1.4.3. Techniques culturales	19
1.5. Principales maladies et ravageurs et méthodes de lutte	20
1.5.1. Maladies virales	20
1.5.2. Lutte contre les organismes nuisibles et les maladies	20
1.6. Systématique	21
1.7. Variétés existante dans le monde et en Algérie	21
1.7.1. Variétés existante dans le monde	21
1.7.2. Variétés existante en Algérie	22
CHAPITRE II : SALINITE ET STRESS SALIN	23
2.1. Stress salin	23

2.2. Effets morphologique et physiologiques du stress salin sur les plantes	25
2.2.1. Vitesse d'efflux des ions « Type excluder »	27
2.2.2. Vitesse d'influx des ions « type includer»	29
2.3. Effet du stress salin sur la germination des graines	29
2.4. Mécanismes de résistance des plantes au stress salin	30
CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES	33
3.1. Objectif	33
3.2. Matériel végétale	33
3.3. Première partie : Description morphologiques et biochimiques de cinq variétés de la fève (<i>Vicia faba</i> L.) cultivée dans la région de M'sila	35
3.3.1. Matériel végétale	35
3.3.2. Echantillonnage et paramètres mesurés	35
3.3.3. Les paramètres étudiés	35
3.3.3.1. Paramètres quantitatifs de la gousse sèche	35
3.3.3.2. Paramètres quantitatifs de la graine sèche des différentes variétés étudiées	36
3.3.3.3. Paramètres biochimiques de la graine sèche des différentes variétés étudiées	36
3.3.4. Analyse statistique	37
3.4. Deuxième partie : Effet de différents types de prétraitement en condition de stress salin sur quelques paramètres morphologique et biochimiques de variétés de fève (<i>Vicia faba</i> L.)	38
3.4.1. Protocole expérimentale.....	38
3.4.1.1. Trempage des graines de la variété Malti dans différents types de prétraitement	38
3.4.1.2. Prétraitement utilisés	39
3.4.1.3. Semis les graines prétraitées dans des conditions de stress salin ...	39
3.4.2. Les paramètres étudiés	40
3.4.3. Dispositif expérimentale	40
3.4.4. Analyse statistique	40
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS	41
4.1. Première partie : Caractérisation morphologique de quelques variétés de fève cultivée dans la région de M'sila	41
4.1.1. Paramètres quantitatifs de la gousse sèche	41
4.1.1.1. Longueur (sans le bec) (cm)	41

4.1.1.2. Largeur (de suture à suture) (mm)	41
4.1.1.3. Epaisseur (mm)	41
4.1.1.4. Poids total des graines par gousse (g)	42
4.1.1.5. Nombre d'ovules (y Compris les semences)	42
4.1.1.6. Nombre de semences	42
4.1.2. Paramètres quantitatifs de la graine sèche des différentes variétés étudiées	44
4.1.2.1. Longueur (mm)	44
4.1.2.2. Largeur (mm)	45
4.1.2.3. Epaisseur (mm)	45
4.1.2.4. Poids (g)	45
4.1.2.5. Discussion.....	48
4.1.3. Paramètres biochimiques de la graine sèche des différentes variétés étudiées	48
4.1.3.1. Teneur en proline de la graine sèche	48
4.1.3.2. Teneur en sucre de graine sèche	49
4.1.3.3. Teneur de polyphénol de la graine sèche	50
4.2. Deuxième partie : Effet du stress salin sur le développement des plants de de la fève	51
4.2.1. Longueur de plants (cm)	51
4.2.2. Nombre de feuille par plants	52
4.2.3. Teneur de la proline de plans	52
4.2.4. Teneur en sucre total de plans	53
4.2.5. DISCUSSION	54
CONCLUSION	55

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEX

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 : Effet délétères liés à la toxicité du stress salin et réponse cellulaire (Munns et Tester, 2008)	25
Figure 2.2 : Illustration schématique du changement de potentiel hydrique du milieu extérieur sur la cellule végétale (Jabnourne, 2009).....	27
Figure 2.3 : Effet du stress salin chez la plante (Mahjoubi, 2018).....	28
Figure 3.1 : Matériel végétal de cinq variétés de <i>Vicia faba</i> L.	33
Figure 3.2 : imbibition des graines de la variété Malti dans les différents types de prétraitement.....	38
Figure 4.1 : Formes et couleur des gousses des différentes variétés étudiées.....	44
Figure 4.2: Taille et formes de la graine sèche des différentes variétés étudiées....	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Evaluation de la superficie et production de la fève et féverole en Algérie (FAOSTAT, 2015).....	15
Tableau 1.2 : Valeurs nutritives de la fève pour 100 g de graines sèches (FAO, 2016)	16
Tableau 4.1 : Paramètres quantitatifs de la gousse sèche des différentes variétés étudiées	43
Tableau 4.2: Paramètres quantitatifs de la graine sèche des différentes variétés étudiées	47
Tableau 4.3 : Teneur en proline de graine sèche μg proline/0.1g Ms chez cinq variétés de fève	49
Tableau 4.4 : teneur en sucre de graine sèche μg équivalent de glucose/0.1gMs chez cinq variétés de fève	49
Tableau 4.5 : Teneur de polyphénol graine sèche chez cinq variétés de fève	50
Tableau 4.6 : Résultats moyens de la longueur de plants (cm) sous différents traitements F1× F2 (Prétraitement-NaCl)	51
Tableau 4.7 : Résultats moyens de nombre de feuille par plants sous différents traitements F1× F2 (Prétraitement-NaCl)	52
Tableau 4.8 : Résultats moyens de concentration du proline μg / 0.1g Ms sous différents traitements F1× F2 (Prétraitement-NaCl)	53
Tableau 4.9 : Résultats moyens de concentration en sucre μg équivalent de glucose / 0.1g Ms sous différents traitements F1× F2 (Prétraitement-NaCl)	54

INTRODUCTION

La salinité constitue une contrainte majeure à la productivité des espèces végétales et au développement agricole dans les régions arides et semi arides. Actuellement, sur 1.5 milliard d'hectares de terre cultivée dans le monde, environ 77 millions d'hectares (5%) sont affectés par la salinité (**SHENG et al., 2008**). Ce chiffre accroître d'une année à l'autre à cause de la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation (**PASTERNAK et MALACH, 1994, VILLA-CASTORENA et al., 2003**), à l'intensification des cultures (**GHASSEMI et al., 1995**) et à l'utilisation démesurée des fertilisants chimiques chez plusieurs espèces cultivées et particulièrement les cultures sous serre (**SHANNON et GRIEVE, 1999**). La biosynthèse et l'accumulation d'osmolytes organiques qui participent à l'ajustement osmotique sont liées aux processus adaptatifs liés au transport et à la compartimentation des ions (Na⁺, K⁺).

L'utilisation de légumineuses dans les systèmes de culture offre une opportunité d'améliorer la fertilité du sol en azote et les rendements des cultures. La fève est une légumineuse riche en fibres, en glucides, en protéines végétales, en vitamines du groupe B et en vitamine C. C'est un des légumes les plus communs dans la région méditerranéenne. En Algérie, la fève est la légumineuse alimentaire la plus importante, occupant 58.000 hectares, soit 44,3 % de la superficie totale consacrée à cette culture. Au cours des années 1981-1990, la production moyenne annuelle était de 254.000 quintaux. Cependant, les rendements restent les plus bas au monde avec 4,41 q/ha.

La germination des graines est généralement l'étape la plus importante de l'établissement des semis et détermine la réussite de la production agricole. En effet, un développement tardif favorise l'accumulation d'ions toxiques sous contrainte saline, ce qui peut entraîner la mort des plantes avant la fin de leur cycle de développement. Ainsi, la précocité de la germination peut être utilisée pour évaluer la tolérance au sel. La réponse des plantes au sel est influencée par divers facteurs, notamment l'espèce, sa variété, la concentration en sel, les conditions de culture et le stade de développement de la plante. (**NACEUR et al., 2001, ALAOUI et al., 2013**).

La sélection et l'identification de variétés et de génotypes tolérants aux sels d'une part et l'utilisation des traitements chimiques sur les semences d'autres part, capables de

réduire les effets dépressifs de la salinité sur les rendements, permettrait certainement d'améliorer la production agricole dans les zones touchées par la salinité.

Ce travail vise en première partie à la caractérisation phénotypique de quelques variétés de fève cultivée dans la région de M'sila.

En deuxième partie cette étude vise à évaluer l'impact de l'interaction stress salin (NaCl) et plusieurs traitements chimiques des semences sur la germination et le comportement d'une variété locale de fève (Malti) cultivée et commercialisés en Algérie en suivant plusieurs paramètres liés à la germination en raison du manque d'enquêtes sur le terrain sur les effets de la salinité sur la germination de variétés commercialisées en Algérie. Nous examinerons également l'impact de la salinité sur le développement et la structure des plantules de cette variété.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'ESPECE

1.1. Origine géographique et génétique

1.1.1. Origine géographique

Très tôt, la fève a été domestiquée dans le monde. Bien que son origine ne soit pas encore claire, il a longtemps été pensé qu'elle venait de l'Asie de l'Ouest ou de la Méditerranée. D'autres écrivains, tels que (NUESSLY et al., 2004) et (MIKIC, 2011), pensent qu'elle vient d'Asie centrale. 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 (CUBERO, 2011). Il est maintenant cultivé sur tous les continents, mais sur seulement 2,5 Mha par rapport à 5,5 Mha en 1960. La plus grande production est dans les environnements méditerranéens, mais il est également cultivé dans les environnements subtropicaux de haute altitude et s'étend aux zones tempérées froides.

En Algérie, la fève a été l'un des espèces les plus utilisées dans les régions montagneuses, particulièrement en Kabylie, pour l'alimentation humaine et animale. La seule variété de fève cultivée connue est Sidi Aicha (Zaghouan, 1991).

1.1.2. Origine génétique

La fève (*Vicia faba* L.) est une culture ancienne qui n'est représentée dans les collections que par des formes cultivées. Les données botaniques et moléculaires suggèrent que l'ancêtre sauvage de cette espèce n'a pas encore été découvert ou s'est éteint. Ce fait rend les collections ex situ plus cruciales pour les activités de sélection actuelles et futures de cette culture, en particulier lorsque la modernisation de l'agriculture réduit la diversité génétique.

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

Le tableau montre une grande variabilité génétique a déjà été identifiée chez *V. faba* en termes de biologie florale, de taille et de composition des graines, ainsi que de tolérance à plusieurs stress biotiques et abiotiques. Davantage de connaissances sont nécessaires sur les interactions de *Vicia faba* avec les insectes parasites et pollinisateurs, sur les caractéristiques liées à l'adaptation et aux impacts environnementaux, sur la fixation de l'azote en interaction avec le rhizobium du sol et sur le potentiel bioénergétique, qui renforce la demande de nouvelles et grandes actions de phénotypage.

L'analyse de la diversité par génotypage ne fait que commencer. L'utilisation de marqueurs de polymorphisme de longueur de fragment amplifié (AFLP) ou de répétition de séquence simple (SSR) a permis de distinguer les ressources génétiques selon leur origine géographique et la structuration des collections. Conservation des séquences génétiques chez les légumineuses et découverte rapide de gènes (en particulier chez les espèces modèles *Medicago truncatula* et *Lotus japonicus*), ainsi que des développements robotiques en biologie moléculaire, offrir de nouvelles possibilités d'analyse de la diversité des séquences pour les gènes de *Vicia faba* et d'évaluer leur impact sur les caractères phénotypiques. Les projets combinés de génotypage et de phénotypage doivent se poursuivre sur *V. faba* afin

que les collections de base puissent être définies ; elles aideront à la découverte de gènes et d'allèles d'intérêt pour les sélectionneurs.

1.2. Importance de l'espèce

1.2.1. Importance économique

La Fève est destinée principalement à la consommation humaine en gousses fraîches. De plus, il est incorporé dans la composition alimentaire au moins lorsqu'il est disponible en grande quantité. Lors de l'abondance (MAATOUGUI, 1996). L'homme en Algérie consomme principalement de la fève sous forme de gousses ou d'aliments secs. Dans des conditions de rendement élevé, une quantité excessive de la production peut être ajoutée à l'alimentation du bétail. La fève peut également être utilisée comme engrais vert dans les vergers (MAATOUGUI, 1996).

1.2.2. Importance 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).

- **Les valeurs nutritives de la fève (*Vicia faba* L.)**

Tableau 1.2 : Valeurs nutritives de la fève pour 100 g de graines sèches (FAO, 2016).

Energie (Kcal)	Protéine (g)	Matière Grasse (g)	Fibres (g)	Glucide (g)	Fe (mg)	Mg (mg)	P (mg)	K (mg)	Zn (mg)	Cu (mg)	Vit B9 (µg)
300	26,1	1,8	26,3	31,7	6,1	191	506	1080	3,1	0,82	423

1.2.3. Importance médicinale

La féverole accumule une grande quantité de L -Dopa dans ses diverses parties (Etemadi et al., 2015). L -Dopa, un précurseur de dopamine actuellement utilisé comme ingrédient majeur dans le traitement de la maladie de Parkinson et du déséquilibre hormonal

(Surwase et al., 2012; Inamdar et al., 2013; Hu et al., 2015; Etemadi et al., 2018b). L -Dopa, est un acide aminé, isolé naturellement de diverses légumineuses (Chattopadhyay et al., 1994; Inamdar et al., 2013) et d'autres cultures comme la banane (Musa spp.) (Gautam et al., 2012).

1.2.4. Intérêts agronomique

Comme toutes les légumineuses alimentaires, l'espèce *Vicia faba* contribue à enrichir le sol en éléments fertilisants, ce qui a un impact positif 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). D'après HAMADACHE (2003), Avec un apport annuel de 20 à 40 kg/ha, la fève augmente la teneur en azote du sol et renforce sa structure grâce à son système racinaire robuste et dense. Les résidus des récoltes ajoutent de la matière organique au sol.

1.3. Description botanique

1.3.1. Description morphologique

Vicia faba est une plante herbacée annuelle, pouvant atteindre 1,6 m de hauteur, érigée et robuste (Chaux et Foury, 1994). La fève est une plante diploïde ($2n= 12$) et partiellement allogame. Elle est composée d'un appareil reproducteur et d'un appareil végétatif. En ce qui concerne son appareil reproducteur, les fleurs sont à l'origine des fruits et des graines, tandis que l'appareil végétatif comprend : les racines, la tige et les feuilles (WANG et al., 2012).

1.3.1.1. Partie racinaire

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

1.3.1.2. Partie aérienne

- **Tiges :**

Selon CHAUX et FOURY (1994), La tige est simple, dressé, creuse, de section quadrangulaire, sa hauteur est généralement comprise entre 0,80 à 1,20 m. 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).

- **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).

- **Fleurs :**

Selon BRINK et BELAY (2006), 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). Sont de type papilionacé de couleur blanche, marron, ou violette (Duc, 1997). Avec des ailes noires, regroupées en petites grappes de 2 à 5, de très courte durée. Pédonculé, beaucoup plus court.

Les fleurs sont hermaphrodites, généralement autogames, mais allogames de 40 à 60 % d'entre eux (Chaux et Foury, 1994).

- **Fruit :**

Sont des gousses charnues que peuvent avoir de 10 à 20 cm de long selon les variétés et 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 faury, 1994). Les gousses sont pourvues d'un bec et elles sont renflées au niveau des graines (Brink et Belay, 2006).

- **Graines :**

Charnues, de 2-3 cm de long, plates-elliptiques, à hile linéaire oblong (Duc, 1997). Sont 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 à contour circulaire ou réniformes (Chaux et Foury, 1994).

1.4. Exigences édapho-climatique et techniques culturales

1.4.1. Exigences édaphique

- **Eau :**

Cette espèce a des besoins très élevés en humidité du sol, en particulier pendant la phase de croissance premiers stades de développement (floraison et formation des gousses), sensible au stress hydrique.

- **Sol :**

Pas d'exigences spécifiques, mais préférence convient aux sols argilo-sableux humides (Peron, 2006) et pH légèrement neutre alcalin.

1.4.2. Exigences climatique

- **Température :**

La fève supporte les faibles gelées ne dépassant pas $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Les températures supérieures à $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ sont néfastes pour la fève, elles provoquent la chute prématurée des fleurs, stimulent le développement de maladies virale et fongique et rend de la plante susceptible à l'attaque des insectes ravageurs (Chaux et Foury, 1994) une température moyenne aux alentours de $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ est optimale pour la croissance de la fève (Zerihun, 2006).

- **Lumière :**

Les fèves sont des plantes de jours longs et nécessitent une forte lumière (Laurmonier, 1979)

1.4.3. Techniques culturales

Traditionnellement, les fèves sont semées directement dans le sol (Etemadi et al., 2015). La recherche a révélé que la température optimale pour la culture de la fève en serre est de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ et que les semis seront prêts à être transplantés dans les 12 à 15 jours (Etemadi et coll., 2015).

Au champ, les graines de fève et féverole doivent être plantées à environ 2,5 cm de profondeur et la distance entre les plants sur les rangs de plantation est de 15 ou 25 cm, selon

l'espacement des rangs. Ce plan de plantation fournit environ 48 000 à 60 000 plants/ha (Etemadi et coll., 2015).

1.5. Principales maladies et ravageurs et méthodes de lutte

1.5.1. Maladies virales

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

➤ **Maladies fongiques :**

La maladie du chocolat : Il s'agit d'une maladie causée par le champignon *Botrytis fabae*. Par la formation de lésions brun foncé (Cole et al., 1998).

- Brûlure ascochytiqne (*Ascochyta fabae*)
- Pourriture/flétrissement de la racine (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Scelerotinia* spp., *Helminthosporium* spp., etc.)
- Rouille (*Uromyces fabae*)
- Mildiou pulvérulent (*Erysiphe polygoni*, *Leveillulla taurica*)
- Mildiou (*Peronospora* sp.)
- Tâches foliaires (*Alternaria* spp., *Cercospora* spp.)

➤ **Nématodes**

- Nématode de la tige
- Nématodes des lésions des racines.

➤ **Parasites**

- Orobanche spp.
- *Cuscuta* spp.

1.5.2. Lutte contre les organismes nuisibles et les maladies

- Organiser des inspections périodiques des champs par les pathologistes et les virologues pendant la saison de croissance.
- Pulvériser à l'aide de produits chimiques appropriés, lorsque cela s'avère nécessaire.

1.6. Systématique

La classification botanique de la fève Selon Reta Sanchez et al (2008), est comme suit :

Règne :	Plantae
Division :	Magnolliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Ordre :	Fabales
Famille :	Fabaceae
Sous famille :	faboideae
Tribu :	Vicieae
Genre :	Vicia
Espèce :	Vicia faba L.

1.7. Variétés existante dans le monde et en Algérie

1.7.1. Variétés existante dans le monde

Comme les autres cultures, la sélection de variétés ou de cultivars exige d'atteindre un équilibre entre l'adaptabilité à un environnement particulier, la tolérance aux maladies, le but de la culture et la commercialisation (Zandvakili et coll., 2018).

Les types à petites graines (*Vicia faba* L. subsp. minor) aussi appelés fèves ou tiques sont couramment utilisés pour nourrir les animaux et couvrir les cultures. Les types de graines de taille moyenne et de grande taille (*V. faba* sub sp. major Harz) sont appelés fèves et sont couramment utilisés comme haricots secs et verts (Crépon et al., 2010).

Bien que les cultivars modernes dominant en Australie, en Europe et au Canada, tra- Les variétés traditionnelles sont largement cultivées dans de nombreux pays et un mélange de variétés traditionnelles et modernes est cultivé dans d'autres pays. Le matériel génétique présentant la meilleure adaptation en Australie méridionale provient du bassin méditerranéen et a servi de base aux variétés commerciales Fiord et Fiesta (Gnanasambandam et al., 2012).

Des fèves de faba à rendement ont été libérées au Soudan, qui peuvent tolérer des températures allant jusqu'à 35 °C, y compris « Hudeiba93 », « Basabeer » et « Ed-Damer ». Ces cultures ont augmenté les rendements de fèves au Soudan de 40 % et dominant

actuellement les champs des agriculteurs du pays. Les cultivars lancés en Égypte en 2011, 'Nubaria 3 _ sont tolérants à la sécheresse (ICARDA, 2018).

En Nouvelle-Angleterre, la variété Windsor est actuellement le cultivar dominant disponible pour les producteurs (Etemadi et al., 2017). Ainsi, l'évaluation d'un plus grand nombre de variétés pour un rendement potentiel élevé et des caractéristiques morphologiques appropriées peut fournir des éléments précieux formation aux chercheurs et aux producteurs de fèves. De plus, l'introduction de féveroles à graines plus petites peut entraîner l'adoption de féveroles en tant que culture de couverture efficace pour fixer l'azote.

Selon Chaux et Foury (1994), il existe quatre groupes :

- Variétés précoces : on retrouve dans cette catégorie le type Mucahniel dont les gousses vert clair avec 5 à 6 particules blanches.
- Variétés précoces : ce groupe comprend les variétés Séville à gousses longues, contient 5 à 6 graines, est plus grand que le précédent et a une plante plus haute moyen (70cm)
- Variétés mi-précoces : où l'on trouve des haricots Aguadulce, qui sont assez grand (1,10 à 1,20 cm). Leurs gousses sont vertes, volumineuses et longues, et peuvent atteignant 20 à 25 cm, contenant 07 à 09 grains, c'est une variété très productive.
- Variétés tardives : elles ont une hauteur moyenne de 85 cm et forment de nombreuses gousses assez fines contenant 4 graines

1.7.2. Variétés existante en Algérie

La culture de la fève en Algérie reste une culture marginale. Il n'a reçu aucune attention particulière au cours des deux dernières décennies et continue de souffrir de cette marginalisation. De nombreux efforts ont été faits par les chercheurs algériens associés au Réseau maghrébin de recherche sur les légumineuses (REMAFEVE) pour les légumineuses, notamment les légumineuses, mais ces efforts sont encore insuffisants.

Il existe cinq types de fèves en Algérie et ce sont :

✓ **Séville** : C'est une variété précoce à gousses longues contenant cinq (05) à six (06) gros grains. Ses tiges mesurent 70 cm de haut et ses feuilles sont d'un vert très franc

contrairement aux autres variétés (CHAUX et FOURY, 1994). Ses gousses mesurent environ 3 cm de large et 25 cm de long (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 répulsif et structuré et est l'une des plus efficaces pour la fixation de l'azote (THOMAS, 2008). En Algérie, la seule variété de fève cultivée est 'Sidi Aich' (ZAGHOUANE, 1991).

CHAPITRE II SALINITE ET STRESS SALIN

2.1. Stress salin

Le stress salin est un sérieux problème pour l'agriculture dans les régions arides et semi-arides, menaçant la sécurité alimentaire et réduisant les terres cultivables (**Zaman-Allah et al., 2009**). La salinisation du sol peut être naturelle, liée au fort ensoleillement et à la faible pluviométrie, ou induite par les travaux agricoles comme l'utilisation d'engrais chimiques ou les eaux d'irrigation. La concentration élevée de NaCl dans les sols crée un désordre métabolique, une inhibition du développement et de la croissance des plantes (**Djanaguiraman et al., 2013**). Selon leur résistance ou sensibilité au sel, les plantes sont classées en deux grandes classes :

Les glycophytes désignant les plantes qui ne tolèrent pas de fortes concentrations en sel ;

Les halophytes sont toutes les espèces qui poussent sur un sol salé (**Flowers et al., 1986**).

Le degré de résistance ou de sensibilité au stress salin dépend du stade de développement de la plante. Chez certaines espèces, c'est le stade juvénile qui est le plus sensible, alors que chez d'autres espèces, c'est le stade adulte qui est le plus sensible. En effet, la salinité est l'accumulation excessive des sels solubles, ayant pour effets un stress ionique et un stress osmotique (**Mahajan et Tuteja, 2005**). Ce stress est dû essentiellement à des concentrations élevées de Na⁺ et de Cl⁻ (**Shahbaz, et al., 2013**). La présence du sodium (Na⁺) dans le sol ou dans le milieu de culture limite l'apport en cations majeurs, tels que le calcium (Ca²⁺) et le potassium (K⁺) (**Zid et Grignon 1991**).

Lors d'un stress osmotique, le développement de la partie racinaire est également affecté, mais il est moins inhibé que celui des parties aériennes (**Rahneshan, Nasibi et Moghadam, 2018**). Dans ce cas, la synthèse des solutés organiques par la plante est nécessaire à l'ajustement osmotique.

Le stress ionique est, quant à lui, lié à la toxicité de l'ion Na^+ . Une forte concentration de Na^+ dans les cellules végétales perturbe ainsi le métabolisme cellulaire. réponse spécifique aux ions Na^+ se produit en deux phases ; premièrement, l'exclusion des ions Na^+ par les cellules des racines et deuxièmement, la protection des tissus contre l'excès des ions Na^+ dans les tissus des feuilles (**Munns et Tester, 2008 ; Wu et al., 2015**).

L'exclusion des ions Na^+ par les cellules des racines est la principale réponse protectrice chez les plantes qui retarde les effets toxiques du Na^+ cytoplasmique élevé. En réponse à un dysfonctionnement photosynthétique et respiratoire, la plante produit des espèces réactives à l'oxygène (ROS) (un stress oxydatif) (**Mansour, 2013**).

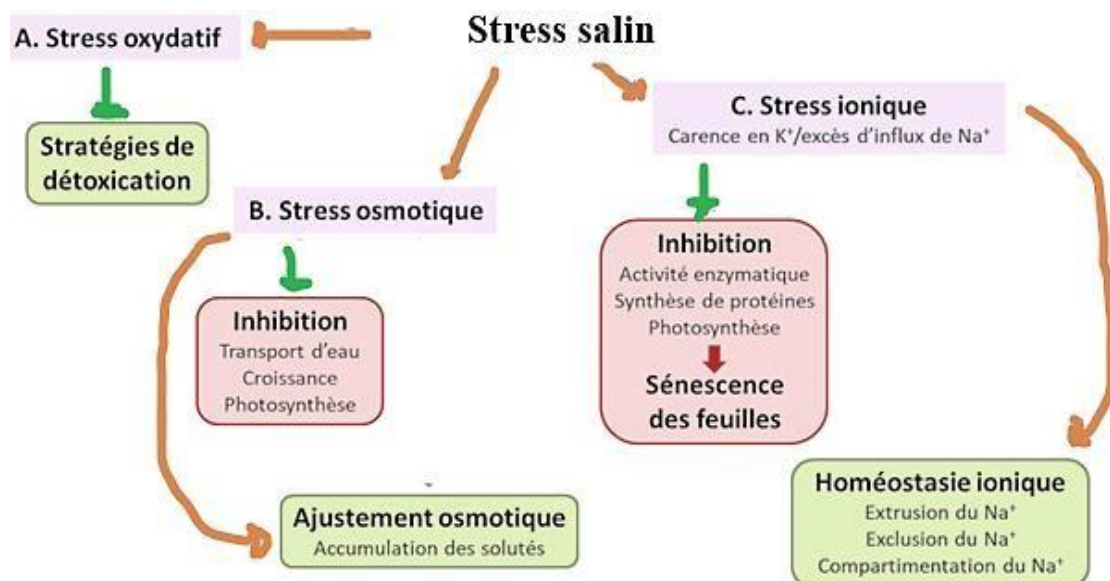


Figure 2.1 : Effet délétères liés à la toxicité du stress salin et réponse cellulaire (**Munns et Tester, 2008**)

2.2. Effets morphologique et physiologiques du stress salin sur les plantes

Les effets du stress salin sur la croissance des plantes sont généralement associés au niveau élevé de toxicité du sodium et au faible potentiel osmotique de la solution du sol qui

provoquent des perturbations sur le développement, la croissance des plantes et sur le métabolisme (**Yamaguchi et Blumwald 2005**).

Le développement d'une stratégie efficace des pratiques de lutte contre le stress salin nécessite une bonne compréhension des effets de la salinité sur les paramètres morphologiques et physiologiques des plantes.

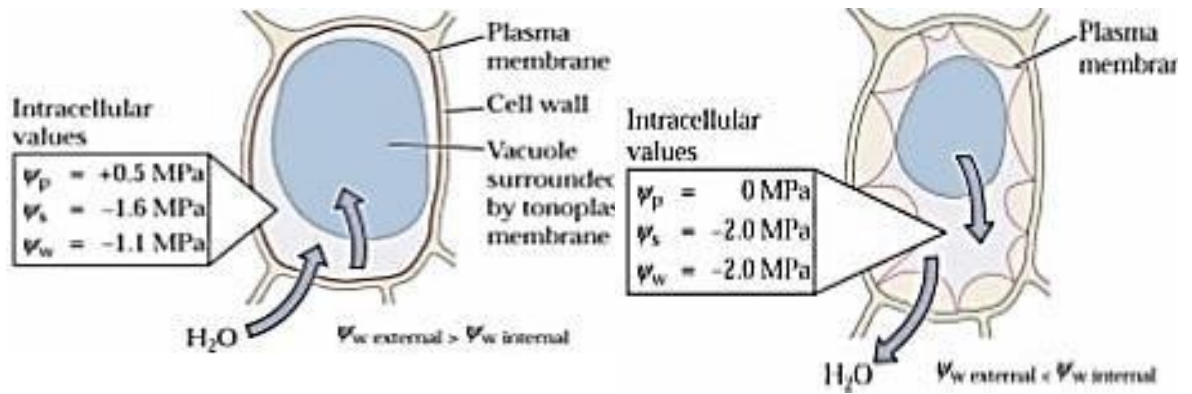
En termes physiologiques, l'effet néfaste du sel (NaCl) du milieu sur la physiologie de la plante peut s'exercer de manières différentes. Une forte concentration de NaCl entraîne une diminution du potentiel osmotique dont l'objectif est d'empêcher le potentiel hydrique cellulaire de devenir supérieur à celui des milieux extérieurs et extracellulaires (**Figure 2.1**). Ce phénomène assure, d'une part, la rétention de l'eau et le maintien de la turgescence cellulaire, et d'autre part la continuité de l'absorption de l'eau du sol, Lorsque l'ajustement osmotique cellulaire n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui induit une perte de la turgescence et un déficit hydrique (**Gorham et al., 1990**). Ensuite, les fortes doses de NaCl provoquent une altération de la nutrition minérale (**Jacoby, 1994**).

L'effet dépressif du sel accumulé dans les tissus peut se manifester de deux façons :

Il peut se traduire, d'une part, par une toxicité qui survient lorsque sa concentration dans le compartiment cytosolique excède celle qui est compatible avec une activité métabolique normale (**Munns, 1993 ; 2002**).

D'autre part, la saturation de l'apoplasme par le sel «montant» est un autre facteur déterminant de la nécrose et de la mort cellulaire car, par un effet osmotique, le sel concentré dans ce compartiment provoque une sortie d'eau intracellulaire, ce qui conduit à une déshydratation rapide des cellules (**Munns, 1993**).

Deux types de comportement ont pour effet d'éviter la saturation en sel de l'apoplaste : l'influx «incluere» et l'efflux «exclure» des ions qui caractérisent aussi bien leur mobilité que leur circulation.



Cellule dans un milieu sans sel
d'eau

Cellule dans un milieu salin
Perte d'eau et de la turgescence

Figure 2.2 : Illustration schématique du changement de potentiel hydrique du milieu extérieur sur la cellule végétale (Jabnoue, 2009).

2.2.1. Vitesse d'efflux des ions « Type excluder »

Généralement, les glycophytes sensibles limitent le transport de Na^+ dans leurs organes aériens (Räsänen, 2002).

Sur le plan interspécifique, les espèces incapables de transporter facilement le Na^+ dans leurs feuilles sont nettement plus sensibles que les autres, car leur inaptitude à exporter le Na^+ peut être probablement considérée comme un caractère moins protecteur que le reflet d'une déficience des systèmes de compartimentation cellulaire. En effet, ces espèces semblent peu efficaces pour abaisser le niveau cytoplasmique de Na^+ , ce qui est peut être l'une des causes profondes de leur sensibilité au niveau cellulaire. L'incapacité à débarrasser le cytoplasme du Na^+ est due au caractère de cet ion qui est facilement transporté dans le phloème chez ces plantes (Slama, 1986). Il est donc continuellement ramené vers le bas de la plante, ce comportement caractérise les plantes exclusives. Ces derniers semblent être dotées d'un mécanisme de protection contre l'envahissement par le sodium par exclusion de cet ion de leurs parties aériennes (Cramer, 1997 ; Rahmoune et al., 2000).

Beaucoup d'arbres peuvent grandir dans les milieux salins ; le faible niveau foliaire du sodium Na^+ de quelques espèces tolérantes à la salinité étudiées suggère que les arbres étaient capables de l'exclusion du sodium Na^+ (Marcar et al., 1991).

L'étude faite par (Van der moezel et al., 1988 ; Lallouche et al., 2017) montre que la plupart des espèces tolérantes à la salinité parmi un grand nombre d'Eucalyptus et Casuarina, cactus exclut le sodium Na⁺ et les chlorure Cl⁻ de leur jeunes pousses en développement. Le site d'exclusion apparaît dans les racines. Les espèces sensibles présentent une faible concentration racinaire en potassium K⁺ et une forte absorption du sodium Na⁺. Il y a une évidence mondiale que la capacité d'exclure l'ion (Na⁺) et l'ion (Cl⁻) de jeunes feuilles est un attribut important d'arbres tolérants la salinité (Bell, 1999 ; Räsänen, 2002, Lallouche et al., 2017).

C'est pourquoi la plus ou moins grande tolérance des plantes dépend notablement de leur aptitude à répartir le sel entre leurs différents organes, compartiments cellulaires et tissus (Kim et al., 2008).

L'inhibition de la photosynthèse par le NaCl est l'une des causes de la réduction de la croissance et de la productivité végétale (Wang et Nil, 2000). L'accumulation préférentielle du sel dans les cellules des parties aériennes est un caractère déterminant du degré de tolérance de différentes espèces (Maas, 1986).

La réponse des plantes au stress salin est complexe et fait intervenir des voies de réponse diverses (Figure 2.2) conduisant à des mécanismes d'adaptation qui induisent un arrêt rapide de la croissance pour une meilleure redistribution des nutriments dans les différents tissus et au rétablissement rapide de la croissance lorsque le stress est levé (Mahjoubi, 2018).

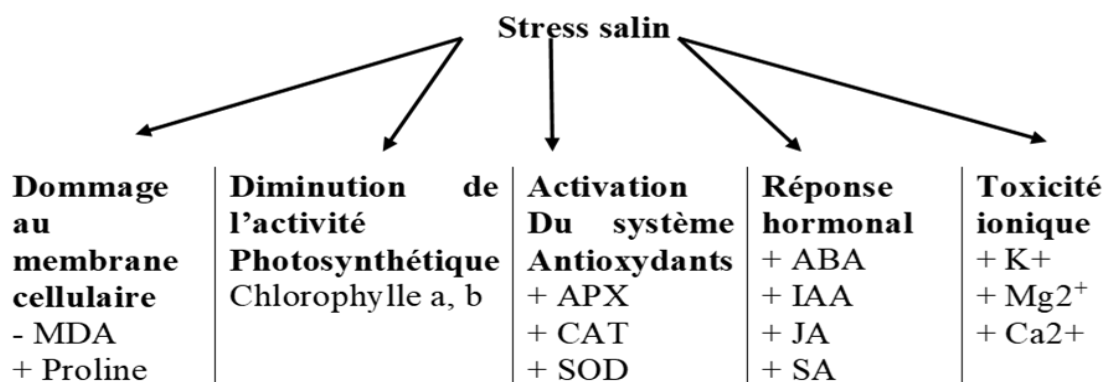


Figure 2.3 : Effet du stress salin chez la plante (Mahjoubi, 2018)

2.2.2. Vitesse d'influx des ions « type includer »

Chez les plantes de type « includer », le sodium est piégé et accumulé dans les cellules des parties aériennes, plus particulièrement dans leurs vacuoles (**Räsänen, 2002**). Cependant, l'hypothèse la plus communément admise est que l'entrée de Na^+ se fait contre son gradient électronique ; l'énergie nécessaire au transport de cet ion serait fournie par le gradient de protons engendré par la pompe à protons du tonoplaste. **Levigneron, (1995)**, signalent que, la vacuole se chargerait ainsi en sodium grâce à l'action d'un antiport sodium-proton Na^+/H^+ , lequel serait entretenu par le fonctionnement accéléré des pompes à proton Na^+/H^+ . L'existence d'un système d'échange Na^+/H^+ est largement signalé. Il est alors admis que c'est la performance de stocker le sel dans les parties aériennes qui est déterminante dans le niveau de tolérance au sel des espèces.

La concentration foliaire en éléments nutritifs chez *E. microtheca* avant et après le stress salin était semblable ce qui indique sa capacité de contrôle de l'absorption des sels ou la séquestration des ions toxiques dans les feuilles inférieures qui sont par la suite sénescence (**Bell, 1999**).

Tal et al., (1983) trouvent que les plantes inclusives associent la résistance à la salinité avec l'aptitude à transporter de grandes quantités de NaCl dans les feuilles. Il semble que ces comportements résultent d'une bonne compartimentation cellulaire du (Na^+) ; ce qui explique la faible re-circulation de cet ion à travers le phloème.

2.3. Effet du stress salin sur la germination des graines

Le mécanisme de la tolérance à la salinité chez les graines est relativement mal compris, en particulier en comparaison avec la quantité d'information actuellement disponible sur la physiologie et la biochimie des végétaux de la tolérance à la salinité (**Rivero et al., 2014**).

Bien que, la salinité des sols constitue un facteur limitant en agriculture, car elle inhibe la germination et la croissance de la plantule (**Ben Madani et Belouadah, 2018**). Selon les mêmes auteurs, la présence de chlorure de sodium entraîne une augmentation de

la durée du processus de la germination et retarde par conséquent la levée, car, les stress salin et osmotique sont responsables à la fois de l'inhibition ou un retard de germination et de la levée des graines.

D'autres travaux montrent que l'effet du stress salin sur la germination peut être attribué soit à un effet osmotique et/ou une toxicité des ions spécifiques à l'émergence de la radicule ou le développement des semis (**Huang et Redman, 1995**).

D'autres travaux signalent que seul le processus de germination, et non la capacité germinative, est altéré en milieu salé (**Almansouri et al., 2001 ; Khan et al., 2009**).

Le stress salin peut affecter le taux de germination de deux façons :

- en augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans les graines à des doses qui deviennent toxiques.

- en diminuant la vitesse d'entrée et la quantité d'eau absorbée par les graines ;

Chez l'*Atriplex halimus* L., la vitesse de germination est ralentie à partir de 9 g.l⁻¹ de NaCl; est d'avantage inhibée à des concentrations plus élevées, cette inhibition est de nature osmotique (**Khan et al., 2009**).

Cela pourrait expliquer le fait que les graines obtenues à partir de plantes cultivées dans des conditions salines peuvent être plus tolérantes à la salinité que ceux des conditions non saline, mais une telle augmentation de la tolérance n'a pas toujours été observée (**Bewley, 1997**).

2.4. Mécanismes de résistance des plantes au stress salin

a. Synthèse des solutés compatibles

La proline et la glycine bêtaïne sont rapportés pour fonctionner dans l'ajustement osmotique, le piégeage des radicaux libres et la protection des macromolécules cellulaires. D'autres solutés compatibles qui s'accumulent dans les plantes sous stress salin comprennent des glucides tels que les sucres (glucose, fructose, saccharose, fructanes) et de l'amidon (**Parida et al., 2002**).

b. Exclusion et inclusion d'ions

L'élimination du sodium de la compartimentation dans les vacuoles ou du cytoplasme est effectuée par un enzyme anti-sel Na^+ / H^+ inductible par le NaCl (**Apse et al., 2003**). **Hanana et al., (2009)**, ajoutent que, l'inclusion d'ions dans le cytoplasme peut conduire à un ajustement osmotique qui est généralement accepté comme une adaptation biochimique importante à la salinité

c. Modifications de la capacité photosynthétique

La régulation de la biosynthèse du métabolisme et de l'activité de la chlorophylle est primordiale pour les processus physiologiques. Cette régulation de la biosynthèse de la chlorophylle peut être une bonne stratégie de défense.

Depuis la biosynthèse de la chlorophylle est une ramification de la voie de l'acide mévalonique, voie importante du métabolisme secondaire, les voies de ce point clé (α -levulunate) sont probablement détournées vers la biosynthèse des osmolytes compatibles.

d. Contrôle de l'absorption ionique par les racines

Un degré plus élevé de tolérance au sel chez les plantes est associé à un système plus efficace pour l'absorption sélective de K^+ sur Na^+ (**Noble et Rogers ; 1992**),

e. Induction des hormones végétales

Grondin et al., (2015) montrent que Les effets inhibiteurs du NaCl sur la photosynthèse, la translocation des assimilés et la croissance se sont révélés être atténués par ABA qui agit sur la fermeture et l'ouverture des stomates.

Sous stress salin, l'augmentation de l'absorption de Ca^{++} est associée à l'élévation de l'ABA et contribue ainsi à l'entretien de l'intégrité membranaire, ce qui permet aux plantes de réguler le transport et l'absorption à des niveaux élevés de salinité externe à plus long terme (**Chen et al., 2001**). L'ABA provoque l'abscission des feuilles probablement en diminuant l'accumulation d'ions Cl^- toxiques dans les feuilles et réduit la libération de l'éthylène (**Gomezcadenas et al., 2002**).

f. Induction d'antioxydants

Les plantes possèdent des systèmes efficaces pour éliminer les espèces d'oxygène actif qui les protègent des réactions oxydatives destructrices. Ces mécanismes peuvent être divisés en deux catégories selon l'implication directe ou indirecte des enzymes (**Sofo et al., 2004**).

**CHAPITRE III
MATERIEL ET METHODES**

3.1. Objectif

Ce travail se propose d'évaluer quelques paramètres quantitatifs et quelques composantes biochimique de cinq variétés de fève (*Vicia faba* L.) cultivées en Algérie, suivi par une étude de comportement des plants (stade de croissance) de ces variétés issues des graines prétraitées par différents types de prétraitement en conditions de stress salin et d'analyser le seuil critique au-delà duquel l'espèce ne peut plus survivre.

3.2. Matériel végétale

Cet essai a porté sur cinq variétés de fève, « Picasso, Sevil, Hystal, Violetta, Malti ». Le choix de cette espèce repose essentiellement sur ses réactions rapides aux changements du milieu, et sa rapidité de croissance.

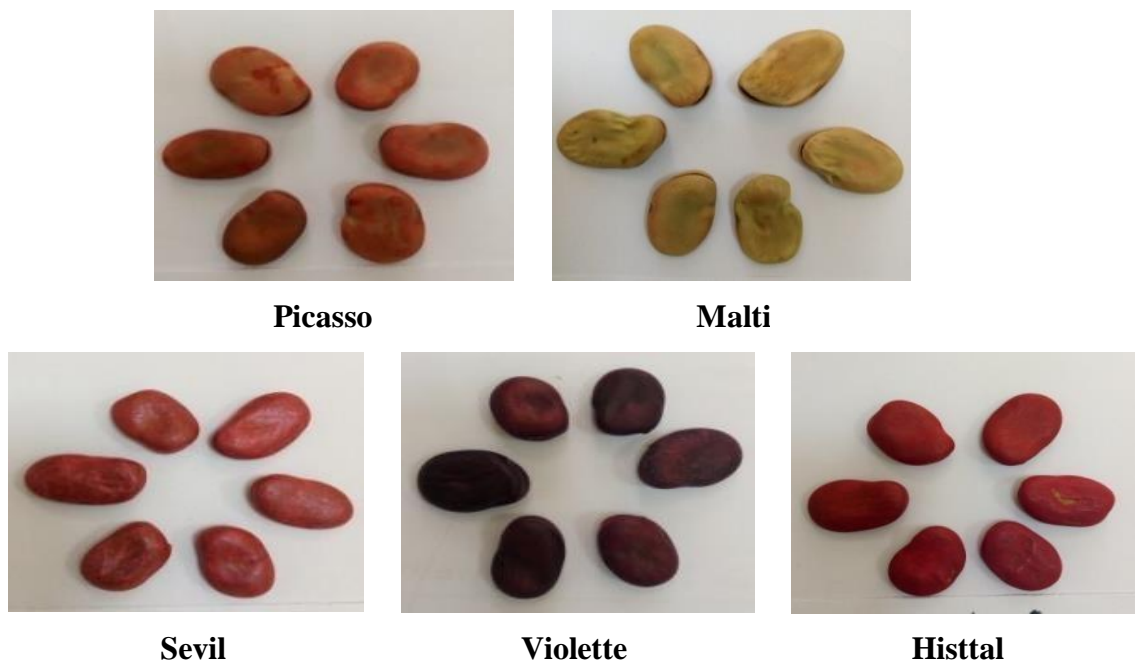


Figure 3.1 : Matériel végétal de cinq variétés de *Vicia faba* L.

Les expériences sont réalisées selon deux méthodes distinctes.

Une première expérience a concerné une caractérisation quantitative et biochimiques des plants de cinq variétés de fève (*Vicia faba L.*) effectuée au laboratoire d'amélioration des plantes au département des sciences Agronomique de la faculté des Sciences à l'université Mohamed Boudiaf - M'sila.

Une deuxième expérience a porté sur la germination des graines d'une variété de fève (*Vicia faba L.*), dans des conditions de combinaison prétraitement (T ; eau distillée (redeshydratation), KCl, MgSO₄) et stress salin (200mM) réalisée sous serre située au département des sciences agronomiques à l'université de Mohammed Boudiaf, M'sila.

3.3. Première partie : Description morphologiques et biochimiques de cinq variétés du fève (*Vicia faba*L.) cultivée dans la région de M'sila

3.3.1. Matériel végétale

Les plants de cinq variétés du fève (*Vicia faba* L.) sont utilisés comme matériel végétal dans cette étude.

3.3.2. Echantillonnage et paramètres mesurés

La variabilité phénotypique est conditionnée par la sélection des caractères qualitatifs ou quantitatifs. Leur nature et leur nombre posent un certain nombre de questions auxquelles seul le sélectionneur, confronté à des objectifs septiques peut répondre (**Pernes, 1984**). La diversité phénotypique des variétés de la fève a été documentée et suivie du semis jusqu'aux stades de récolte (frais et sec) par des mesures quantitatives et des analyses biochimiques sur les gousses et les graines. 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 du fève (*Vicia faba* L.) et admis par l'UPOV (Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales) (**Tableau 3.1**). Dans notre étude, la caractérisation s'est basée sur 13 caractères morphologiques et biochimiques des graines et des gousses (**Tableau 3.1**).

3.3.3. Les paramètres étudiés

Les paramètres étudiés au cours de ce travail sont :

3.3.3.1. Paramètres quantitatifs de la gousse sèche

- ✓ Longueur (sans le bec) (cm)
- ✓ Largeur (de suture à suture) (mm)
- ✓ Epaisseur (mm)
- ✓ Poids total des graines par gousse (g)
- ✓ Nombre d'ovules (y Compris les semences)
- ✓ Nombre de semences

3.3.3.2. Paramètres quantitatifs de la graine sèche des différentes variétés étudiées

- ✓ Longueur (mm)
- ✓ Largeur (mm)
- ✓ Epaisseur (mm)
- ✓ Poids (g)

3.3.3.3. Paramètres biochimiques de la graine sèche des différentes variétés étudiées**✓ Teneur en proline de la graine sèche**

La proline est dosée par la méthode de **Troll et Lindsley (1954)**, simplifiée et mise au point par **Drier et Goring (1974)**. Cette méthode se base sur la coloration rouge produite par l'interaction de la proline avec de la ninhydrine dans un tampon acide.

Extraction

100mg de matériel végétal, est prélevé puis mis dans de tube à essai auquel on ajoute 2ml de méthanol à 40%, le tout est ensuite porté au bain marie à 85 0 C pendant une heure Les extraits peuvent être conservés dans les piluliers en plastique au congélateur.

✓ Teneur en sucre de graine sèche

Les sucres solubles sont dosés par la méthode de **Dreywood (1946)** modifiée par **Shiends et Burnett (1960)** ; le principe de la réaction est basé sur la coloration des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique, qui très concentré, transforme à chaud les glucides en dérivés sulfuriques se colorant en Bleu-vert avec l'authrone.

100mg de la matière fraîche sont placés dans un tube à essai ajouter 3ml d'éthanol à 80% et laisser l'extrait 48h à une température ambiante.

✓ Teneur de polyphénol de la graine sèche

Le polyphenol est dosée par la méthode de (**Romani et al., 2006**)
Dans une fiole, introduire 10 à 30 g de la poudre de fève ;
Ajouter 100 ml du solvant (eau, éthanol 70 %, acétone 70 % et méthanol 70 %) ;
Laisser le mélange en contacte durant 2,5 h à température ambiante ;

Filtrer le mélange par un tissu ;
Réextraire les résidus une deuxième fois de la même manière précédente ;
Centrifuger le filtrat 20 min à 4000 t/min à température ambiante ;
Filtrer sur papier whatman N° 1 ;
Conserver le filtrat à 4 °C jusqu'à utilisation.

➤ **Rendement d'extraction**

Le rendement d'extraction est calculé par la formule suivante : (vous pouvez le maîtriser sans référence, c'est commun) (**Falleh et al., 2008**).

$$R (\%) = \frac{MR_{ext}}{MR_{éch}} \times 100$$

Où :

R : le rendement en % ;

MR_{ext} : la masse de l'extrait après évaporation du solvant en mg ;

MR_{éch} : la masse sèche de l'échantillon en mg.

3.3.4. 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.

3.4. Deuxième partie : Effet de différents types de prétraitement en condition de stress salin sur quelques paramètres morphologique et biochimiques de variétés de fève (*Vicia faba* L.)

3.4.1. Protocole expérimentale

3.4.1.1. Trempage des graines de la variété Malti dans différents types de prétraitement

Les graines de fève variété « Malti » sont utilisées comme matériel végétal dans cette étude.

Les graines sont traitées à l'eau de javel à 0,5% pendant 3 min, lavées abondamment à l'eau, puis rincées à l'eau distillée afin éliminer toute trace de l'eau de javel. Les graines sont trempées dans les différentes solutions de prétraitement. Pour l'efficacité du traitement, l'imbibition se fait à 26° C dans des boîtes de Pétri tapissées de deux couche de papier filtre contenant environ 100 ml des différents types de prétraitements. Dans un cas, nous avons ajouté 100 ml de l'eau distillée (pas de prétraitement), dans les autres cas, nous avons ajouté 100 ml d'eau distillée (redesydratation), 100 ml de KcL et 100 ml de MgSO₄ (**Figure 3.2**). Les boîtes sont mises dans un incubateur réglé à une température de 26°C pendant une durée de 12 heures. Ensuite retirées et rincées à l'eau distillée et déshydratées (séchées sur papier filtre stérile à 25°C) jusqu'à ce que les graines reprennent leur poids initial c'est-à-dire le taux l'humidité qu'elles avaient avant le trempage.



Figure 3.2 : Imbibition des graines de la variété Malti dans les différents types de prétraitement

3.4.1.2. Prétraitement utilisés

Dans notre expérimentation, nous avons divisé les graines de la fève en quatre lots de semences. Le premier lot T0 (pas de prétraitement) n'ayant subi aucun traitement, le deuxième lot T1 imbibé par l'eau distillée) 2% pendant 12heures, le troisième lot ayant trempée dans le Kcl 2% pendant 12heures. Le dernier lot de imbiber par le MgSO4 2% pendant 12 h.

- **Redéshydratation**

Les graines de chaque variété ont subi une simple redéshydratation qui consiste à imbiber dans de l'eau distillée pendant 12h.

- **Kcl 2%/12 heures**

- Peser 2 g de Kcl à l'aide d'une balance de précision
- Ajouter 100 ml d'eau distillée
- Agiter à l'aide d'un agitateur magnétique
- Compléter a 1 litre avec l'eau distillée

- **MgSO4 2%/12heures**

- Peser 2 g de MgSO4 à l'aide d'une balance de précision
- Ajouter 100 ml d'eau distillée
- Agiter à l'aide d'un agitateur magnétique
- Compléter a 1 litre avec l'eau distillée

3.4.1.3. Semis les graines prétraitées dans des conditions de stress salin

Les graines prétraitées et séchées sont mises en germination sous serre dans des sachets de 25 cm x 25 cm contenant un mélange de tourbe et du sable en 1:1 (v/v). Les graines ont été soumises au stress salin (témoin et 150 mM) pendant 60 jours suivant un dispositif complètement aléatoire.

3.4.2. Les paramètres étudiés

La germination des graines est suivie quotidiennement durant 60 jours. En vue de comparer le comportement de la variété Malti vis-à-vis le type de prétraitement dans des conditions de stress salin (Témoin, 150mM), différents paramètres ont été calculés.

Les paramètres étudiés au cours de ce travail sont :

- ✓ Nombre de feuille par plant
- ✓ Teneur en proline
- ✓ Teneur en sucre soluble totale

3.4.3. Dispositif expérimentale

Le dispositif expérimental adopté au cours de notre expérimentation est une randomisation totale à deux facteurs étudié qui sont : facteur prétraitement avec quatre niveaux (Témoin, H₂O, KCl, MgSO₄), et facteur stress salin avec deux niveaux (T= pas de NaCl et 150mM). Chaque essai porte sur 30 graines, soit 3 répétition et chaque répétition comprend 10 graines.

3.4.4. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont soumis à l'analyse de la variance à deux facteurs (F1 variétés X F2 doses de NaCl), et les moyennes sont comparées selon le test de Newman-Keuls, basée sur la plus petite différence significative. Chaque moyenne est affectée d'une lettre, les moyennes suivies d'une même lettre n'étant pas significativement différentes.

CHAPITRE IV RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. Première partie : Caractérisation morphologique de quelques variétés de fève cultivée dans la région de M'sila

4.1.1. Paramètres quantitatifs de la gousse sèche

4.1.1.1. Longueur (sans le bec) (cm)

D'après l'analyse de la variance, il existe une très grande différence significative entre les différentes variétés étudiées (Tableau 1, annex).

Le test de NEWMEN-KEULS montre que les variétés sont regroupées dans 3 groupes homogènes (Tableau 4.1) :

Groupe A : Comprend la variété picasso avec 23,46 cm de longueur ;

Groupe B : Regroupe les variétés Histal, Sevil et violetta ;

Groupe C : Correspond à la variété malti avec 13,28 cm. (Tableau 4.1).

4.1.1.2. Largeur (de suture à suture) (mm)

L'analyse de la variance du facteur variété (tableau 2, annexe), montre que le test F est très hautement significatif pour la largeur de la gousse sèche.

Le test complémentaire de NEWMAN et KEULS, nous permet de classer les différents groupes homogènes et dévoile les meilleures largeurs (Tableau 4.1).

La meilleure largeur a été enregistrée avec une valeur de 22,45 mm chez la variété Malti, par contre, la variété Sevil affiche la plus faible largeur de 16,433 mm. (Tableau 4.1).

4.1.1.3. Epaisseur (mm)

Selon l'analyse de la variance il existe une différence très hautement significative entre les variétés étudiées (Tableau 3, annexe).

Le test de NEWMEN-KEULS classe les espèces en ordre décroissant en 4 groupes homogènes (Tableau 4.1):

Groupe A : Malti (12,08 mm).

Groupe AB : Sevil avec une valeur moyenne de 11,4 mm.

Groupe BC : Hystal et violette (9,92 mm ; 9,76 mm).

Groupe C : Picasso avec une moyenne de 9,14 mm. (Tableau 4.1).

4.1.1.4. Poids total des graines par gousse (g)

L'analyse statistique de la variance du poids total grains par gousse indique que les résultats ne sont pas significatifs (prob = 0,35082). Le test F observé étant nettement inférieur au F théorique (Tableau 4, annexe). Donc aucune influence de la variété sur le poids total des graines par gousse (Tableau 4.1).

4.1.1.5. Nombre d'ovules (y Compris les semences)

L'analyse statistique de la variance du nombre d'ovules (y Compris les semences), indique que les résultats sont très significative (prob = 0). (Tableau 5, annexe).

Le test de NEWMAN et KEULS, montre la présence de plusieurs groupes homogènes et révèle les meilleurs nombre d'ovules chez la variété Picasso (7,6 ovules). Le nombre d'ovules le plus faible a été obtenu chez la Variété Malti avec un nombre de 3,8 ovules (Tableau 4.1).

4.1.1.6. Nombre de semences

L'analyse de la variance fait ressortir une différence significative entre les variétés étudiées (Tableau 6, annexe).

Les variétés sont classées individuellement sauf celles qui se trouvent dans le même groupe, où quatre groupes homogènes ont été établis selon la comparaison des moyennes (Tableau 4.1):

Groupe A : Correspond à la variété picasso ;

Groupe AB : Comprend la variété sevil;

Groupe B : Regroupe la variété hystal et violetta ;

Groupe C : Comprend la variété malti. (Tableau 4.1).

Tableau 4.1 : Paramètres quantitatifs de la gousse sèche des différentes variétés étudiées.

Paramètres	Malti	Histal	Picasso	Sevil	Violetta	Proba.	Signi.
Longueur (sans le bec) (cm)	13,28±2,52 C	17,45±0,68 B	23,46±2,09 A	16,13±0,58 B	15,44±0,78 B	0	***
Largeur (de suture à suture) (mm)	22,45±1,98 A	21,02±1,94 AB	18,84±1,02 B	16,43±1,38 C	18,81±0,71 B	0,00005	***
Epaisseur (mm)	12,08±1,29 A	9,92±1,12 BC	9,14±0,2 C	11,4±1,79 AB	9,76±0,78 BC	0,00348	***
Poids total des graines (g)	5,93±1,42	7,73±2,43	7,09±1,12	6,45±1,34	6,17±0,63	0,35082	ns
Nombre d'ovules (y comprises semences)	3,8±0,45 C	6,2±0,45 B	7,6±0,55 A	6,2±0,45 B	6±0 B	0	***
Nombre de semences	2,8±0,84 C	4,2±0,84 B	5,8±0,45 A	5±0,71 AB	4,4±0,55 B	0,00003	***

Proba. >0.05 ne sont pas significatifs (ns); Proba ≤ 0.05 significatif (*); Proba ≤ 0.01 hautement significatif (**); Proba ≤ 0.001 très hautement significatif (***). Pour chaque descripteur les valeurs portant les mêmes lettres sont statistiquement égales

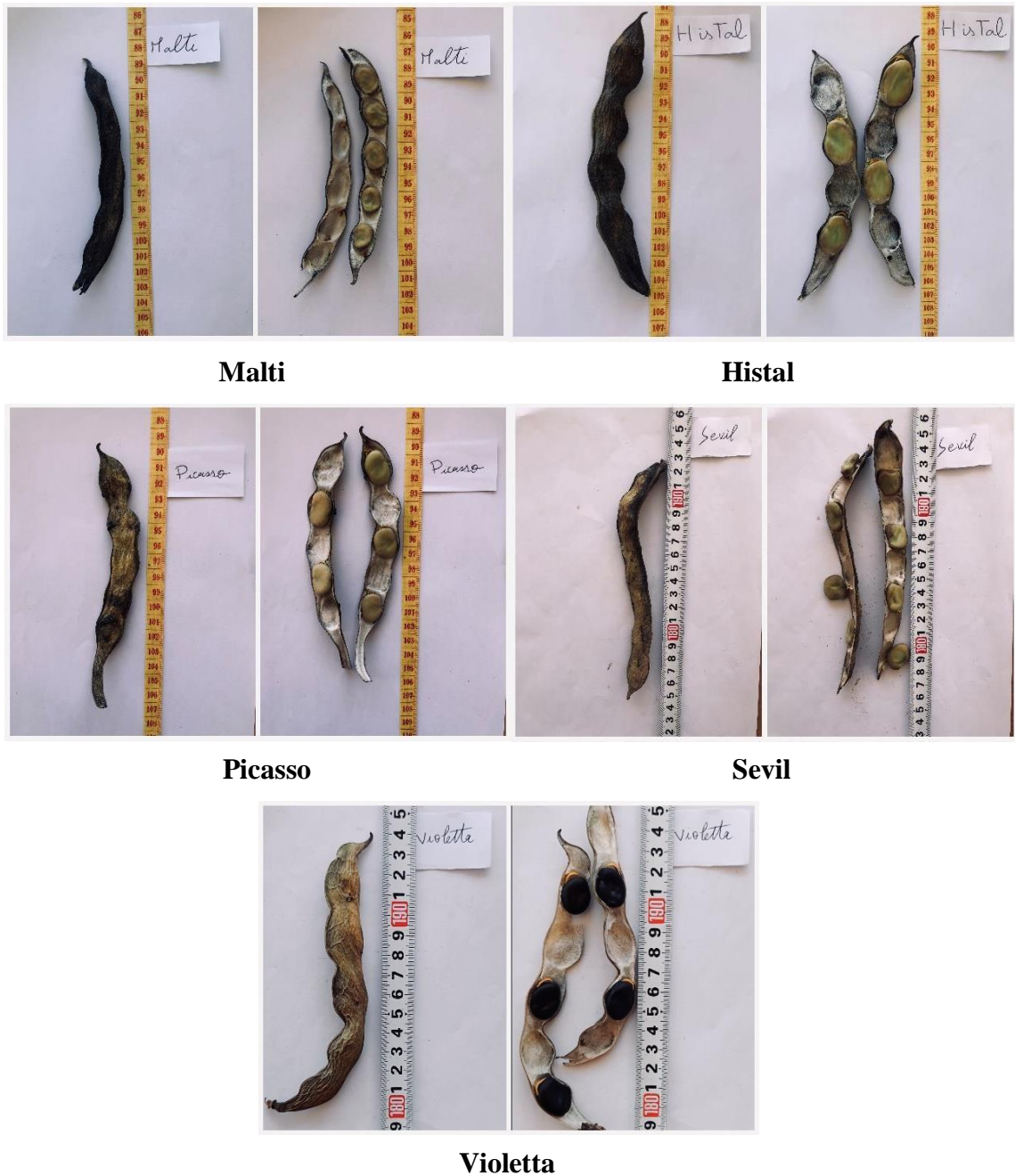


Figure 4.1 : Formes et couleur des gousses des différentes variétés étudiées

4.1.2. Paramètres quantitatifs de la graine sèche des différentes variétés étudiées

4.1.2.1. Longueur (mm)

L'analyse statistique de la variance la longueur des graines sèches, indique que les résultats sont très significatifs (prob = 0). (Tableau 7, annexe).

Le test de NEWMAN et KEULS, montre la présence de trois groupes homogènes à savoir (Tableau 4.2) :

Groupe A : Correspond à la variété Malti ;

Groupe B : Regroupe la variété histal et picasso ;

Groupe C : représenté par la variété sevil et violetta. (Tableau 4.2).

4.1.2.2. Largeur (mm)

L'analyse de la variance, montre une très grande différence significative entre les différentes variétés étudiées (Tableau 8, annex).

Le test de NEWMEN-KEULS révèle que les variétés étudiées sont regroupées dans 3 groupes homogènes (Tableau 4.2) :

Groupe A : représenté par la variété malti avec 18,89 mm de largeur ;

Groupe B : Regroupe les variétés Histal, picasso et violetta ;

Groupe C : Correspond à la variété sevil (13,78 mm). (Tableau 4.2).

4.1.2.3. Epaisseur (mm)

Il ressort de l'analyse de l'épaisseur de la graine sèche (Tableau 9 ; annexe) une différence très hautement significative entre les différentes variétés.

Le test de NEWMAN et KEULS, montre la présence de quatre groupes homogènes classés comme suites (Tableau 4.2) :

Groupe A : Correspond à la variété sevil ;

Groupe B : représenté par la variété violetta et malti;

Groupe BC : la variété picasso ;

Groupe C : Comprend la variété histal. (Tableau 4.2).

4.1.2.4. Poids (g)

D'après les résultats on constate que la différence est très significative, concernant le poids de la graine (Tableau 10, aannexe).

Le test de NEWMEN-KEULS donne trois groupes homogènes concernant le poids de la gousse sèche (Tableau 4.2) :

Groupe A : représenté par la variété Malti avec un poids de 2,57g ;

Groupe B : Regroupe les autres variétés (Tableau 4.2).

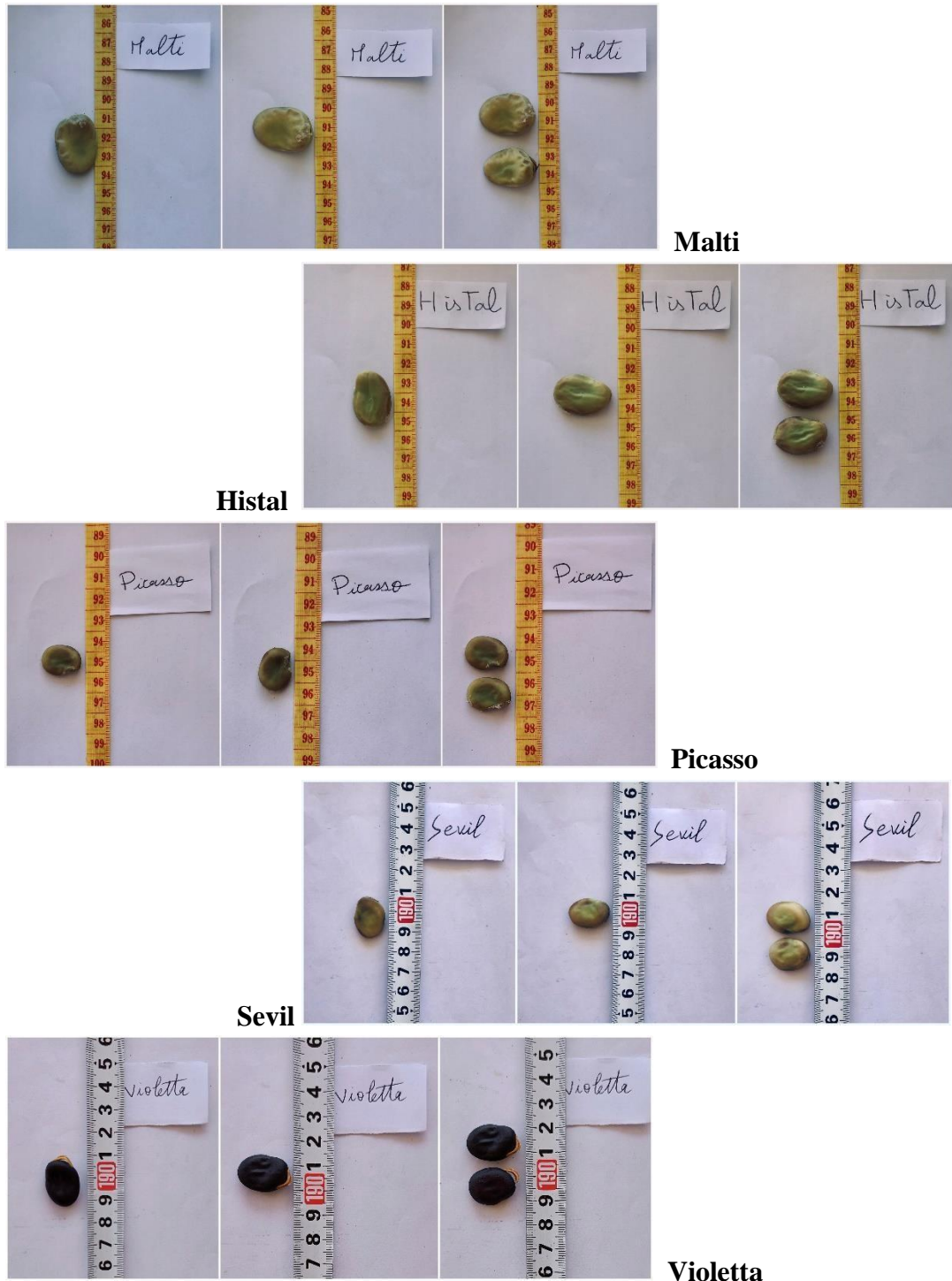


Figure 4.2: Taille et formes de la graine sèche des différentes variétés étudiées.

Tableau 4.2: Paramètres quantitatifs de la graine sèche des différentes variétés étudiées.

Paramètres	Malti	Histal	Picasso	Sevil	Violetta	Proba.	Signi.
Longueur (mm)	27,44 ± 1,28 A	22,24 ± 0,77 B	21,48 ± 1,05 B	19,47 ± 0,59 C	19,82 ± 1,43 C	0	***
Largeur (mm)	18,89 ± 1,67 A	16,51 ± 0,4 B	15,65 ± 0,7 B	13,78 ± 1,39 C	15,34 ± 0,42 B	0,00001	***
Epaisseur (mm)	6,01 ± 0,44 B	5,02 ± 0,43 C	5,57 ± 0,16 BC	6,98 ± 0,76 A	6,26 ± 0,37 B	0,00004	***
Poids (g)	2,57 ± 0,43 A	1,62 ± 0,17 B	1,49 ± 0,22 B	1,34 ± 0,15 B	1,58 ± 0,21 B	0	***

Proba. >0.05 ne sont pas significatifs (ns); Proba ≤ 0.05 significatif (*); Proba ≤ 0.01 hautement significatif (**); Proba ≤ 0.001 très hautement significatif (***). Pour chaque descripteur les valeurs portant les mêmes lettres sont statistiquement égales

4.1.2.5. Discussion

La caractérisation morphologique et biochimiques est une des étapes importantes dans la classification de la variabilité des plantes cultivées (**Manzano et al., 2001 ; Hadjkouider et al., 2017 ; Lallouche et al., 2020**). En effet, tout programme d'amélioration et de sélection s'appuie nécessairement sur la diversité du germplasm (Smith et al., 1991). Elle permet de mettre à la disposition des sélectionneurs et des améliorateurs des informations nécessaires pour leurs travaux de sélection et d'amélioration (**Fraleigh, 1987**). Dans ce contexte les graines de deux variétés semis dans la station expérimentale au département d'agronomie de l'université de M'sila a été étudiée en utilisant des paramètres morphologiques et biochimiques.

Les résultats préliminaires obtenus sur la caractérisation morphologique et biochimiques des variétés de la fève étudiées montrent clairement que ces variétés analysées présentant une variation pour l'ensemble des caractères examinés, en particulier ceux liés à la gousse et graines. Cette variabilité génétique observée entre les variétés constitue un atout pour les travaux d'amélioration et de sélection.

4.1.3. Paramètres biochimiques de la graine sèche des différentes variétés étudiées**4.1.3.1. Teneur en proline de la graine sèche**

L'analyse de la variance, montre une très grande différence significative entre les différentes variétés étudiées (Tableau 11, annex).

Le test de NEWMEN-KEULS révèle que les variétés étudiées sont classées dans 5 groupes homogènes (Tableau 4.3) :

Groupe A : histal ;

Groupe B : violetta ;

Groupe C : malti ;

Groupe D : picasso ;

Groupe E : sevil (Tableau 4.3).

Tableau 4.3 : Teneur en proline de graine sèche μg proline/0.1g Ms chez cinq variétés de fève.

Variétés	Moyenne \pm écart type	Probabilité	Signification
Malti	2,7 \pm 0,01 C	0	***
Histal	4,74 \pm 0,01 A		
Picasso	1,61 \pm 0,01 D		
Sévil	1,35 \pm 0,05 E		
Violetta	4,46 \pm 0,02 B		

4.1.3.2. Teneur en sucre de graine sèche

L'analyse statistique de la variance de la teneur en sucre des graines sèches, indique que les résultats sont très significatifs (prob = 0). (Tableau 12, annexe).

Le test complémentaire de NEWMAN et KEULS, nous permet de classer les différents groupes homogènes et dévoile les meilleures teneurs en sucre dans les graines sèches (Tableau 4.4).

La meilleure teneur a été enregistrée avec une valeur de 173,68 μg équivalent de glucose/0.1g Ms. chez la variété Malti, par contre, la variété violetta montre la plus faible teneur de 86,96 μg équivalent de glucose/0.1g Ms. (Tableau 4.4).

Tableau 4.4 : teneur en sucre de graine sèche μg équivalent de glucose/0.1gMs chez cinq variétés de fève.

Variétés	Moyenne \pm écart type	Probabilité	Signification
Malti	173,68 \pm 0,21 A	0	***
Histal	89,36 \pm 0,11 D		
Picasso	141,07 \pm 0,06 B		
Sévil	102,86 \pm 0 C		
Violetta	86,96 \pm 2,23 E		

4.1.3.3. Teneur de polyphénol de la graine sèche

D'après les résultats obtenus on constate que la différence est très significative, concernant la teneur de polyphénol de la graine sèche (Tableau 13, annexe).

Le test de NEWMEN-KEULS donne cinq groupes homogènes (Tableau 4.5) :

Tableau 4.5 : Teneur de polyphénol graine sèche chez cinq variétés de fève.

Variétés	Moyenne \pm écart type	Probabilité	Signification
Malti	7,12 \pm 0,01 B	0	***
Histal	6,05 \pm 0,01 C		
Picasso	4,8 \pm 0,03 E		
Sévil	4,86 \pm 0,01 D		
Violetta	7,96 \pm 0,01 A		

4.2. Deuxième partie : Effet du stress salin sur le développement des plants de de la fève

Cette partie a pour objectif l'évaluation de la variabilité morpho-physiologique et biochimique d'une variété locale de la fève (Malti) en vue d'élucider leur degré de résistance à la salinité. Pour y parvenir, nous avons essayé d'évaluer l'effet de combinaison de prétraitement et stress salin sur le comportement de cette variété.

4.2.1. Longueur de plants (cm)

Les résultats relatifs à la longueur de plants, sous différentes concentrations de NaCl combinées avec les traitements chimiques des semences sont mentionnés dans le tableau 4.6.

Les résultats obtenus dans notre expérimentation (tableau 4.6) montrent que le prétraitement des graines affecte positivement la longueur de plants. L'analyse de la variance des résultats a révélé une différence hautement significative ($p=0,00012$; tableau 14, annexe).

Selon la comparaison des moyennes, le prétraitement des semences montre un effet positif sur la longueur des plants de la variété étudiée, en effet une longueur de l'ordre de

45,17 cm est enregistrée au niveau traitement pHT0. A l'opposition du traitement TT 150 qui montre la morte des plants juste après la germination (tableau 4.6).

Tableau 4.6 : Résultats moyens de la longueur de plants (cm) sous différents traitements F1× F2 (Prétraitement-NaCl).

Interaction F1F2	Moyenne ± écart Type	Probabilité	Signification
pHT0	45,17 ± 4,8 A	0,00012	***
TT0	40,75 ± 6,25 AB		
KclT0	40,5 ± 3,5 AB		
MgT0	36,5 ± 1,32 AB		
KclT 150	30,83 ± 5,11 BC		
pHT 150	26,5 ± 7,37 CD		
MgT 150	20,67 ± 1,26 D		
TT 150	0 ± 0 E		

4.2.2. Nombre de feuille par plants

L'analyse de la variance fait ressortir une différence très significative entre les variétés étudiées, concernant le nombre de feuille par plants (Tableau 15, annexe).

Selon la comparaison des moyennes, les traitements sont classés huit groupes homogènes (Tableau 4.7). Le groupe A : Correspond au nombre de feuille par plants le plus élevé (63,67), et ce pour le traitement pHT0 (Tableau 4.7).

Tableau 4.7 : Résultats moyens de nombre de feuille par plants sous différents traitements F1× F2 (Prétraitement-NaCl).

Interaction F1F2	Moyenne ± écart Type	Probabilité	Signification
pHT0	63,67 ± 8,7 A	0,01046	**
TT0	55,5 ± 12,5 AB		
KclT0	50,33 ± 6,81 ABC		
MgT0	41 ± 7,81 BCD		
KclT 150	34,33 ± 13,2 CD		
pHT 150	28 ± 7,81 D		
MgT 150	22 ± 7,21 D		
TT 150	0 ± 0 E		

4.2.3. Teneur de la proline de plans

Les résultats obtenus dans notre expérimentation (tableau 4.8), montrent que le prétraitement des graines affecte positivement la teneur en proline des plants.

L'analyse de la variance des résultats a révélé une différence très hautement significative ($p=0$; tableau 16, annexe) entre les différents types de prétraitement sur la teneur de la proline de plans.

Les teneurs en proline des plants les plus importantes sont observées au niveau du traitement pHT 150, combiné la concentration 150 mM de NaCl (Tableau 4.8).

Tableau 4.8 : Résultats moyens de concentration du proline $\mu\text{g} / 0.1\text{g Ms}$ sous différents traitements F1 \times F2 (Prétraitement-NaCl).

Interaction F1F2	Moyenne \pm écart Type	Probabilité	Signification
pHT0	9,56 \pm 0 F	0	***
TT0	12,48 \pm 0,01 E		
KclT0	14,07 \pm 0,01 D		
MgT0	14,68 \pm 0,01 C		
KclT 150	12,44 \pm 0 E		
pHT 150	46,43 \pm 0,28 A		
MgT 150	14,86 \pm 0,02 B		
TT 150	0 \pm 0 G		

4.2.4. Teneur en sucre total de plans

L'analyse de la variance de la teneur en sucre total de plans sous l'effet de l'interaction de NaCl et le prétraitement des semences, montre une très grande différence significative entre les différentes variétés étudiées (Tableau 16, annex).

Le test de NEWMEN-KEULS révèle que les variétés étudiées sont regroupées dans quatre groupes homogènes (Tableau 4.9).

La valeur la plus élevée de la teneur en sucre total des plans est enregistrée au niveau du traitement pHT0 (216 μg équivalent de glucose / 0.1g Ms), représenté par le groupe homogène A (Tableau 4.9).

Tableau 4.9 : Résultats moyens de concentration en sucre μg équivalent de glucose / 0.1g Ms sous différents traitements F1× F2 (Prétraitement-NaCl).

Interaction F1F2	Moyenne \pm écart Type	Probabilité	Signification
pHT0	216 \pm 0,11 A	0	***
TT0	143,25 \pm 0,19 E		
KclT0	203,39 \pm 0,62 B		
MgT0	146,36 \pm 0,1 D		
KclT 150	135,89 \pm 0,06 F		
pHT 150	135,25 \pm 0,25 G		
MgT 150	167,57 \pm 0,19 C		
TT 150	0 \pm 0 H		

4.2.5. DISCUSSION

Ces résultats confirment les effets positifs des différents types de prétraitements en condition de stress salin sur le processus germinatif et la performance des plantules chez plusieurs espèces, selon des études antérieures. Différentes variétés de haricots (Dastborhan et Ghassemi-Golezani, 2015 ; Ma et al., 2019), de lentilles (Suriya-arunroj et al., 2004), de pois chiche (Elsawy et al., 2018) et d'autres légumineuses fourragères ont montré des résultats similaires.

Nos résultats concordent avec ceux de Wang et al. (2015), qui ont confirmé que le prétraitement des graines augmente de soixante pour cent le taux de germination en accumulant douze protéines indispensables à la germination. Miladinov et al. (2014) ajoutent que l'osmoprimering (KNO_3) et l'hydropriming (H_2O) améliorent la germination et la vigueur des semences du soja (*Glycin max L.*).

Les graines prétraitées imbibaient plus rapidement que les graines non traitées. Nagarajan et al. (2005) ont découvert que la modification des relations entre les graines et l'eau pourrait être directement liée à l'amélioration du taux de germination par divers types de prétraitement

CONCLUSION

Le présent travail consiste à une approche de caractérisation de cinq variétés de fève (*Vicia faba* L.) cultivées dans la région de M'sila, afin de valoriser la richesse génétique de cette espèce, dans le domaine d'amélioration des plantes par des programmes de sélection et d'hybridation en vue d'améliorer la potentialité technologique et agronomique de cette espèce telle que la productivité. En effet, nous remarquons une très grande variabilité génétique entre les variétés étudiées.

L'analyse des paramètres qualitatifs et quantitatifs nous a permis de distinguer une très grande différence au niveau de tous les paramètres examinés : des gousses et des graines.

Les gousses montrent une grande variabilité entre les Variétés examinées au niveau des paramètres étudiés telles que : la longueur, la largeur, l'épaisseur, le poids et le nombre des semences.

De plus, les résultats obtenus montrent que les graines présentent une différence très importante au niveau des paramètres quantitatifs étudiés.

Lorsque cette variabilité constitue un réservoir de richesse génétique très important pour le domaine d'amélioration des plantes, il serait important pour l'avenir de compléter ce travail par des programmes de sélection des variétés importantes.

On outre, notre étude a révélé que la technique de prétraitement en condition de stress salin, en particulier Ca, a un effet positif sur le comportement de la variété étudié et ce pour les paramètres étudiés. Ces derniers ont réduit l'impact négatif du stress salin sur cette variété locale de fève (Malti) en augmentant la longueur et la vigueur des plants, en augmentant la teneur en proline et en sucres totaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adam, Mohamed Shaker S., and Hany Elsaywy. "Biological potential of oxo-vanadium salicylediene amino-acid complexes as cytotoxic, antimicrobial, antioxidant and DNA interaction." *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 184 (2018): 34-43.
- Akbari, Parisa, et al. "Role of cover crops and planting dates for improved weed suppression and nitrogen recovery in no till systems." *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 50.14 (2019): 1722-1731.
- Almansouri, M., Kinet, J. M., & Lutts, S. (2001). Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and soil*, 231, 243-254.
- Alscher, Ruth G., Janet L. Donahue, and Carole L. Cramer. "Reactive oxygen species and antioxidants: relationships in green cells." *Physiologia Plantarum* 100.2 (1997): 224-233.
- Amezrou, Reda, et al. "Molecular and phenotypic diversity of ICARDA spring barley (*Hordeum vulgare* L.) collection." *Genetic resources and crop evolution* 65 (2018): 255-269.
- Apse, Maris P., Jordan B. Sottosanto, and Eduardo Blumwald. "Vacuolar cation/H⁺ exchange, ion homeostasis, and leaf development are altered in a T-DNA insertional mutant of AtNHX1, the Arabidopsis vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter." *The plant journal* 36.2 (2003): 229-239.
- Arnault, Claude, and Karel Sláma. "Dietary effects of phytoecdysones in the leek-moth, *Acrolepiopsis assectella* Zell.(Lepidoptera: Acrolepiidae)." *Journal of Chemical Ecology* 12 (1986): 1979-1986.
- Bahia, Lallouche, Boubakr, H. K., Asma, BELOUADEH., Reguia, B. M., & Ammar, Boutekrabt. (2020). Phenotypic characterization of some lettuce cultivars (*Lactuca sativa* L.) cultivated in Algeria.
- Bewley, J. Derek. "Seed germination and dormancy." *The plant cell* 9.7 (1997) : 1055.

Brink, M., G. M. Ramolemana, and K. P. Sibuga. "Vigna subterranean (L.) Verdc in Brink M. and Belay G.(éditeurs) PROTAI cereals and pulses/cereals et legumes secs." CD-Room). PROTA, Wageningen, Pays Bas, 327p (2006).

Chaux, C. L., and C. L. Foury. "Cultures légumières et maraichères." Tome III: légumineuses potagères, légumes fruit. Tec et Doc Lavoisier, Paris (1994).

Chen, Jen-Tsung, and Wei-Chin Chang. "Effects of auxins and cytokinins on direct somatic embryogenesis on leaf explants of *Oncidium*'Gower Ramsey'." *Plant growth regulation* 34 (2001): 229-232.

Chou, HsinYiu, et al. "Pathogenicity of a baculovirus infection causing white spot syndrome in cultured penaeid shrimp in Taiwan." *Diseases of aquatic organisms* 23.3 (1995): 165-173.

Cocolin, L., Manzano, M., Cantoni, C., & Comi, G. (2001). Denaturing gradient gel electrophoresis analysis of the 16S rRNA gene V1 region to monitor dynamic changes in the bacterial population during fermentation of Italian sausages. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(11), 5113-5121.

Cole, STea, et al. "Deciphering the biology of *Mycobacterium tuberculosis* from the complete genome sequence." *Nature* 396.6707 (1998): 190-190.

Crépon, Katell, et al. "Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food." *Field crops research* 115.3 (2010): 329-339.

Cubero, Sergio, et al. "Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality evaluation of fruits and vegetables." *Food and bioprocess technology* 4 (2011): 487-504.

Dastborhan, Soheila, and Kazem Ghassemi-Golezani. "Influence of seed priming and water stress on selected physiological traits of borage." *Folia Horticulturae* 27.2 (2015): 151-159.

Djanaguiraman, M., et al. "Soybean pollen anatomy, viability and pod set under high temperature stress." *Journal of Agronomy and Crop Science* 199.3 (2013): 171-177.

Duc, Gérard. "Faba bean (*Vicia faba* L.)." *Field crops research* 53.1-3 (1997): 99-109.

Etemadi, Fatemeh, et al. "Accumulation of L-DOPA in various organs of faba bean and influence of drought, nitrogen stress, and processing methods on L-DOPA yield." *The Crop Journal* 6.4 (2018): 426-434.

Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M. and Abdelly C., Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities, *Comptes Rendus Biologies*, V. 331, (2008), 372–379.

Faostat, FAOstat. "Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division." Rome: FAO (2015).

Flowers, T. J., M. A. Hajibagheri, and N. J. W. Clipson. "Halophytes." *The quarterly review of biology* 61.3 (1986): 313-337.

Francois, L. E., et al. "Effect of Salinity on Grain Yield and Quality, Vegetative Growth, and Germination of Semi-Dwarf and Durum Wheat1." *Agronomy Journal* 78.6 (1986): 1053-1058.

Gafni, Ohad, et al. "Derivation of novel human ground state naive pluripotent stem cells." *Nature* 504.7479 (2013): 282-286.

Gnanasambandam, Annathurai, et al. "Impact of molecular technologies on faba bean (*Vicia faba* L.) breeding strategies." *Agronomy* 2.3 (2012): 132-166.

Gómez-Cadenas, Aurelio, et al. "Abscisic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in citrus plants." *Journal of Plant Growth Regulation* 21 (2002): 234-240.

Grieve, C. M., et al. "Screening Eucalyptus clones for salt tolerance." *HortScience* 34.5 (1999): 867-870.

Hadjkouider, B., Boutekrabt, A., Lallouche, B., Lamine, S., & Zoghلامي, N. (2017). Polymorphism analysis in some Algerian *Opuntia* species using morphological and phenological UPOV descriptors. *Botanical Sciences*, 95(3), 391-400.

Hamadache, A. "La féverole." *Inst. Techn. Gr. Cult (TTGC)*, 13p (2003).

Hanana, Mohsen, et al. "Rôles biologiques des antiports vacuolaires NHX: acquis et perspectives d'amélioration génétique des plantes." *Botany* 87.11 (2009): 1023-1035.

Jabnونة, Mehdi, et al. "Diversity in expression patterns and functional properties in the rice HKT transporter family." *Plant Physiology* 150.4 (2009): 1955-1971.

Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of plant growth regulation*, 28, 386-399.

Kou, Hui-Zhong, et al. "Reactions between macrocyclic nickel (II) complexes and ferricyanide. Metamagnetic properties of a two-dimensional honeycomb assembly [NiL₃]₃[Fe(CN)₆]₂·8H₂O (L³= 3, 10-dihydroxyethyl-1, 3, 6, 8, 10, 12-

- hexaazacyclotetradecane)." *Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions* 17 (2000): 2996-3000.
- Lallouche, Bahia, et al. "Use of physio-biochemical traits to evaluate the salt tolerance of five *Opuntia* species in the Algerian steppes." *Pakistan Journal of Botany* 49.3 (2017): 837-845.
- Longnecker, N. E., N. E. Marcar, and R. D. Graham. "Increased manganese content of barley seeds can increase grain yield in manganese-deficient conditions." *Australian Journal of Agricultural Research* 42.7 (1991): 1065-1074.
- Mahajan, Shilpi, and Narendra Tuteja. "Cold, salinity and drought stresses: an overview." *Archives of biochemistry and biophysics* 444.2 (2005): 139-158.
- Mukherjee, S., Chattopadhyay, A., Samanta, A., & Soujanya, T. (1994). Dipole moment change of NBD group upon excitation studied using solvatochromic and quantum chemical approaches: implications in membrane research. *The Journal of Physical Chemistry*, 98(11), 2809-2812.
- Munns, Rana, and Mark Tester. "Mechanisms of salinity tolerance." *Annu. Rev. Plant Biol.* 59 (2008): 651-681.
- Naceur, Sabah. Modélisation tridimensionnelle du transport des sédiments dans les cours d'eau. Diss. Compiègne, 2001.
- Noble, C. L., and M. E. Rogers. "Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops." *Plant and soil* 146 (1992): 99-107.
- Nuessly, G. S., et al. "Insects associated with faba bean, *Vicia faba* (Fabales: Fabaceae), in southern Florida." *Florida entomologist* 87.2 (2004): 204-211.
- Okano, Masaki, et al. "DNA methyltransferases Dnmt3a and Dnmt3b are essential for de novo methylation and mammalian development." *Cell* 99.3 (1999): 247-257.
- Parida, Asish, Anath Bandhu Das, and Premananda Das. "NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins, and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures." *Journal of Plant Biology* 45 (2002): 28-36.
- Pasternak, D., and Y. De Malach. "Irrigation with brackish water under desert conditions X. Irrigation management of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mills) on desert sand dunes." *Agricultural Water Management* 28.2 (1995): 121-132.

Radivojac, P., Clark, W. T., Oron, T. R., Schnoes, A. M., Wittkop, T., Sokolov, A., ... & Friedberg, I. (2013). A large-scale evaluation of computational protein function prediction. *Nature methods*, 10(3), 221-227.

Radivojac, Predrag, et al. "A large-scale evaluation of computational protein function prediction." *Nature methods* 10.3 (2013): 221-227.

Rahmoune, C., et al. "Influence of Zn concentration in solution applied to leaves and roots on the absorption and translocation of Cd by leaves." *Dirasat. Agricultural Sciences* 27.1 (2000): 72-77.

Rahneshan, Zahra, Fatemeh Nasibi, and Ali Ahmadi Moghadam. "Effects of salinity stress on some growth, physiological, biochemical parameters and nutrients in two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks." *Journal of plant interactions* 13.1 (2018): 73-82.

Reta-Sánchez, D. G., et al. "Forage yield and chemical composition of canola (*Brassica napus* L.) as affected by sowing methods." *Grass and Forage Science* 71.2 (2016): 281-290.

Schulz, R., Smith, J. A., Lewis, M. J., & Moncada, S. (1991). Nitric oxide synthase in cultured endocardial cells of the pig. *British journal of pharmacology*, 104(1), 21.

Sheng, Min, et al. "Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress." *Mycorrhiza* 18 (2008): 287-296.

Shrestha, Uttam Babu, Shiva Gautam, and Kamaljit S. Bawa. "Widespread climate change in the Himalayas and associated changes in local ecosystems." *PloS one* 7.5 (2012): e36741.

Slama, F. "Transport de Na⁺ dans les feuilles et sensibilité des plantes à NaCl. I. Évaluation d'un effet piège au niveau des tiges." *Agronomie* 11.4 (1991): 275-281.

Sofo, Adriano, et al. "Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree." *Plant Science* 166.2 (2004): 293-302.

Suriya-arunroj, Duangjai, et al. "Relative leaf water content as an efficient method for evaluating rice cultivars for tolerance to salt stress." *Science Asia* 30 (2004): 411-415.

Surwase, Shripad N., et al. "Efficient microbial conversion of L-tyrosine to L-DOPA by *Brevundimonas* sp. SGJ." *Applied biochemistry and biotechnology* 167 (2012): 1015-1028.

- Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., & Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203(1), 32-43.
- Van der Moezel, P. G., et al. "The response of six Eucalyptus species and Casuarina obesa to the combined effect of salinity and waterlogging." *Functional Plant Biology* 15.3 (1988): 465-474.
- Van Leur, J. A. G., and S. G. Kumari. "A survey of lucerne in northern New South Wales for viruses of importance to the winter legume industry." *Australasian Plant Pathology* 40 (2011): 180-186.
- Villa-Castorena, Magdalena, et al. "Salinity and nitrogen rate effects on the growth and yield of chile pepper plants." *Soil Science Society of America Journal* 67.6 (2003): 1781-1789.
- Wu, Honghong, et al. "K⁺ retention in leaf mesophyll, an overlooked component of salinity tolerance mechanism: a case study for barley." *Journal of integrative plant biology* 57.2 (2015): 171-185.
- Zaghouane, O. "The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria." *Options Mediterraneennes. Serie A: Seminaires Mediterraneens (CIHEAM)* (1991).
- Zerihun, Ayalsew, et al. "Patterns of below-and aboveground biomass in Eucalyptus populnea woodland communities of northeast Australia along a rainfall gradient." *Ecosystems* 9 (2006): 501-515.

ANNEXE

1.1. Paramètres quantitatifs de la gousse sèche

Tableau 1 : Analyse de variance Longueur sans le bec (cm)

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	343,01	24	14,29				
var.facteur 1	294,59	4	73,65	30,43	0		
var.residuelle 1	48,41	20	2,42			1,56	9,07%

Tableau 2 : Analyse de variance Largeur (de suture à suture) mm (mm)

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	151,46	24	6,31				
var.facteur 1	106,85	4	26,71	11,98	0,00005		
var.residuelle 1	44,6	20	2,23			1,49	7,65%

Tableau 3 : Analyse de variance de l'épaisseur (mm)

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	57,28	24	2,39				
var.facteur 1	30,28	4	7,57	5,61	0,00348		
var.residuelle 1	27	20	1,35			1,16	11,11%

Tableau 4 : Analyse de variance Poids total des graines (g)

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	56,31	24	2,35				
var.facteur 1	10,74	4	2,68	1,18	0,35082		
var.residuelle 1	45,58	20	2,28			1,51	22,62%

Tableau 5 : Analyse de variance le nombre d'ovules (y Compris les semences)

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	40,96	24	1,71				
var.facteur 1	37,36	4	9,34	51,89	0		
var.residuelle 1	3,6	20	0,18			0,42	7,12%

Tableau 6 : Analyse de variance le nombre de semences

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	34,16	24	1,42				
var.facteur 1	24,56	4	6,14	12,79	0,00003		
var.residuelle 1	9,6	20	0,48			0,69	15,60%

1.2. Paramètres quantitatifs de la graine sèche des différentes variétés

Tableau 7 : Analyse de variance Longueur (mm)

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	227,96	24	9,5				
var.facteur 1	204,92	4	51,23	44,48	0		
var.residuelle 1	23,03	20	1,15			1,07	4,86%

Tableau 8 : Analyse de variance Largeur (mm)

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	92,59	24	3,86				
var.facteur 1	70,47	4	17,62	15,92	0,00001		
var.residuelle 1	22,12	20	1,11			1,05	6,56%

Tableau 9 : Analyse de variance d'épaisseur (mm)

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	15,4	24	0,64				
var.facteur 1	10,91	4	2,73	12,17	0,00004		
var.residuelle 1	4,48	20	0,22			0,47	7,93%

Tableau 10 : Analyse de variance Poids (g)

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	6,09	24	0,25				
var.facteur 1	4,78	4	1,2	18,36	0		
var.residuelle 1	1,3	20	0,07			0,26	14,84%

1.3. Paramètres biochimiques de la graine sèche des différentes variétés étudiées

Tableau 11 : Analyse de variance le concentration proline graine sèche µg proline / 0.1g Ms

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	29,76	14	2,13				
var.facteur 1	29,75	4	7,44	10321,74	0		
var.residuelle 1	0,01	10	0			0,03	0,90%

Tableau 12 : Analyse de variance la concentration en sucre graine sèche μg equivalent de glucose / 0.1gMs

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	16936,8	14	1209,77				
var.facteur 1	16926,73	4	4231,68	4201,32	0		
var.residuelle 1	10,07	10	1,01			1	0,84%

Tableau 13 : Analyse de variance % polyphénol graine sèche

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	23,13	14	1,65				
var.facteur 1	23,12	4	5,78	22805,93	0		
var.residuelle 1	0	10	0			0,02	0,26%

2. Effet du stress salin sur le développement des plants de de la fève

Tableau 14 : Analyse de variance Longueur plante (cm)

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	4810,25	23	209,14				
var.facteur 1	964,4	3	321,47	16,27	0,00005		
var.facteur 2	2704,07	1	2704,07	136,86	0		
var.inter f1*2	825,65	3	275,22	13,93	0,00012		
var.residuelle 1	316,13	16	19,76			4,44	14,76%

Tableau 15 : Analyse de variance le nombre de feuille

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	10041,74	23	436,6				
var.facteur 1	1586,53	3	528,84	6,74	0,00385		
var.facteur 2	5969,26	1	5969,26	76,13	0		
var.inter f1*2	1231,45	3	410,48	5,24	0,01046		
var.residuelle 1	1254,5	16	78,41			8,85	24,03%

Tableau 16 : Analyse de variance le concentration proline μg / 0.1g Ms

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	3762,55	23	163,59				
var.facteur 1	1484,65	3	494,88	49289,73	0		
var.facteur 2	197,47	1	197,47	19667,91	0		
var.inter f1*2	2080,27	3	693,42	69064,16	0		
var.residuelle 1	0,16	16	0,01			0,1	0,64%

Tableau 17 : Analyse de variance la concentration en sucre μg equivalent de glucose /
0.1gMs

	s.c.e	ddl	c.m.	test f	proba	e.t.	c.v.
var.totale	90448,81	23	3932,56				
var.facteur 1	42376,57	3	14125,52	200896,3	0		
var.facteur 2	27395,41	1	27395,41	389623,7	0		
var.inter f1*2	20675,71	3	6891,9	98018,16	0		
var.residuelle 1	1,13	16	0,07			0,27	0,18%