



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 البشير الإبراهيمي برج بوعريش

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Amélioration des plantes

Intitulé

L'effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules chez la lentille (*Lens culinaris*) et le pois chiche (*Cicer arietinum*)

Présenté par : NAIT SEGHIR Yacine

Soutenu publiquement le : 14/09/2021

Devant le jury :

Président : M^r Mouloud AIT MECHDAL MCB (Université de BBA)

Encadrant : M^{me} Dahbia TABTI MCB (Université de BBA)

Examineur : M^r Zine El Abidine FELLAHI MCA (Université de BBA)

Année universitaire : 2020/2021

REMERCIEMENTS

*T*out d'abord, je rends grâce à DIEU le tout puissant qui m'a donné la force, le courage, la santé et la patience d'accomplir ce travail.

C'est avec un réel plaisir que j'adresse mes sincères reconnaissances et ma profonde gratitude à Mme Dahbia TABTI pour sa disponibilité, son encadrement, sa confiance et les conseils qu'elle m'a généreusement prodigués tout au long de ce travail.

*J*e remercie également Mr. Mouloud AIT MECHDAL d'avoir bien voulu accepter la présidence du jury et Mr. Zine El Abidine FELLATI qui a accepté d'examiner ce travail.

*J*e tiens à remercier l'ensemble de personnel de laboratoire de physiologie végétale de la faculté des sciences de la nature et de la vie : Abdelghani, Abd El-Nasser et Khalil.

*E*nfin, je tiens aussi à remercier mes camarades (N. H. K. Yasser et Wanis) qui ont participé au déroulement de l'expérimentation.

*J*e n'oublie pas d'adresser mes remerciements à toute personne qui m'a aidé et contribué de près ou de loin dans ce travail.

DEDICACES

A

Mon père, que Dieu lui fasse miséricorde.

Ma chère mère, que Dieu la protège.

Ma femme Asma, Mes enfants Hadjer, Mohamed et Djana.

Toute ma famille et mes amis.

Mes collègues.

A vous tous, je dédie ce travail.

Yacine

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Liste des abréviations

Introduction	1
Chapitre I : Matériel et Méthodes	3
I.1. Matériel végétal.....	3
I.2. Préparation des solutions salines.....	3
I.3. Mise en place de l'expérience.....	4
I.3.1. Première partie : Effet du stress salin sur la germination	4
I.3.2. Deuxième partie : Effet du stress salin sur le développement des plantules	5
I.4. Paramètres étudiés.....	6
I.4.1. Paramètres de germination.....	6
I.4.2. Paramètres de développement des plantules (Croissance).....	7
I.5. Traitement statistique des données	7
Chapitre II : Résultats et discussion	8
II.1 Résultats	8
II.1.1. Résultats de germination	8
II.1.1.1 Pourcentage de Germination Final (PGF)	8
II.1.1.2. Moyenne Journalière de Germination (MJG).....	9
II.1.1.3. Cinétique de germination	10
II.1.1.4. Pourcentage de réduction de la germination (PRG) par rapport au Témoin.....	11
II.1.1.5. Indice de vigueur de la germination (IVG).....	12
II.1.1.6. Temps moyen de germination (TMG).....	13
II.1.1.7. Coefficient de vitesse de germination (CVG).....	14
II.1.2. Résultats de croissance.....	15
II.1.2.1. Longueur des racines primaires LRP (cm).....	15
II.1.2.2. Longueur des tiges LT (cm)	15
II.1.3. Le coefficient de corrélation inter-caractères	16
II.2 Discussion.....	17
Conclusion	19
Références bibliographiques.....	21
Annexes	
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau I : Espèce, génotypes, code, origine et source de pois chiche et lentille étudiés.....	3
Tableau II : La quantité du sel en gramme à ajouter pour préparer les solutions salines.....	3
Tableau III : Corrélation entre les variables de germination étudiés.....	16

Liste des figures

Figure 1 : Dispositif expérimental (la germination).....	4
Figure 2 : Valeurs moyennes de l'effet de la dose sur le PGF.	8
Figure 3 : Valeurs moyennes de l'effet de la variété sur le PGF.....	8
Figure 4 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété/dose sur le PGF.....	8
Figure 5 : Valeurs moyennes de l'effet de la dose sur le MJG.	9
Figure 6 : Valeurs moyennes de l'effet de la variété sur le MJG.	9
Figure 7 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété/dose sur le MJG.	9
Figure 8 : Cinétique de germination chez les quatre variétés le témoin (D1 0mM NaCl).	10
Figure 9 : Evolution de cinétique de germination en fonction des doses et des variétés.	10
Figure 10 : Valeurs moyennes de l'effet de la Dose sur le PRG.....	11
Figure 11 : Valeurs moyennes de l'effet de la Variété sur le PRG.	11
Figure 12 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété/dose sur le PRG.	11
Figure 13 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété/dose sur l'IVG.....	12
Figure 14 : Valeurs moyennes de l'effet de la Dose sur le TMG.....	12
Figure 15 : Valeurs moyennes de l'effet de la Variété sur le TMG.	12
Figure 16 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété/dose sur le TMG.	13
Figure 17 : Valeurs moyennes de l'effet de la Dose sur le CVG.	13
Figure 18 : Valeurs moyennes de l'effet de la Variété sur le CVG.....	13
Figure 19 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété/dose sur le CVG.....	14
Figure 20 : Valeurs moyennes de l'effet de la Dose sur le LRP.	14
Figure 21 : Valeurs moyennes de l'effet de la Variété sur la LT.	14
Figure 22 : Valeurs moyennes de l'effet de la Dose sur la LRP.	15
Figure 23 : Valeurs moyennes de l'effet de la Variété sur la LRP.....	15
Figure 24 : Valeurs moyennes de l'effet de la Dose sur le LRP.	15
Figure 25 : Valeurs moyennes de l'effet de la Variété sur la LT.	15

Liste des photos

Photo 1 : Mise en place des graines dans les boites de pétri.	4
Photo 2 : Photo bloc 1 ^{er} au 8 ^{ème} jour.....	4
Photo 3 : Mise en place des graines dans les assiettes.	5
Photo 4 : Transplantation des graines germées dans des tubes à essai étiquetés.....	5

Liste des abréviations

CNCC : Centre National de Contrôle et de Certification

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures

ICARDA : International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

NaCl : chlorure de sodium

mM : millimole

SNV-STU : Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

PFG : Pourcentage final de germination

MJG : Moyenne journalière de germination

PRG : Pourcentage de réduction de la germination

IVG : Indice de vigueur de la germination

TMG : Temps moyen de germination

CVG : Coefficient de vitesse de germination

LRP : Longueur des racines primaires

LT : Longueur des tiges

Introduction

Introduction

La sécheresse et la salinité du sol sont les principaux stress abiotiques limitant la productivité des plantes dans le monde (**Chukr-Allah, 1996**) car la plupart des espèces cultivées sont des glycophytes sensibles au sel (**Greenway et Munns, 1980**). L'étude des effets du sel sur les processus physiologiques et métaboliques est un trait complexe puisque leur réponse dépend du type et du niveau de sel, du génotype de la plante et du stade de croissance (**Debez et al., 2004; Flowers, 2004**).

La salinisation est un processus majeur de la dégradation des terres irriguées en zones arides et semi-arides. En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables chaque minute, dont 3 hectares du fait de la salinisation. En effet, 10 à 15% des surfaces irriguées sont soumises au phénomène de salinisation à des degrés divers (**Mermoud, 2006**).

En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité affectés par la salinité ou susceptibles de l'être (**Durand, 1983**). Les sols salins sont répandus dans les basses plaines de l'Oranie, dans la vallée de la Mina près de Relizane, sur les hautes plaines Sud de Sétif et de Constantine et aux bords de certains chotts comme le chott Melghir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà (**Durand, 1983**).

Un sol est dit salé quand la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée est supérieure ou égale à 4 dS.m⁻¹ (**Robert, 1996 ; Calvet, 2003**).

La salinité est l'un des principaux problèmes agro-environnementaux qui affectent la croissance et développement des plantes cultivées, entraînant une réduction du rendement des cultures (**Foolad, 2004**). C'est une grave menace pour la productivité agricole dans la plupart des régions côtières, arides et semi-arides du monde (**Ashraf et Khan, 1994**).

La salinité provoque un stress hyper osmotique et ionique déséquilibre, augmentation du taux de respiration, instabilité membranaire, invalidant ainsi la fonction cellulaire vitale d'une plante. Le mécanisme d'adaptation des plantes à ces stress pourrait entraîner une tolérance et/ou montrer des conditions de dormance (**Cuartero et al., 2006**).

Des différences de tolérance au sel existent non seulement entre les différents genres et espèces, mais aussi au sein des différents organes d'une même espèce (**Flowers et Hajibagheri, 2001**).

Chez les plantes supérieures, la germination des graines est l'un des événements les plus importants du cycle de vie. Il est la somme de tous les processus physiologiques se produisant à l'intérieur de la graine qui commence par l'imbibition de l'eau et se termine par l'émergence de racines embryonnaires (**Ouji et al., 2015**).

Certains chercheurs ont indiqué que les principales raisons de l'échec de la germination sont l'inhibition de l'absorption d'eau par les semences en raison d'une concentration élevée en sel (**Coon et al., 1990**) ou, comme d'autres l'ont suggéré, la germination est affectée par la toxicité en sel (**Leopold et Willing, 1984 ; Khajeh-Hosseini et al., 2003**).

La germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (**Boulghalagh et al, 2006**). On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (**Maillard, 2001**).

Un taux de germination rapide, uniforme et élevé pour les légumineuses est une condition préalable à l'établissement réussi d'un bon peuplement et d'un bon rendement (**Demir et al., 2003**).

Les légumineuses alimentaires sont les cultures vivrières les plus cultivées par l'homme. Leur intérêt réside dans leur teneur élevée en protéines et leur haute valeur nutritive en complément à celle des céréales. Elles jouent également un rôle important dans les systèmes de cultures en contribuant à l'amélioration de la fertilité du sol par les reliquats d'azote qu'elles laissent et en font ainsi d'excellents précédents culturaux (**Benoufella-Kitous K. et al. 2019**).

Economiquement, les légumineuses représentent la deuxième famille de plantes cultivées après les Poacées, représentant environ 27 % de la production mondiale (**Smykal et al. 2014**).

Les protéines végétales notamment extraites de légumineuses à graines sont une option intéressante dans le développement de nouveaux produits alimentaires du point de vue environnemental, économique et nutritionnel. En conséquence, leur introduction dans les produits alimentaires est en train d'augmenter rapidement (**Lubbers et al. 2018**).

Notre étude vise à connaître la tolérance chez la lentille et le pois chiche à la salinité au stade de germination et développement des plantules dans des milieux à différentes concentrations de stress salin, le témoin (0mM NaCl : eau distillée), 50/100/150/ et 200 mM de NaCl.

Notre étude comporte deux expériences : La première est l'étude de l'effet du stress salin sur la germination de deux variétés de lentille et deux variétés de pois chiche ; la deuxième représente une étude sur l'effet du stress salin sur le développement des plantules au stade jeune (les mêmes variétés de lentille et le pois chiche).

Chapitre I :
Matériel et Méthodes

Chapitre I : Matériel et Méthodes

I.1. Matériel végétal

Notre travail consiste à déterminer l'effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules chez deux espèces de légumineuse : la lentille (*Lens culinaris*) et le pois chiche (*Cicer arietinum*).

Le matériel végétal est constitué de 4 variétés, 2 variétés de chaque espèce. Le nom et l'origine des variétés testées sont donnés dans le tableau I.

Tableau I : Espèces, génotypes, code, origine et source de pois chiche et lentille étudiés.

Espèce	Génotypes	Code	Origine	Source
Lentille	Idlib-3°	V1	ICARDA-Syrie	CNCC-Alger
Lentille	Dahra	V2	Sélection locale (Tiaret)	CNCC-Alger
Pois chiche	Ghab 05	V3	Turquie introduite en Syrie	ITGC-Sétif
Pois chiche	Tikejda	V4	Sélection locale -ITGC- Sétif	ITGC-Sétif

I.2. Préparation des solutions salines

Nous avons utilisé l'eau distillée comme témoin et pour la préparation des solutions salines (Tableau 2). Ces quatre concentrations de sel (NaCl) qui ont été utilisés pour préparer les solutions de différents niveaux de stress salin. Nous avons versé un volume d'eau sur le sel suivi d'agitation. Ces quatre solutions ont été conservées séparément dans des bouteilles étiquetées de 0.5L et 1L.

Tableau II : La quantité du sel en gramme à ajouter pour préparer les solutions.

Concentrations de sel (NaCl) mM	Quantité du sel g/0.5L	Quantité du sel g/1L	Code
0mM	0	0	D1
50mM	1.461g	2.922g	D2
100mM	2.922g	5.844g	D3
150mM	4.383g	8.766g	D4
200mM	5.844g	11.688g	D5

I.3. Mise en place de l'expérience

L'expérimentation a été conduite au niveau du laboratoire de la faculté SNV-STU-2021, le travail est constitué de deux parties, la première est réservée à étudier l'effet du stress salin sur la germination, alors que la deuxième partie est consacrée à l'étude de l'effet du stress salin sur le développement des plantules.

I.3.1. Première partie : Effet du stress salin sur la germination

Les graines de différents génotypes listés au tableau I ont été mises à germer dans des boîtes de pétri à raison de 20 graines/boîte/génotype/dose/bloc (Photo 1), Au total $20 \times 5 \times 4 \times 3 = 1200$ graines vont être utilisées. Ces graines sont désinfectées à l'eau de javel 5° pendant 5 minutes puis rincées abondamment à l'eau distillée. Les boîtes sont tapissées du papier filtre.

Les traitements utilisés sont : le témoin (0mM NaCl : eau distillée), 50 mM, 100 mM, 150mM et 200mM de NaCl.

Le nombre de bloc est de trois à raison de 20 boîtes/bloc et 20 graines/boîte. Chaque boîte correspond à un traitement (Figure 1). Les boîtes de pétri ont été incubées à l'obscurité dans des boîtes en carton à température ambiante du laboratoire, à condition ne dépasse pas les 25°(Photo 2). Le suivi a été fait toutes les 24h pendant 8 jours. On considère que la germination a lieu lorsque la radicule fait au moins 1 mm de long (**Jordan et Haferkamp, 1989**).

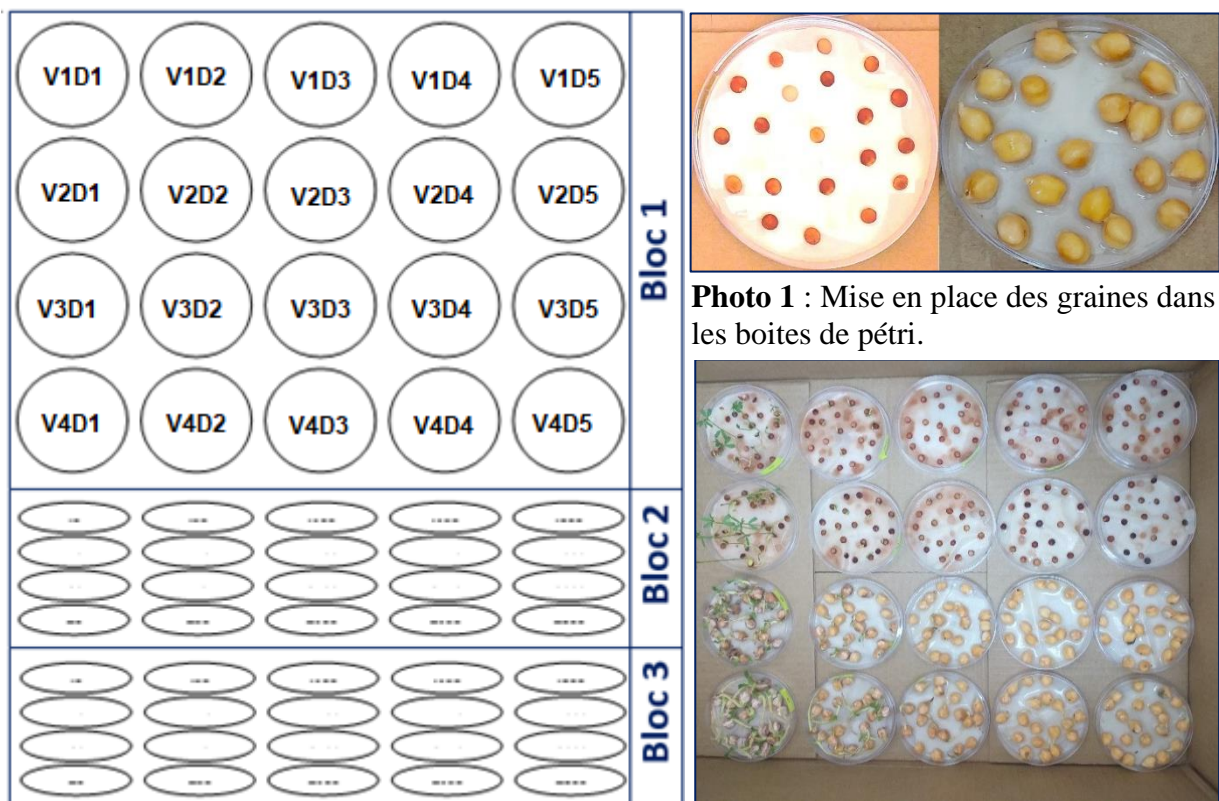


Figure 1 : Dispositif expérimental (la germination). **Photo 2** : Photo bloc 1 au 8^{ème} jour.

I.3.2. Deuxième partie : Effet du stress salin sur le développement des plantules

Une pré-germination dans des assiettes jetable tapissées du papier filtre, comportant plus de 100 graines pour chaque variété (Photo 3), Ces graines sont désinfectées à l'eau de javel 5° pendant 5 minutes puis rincées abondamment à l'eau distillée, La pré-germination a été menée uniquement en utilisant de l'eau distillée (0mM NaCl).

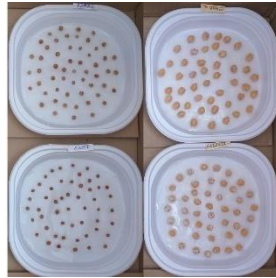


Photo 3 : Mise en place des graines dans les assiettes pour la pré-germination.

Après 48 heures, une transplantation dans des tubes à essai étiquetés (une plante dans chaque tube à essai) avec du coton fixé dans l'ouverture des tubes, le coton a été utilisé comme un support des graines (Photo 4). L'expérience est répétée 10 fois : 10 graines/traitement/ génotype. Au total $10 \times 5 \times 4 = 200$ tubes à essai ont été utilisés.

Après la transplantation dans des tubes à essais déjà remplis par les solutions d'irrigation de notre expérimentation citant les cinq traitements : l'eau distillée comme témoin et les solutions salines préalablement utilisées pour le test de germination (première partie).

Le suivi quotidien a été fait toutes les 24h pendant 10 jours. Le suivi des tubes est réalisé afin d'assurer le contact de racines avec la solution dans le tube.

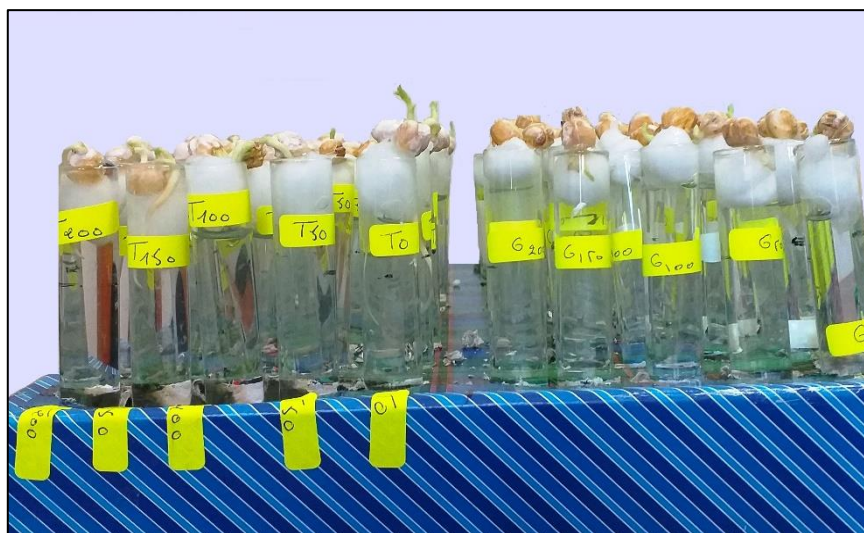


Photo 4 : Transplantation des graines germées dans des tubes à essai étiquetés.

I.4. Paramètres étudiés

De nombreux paramètres ont été étudiés pour évaluer l'adaptation des variétés (pois chiche et lentille) à la contrainte du stress salin.

I.4.1. Paramètres de germination

Les paramètres étudiés suivants ont été calculés :

a. Pourcentage final de germination (PGF)

Selon **Ouhddach et al. (2014)**, il s'agit du taux de germination au huitième jour de l'essai, déterminé par le nombre de germinations obtenues à la fin de l'expérimentation (Nf), exprimé en pourcentage du nombre de graines testées (S).

$$\text{PGF} = (\text{Nf} / \text{S}) * 100$$

b. Moyenne journalière de germination (MJG)

Selon **Osborne et al. (1993)** :

$$\text{MJG} = \text{PGF} / \text{x}^{\text{ième}} \text{ jour de l'essai}$$

Avec $\text{x}^{\text{ième}}$ jours de l'essai : jour où le nombre de germinations atteint son maximum pour chaque répétition.

c. Cinétique de germination

Il s'agit de calculer chaque jour la vitesse de germination sous les différentes concentrations de salinité. Elle est exprimée par le nombre de graines germées chaque jour.

d. Pourcentage de réduction de la germination (PRG) par rapport au témoin (0 mM NaCl)

Selon **Ouhddach, et al. (2014)**:

$$\text{PRG} = 100 * [1 - (\text{Nx} / \text{N0})]$$

Avec Nx : nombre de graines germées avec le traitement salin à x mMNaCl; N0 : nombre de graines germées chez le témoin (0 mMNaCl).

e. Indice de vigueur de la germination (IVG)

Selon **Jain et Saha (1971)** :

$$\text{IVG} = (\text{a} / 1 + \text{b} / 2 + \text{c} / 3 \dots + \text{z} / \text{n}) * 100 / \text{S}$$

Avec a, b, c, ..., z étant nombre de graines qui germent chaque jour, n'étant nombre de jours que dure l'expérience (8 jours dans notre cas); S: nombre de graines testées (20 graines dans notre cas).

f. Temps moyen de germination (TMG)

Selon **Czabator (1962)** :

$$\text{TMG} = \frac{\sum_{j=1}^8 \text{NiTi}}{\sum_{j=1}^8 \text{Ni}}$$

Avec : N_i étant le nombre de graines nouvellement germées au temps T_i ; N_{i+1} étant le nombre de graines ayant germées entre le temps T_i et T_{i+1} .

g. Coefficient de vitesse de germination (CVG)

Selon **Kotowski (1926)** :

$$CVG = 100 * (N_1 + N_2 + \dots + N_x) / (N_1 T_1 + \dots + N_x T_x)$$

Avec N : nombre de graines germées chaque jour (le 1er, le 2è jour, et ainsi de suite jusqu'au dernier jour " x ": autrement c'est le nombre de germination [N_i] comptées à T_i moins le nombre de graines germées [N_{i-1}] recensées à T_{i-1}); T : durée en jours correspondant à N .

I.4.2. Paramètres de développement des plantules (Croissance)

Dans la deuxième partie nous avons étudié les paramètres de croissance suivant :

a. Longueur des racines primaires LRP (cm)

Une mesure de longueur des racines primaires (dix jours après la transplantation) a été effectuée à l'aide d'une règle gradué.

b. Longueur des tiges LT (cm)

A l'aide d'une règle gradué nous avons mesurés la hauteur des tiges.

I.5. Traitement statistique des données

Pour démontrer l'effet des différents facteurs et leurs éventuelles interactions, une analyse de la variance (*ANOVA*) à deux facteurs (variété et salinité). Pour les paramètres où il y a une différence significative, ils ont été soumis à des comparaisons multiples de moyennes par le test de *Duncan* pour faire ressortir les groupes homogènes au seuil de 5%. Aussi, des corrélations entre les paramètres étudiés ont été faites, les corrélations sont significatives si la p value est inférieure à 0.05. Cette analyse est réalisée à l'aide du logiciel *Statistica* Version 6. Les résultats obtenus sont représentés sous forme d'histogramme grâce au logiciel *Microsoft Office Excel* 2016.

Chapitre II :
Résultats et discussion

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1 Résultats

II.1.1. Résultats de germination

II.1.1.1 Pourcentage de Germination Final (PGF)

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent qu'il y a une différence très hautement significative ($p < 0.001$) entre les doses de salinité et entre les 4 variétés étudiées (Annexe 1).

Pour le facteur dose, le PGF le plus élevé a été obtenu chez le témoin (79.16 %) et le plus faible (5.83 %) avec la dose D5 (Figure 2), Pour le facteur variété, le PGF le plus élevé a été obtenu chez la variété V4 *Tikejda* (64.33 %) et le plus faible (22.66 %) avec la variété V1 *Idlib-3** (Figure 3).

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir quatre groupes homogènes pour les doses et deux groupes chevauchants pour les variétés (Figure 2 et 3).

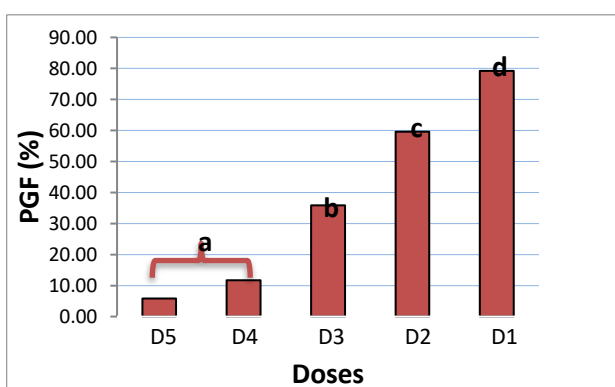


Figure 3 : Valeurs moyennes de l'effet de la dose sur le PGF.

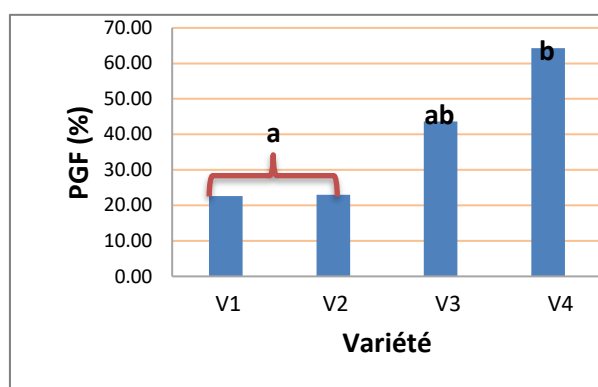


Figure 2 : Valeurs moyennes de l'effet de la variété sur le PGF.

D'autre part l'interaction doseXvariété a révélé une différence significative ($p < 0.05$). Le PGF le plus élevé a été révélé chez la D1XV4 *Tikejda*(96.66%) et le PGF le plus faible (0%) a été enregistré chez les variétés V1et V2 X doses D4 et D5 (Figure 4).

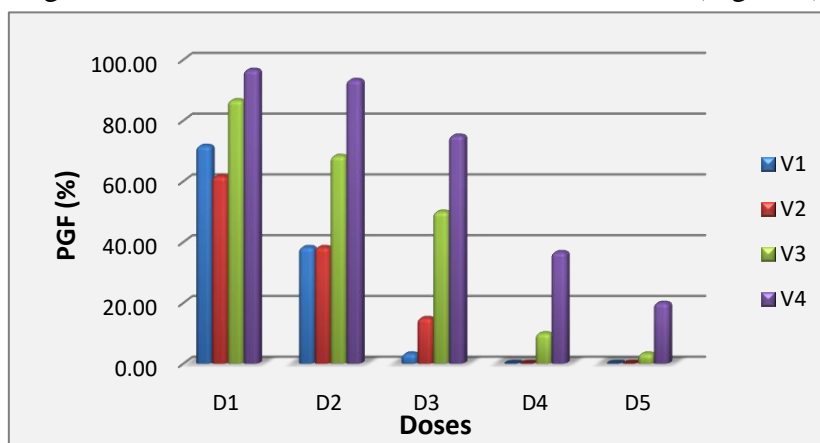


Figure 4 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété X dose sur le PGF.

Chapitre II : Résultats et discussion.

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir 7 groupes chevauchants (Annexes 2).

II.1.1.2. Moyenne Journalière de Germination (MJG)

Pour la MJG, les résultats de l'analyse de la variance indiquent qu'il y a une différence très hautement significative ($p < 0.001$) entre les doses de salinité et entre les 4 variétés étudiées (Annexe 3).

Pour le facteur dose, les moyennes journalières de germination sont toujours plus élevées chez le témoin (9.91 gr/jr) et le plus faible (0.83 gr/jr) avec la dose D5 (Figure 5), Pour le facteur variété, le MJG le plus élevé est toujours observé chez la variété V4 *Tikejda* (8 gr/jr) et le plus faible (2.86 gr/jr) avec la variété V2 *Dahra* (Figure 6).

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir quatre groupes homogènes pour les doses et deux groupes chevauchants pour les variétés (Figure 5 et 6).

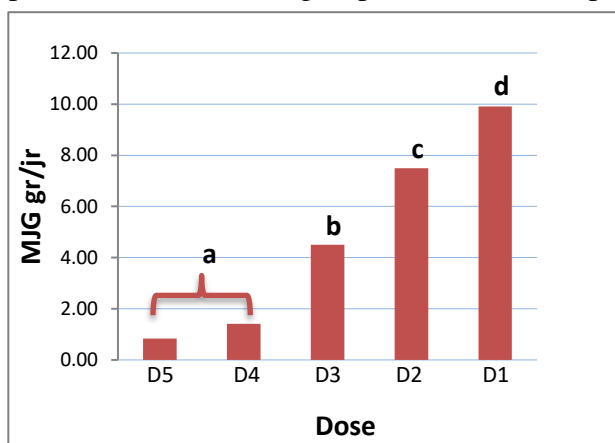


Figure 5 : Valeurs moyennes de l'effet de la dose sur le MJG.

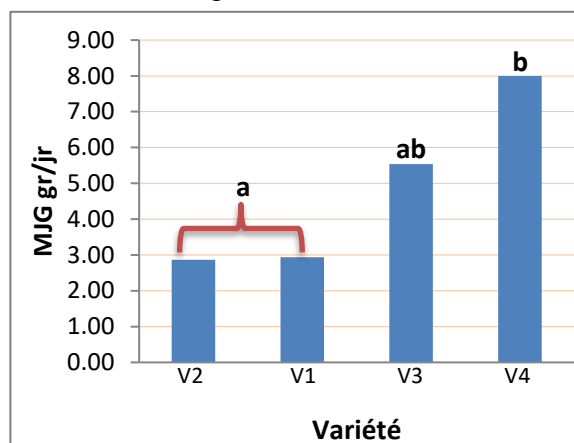


Figure 6 : Valeurs moyennes de l'effet de la variété sur le MJG.

L'interaction dose X variété a révélé une différence significative ($p < 0.05$). Donc la MJG la plus élevée a été révélée chez la dose D1XV4 *Tikejda* (12.33 gr/jr) et le MJG le plus faible (0 gr/jr) a été enregistré chez les variétés V1 et V2 X les doses D4 et D5 (Figure 7).

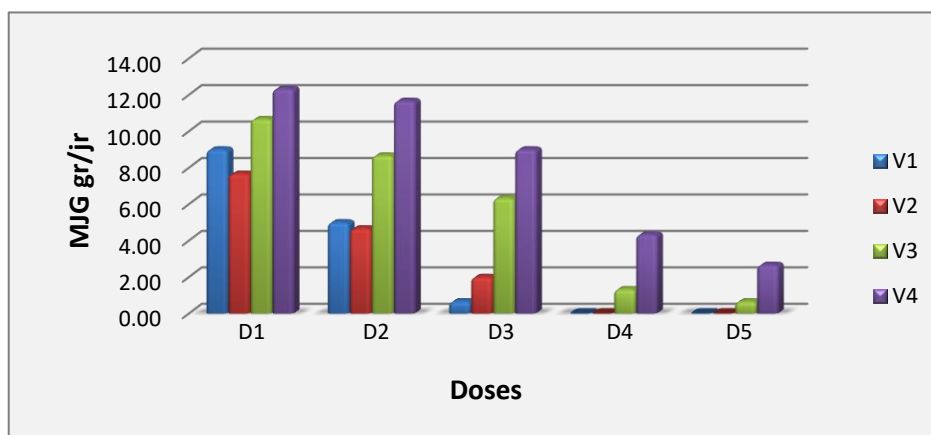


Figure 7 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété X dose sur le MJG.

Chapitre II : Résultats et discussion.

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir 8 groupes chevauchants (Annexes 4).

II.1.1.3. Cinétique de germination

Sur milieu témoin, (Figure 8), les courbes de cinétique de germination affichent trois phases : latence, accélération de façon exponentielle et enfin palier correspondant à un arrêt de germination, après avoir atteint la capacité germinative maximale (Wahbi *et al.*, 2010).

La phase de latence est très courte et ne dure que 2 jours, la phase exponentielle de germination dure 5 jours avant d'atteindre la phase stationnaire où la germination s'arrête après un maximum de germination.

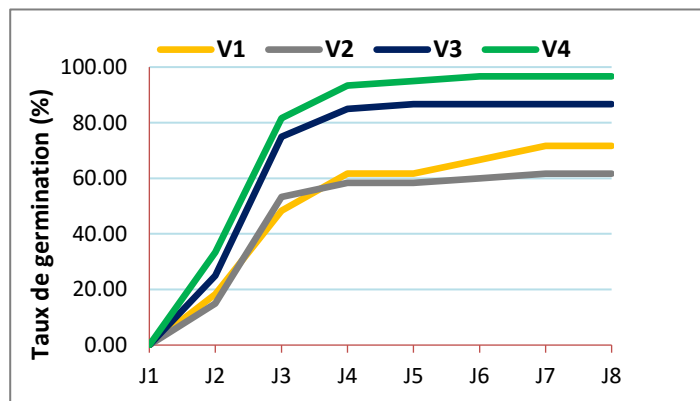


Figure 8 : Cinétique de germination chez les quatre variétés le témoin (D1 0mM NaCl).

La cinétique de la germination des graines sous l'effet moyen des concentrations croissantes de NaCl (Figure 9) décrit une forme sigmoïdale comprenant trois phases.

L'analyse de cette cinétique montre généralement une première phase de latence, due à l'imbibition des graines, une deuxième phase exponentielle où l'on assiste à une accélération de la germination et enfin une troisième phase caractérisée par un palier indiquant un arrêt de germination. Au fur et à mesure que la salinité augmente, l'allure de cette courbe est modifiée dans le sens d'un étirement, se traduisant par un retard et un ralentissement de la vitesse de germination.

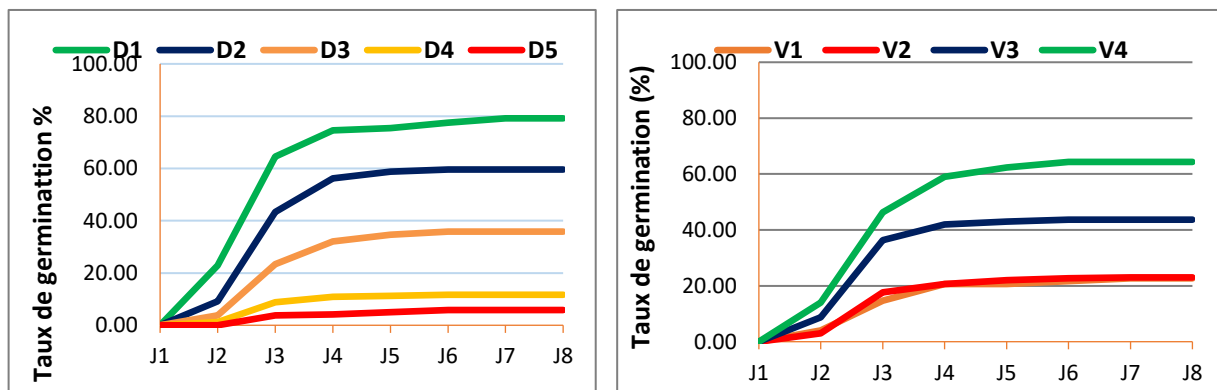


Figure 9 : Evolution de cinétique de germination 'Effet moyen' en fonction des doses (D1, D2, D3, D4 et D5), et en fonction des quatre variétés (V1, V2, V3 et V4).

Chapitre II : Résultats et discussion.

On remarque que la variété V4 *Tikejda* (64.33%) est la plus tolérante au sel et évolue plus rapidement que les autres variétés (Figure 9), alors que la variété la plus sensible est V1 *Idlib-3°* (22.67%).

II.1.1.4. Pourcentage de réduction de la germination (PRG) par rapport au Témoin

Pour le PRG les résultats de l'analyse de la variance indiquent qu'il y a une différence très hautement significative ($p < 0.001$) entre les doses de salinité et entre les 4 variétés étudiées (Annexe 5).

Pour le facteur dose, le pourcentage de réduction de la germination est plus élevé chez la dose D5 (93.75%) par rapport au témoin (Figure 10), Pour le facteur variété, le PRG le plus élevé est observé chez la variété V1 *Idlib-3°* (66.86%) et le plus faible (33.26%) avec la variété V4 *Tikejda* (Figure 11).

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir trois groupes homogènes pour les doses et deux groupes pour les variétés (Figure 10 et 11).

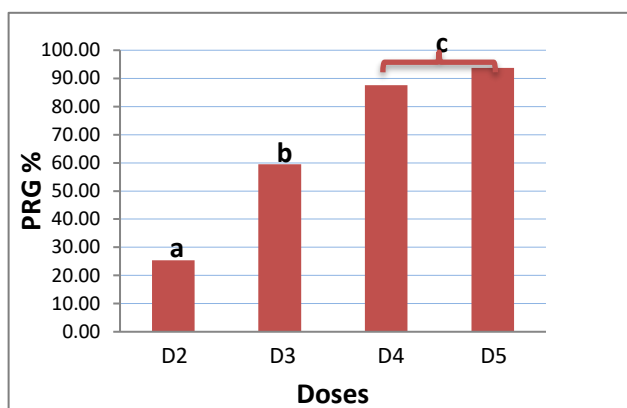


Figure 11 : Valeurs moyennes de l'effet de la dose sur le PRG.

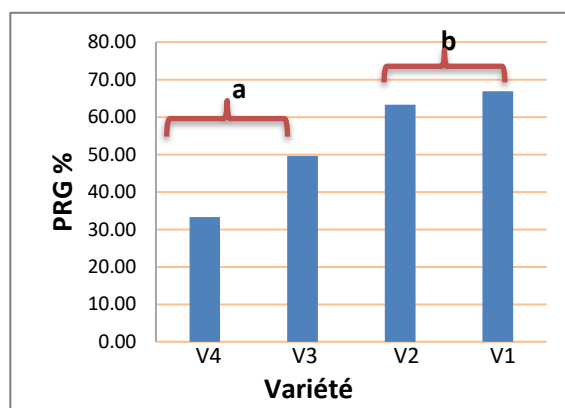


Figure 10 : Valeurs moyennes de l'effet de la variété sur le PRG.

L'interaction dose X variété a révélé une différence significative ($p < 0.05$). Donc le PRG le plus élevé a été révélé chez la D5XV1 et D5XV2 *Idlib-3°* et *Dahra* (100%) et le PRG le plus faible (3.33%) a été enregistré chez la V4XD2 (Figure 12).

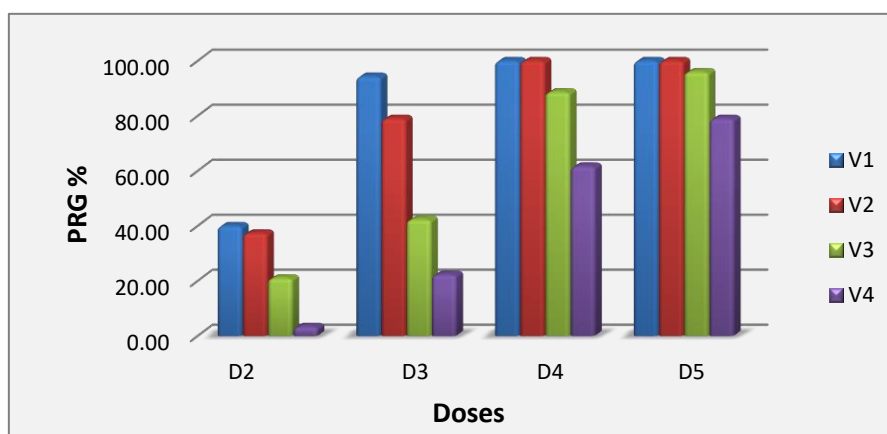


Figure 12 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété X dose sur le PRG.

Chapitre II : Résultats et discussion.

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir 7 groupes chevauchants (Annexes 6).

II.1.1.5. Indice de vigueur de la germination (IVG)

Les résultats de l'analyse de la variance pour le IVG indiquent qu'il y a une différence très hautement significative ($p < 0.001$) entre les doses de salinité et entre les 4 variétés étudiées (Annexe 7).

Pour le facteur dose, l'Indice de vigueur de la germination le plus élevé a été obtenu chez le témoin (28.66) et le plus faible (1.75) chez la dose 5D (Figure 13), Pour le facteur variété, le PGF le plus élevé a été obtenu chez la variété V4 *Tikejda* (22.06) et le plus faible (7.26) chez la variété V1 *Idlib-3** (Figure 14).

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir quatre groupes homogènes pour les doses et deux groupes chevauchants pour les variétés (Figure 13 et 14).

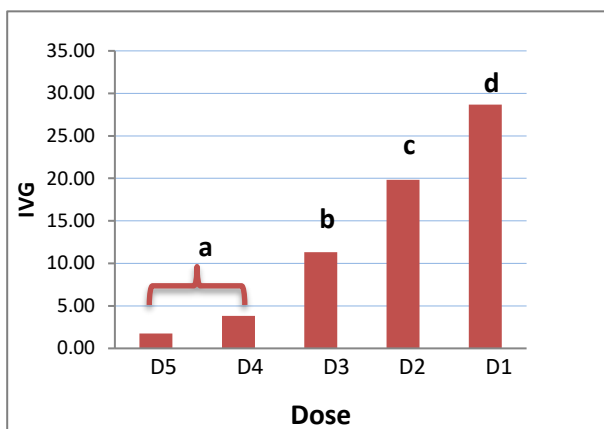


Figure 13 : Valeurs moyennes de l'effet de la dose sur le IVG.

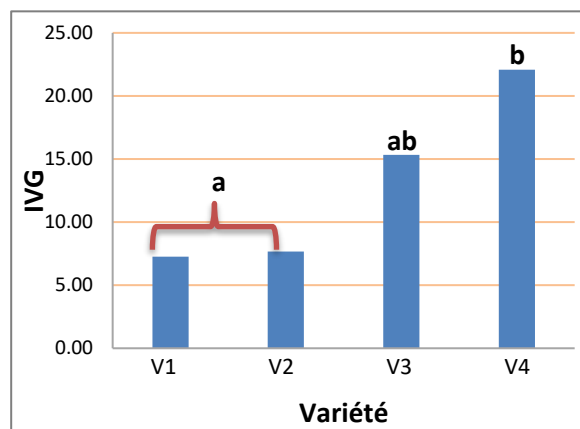


Figure 14 : Valeurs moyennes de l'effet de la variété sur le IVG.

D'autre part l'interaction dose X variété a révélé une différence significative ($p < 0.05$). Le IVG le plus élevé a été révélé chez la D1XV4 *Tikejda* (36.66) et le IVG le plus faible a été enregistré chez les variétés V1 et V2 X les doses D4 et D5 (Figure 15).

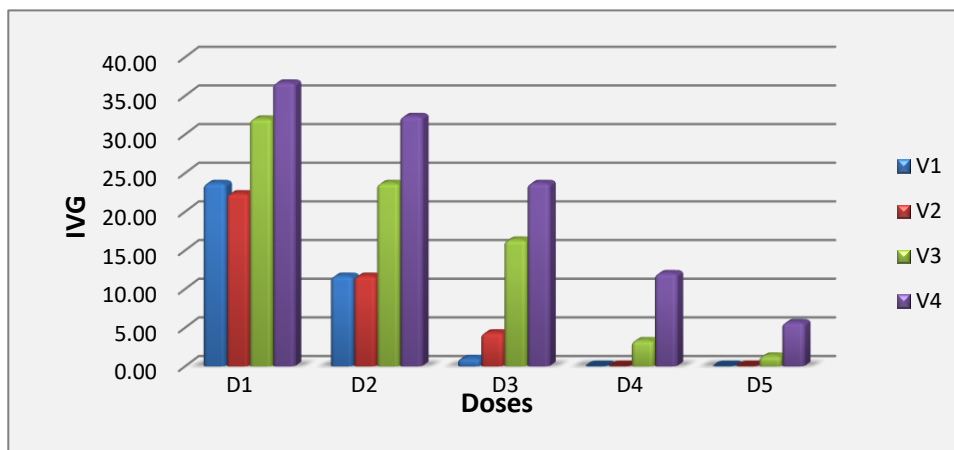


Figure 15 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété X dose sur l'IVG.

Chapitre II : Résultats et discussion.

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir 4 groupes (Annexes 8).

II.1.1.6. Temps moyen de germination (TMG)

Les résultats de l'analyse de la variance pour le TMG indiquent qu'il y a une différence très hautement significative ($p < 0.001$) entre les doses de salinité et entre les 4 variétés étudiées (Annexe 9).

Pour le facteur dose, Le temps moyen de germination le plus élevé a été obtenu chez le témoin D1 et la dose D2 (3.08 jours) et le plus faible (1.58 jours) chez la dose D5 (Figure 16), Pour le facteur variété, le TMG le plus élevé a été obtenu chez la variété V4 *Tikejda* (3.4 jours) et le plus faible (1.73 jours) chez les variétés V1 et V2 *Idlib-3** et *Dahra* (Figure 17).

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir deux groupes chevauchants pour les doses et deux groupes homogènes pour les variétés (Figure 16 et 17).

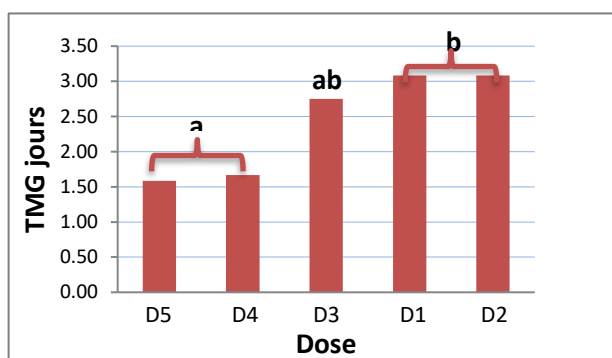


Figure 16 : Valeurs moyennes de l'effet de la dose sur le TMG.

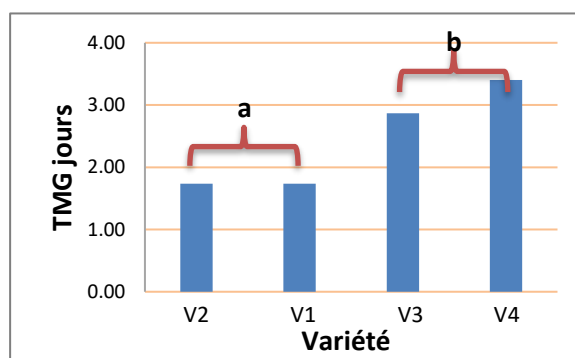


Figure 17 : Valeurs moyennes de l'effet de la variété sur le TMG.

L'interaction dose X variété a révélé une différence significative ($p < 0.05$). Le TMG le plus élevé a été révélé chez la D5XV4 *Tikejda* (4.33 jours) et le IVG le plus faible a été enregistré chez les variétés V1 et V2 X les doses D4 et D5 (Figure 18).

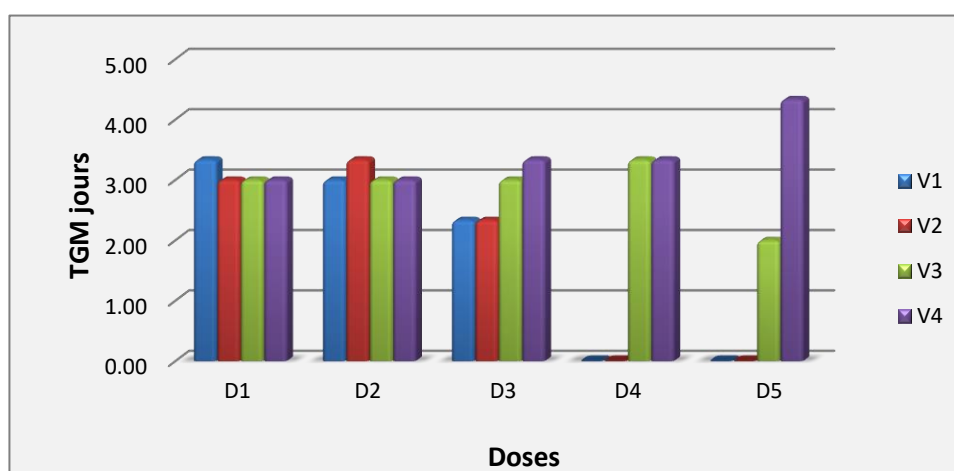


Figure 18 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété X dose sur le TMG.

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir 3 groupes (Annexes 10).

Chapitre II : Résultats et discussion.

II.1.1.7. Coefficient de vitesse de germination (CVG)

Les résultats de l'analyse de la variance pour le CVG indiquent qu'il y a une différence très hautement significative ($p < 0.001$) entre les doses de salinité et entre les 4 variétés étudiées (Annexe 11).

Pour le facteur dose, Le coefficient de vitesse de germination le plus élevé a été obtenu chez le témoin (33.16) et le plus faible (11.50) chez la dose D5 (Figure 19), Pour le facteur variété, le CVG le plus élevé a été obtenu chez la variété V3 *Ghab 05* (30.46) et le plus faible (15.86) avec la variété V1 *Idlib-3** (Figure 20).

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir deux groupes pour les doses et deux groupes homogènes pour les variétés (Figure 19 et 20).

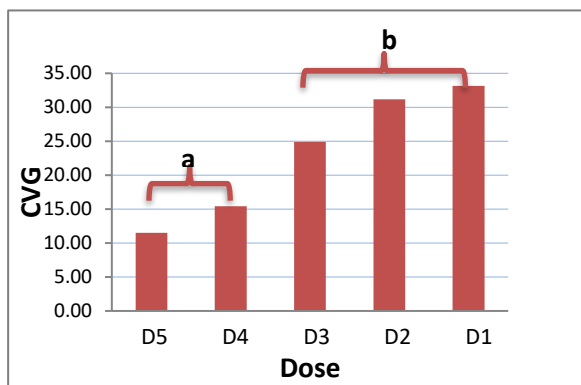


Figure 19 : Valeurs moyennes de l'effet de la dose sur le CVG.

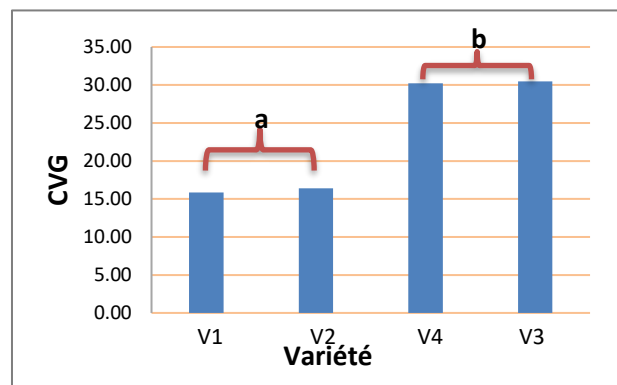


Figure 20 : Valeurs moyennes de l'effet de la variété sur le CVG.

L'interaction dose X variété a révélé une différence significative ($p < 0.05$). Le CVG le plus élevé a été révélé chez les variétés V3 et V4 (*Ghab 05* et *Tikejda*) combinées avec la dose D1 (35) et le IVG le plus faible a été enregistré chez les variétés V1 et V2 X les doses D4 et D5 (Figure 21).

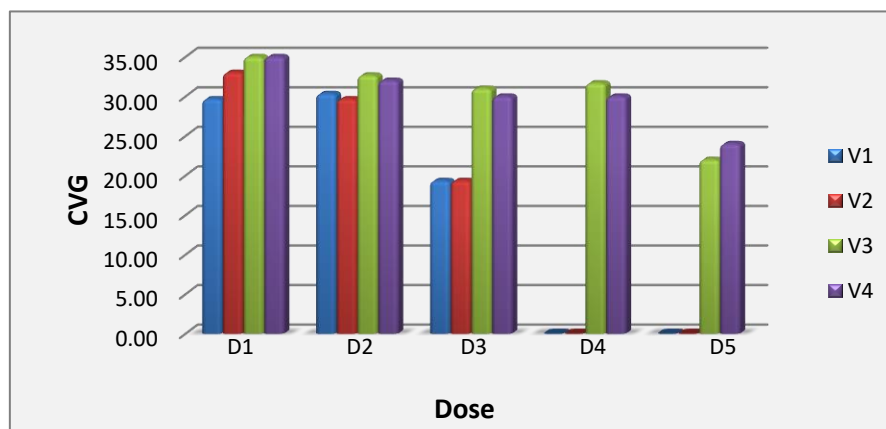


Figure 21 : Valeurs moyennes de l'effet des interactions variété X dose sur le CVG.

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir 3 groupes (Annexes 12).

Chapitre II : Résultats et discussion.

II.1.2. Résultats de croissance

II.1.2.1. Longueur des racines primaires LRP (cm)

Dans la deuxième partie de notre expérience nous avons étudié les paramètres de croissance, les résultats de l'analyse de la variance pour la longueur des racines primaires LRP indiquent qu'il y a une différence très hautement significative ($p < 0.001$) entre les doses de salinité et entre les 4 variétés étudiées (Annexe 13).

Pour le facteur dose, la longueur des racines primaires le plus élevé a été obtenu chez le témoin (8.56 cm) et le plus faible avec la dose D3 (1.06 cm) (Figure 22), Pour le facteur variété, le LRP le plus élevé a été obtenu chez la variété V4 *Tikejda* (4.42 cm) et le plus faible (1.82 cm) avec la variété V1 *Idlib-3** (Figure 23).

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir deux groupes pour les doses et trois groupes pour les variétés (Figure 22 et 23).

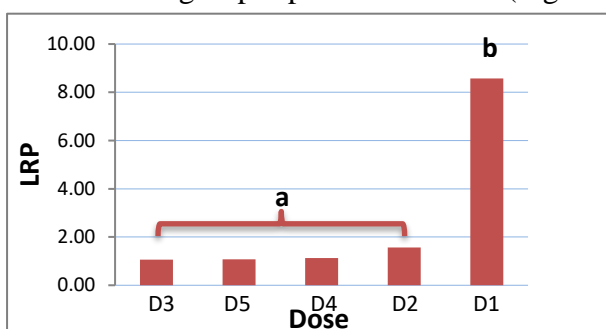


Figure 22 : Valeurs moyennes de l'effet de la dose sur la LRP.

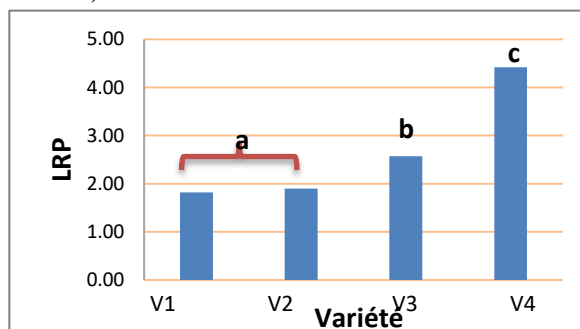


Figure 23 : Valeurs moyennes de l'effet de la variété sur la LRP.

II.1.2.2. Longueur des tiges LT (cm)

Les résultats de l'analyse de la variance pour la longueur des tiges indiquent qu'il y a une différence significative ($p < 0.05$) entre les doses de salinité et entre les 4 variétés étudiées (Annexe 14).

Pour le facteur dose, La LT le plus élevé a été obtenu chez le témoin (14.15 cm) et le plus faible chez les doses D4 et D5 (0 cm) (Figure 24), Pour le facteur variété, le LT le plus élevé a été obtenu chez la variété V4 *Tikejda* (3.71 cm) et le plus faible (2.64 cm) avec la variété V2 *Dahra* (Figure 25).

Les résultats de l'analyse par le test Duncan a fait ressortir trois groupes pour les doses et deux groupes pour les variétés (Figure 24 et 25).

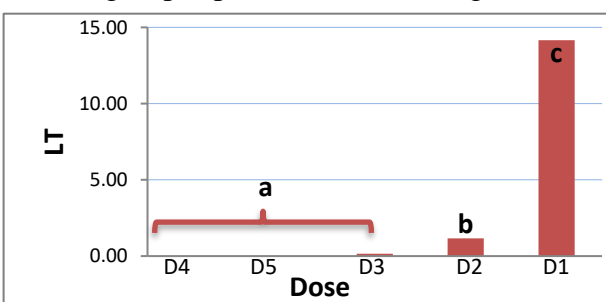


Figure 24 : Valeurs moyennes de l'effet de la Dose sur le LRP.

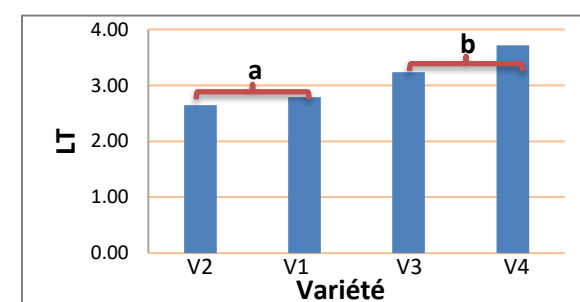


Figure 25 : Valeurs moyennes de l'effet de la Variété sur la LT.

Chapitre II : Résultats et discussion.

II.1.3. Le coefficient de corrélation inter-caractères

Tableau III : Corrélation entre les variables de germination étudiés.

	PGF	MJG	PRG	IVG	TMG	CVG
PGF	1,0000 p= ---	,9982 p=0,00	-,9549 p=0,00	,9919 p=0,00	,5342 p=,000	,6881 p=,000
MJG	,9982 p=0,00	1,0000 p= ---	-,9513 p=0,00	,9914 p=0,00	,5426 p=,000	,6983 p=,000
PRG	-,9549 p=0,00	-,9513 p=0,00	1,0000 p= ---	-,9428 p=0,00	-,5572 p=,000	-,7093 p=,000
IVG	,9919 p=0,00	,9914 p=0,00	-,9428 p=0,00	1,0000 p= ---	,4937 p=,000	,6794 p=,000
TMG	,5342 p=,000	,5426 p=,000	-,5572 p=,000	,4937 p=,000	1,0000 p= ---	,8836 p=0,00
CVG	,6881 p=,000	,6983 p=,000	-,7093 p=,000	,6794 p=,000	,8836 p=0,00	1,0000 p= ---

Des corrélations entre paramètres ont été analysées. D'après le tableau ci-dessus, il existe des corrélations positives citant :

Le pourcentage de germination final (PGF) est fortement corrélé avec le MJG, IVG, TMG et CVG.

Il y a d'autres corrélations négatives, le pourcentage de réduction de la germination (PRG) est fortement et négativement corrélé avec les autres paramètres étudiés.

II.2 Discussion

Les résultats des effets de la salinité sur la cinétique et le taux de germination final viennent confirmer les effets relevés, à travers des études antérieures, exercés par la salinité sur le processus de germination chez plusieurs espèces de légumineuses. **Okçu et al. (2005)** ont démontré que l'application de différents niveaux de NaCl induit une réduction significative du taux de germination final chez les cultivars de petit pois. Des résultats comparables ont été observés chez différentes variétés de haricot (**Kaymakanova et al., 2009** et **Cokkizgin et al., 2012**), de pois chiche (**Hajlaoui et al., 2007**), de lentille (**Abd El-Monem et al., 2008**) et d'autres légumineuses fourragères (**Nichols et al., 2009** et **Wu et al., 2011**).

L'effet de NaCl sur le comportement germinatif de la lentille et le pois chiche se traduit par une augmentation du temps de latence et une diminution de la vitesse et du taux de germination. Ceci concorde avec les résultats de l'étude de **Amouri et Fyad Lameche (2011)** portée sur six écotypes d'espèces annuelles de *Medicago* et qui ont noté un ralentissement du processus de germination en fonction du stress salin et de l'écotype de chaque espèce.

Les résultats de l'étude de la cinétique de germination montre qu'une concentration croissante en sel engendre un retard de la germination. D'après **Ben Miled et al. (1986)**, ce retard peut être expliqué par le temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne. Alors que **Ghrib et al. (2011)** ont expliqué que ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine.

Les résultats de l'effet de la salinité sur le taux de germination journalière et le temps moyen de germination sont comparables à ceux rapportés par d'autres auteurs ayant travaillé sur d'autres légumineuses. En effet, ils ont affirmé que le stress salin augmente le temps moyen de germination. Les travaux de **Bayuelo Jiménez et al. (2002)** sur *Phaseolus* et ceux d'**Okçu et al. (2005)** sur des cultivars de petits pois, ont démontré que le temps moyen de germination des graines a augmenté avec l'ajout de NaCl et cette augmentation a été d'autant plus importante que la concentration en sel est élevée. Cependant, **Cokkizgin (2012)** a trouvé que tous les paramètres de germination examinés chez le haricot diminuent significativement avec l'augmentation de la concentration en NaCl sauf le temps moyen de germination qui reste comparable à celui du témoin. La présence du chlorure de sodium se répercute négativement sur les moyennes de germination journalière des différents génotypes de petit pois (**Hajlaoui et al., 2007**).

Chapitre II : Résultats et discussion.

La variation des capacités germinatives associées au temps moyen et au taux moyen de germination des graines permettent de bien discriminer les espèces quant à leur tolérance et (ou) sensibilité au sel au cours de la germination (**Ghrib et al., 2011**).

La salinité peut se manifester par deux effets : osmotique qui est réversible et/ou toxique qui est irréversible. La présence de doses élevées en NaCl entraîne la diminution du potentiel osmotique du milieu, cela peut retarder ou empêcher l'absorption de l'eau nécessaire pour la germination (**Mirmazloum et al., 2010**). Aussi une forte concentration en NaCl peut entraîner l'accumulation des ions de Na⁺ et Cl⁻ dans l'embryon, et contribue ainsi à l'altération des processus métaboliques de la germination voir même à la mort de l'embryon par excès d'ions (**Hajlaoui et al., 2007**).

Dans notre étude, on a observé, d'une part que la germination et la croissance en longueur des plantules diminuent avec l'augmentation de l'intensité du stress salin à ce que plusieurs auteurs ont remarqué chez le petit pois (**Okçu et al., 2005**), chez la fève (**Abdul et al., 2011**) et chez les céréales (**Atak et al., 2006**).

D'autre part, selon les résultats obtenus de la longueur des racines primaires, une forte relation négative est établie entre le volume du système racinaire et l'intensité du stress appliqué. Cette réduction du volume reflète l'inhibition de la croissance due au manque d'eau et une faible ramification du système racinaire.

Les mêmes résultats sont énoncés par **Brun (1980)**, qui constate que l'excès de sel dans la rhizosphère conduit à la formation des plantes de courtes tailles voire des plantes naines.

Le stress appliqué a provoqué une diminution de la longueur de tige et la longueur de racine, d'autre part le stress salin influe négativement sur la matière sèche et fraîche, aérienne et racinaire. En effet, les plantes témoins présentent des matières sèches et fraîches, racinaires et aériennes plus élevées que les plantes stressées (**Teggar, 2015**).

Ces résultats sont confirmés et concordent avec ceux de **Chartzoulakis et Klapaki, (2000)**, qui ont montré que le stress salin conduit à la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, des tiges et des racines.

Conclusion

Conclusion

La diversité des effets du sel sur les plantes offre une gamme importante de critères physiologiques et biochimiques qui peuvent être à la base de tests rapides pour une sélection à grande échelle. Par ailleurs, la résistance au sel constitue un caractère polygénique qui peut être contrôlé à différents niveaux d'organisation, de la cellule à la plante entière.

L'évaluation des mécanismes de résistance et de tolérance des plantes à la salinité est d'une grande importance pour fournir des informations sur les espèces végétales afin de les exploiter en production végétale.

Nous avons mené une étude expérimentale sur quatre variétés de légumineuses, deux variétés de lentilles et deux variétés de pois chiche, afin de mettre en évidence la réponse de ces variétés à différentes concentrations de salinité (NaCl : 0, 50, 100, 150 et 200mM).

Globalement, nos résultats montrent un effet dépressif du sel sur la germination des graines et un effet variable sur les différents paramètres étudiés.

L'effet moyen de variété indique que les variétés de pois chiche étudiés ont montré le taux de germination le plus élevé, alors que les variétés de lentilles expriment les plus faibles résultats.

Donc la disposition de ces espèces selon le pourcentage de germination était la suivante : **Tikejda (96.67%) > Ghab 05 (86.67%) >> Idlib-3° (71.67%) > Dahra (61.7%)**, et en conséquence, les deux variétés de pois chiche ont montré une supériorité remarquable dans la plupart des paramètres étudiés.

Il est remarqué qu'il faut approfondir les travaux et développer d'autres approches, et étudier d'autres paramètres aux différents stades de croissance des plantes pour bien comprendre la réponse de ces variétés.

L'étude d'effet de la salinité sur d'autres variétés provenant d'autres régions permettra de mieux évaluer la tolérance de cette culture à la salinité et de les intégrer dans les programmes d'amélioration de ces espèces.

Conclusion.

Une bonne connaissance du comportement du pois chiche et lentille et leurs mécanismes d'adaptation au stress salin pourra exploiter cette culture en Algérie et diminuer les coûts de l'importation de ces produits alimentaires essentiels.

Les résultats auxquels nous nous sommes parvenu demeurent parcellaires mais contribuent à l'enrichissement des travaux visant à créer un matériel végétal à capacité de tolérance au stress salin plus prononcé.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abd El Monem, M. & Sharaf. 2008.** Tolerance of Five Genotypes of Lentil to NaCl-Salinity Stress. *Science Journal*, 1:70-80.
- **Abdul Qados & Amira M. S. 2011.** Effect of Salt Stress on Plant Growth and Metabolism of Bean Plant (*Vicia faba* L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10:7-15.
- **Amouri A.A. & Fyad Lameche F. Z. 2011.** La selection au stade gametophytique pour l'amélioration des plantes. Editions Universitaires Européennes, 93 p.
- **Ashraf M. & A. Waheed. 1990.** Screening of local/exotic accessions of lentil (*Lensculinaris*) for salt tolerance at two growth stages. *Plant and Soil*, 128:167-176.
- **Atak M., Kaya M. D., Kaya G., Çikili Y. & Ciftci C. Y. 2006.** Effects of NaCl on the Germination, Seedling Growth and Water Uptake of Triticale. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(1):39-47.
- **Bayuelo-Jiménez J. S., Craig R. & Lynch J. P. 2002.** Salinity Tolerance of Phaseolus Species during Germination and Early Seedling Growth, *Crop Science*, 42(5):1584-1594.
- **Ben Miled D., Bousaid M. & Adblkeffi A. 1986.** Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre *Medicago* au cours de la germination. Séminaire international sur les végétaux en milieu aride, 8 au 10 septembre, Jerba, Tunisie, 586-593.
- **Benoufella-Kitous K., Medjdoub-Bensaad F. & KHELOUL L. 2019.** Diversité des pucerons des légumineuses alimentaires dans la région de Tizi-Ouzou. *Entomologie faunistique*, 72: 5-12.
- **Boulghalagh J, Berrichi A, El Halouani H & Boukroute A., 2006.** Effet des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (*Simmondsia chinensis* [link] schneider). Recueil des résumés. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole, Settat, Maroc, 24 p.
- **Brun A. 1980.** Effets compares de différence de concentrations de NaCl sur germination, d'Algérie. These de doctorat 3eme cycle, Montpellier.
- **Calvet R. 2003.** Le sol, Propriétés et Fonctions. Phénomènes Physiques et Chimiques Applications Agronomiques et Environnementales, Tome 2, Édition France Agricole, Paris, France, 511 p.
- **Chartzoulakis K. & Klapaki G. 2000.** Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, 86:247-260.
- **Choukr-Allah R. 1996.** The potential of halophytes in the development and rehabilitation of arid and semi-arid zones. In: Choukr-Allah R, Malcolm CV, Hamdy A (eds) *Halophytes and biosaline agriculture*. Marcel Dekker, New York, 3-13.
- **Cokkizgin A. 2012.** Salinity Stress in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seed Germination. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(1):177-182.

Références bibliographiques.

- **Coons J. M., Kuehi R. O. & Simons N. R. 1990.** Tolerance of ten lactuca cultivar to high temperature-combined with NaCl during germination. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 115:1004-1007.
- **Cuartero J., Bolarin M. C., Asins M. J. & Moreno V. 2006.** Increasing salt tolerance in tomato. *Journal of Experimental Botany*, 57:1045-1058.
- **Czabator F. J. 1962.** Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science*, 8:386-396.
- **Debez A., Ben Hamed K., Grignon C. & Abdelly C. 2004.** Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cacile maritima*. *Plant and Soil*, 262:179–189.
- **Demir I. & S. Ermis. 2003.** Effect of controlled hydration treatment on germination and seedling growth under salt stress during development in tomato seeds. *European Journal of Horticultural Science*, 68-53-58.
- **Durand J.H, 1983.** Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et technique. Presses Universitaires France, 190 p.
- **Flowers T. J. & Hajibagheri M. A. 2001.** Salinity tolerance in *Hordeum vulgare*: ion concentrations in root cells of cultivars differing in salt tolerance. *Plant and Soil*, 231:1-9.
- **Foolad M. R. 2004.** Recent advances in genetics of salt tolerance in tomato. *Plant Cell Tissue and Organ culture*, 76:101-119.
- **Ghrib C., Gharbi F., Kchaou R., Rejeb S., Khouja M. L. & Rejeb M. N. 2011.** Réponse de trois espèces d'eucalyptus à la salinité (*Eu. sargentii*, *Eu. gomphocephala* et *Eu. astringens*). *European Journal of Scientific Research*, 53:56-66.
- **Greenway H. & Munns R. 1980.** Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31:149-190.
- **Hajlaoui H. & Denden M. & Bouzlama M. 2007.** Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*, 25:168-173.
- **Jain N. K. & Saha J. R. 1971.** Effect of storage length on seed germination in jute (*Corchorus* spp.). *Agronomy Journal*, 63:636-638.
- **Jordan G. L. & Haferkamp M. R. 1989.** Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs. *Journal of Range Management*, 42:41-45.
- **Kaymakanova M. 2009.** Effect of Salinity on Germination and Seed Physiology in Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Biotechnology \& Biotechnological Equipment*, 23: 326-329.
- **Khajeh-Hosseini M., Powell A.A. & Bingham I.J. 2003.** The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. *Seed Science and Technology*, 31:715-725.

Références bibliographiques.

- **Kheloufi, A. & Mansouri, L. 2017.** Effect of sulphuric acid on the germination of a forage tree *Acacia nilotica* (L.) subsp tomentosa. *Livestock Research for Rural Development*, 29(2).
- **Kotowski F. 1926.** Temperature relations to germination of vegetable seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 23:176-184.
- **Leopold A. C. & Willing R. P. 1984.** Evidence of toxicity effects of salt on membranes. In: *Salinity Tolerance in Plants*, (eds. R.C. Staples and G.H. Toenniessen), John Wiley and Sons, New York, 67-76.
- **Lubbers S., Oliete B., Philippe C., Vernoud V., Thompson R., Duc G. & Saurel R. 2018.** Effet de la variété sur les teneurs en métabolites secondaires dans des farines de pois. RFL2, La 2^{ème} Rencontres Francophones sur les Légumineuses aura lieu les 17&18 octobre 2018 à Toulouse (France), 317 p.
- **Maillard J., 2001.** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. *Handicap International*, 34 p
- **Mermoud A, 2006.** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de lausanne, 23 p.
- **Mirmazloum S.I., Szabo K., PoorKalhor V. & Németh E. 2010.** Effects of different levels of NaCl and CaCl₂ on seed germination characteristics of *Melissa officinalis* L. and *Ocimum basilicum* L.. *International Journal of Horticultural Science*, 16:21-25.
- **Nichols P. G. H., Malik A. I., Stockdale M. & Colmer T. D. 2009.** Salt tolerance and avoidance mechanisms at germination of annual pasture legumes: importance for adaptation to saline environments. *Plant and Soil*, 315:241-255.
- **Okçu G., Kaya M. D. & Atak M. 2005.** Effects of Salt and Drought Stresses on Germination and Seedling Growth of Pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish journal of agriculture and forestry*, 29:237-242.
- **Osborne J. M., Fox J. E. D. & Mercer S. 1993.** Germination response under elevated salinities of six semi-arid blue bush species (Western Australia). In: Lieth H. & Al Masoom A. (Eds), *Towards the Rational Use of High Salinity Plants*, 1:323-338.
- **Ouhddach M., Mouhssine F., Hmouni D., Houda E., Zidane L., Douaik A. & Rochdi A. 2014.** Effet du Chlorure de Sodium (NaCl) sur les Paramètres de Germination du blé Tendre (*Triticumaestivum* L.). *European Journal of Scientific Research*, 127:298-310.
- **Ouji A., El-Bok S., Mouelhi M., Younes M. B. & Kharrat M. 2015.** Effect of salinity stress on germination of five Tunisian lentil (*Lens Culinaris* L.) genotypes. *European Scientific Journal*, 11:63-75.
- **Robert M., 1996.** Le sol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Edition Elsevier Masson, Paris, 244 p
- **Smykal P., Coyne C., Ambrose M., Maxted N., Schaefer H., Blair M., Berger J., Greene S., Nelson M., Besharat N., Vymyslický T., Toker C., Saxena R.,**

Références bibliographiques.

- Roorkiwal M., Pandey M., Hu J., Li Y., Wang L., Guo Y. & Varshney R. 2014.** Legume Crops Phylogeny and Genetic Diversity for Science and Breeding. Critical Reviews, Plant Sciences, 33:43-104.
- **Teggar N. (2015).** Etude des effets du stress salin sur la nodulation et sur quelque paramètres biochimiques et morphologiques de la lentille (*Lens culinaris L.*). Mémoire de Magistère, Univ Oran1 Es-Senia. 63 p.
 - **Wahbi J., Lamia H., Naoufel S. & Mohamed L. K. 2010.** Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement/Biotechnology, Agronomy, Society and Environment, 14(4):643-652.
 - **Wu C., Wang Q., Xie B., Wang Z., Cui J. & Hu T. 2011.** Effects of drought and salt stress on seed germination of three leguminous species. African Journal of Biotechnology, 10(78):17954-17961.

Annexe 7 : Résultats ANOVA des Erreurs Synthétisées : IVG (Données La première partie) dl de l'Erreur calculés par la méthode *Satterthwaite*

	Effet	dl	MC	dl	MC	F	p
{1} variété	*Fixe	3	744.683	6.00000	7.21667	103.1894	0.000015
{2} dose	*Fixe	4	1516.417	8.00000	3.05417	496.5075	0.000000
{3} bloc	Aléat.	2	34.617				
1*2	Fixe	12	37.683	24.00000	12.32083	3.0585	0.009522
1*3	Aléat.	6	7.217	24.00000	12.32083	0.5857	0.738255
2*3	Aléat.	8	3.054	24.00000	12.32083	0.2479	0.976604
1*2*3	Aléat.	24	12.321				

Annexe 8 : Les résultats de l'analyse par le test *Duncan* interactions IVG

	Variété	Dose	IVG	1	2	3	4
10	2	5	0.00000	****			
5	1	5	0.00000	****			
4	1	4	0.00000	****			
9	2	4	0.00000	****			
3	1	3	1.00000	****			
15	3	5	1.33333	****			
14	3	4	3.33333	****			
8	2	3	4.33333	****			
20	4	5	5.66667	****			
2	1	2	11.66667		****		
7	2	2	11.66667		****		
19	4	4	12.00000		****		
13	3	3	16.33333		****		
6	2	1	22.33333			****	
12	3	2	23.66667			****	
1	1	1	23.66667			****	
18	4	3	23.66667			****	
11	3	1	32.00000				****
17	4	2	32.33333				****
16	4	1	36.66667				****

Annexe 9 : Résultats ANOVA des Erreurs Synthétisées : TMG (Données La première partie) dl de l'Erreur calculés par la méthode *Satterthwaite*

	Effet	dl	MC	dl	MC	F	p
{1} variété	*Fixe	3	10.51111	6.00000	0.594444	17.68224	0.002206
{2} dose	*Fixe	4	6.76667	8.00000	0.541667	12.49231	0.001613
{3} bloc	Aléat.	2	0.41667	1.08131	0.361111	1.15385	0.539224
1*2	Fixe	12	3.56667	24.00000	0.775000	4.60215	0.000724
1*3	Aléat.	6	0.59444	24.00000	0.775000	0.76703	0.603079
2*3	Aléat.	8	0.54167	24.00000	0.775000	0.69892	0.689246
1*2*3	Aléat.	24	0.77500				

Annexe 10 : Les résultats de l'analyse par le test *Duncan* interactions TMG

	Variété	Dose	TMG	1	2	3
10	2	5	0.000000	****		
5	1	5	0.000000	****		
4	1	4	0.000000	****		
9	2	4	0.000000	****		
15	3	5	2.000000		****	
8	2	3	2.333333		****	
3	1	3	2.333333		****	
11	3	1	3.000000		****	****
2	1	2	3.000000		****	****
6	2	1	3.000000		****	****
16	4	1	3.000000		****	****
12	3	2	3.000000		****	****
13	3	3	3.000000		****	****
17	4	2	3.000000		****	****
7	2	2	3.333333		****	****
1	1	1	3.333333		****	****
14	3	4	3.333333		****	****
18	4	3	3.333333		****	****
19	4	4	3.333333		****	****
20	4	5	4.333333			****

Annexe 11 : Résultats ANOVA des Erreurs Synthétisées : CVG (Données La première partie) dl de l'Erreur calculés par la méthode *Satterthwaite*

	Effet	dl	MC	dl	MC	F	p
{1} variété	*Fixe	3	1009.089	6.00000	67.88889	14.86383	0.003483
{2} dose	*Fixe	4	1089.642	8.00000	31.34167	34.76655	0.000042
{3} bloc	Aléat.	2	48.467	1.95705	44.57778	1.08724	0.481349
1*2	Fixe	12	156.019	24.00000	54.65278	2.85474	0.013846
1*3	Aléat.	6	67.889	24.00000	54.65278	1.24219	0.320341
2*3	Aléat.	8	31.342	24.00000	54.65278	0.57347	0.789204
1*2*3	Aléat.	24	54.653				

Annexe 12 : Les résultats de l'analyse par le test *Duncan* interactions CVG

	Variété	Dose	CVG	1	2	3
9	2	4	0.00000	****		
5	1	5	0.00000	****		
4	1	4	0.00000	****		
10	2	5	0.00000	****		
8	2	3	19.33333		****	
3	1	3	19.33333		****	
15	3	5	22.00000		****	****
20	4	5	24.00000		****	****
1	1	1	29.66667		****	****
7	2	2	29.66667		****	****
18	4	3	30.00000		****	****
19	4	4	30.00000		****	****
2	1	2	30.33333		****	****
13	3	3	31.00000		****	****
14	3	4	31.66667		****	****
17	4	2	32.00000		****	****
12	3	2	32.66667		****	****
6	2	1	33.00000		****	****
16	4	1	35.00000			****
11	3	1	35.00000			****

Annexes.

Annexe 13 : Résultats ANOVA des Erreurs Synthétisées : RLP (Données deuxième partie) dl de l'Erreur calculés par la méthode *Satterthwaite*.

	Effet	dl	MC	dl	MC	F	p
{1} variété	Fixe	3	73.1279	180	1.285550	56.8845	0.000000
{2} dose	Fixe	4	435.0909	180	1.285550	338.4473	0.000000
1*2	Fixe	12	2.2700	180	1.285550	1.7657	0.056886

Annexe 14 : Résultats ANOVA des Erreurs Synthétisées : LT (Données deuxième partie) dl de l'Erreur calculés par la méthode *Satterthwaite*.

	Effet	dl	MC	dl	MC	F	p
{1} variété	Fixe	3	11.701	180	3.297844	3.5481	0.015670
{2} dose	Fixe	4	1538.664	180	3.297844	466.5666	0.000000
1*2	Fixe	12	8.711	180	3.297844	2.6413	0.002803

Résumé

Cette étude a été réalisée en conditions de laboratoire à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers - Université de Bordj Bou Arreridj, au cours de l'année 2021, afin d'étudier l'effet de la salinité sur la germination des graines et la croissance des plantules de variétés de la famille des légumineuses (lentilles, pois chiches) sous l'influence de quatre concentrations croissantes de NaCl (50 mM, 100 mM, 150 mM et 200 mM), par rapport au témoin (l'eau distillée, 0 mM NaCl).

Les résultats obtenus ont montré que l'effet du stress salin sur la germination et la croissance des variétés étudiées était différent, la variété *Tikejda* a obtenu une supériorité dans la plupart des paramètres de germination étudiés, suivi par la variété *Ghab 05* et en dernier lieu les deux variétés de lentille *Idlib-3°* et *Dahra*, même constat dans la deuxième partie de l'expérimentation, il a toujours une supériorité de la variété *Tikejda*, qui a obtenu la meilleure longueur de racine et la plus longue tige, tandis que les autres variétés ont présenté des réponses variables selon les doses de stress.

Mots clé : lentille, pois chiche, stress salin, germination, Croissance, NaCl.

Abstract

This study was carried out under laboratory conditions at the Faculty of Natural and Life Sciences and Earth and Universe Sciences - University of Bordj Bou Arreridj, during the year 2021, in order to study the effect of salinity on seed germination and seedling growth of varieties of the legume family (lentils, chickpeas) under the influence of four increasing concentrations of NaCl (50 mM, 100 mM, 150 mM and 200 mM), relative to the control (distilled water, 0 mM NaCl).

The results obtained showed that the effect of salt stress on germination and growth of the varieties studied was different, the variety *Tikejda* obtained a superiority in most of the germination parameters studied, followed by the variety *Ghab 05* and lastly the two varieties of lens *Idlib-3°* and *Dahra*, same observation in the second part of the experiment, it still has a superiority of the variety *Tikejda*, which obtained the best root length and the longest stem, while the other varieties exhibited varying responses depending on the stress doses.

Keywords: lentil, chickpea, salt stress, germination, Growth, NaCl.

ملخص

تمت هذه الدراسة تحت ظروف مخبرية بكلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون- جامعة برج بوعريبيج، خلال سنة 2021 بهدف دراسة تأثير الملوحة على إنبات البذور ونمو النبات لدى أصناف من العائلة البقولية (عدس، حمص) تحت تأثير أربع تراكيز متزايدة من NaCl (50 mM, 100 mM, 150mM et) (200mM)، بالمقارنة مع الشاهد، ماء مقطر (0mM NaCl).

بينت النتائج المتحصل عليها أن تأثير الإجهاد الملحي على إنبات ونمو الأنواع المدروسة كان متفاوتا، حيث سجل الصنف *Tikejda* تفوقا في جل معايير الإنبات المدروسة، متبوعا بالصنف *Ghab 05* وفي المرتبة الأخيرة صنفا العدس *Idlib-3°*, *Dahra*، نفس الملاحظة في الجزء الثاني من التجربة تفوق دائما للصنف *Tikejda*، حيث سجل أفضل طول في الجذور الأولية وأطول ساق، في حين أظهرت الأصناف الأخرى استجابات متفاوتة حسب مستويات الإجهاد.

كلمات مفتاحية: عدس، حمص، إجهاد ملحي، إنبات، نمو، NaCl.