



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de la nature et de la vie

Référence /

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Présenté et soutenu par :
HARZELLI Hadjer

Le : dimanche 24 juin 2018

Effets du stress salin sur la germination de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.).

Jury :

Mme. BOUATROUS Yamina	MCA	Université de Biskra	Président
Mme. BELKHARCHOUCHE Hafida	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. FETITI Nabila	MAA	Université de Biskra	Examineur
M. OUAMANE Tarek	Dr	CRSTRA	Co-encadreur

Année universitaire : 2017 - 2018

Remerciements

Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long du travail et qui m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes, sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance, ma profonde gratitude et mes remerciements à Mon encadreur: KHENCHOUR Hafida, qui a fait preuve d'une grande patience et qui a été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail, ses conseils, ses orientations ainsi que son soutien moral et scientifique m'ont permis de mener à terme ce projet.

Nous exprimons nos sincères gratitude, à Mme BOUATROUS pour l'honneur qu'elle fait de présider le jury et d'évaluer ce travail

Nous adressons nos remerciements à l'égard de Mme FETITI qui nous ont fait l'honneur de juger ce travail.

Je remercie également Monsieur OUAMANE Tarek pour son aide précieuse au travaille sur l'analyse des données.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail, je dis merci.

Dédicace

*Mes très chers parents "Miloud " et "Soumia", dont le sacrifice,
l'amour, la patience, le Soutien, l'encouragement et les prières
sont l'essence de ma réussite.*

Merci d'être si fiers de moi.

A toute ma famille

A mes chers frères Imad Eddine, Ramzi et Billel.

A mes chères sœurs Manel, Roumïssa.

*A mes chers amis : Bassma, Khaoula, Nihed, Majda, Fadhila,
Ichrak, Hadjer, Hachem, Abd El Rahim, Mounir*

A tous ceux qui ont su croire en moi

A tous ceux qui me sont chers

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

Première partie :SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Généralités sur le blé dur

1.2. Historique et répartition géographique.....	3
1.2. Classification et origine génétique du blé dur.....	3
1.2.1. Origine génétique	3
1.2.2. Classification du blé dur	4
1.3. Cycle de développement du blé dur	4
1.3.1. Période végétative.....	4
1.3.1.1. Germination	5
1.3.1.2. Levée.....	5
1.3.1.3. Tallage.....	5
1.3.2. Période reproductrice.....	5
1.3.2.1. Phase de la montaison	5
1.3.2.2. Phase de l'épiaison	6
1.3.3. Période de remplissage et de maturité du grain	6
1.3.3.1. Floraison Fécondation.....	6
1.3.3.2. Maturation.....	6
a. Maturation laiteuse	6
b. Maturation pâteuse	6

c. Maturation dure	6
1.4. Répartition du blé dur en Algérie	6

Chapitre 2 : Le stress salin : Effets et résistance

2.1. Définition du stress.....	8
2.2. salinisation.....	8
2.3. Salinité.....	8
2.4. Effets de la salinité sur les plantes	9
2.5. Effet de la salinité sur la germination des plantes	9
2.5.1. Effet osmotique.....	10
2.5.2. Effet toxique	10
2.6. Effet de l'Na Cl sur la germination du blé dur	10
2.7. Mécanismes de résistance à la salinité	10
2.7.1. L'Exclusion	10
2.7.2. L'inclusion.....	10
2.7.3. Réexcrétion.....	11
2.7.4. Ajustement osmotique	11

Deuxième partie : PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3.1. Matériel Végétal.....	13
3.2. Mise en place de l'expérimentation et dispositif Expérimental	15
3.3. Suivi et notations	15
3.3.1. Taux de germination final.....	15
3.3.2. Cinétique de germination.....	15
3.3.3. Vitesse de la germination	16
3.3.4. Moyenne journalière de germination	16
3.3.5. Longueur des racines et des épicotyles.....	16
3.3.6. Réversibilité de l'effet du NaCl.....	16

3.3.7. Mobilisation des réserves	17
3.4. Analyse des données	17
Chapitre 4 : Résultats et discussion	
4.1. Présentation les résultats	18
4.1.1. Taux de germination.....	18
4.1.2. Cinétique de germination.....	20
4.1.3. Taux moyens de germination journalière et le temps moyen de germination (t50) des graines.....	21
4.1.3.1. Temps moyen de germination (t50).....	21
4.1.3.2. Taux moyens de germination journalière (MDG)	22
4.1.4. Longueur de la radicule	24
4.1.5. Longueur de l'épicotyles	26
4.1.6. Réversibilité de l'effet du NaCl.....	28
4.1.7. La mobilisation des réserves.....	30
4.2. Discussion	33
Conclusion	38
Bibliographie	40
Annexes	
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau 1 : classification botanique du blé dur (Feillet, 2000)	4
Tableau 2 : les caractéristiques des variétés étudiées.	14
Tableau 3 : Différentes concentration des solutions saline.....	15
Tableau 4 : Classification des concentrations de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre « Taux de germination ».....	19
Tableau 5 : Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre « Taux de germination ».....	19
Tableau 6 : Variation du taux de germination journalière moyenne des trois variétés de blé dur en fonction de la concentration en NaCl.....	23
Tableau 7 : Classification des concentrations de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «MDG».....	24
Tableau 8 : Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «MDG».....	24
Tableau 9 : Classification des concentrations de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Longueur des racines».....	25
Tableau 10 : Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Longueur des racines».	26
Tableau 11 : Classification des concentrations de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Longueur de l'épicotyle».....	27
Tableau 12 : Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Longueur de l'épicotyle».	28
Tableau 13 : Classification des concentrations de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Réversibilité».....	29

Tableau 14: Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Réversibilité».30

Tableau 15: Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Poids résiduelles».32

Tableau 16: Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Poids résiduelles».32

Liste des figures

Figure 1: Lieux d'origine et diffusion de <i>Triticum monococcum</i> à travers le monde (Bonjean, 2001).....	3
Figure 2 : Forme générale de la courbe d'action concentration-croissance (Slama, 2004).....	8
Figure 3: les variétés étudiées.....	13
Figure 4 : Taux de germination finale chez les graines des trois variétés du blé dur soumises à différentes concentrations en NaCl. (Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes : $p < 0.05$).	18
Figure 5: Effets des différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination des trois variétés de blé dur.....	20
Figure 6: Effets des différentes concentrations de NaCl sur le temps moyen de germination des variétés de blé dur étudiées.	22
Figure 7: Effets des différentes concentrations de NaCl sur la moyenne journalière de germination des variétés de blé dur étudiées.	23
Figure 8 : Longueur des racines chez les graines des trois variétés du blé dur soumises à différentes concentrations en NaCl (Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes : $p < 0.05$).	25
Figure 9: Longueur de l'épicotyle chez les graines des trois variétés du blé dur soumises à différentes concentrations en NaCl (Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes : $p < 0.05$).	27
Figure 10: Effet de la réversibilité de l'effet de NaCl sur le taux de germination final chez les graines des trois variétés de blé dur après le prétraitement des graines par 15 g/l de NaCl (graines germées dans un milieu salé) en comparaison avec le milieu témoin (graines germées dans un milieu non salé). (Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes : $p < 0.05$).	29

Figure 11: la mobilisation des réserves chez les graines de trois variétés du blé dur soumises à différentes concentrations en NaCl (Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes : $p < 0.05$).31

Liste des abréviations

- ABA : Acide abscissique.
- CCLS : Coopératives de Céréales et Légumes Secs.
- FAO : Food and Agricultural Organization.
- INSID : Institut National Des Sols, de L'Irrigation et du Drainage.
- LSD : Différence Significative Minimale.
- MDG : Mean Daily Germination.
- TMG : Temps moyen de germination.

INTRODUCTION

Introduction

Les zones arides et semi-arides constituent environ les deux tiers de la surface du globe terrestre (Benbrahim et *al.*, 2004). Ces écosystèmes sont caractérisés par une forte irrégularité des précipitations (Mnif et Chaieb, 2004 ; Rezgui et *al.*, 2004) associés à une importante évaporation favorisant l'accumulation des sels dans le sol (Hayek et Abdelly, 2004). Ce qui explique la qualité médiocre (saumâtres) des ressources hydriques disponibles dans ces zones (Ramage, 1980).

La salinité de sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup de pays du monde. Ce phénomène devient de plus en plus inquiétant car la salinité réduit la superficie des terres cultivables et menace la sécurité alimentaire dans ces régions. La salinisation des sols est non seulement liée aux conditions climatiques, mais aussi à l'utilisation mal contrôlée des eaux d'irrigation et à leur mauvaise qualité.

Selon INSID (2008), les sols salés occupent de vastes superficies environ 3,8 millions d'hectares de la superficie totale. La tolérance à la présence des sels telle que le chlorure de sodium, est alors une qualité largement recherchée chez les végétaux d'intérêt agronomique afin d'élargir leur culture dans ces régions. La réponse des espèces végétales au sel dépend de leurs génotypes, de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (Mallek-Maalej, 2004).

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama et *al.*, 2005).

Parmi ces céréales, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de leurs besoins énergétiques (Bajji, 1999).

Etant donné que la germination est la toute première étape d'une culture à partir de graines, elle ne se produit que si les conditions sont favorables. L'importance de cette phase dans le déroulement des stades ultérieurs du développement des plantes notamment en zone aride, nous a amené à réaliser cette étude sur trois variétés de blé dur soumis au stress salin.

En effet, la présente étude a pour objectif l'étude de la réponse de trois variétés Algériennes de blé dur à des concentrations croissantes en NaCl, en vue d'observer et

d'analyser leur comportement germinatif et leur croissance durant les stades précoces de développement.

Ce mémoire est structuré en deux parties, chaque partie est constituée de deux chapitres :

La première partie consacrée à une synthèse bibliographique contient :

-1^{er} chapitre sur des généralités sur le blé dur.

-2^{ème} chapitre sur le stress salin : Effets et résistance.

La deuxième partie est la partie expérimentale elle contient 2 chapitres aussi :

- 1^{er} chapitre réservé au matériel et méthodes.

- 2^{ème} chapitre présente les résultats obtenus dans ce travail et leur discussion.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIE

Chapitre 1

Généralités sur le blé dur

1.1. Historique et répartition géographique

Depuis la naissance de l'agriculture (700 à 1000 ans), le blé est à la base de la nourriture de l'homme (Ruel, 2006).

La domestication du blé diploïde s'est produite dans le nord du croissant fertile au Proche Orient zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (Figure 01). Le blé tétraploïde a été domestiqué dans le bassin du Jourdain, plus au sud. Le blé tétraploïde s'est diversifié dans les centres secondaires représentés par les plateaux éthiopiens, le bassin méditerranéen et la Transcaucasie (Levy et Feldman, 2002).



Figure 1: Lieux d'origine et diffusion de *Triticum monococcum* à travers le monde (Bonjean, 2001).

1.2. Classification et origine génétique du blé dur

1.2.1. Origine génétique

L'origine du blé dur est un hybride, résultant du croisement aléatoire et naturel de l'espèce *Triticum monococcum* (sauvage) et une herbe spontanée apparentée au blé nommée *Aegilops speltoides*, toutes deux vraisemblables, puisqu'on les rencontre dans la même aire géographique (Belaid, 1986). Ainsi en fonction du degré de ploïdie et d'après le nombre de leurs chromosomes, on différencie les blés diploïdes *Triticum monococcum* ($2n=14$), les blés durs tétraploïdes *Triticum durum* ($2n=28$) et enfin les blés tendre hexaploïdes ($2n=48$) *Triticum aestivum* (Clement et Prats, 1971 ; Beaugrand, 2004).

1.2.2. Classification du blé dur

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une plante annuelle de la classe des Monocotylédones de la famille des Poaceae, du genre *Triticum* (Feillet, 2000). En terme de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 50000 espèces (Feillet, 2000). Une classification détaillée est donnée par le tableau ci-dessous (Feillet, 2000) (tableau 1) :

Tableau 1 : classification botanique du blé dur (Feillet, 2000)

Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Super ordre	Commélimiflorales
Ordre	Poalesgluiflorales
Famille	Graminae ou Poaceae
Sous famille	Festucoideae
Tribu	Triticeae
Sous-Tribu	Triticineae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf.

1.3. Cycle de développement du blé dur

D'une façon générale le cycle évolutif d'une plante se divise en trois grandes périodes :

1.3.1. Période végétative

C'est la période de la germination à la formation de l'ébauche de l'épi (Soltner, 2005 ; Cherfia, 2010 ; Zeitoun, 2011).

1.3.1.1. Germination

Passage de la semence de l'état de repos à l'état de vie active (Anonyme ,1978). Commence quand le grain absorbe de 20 à 25 % de son poids en eau, et que le sol peut lui fournir l'humidité, la chaleur et l'oxygène nécessaires (Soltner, 1988). L'optimum thermique de la germination se situe entre 25-30 °C (Gates ,1995).

1.3.1.2. Levée

Cette phase est un mode de développement propre aux graminées, caractérisée par la formation du plateau de tallage (Soltner,1988). On note la levée lorsque 50% des plantes sont sorties de terre (Anonyme ,1978). Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une perte des plantes (Karou et *al.*, 1998). Les besoins en températures moyennes durant cette phase sont de 09 à 22° (Mekliche, 1983).

1.3.1.3. Tallage

Le plateau de tallage s'épaissit en même temps qu'apparaît la quatrième feuille (Clement et Fils, 1971). La formation de la première talle se fait au stade 3 feuilles. La première talle primaire (maitre-brin) apparaît à l'aisselle de la première feuille du blé. La 2^{ème} et la 3^{ème} talle apparaissent à l'aisselle de la 2^{ème} et la 3^{ème} feuille (Hamadache, 2013).

1.3.2. Période reproductrice

Cette période est dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain (Clement et Prats, 1971). Elle comprend les phases suivantes :

1.3.2.1. Phase de la montaison

Au cours de cette phase un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis (Clement et Prats, 1971). La montaison débute lorsque les entres nœuds de la tige principale se détachent du plateau du tallage (Belaid, 1987). La croissance en taille et en matière sèche est alors active. Cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates. La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine (Clement et Prats, 1971). La durée de cette phase est de 29 à 30 jours (Clément et Prats, 1971).

1.3.2.2. Phase de l'épiaison

Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation (Gate, 1995). Lorsque l'épillet terminal apparaît au-dessus de la gaine de la dernière feuille chez 50% des plantes (Anonyme, 1978).

1.3.3. Période de remplissage et de maturité du grain

1.3.3.1. Floraison Fécondation

Correspond à la sortie des étamines elle commence dans le tiers moyen de l'épi puis gagne le sommet et la base (Anonyme, 1978).

1.3.3.2. Maturation

C'est la dernière phase dans le cycle végétatif de l'épi (Clement et Prats, 1971). Elle exige la chaleur, elle se fera sitôt en plusieurs étapes :

a. Maturation laiteuse

Les feuilles de la base de la plante se dessèchent, le grain est vert en l'écrasant il sort un liquide laiteux (Anonyme, 1978). Le grain contient encore 50% d'humidité et le stockage des protéines touche à sa fin (Boufenar et *al*, 2006).

b. Maturation pâteuse

La plante jaunit sèche (les grains restent vertes les dernières). Le grain se colore et sa consistance devient pâteuse (Anonyme, 1978). Le grain a perdu son humidité et l'amidon a été constitué ((Boufenar et *al*, 2006).

c. Maturation dure

La plante est sèche le grain durcit mais il peut être encore rayé à l'ongle (maturation de récolte) (Anonyme, 1978). La teneur en humidité atteint environ 20%, c'est la période des moissons (Boufenar et *al.*, 2006).

1.4. Répartition du blé dur en Algérie

La production nationale en blé dur encore faible, elle ne couvre que 15 à 20% des besoins du pays, le reste étant importé. La cause principale de la faiblesse de la production du blé dur en Algérie est le faible niveau de productivité (rendement) obtenu, soit 9 à 11 quintaux/ hectare.

Cette faible productivité est elle-même due à des contraintes abiotiques (déficit hydrique surtout), biotique (adventices surtout) et humaines (itinéraire technique appliqué etc. ...) (Moullef, 2010).

A cet effet, on distingue trois zones céréalières en fonction des quantités de pluie reçues au cours de l'année et des quantités des céréales produites (Annexe 1) :

- Une zone à hautes potentialités (z1) : on trouve une pluviométrie moyenne supérieure à 500mm/an, avec des rendements moyens de 20qx/ha (plaines De l'Algérois et Mitidja, bassin des Issers, vallées de la Sommam et de l'OUED El Kébir, vallée de la Seybouse...) (Moullef, 2010).

- Une zone à moyennes potentialités (z2) : caractérisée par une pluviométrie supérieure comprise entre 400 et 500 mm/an, mais sujette à des crises climatiques élevées, les rendements peuvent varier de 5 à 15 qx/ha (coteaux de Tlemcen, Vallées de Chélif, massif de Médéa...) (Moullef, 2010).

- Une zone à basses potentialités (z3) : caractérisé par un climat semi-aride et située dans les hauts plateaux de l'Est et de l'Ouest et dans le Sud du Massif des Aurès. La moyenne des précipitations est inférieure à 350mm/an. Ici, les rendements en grains sont plus souvent inférieurs à 8 qx/ha (Moullef, 2010).

Chapitre 2

Le stress salin : effets et résistance

2.1. Définition du stress

Le stress est l'ensemble des conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures et inhibition de la croissance ou de développement (Hopkins, 2003).

Les facteurs de stress (stimulus) sont les facteurs de l'environnement biotique ou abiotique qui déstabilisent l'organisme parce qu'ils représentent une carence, un excès, une action trop rapide ou trop lente ou encore une atteinte à l'intégrité du végétal (Meyer et al, 2008).

2.2. salinisation

La salinisation est définie par la FAO (2001), comme un enrichissement en sels solubles de la surface et de la tranche supérieure du sol lorsque la salinité dans les 20 cm sommitaux dépasse 1 à 2% (20g de sel par Kg de sol).

2.3. Salinité

Les ions des sels solubles retiennent l'eau et sont à l'origine de la pression osmotique qui s'élève lorsque leur concentration augmente.

Tous les ions en excès sont nuisibles pour les plantes (figure 6) (Slama,2004).

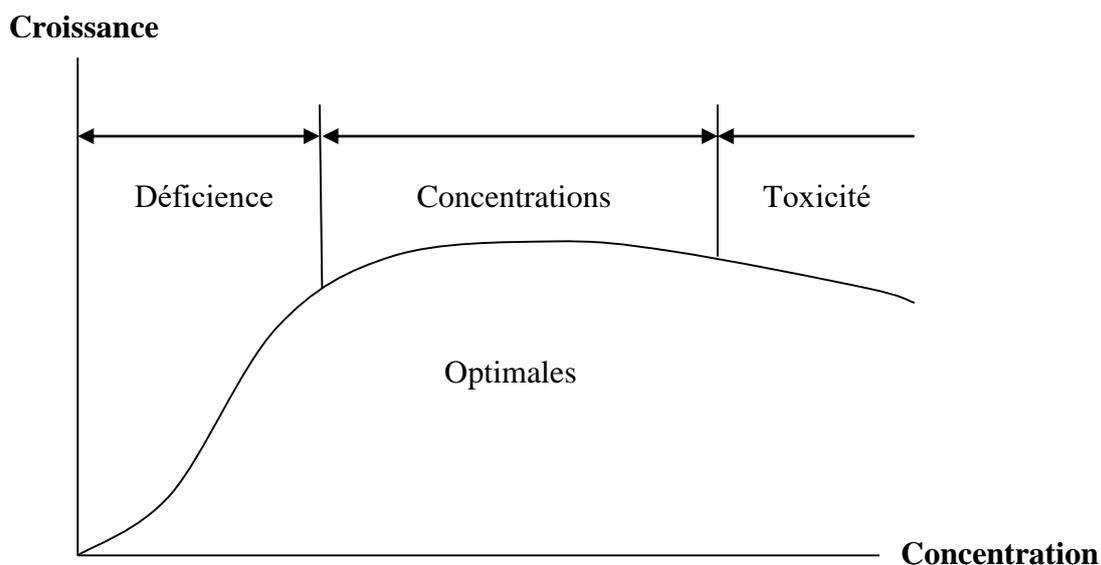


Figure 2 : Forme générale de la courbe d'action concentration-croissance (Slama, 2004)

2.4. Effets de la salinité sur les plantes

Il s'avère difficile d'estimer les conséquences d'un stress salin, car il recouvre à la fois des stress hydrique, ionique et nutritionnel. Ainsi, les impacts de la salinité sur le développement et le rendement de la plante sont aussi nombreux que difficiles à hiérarchiser (Levigneron et *al.*, 1995).

Aujourd'hui, 25% environ des terres irriguées sont confrontées au problème du sel qui affecte particulièrement les zones arides et semi-arides, telles que les régions tropicales et méditerranéennes (Abo El Enein, 1991).

La salinité des sols et des eaux demeure pour ces régions, un obstacle majeur à la croissance des végétaux. En effet, les sels accumulés dans le sol, peuvent limiter ou complètement arrêter la croissance du végétal suite à une élévation de la pression osmotique du milieu et/ou à l'effet toxique spécifique des éléments. En région méditerranéenne, la salinité constitue une contrainte dans beaucoup de périmètres de grandes cultures où la qualité de l'eau joue un rôle majeur et où la recherche de plantes adaptées à des seuils élevés de salinité devient un impératif pour la production agricole (Arbaoui et *al.*, 2001).

2.5. Effet de la salinité sur la germination des plantes

La germination et les premiers stades de croissance sont cruciaux pour l'établissement des espèces se développant dans des environnements salins. Et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche (Bouda et Haddioui, 2011).

La salinité est l'un des facteurs environnementaux qui a une influence critique sur la germination des graines des halophytes et des glycophytes (Katembe et *al.*, 1998). Les graines ne germent pas dans les milieux où il est très salé, comme dans le cas de NaCl, la concentration élevée de Na⁺ dans le milieu de germination et les tissus embryonnaires empêchent la sortie de la radicule essentielle à l'absorption des ions.

Aussi, la salinité baisse la succion de l'eau, et le taux de germination des graines elle retarde la germination, et baisse le pourcentage final de germination (Wang, 2002).

La germination des plantes, est affectée par la salinité. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique.

2.5.1. Effet osmotique

se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination (Rejili et *al.*, 2006).

2.5.2. Effet toxique

sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (Rejili et *al.*, 2006).

2.6. Effet de l'Na Cl sur la germination du blé dur

Le stress salin s'applique plutôt à un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na⁺ et Cl⁻ (Jabnoute, 2008)

2.7. Mécanismes de résistance à la salinité

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans des conditions de stress salin (Piri et *al.*, 1994). Les plantes développent plusieurs stratégies pour limiter le stress salin, qui diffère selon la catégorie de la plante (Berthomieu et *al.*, 2003).

2.7.1. L'Exclusion

Selon Levent et *al.* (2007) citée par Bouatrous, la plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellule de la racine. Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier lors de l'émergence des ramifications de la racine, d'autres mécanismes limitent le passage de sel des racines vers les feuilles mais les gènes qui les gouvernent sont encore largement inconnus (Berthomieu et *al.*, 2003).

2.7.2. L'inclusion

La plante capte le sel, qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompe moléculaire. Les vacuoles sont des compartiments

fermés au sein de la cellule. Le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (Berthomieu et *al.*, 2003).

2.7.3. Réexcrétion

La plante a la capacité de réexpédier aussitôt l'excès de sel parvenu jusqu'aux feuilles vers ses racines, par l'intermédiaire de sa sève descendante par le phloème. Les racines peuvent ensuite réexcréter le sel à l'extérieur et l'éliminer vers le sol (Berthomieu et *al.*, 2003).

2.7.4. Ajustement osmotique

Le stress hydrique ou salin provoque la mise en place d'un état de régulation hydrique de la plante qui se manifeste par la fermeture stomatique et par une régulation du potentiel osmotique (Bressan et *al.*, 1985). Parmi les osmorégulateurs les plus importants qui s'accumulent chez les céréales en conditions de déficit hydrique, ou stress salin on peut citer les sucres et un acide aminé, la proline (Bouatrous, 2013).

Les sucres sont considérés par plusieurs auteurs comme de bons osmorégulateurs (Kameli et Lösel, 1995), qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes au stress salin et au stress hydrique (Morgan, 1984 ; Morgan et *al.*, 1998).

L'accumulation de la proline constitue aussi un véritable mécanisme de tolérance à la salinité et la déficience en eau (Slama et *al.*, 2004). En effet, la teneur en proline est plus élevée en cas de déficit hydrique et, en particulier, chez les génotypes les plus résistants à la sécheresse (Slama, 2002). La variété Razzak, qui accumule plus de proline dans ses différents organes et en particulier au niveau de la barbe et de la feuille étendard en conditions de déficit hydrique, donne le rendement le plus élevé et présente la capacité de remplissage de grains la plus importante (Slama, 2002). Par ailleurs, la variété ayant le rendement le plus faible et les grains les moins volumineux accumule moins de proline (Bouatrous, 2013).

Selon Bergareche et *al.* (1993) citée par Bouatrous (2013) L'existence chez les céréales d'une variation intra-spécifique pour l'accumulation de la proline sous l'effet du déficit hydrique suggère la possibilité d'une sélection, sur la base de ce caractère, des génotypes qui auront une bonne capacité à survivre et un rendement en grains stable en conditions hydriques limitantes.

Pour cette raison, certains auteurs (Bellinger et *al.*, 1991) ont proposé l'accumulation de la proline comme technique de sélection des cultivars d'orge résistants à la sécheresse.

PARTIE
EXPERIMENTALE

Chapitre 3

Matériel et méthodes

3.1. Matériel Végétal

L'expérimentation est menée sur des graines de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Fournies par CCLS. (Coopérative des Céréales et Légumes secs) de Biskra, les génotypes retenus sont tous d'origine Algérienne, il s'agit de : Hedba, Bidi 17 et Belyouni (figure 03).



Figure 3: les variétés étudiées.

Le tableau 02 montre les caractéristiques des variétés étudiées (Ministère de l'Agriculture et de la Réforme agraire, 1974) :

Tableau 2: les caractéristiques des variétés étudiées.

	Hedba	Bidi 17	Belyouni
origine	variété populaire locale.	C'est une sélection généalogique obtenue à la ferme école de Guelma dans les populations locales de Bidi	Aucune information trouvée
principaux caractères de l'épi	-Couleur : blanc. -Couleur et position des barbes : noires, parallèles -Forme : triangulaire, très allongé, droit, aplati -Compacté : demi-compact	- Couleur : blanc. -Couleur et position des barbes : noires, divergentes, quelques fois légèrement d'éjectées sur le côté. -Forme : triangulaire, court, droit, quelques fois un peu d'éjecté sur un coté - Compacité : compact.	
grain	Allongé, ambré, clair, translucide	Assez gros, peu allongé, jaune terne	
caractéristiques remarquables de la variété	Epi très allongé barbes parallèles.	Aucune particularité	
aptitude agronomique	- Tallage-épi : bon - Productivité : moyenne - Poid de 1000 grains : élevé	- Tallage-épi : faible. - Productivité : bonne - Poid de 1000 grains : élevé	
caractères culturaux	Variété tardive, sensible à l'échaudage, sensible à la rouille noire, zones de culture : Sersou, Berrouaghia, Sour-El-Ghozlane, Ain Temouchent, Tlemcen, Saida, Tiaret, Setif et Constantine.	Bonne variété, semi tardive, recommandée pour la région de Guelma, Constantine Nord et Annaba. Variété bien adapté en zone littorale et sublittoral.	

3.2. Mise en place de l'expérimentation et dispositif Expérimental

Le présent travail vise à déterminer les effets néfastes du NaCl sur la germination des graines de trois variétés de blé dur. Les tests de germination ont été effectués sous différentes concentrations de chlorures de sodium. Pour chaque variété, les graines au nombre de 20 sont désinfectés par l'eau de javel à 25% pendant 20 minutes puis rincées abondamment à l'eau distillée, puis la mise en germination dans des boîtes de Pétri, chaque boîte est tapissée par deux couches de papier filtre. Dans un cas, nous avons ajouté 10ml de l'eau distillée (témoin), dans les autres cas, nous avons ajouté 10 ml de solution contenant 5 g/L, 10 g/L et 15 g/L de NaCl (stress salin) (tableau 03). Les boîtes sont mises à l'obscurité dans un incubateur réglé à une température de 25°C. Les grains choisis sont déposés dans chaque boîte à trois répétitions par différent traitement. La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins de 2 mm. (Sayar, 2010). Les mesures sont illustrées chaque jour pendant 6 jours.

Le dispositif expérimental est un dispositif factoriel à randomisation totale avec trois répétitions.

Tableau 3: Différentes concentration des solutions saline.

Les niveaux de stress	T	N1	N2	N3
Na Cl en (g /l)	0	5	10	15

3.3. Suivi et notations

Les paramètres étudiés au cours de ce travail sont :

3.3.1. Taux de germination final

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines de blé dur. Il est exprimé par le rapport du nombre de graines germées sur le nombre total de graines (Côme, 1970).

3.3.2. Cinétique de germination

Pour mieux appréhender la signification écologique du comportement germinatif des génotypes étudiés ainsi que l'ensemble des événements qui commencent par l'étape cruciale d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule à travers les structures qui entourent l'embryon. Elle est exprimée

par le nombre de graines germées comptées quotidiennement jusqu'au 6ème jour de l'expérience (Hajlaoui et *al.*, 2007).

3.3.3. Vitesse de la germination

Elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. Elle est estimée par le temps moyen (t50) qui correspond à la germination de 50 % des graines.

La vitesse de la germination est déterminée par la formule de Côme (1970) :

$$\text{Durée médiane (T50)} = T1 + (0.5 - G1 / G2 - G1) \times (T2 - T1).$$

Avec :

T1 = Le temps des graines germées dont la valeur est la plus proche de 50% par valeur inférieure

T2 = Le temps des graines germées dont la valeur est la plus proche de 50% par valeur supérieure.

G1 = pourcentage cumulé des graines germées dont la valeur est la plus proche de 50% par valeur inférieure.

G2 = pourcentage cumulé des graines germées dont la valeur est la plus proche de 50% par valeur supérieure.

3.3.4. Moyenne journalière de germination (MDG= Mean Daily Germination)

Selon Osborne et Nercer (1993) :

MDG = le Pourcentage de germination final/nombre de jours à la germination finale.

3.3.5. Longueur des racines et des épicotyles

la longueur de la racine primaire et celle de l'épicotyle ont été mesurées à l'aide d'une règle graduée, et ce pour évaluer la croissance de la plante vis-à-vis du stress (Alaoui et *al.*, 2013).

3.3.6. Réversibilité de l'effet du NaCl

C'est un paramètre qui permet de déterminer l'origine de l'effet dépressif (osmotique et/ou toxique). Dans ce cadre, les graines qui n'ayant pas pu germer à la concentration de 15g/l ont été mises dans un nouveau milieu ne contenant que l'eau distillée stérile et ensuite les

graines ayant germées ont été comptées pour chaque concentration de salinité (Alaoui et *al.*, 2013).

3.3.7. Mobilisation des réserves

C'est un phénomène qui est lié au ré humidification des graines (disponibilité de l'eau pour la graine). Avec l'imbibition de celles-ci s'instaure un métabolisme actif qui est révélé par une respiration intense et une synthèse de nouvelles protéines servant à la croissance de la jeune plantule tout en utilisant les réserves de la graine. Ce phénomène débute avec l'intervention d'enzymes dont l'action est déclenchée par des commandes hormonales venant en général de l'embryon (N'Dri et *al.*, 2013). La mobilisation des réserves est estimée indirectement par la mesure de la quantité de matière sèche résiduelle de la graine après 4 jours de germination (Hajlaoui et *al.*, 2007).

3.4. Analyse des données

Pour toutes les concentrations utilisées, chaque résultat correspond à la moyenne de 3 répétitions. L'analyse de variance (ANOVA) et la comparaison des moyennes est faite par le test LSD de Fisher à $\alpha = 5\%$ à l'aide de XLSTAT-Excel 2018. Chaque moyenne est affectée d'une lettre, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.

Chapitre 4

Résultats et discussion

4.1. Présentation des résultats

4.1.1. Taux de germination

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

Selon les résultats de notre travail qui sont illustrés dans la Figure (04) nous avons constaté l'existence d'un effet hautement significatif de la salinité sur le taux de germination quel que soit le génotype étudié, celui-ci est déjà confirmé par l'analyse de la variance à deux facteurs contrôlés et aussi par les groupes homogènes (Annexe 2).

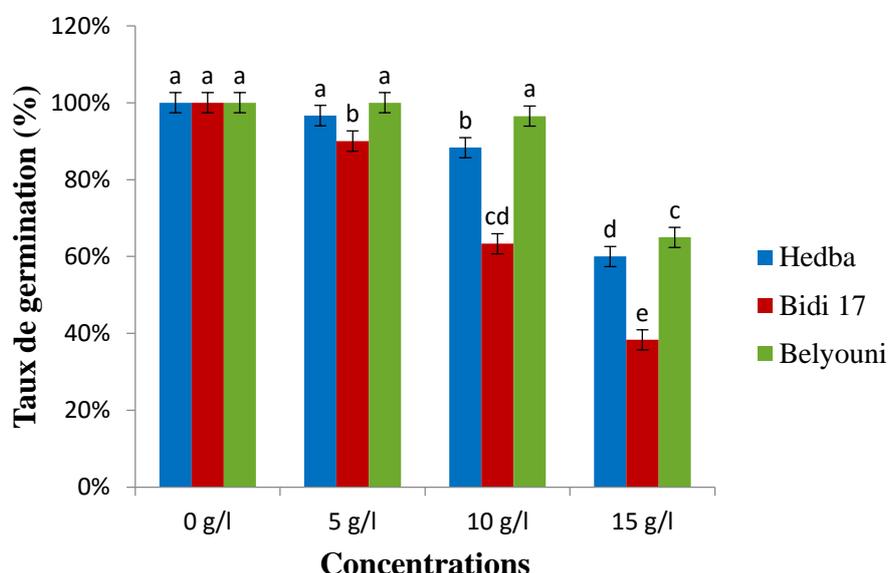


Figure 4 : Taux de germination finale chez les graines des trois variétés du blé dur soumises à différentes concentrations en NaCl. (Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes : $p < 0.05$).

En effet, le figure 04 montre que, lorsque le stress est modéré (5g/L), les variétés Hedba et Belyouni montrent un taux de germination finale (96.67%, 100% respectivement) qui n'est pas significativement différent par rapport au témoin (100%).

Lorsque l'intensité du stress est 10 g/L, les variétés Bidi 17 et Hedba sont affectées et montrent un taux de germination différent (63.33%, 88.33% respectivement) de celui du témoin. Seule la variété Belyouni presque indifférente, enregistre un taux de germination non significativement différent par rapport au témoin.

Lorsque la concentration est élevée (15g/l) toutes les variétés (Belyouni, Hedba, Bidi 17) montrent un taux de germination (65%, 60%, 38.33% respectivement) significativement différent par rapport au témoin.

Il est à signaler que la variété Belyouni est la plus résistante au stress salin, elle montre un taux de germination de 65% en condition de stress les plus sévères (15g/l).

Tableau 4: Classification des concentrations de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre « Taux de germination ».

Doses	Moyenne estimée (Taux de germination%)	Groupes homogènes
0 g/l	100,000	A
5 g/l	95,556	B
10 g/l	82,222	C
15 g/l	53,889	D

Il apparaît de la lecture du tableau 04 que la moyenne du taux de germination du témoin est significativement la meilleure et la plus élevée, comparativement aux autres concentrations, vient ensuite la concentration 5 g/l qui constitue une classe homogène différente et moins élevée par rapport au témoin, puis la concentration 10 g/l représentée par une moyenne faible par rapport aux concentrations précédentes. La moyenne du taux de germination de la concentration 15g/l quant à elle, se montre la plus faible que les autres groupes.

Tableau 5: Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre « Taux de germination ».

Variétés	Moyenne estimée (Taux de germination%)	Groupes homogènes
Belyouni	89,583	A
Hedba	86,250	B
Bidi 17	72,917	C

Il apparaît de la lecture du tableau 05 que la variété Belyouni est significativement la meilleure, comparativement aux deux autres variétés, vient ensuite la variété Hedba qui constitue une classe homogène différente par rapport à la variété précédente. La variété Bidi 17 quant à elle se montre la plus sensible au stress salin.

4.1.2. Cinétique de germination

La figure 05 présente l'évolution de la germination des trois variétés de blé dur en fonction du temps pour l'ensemble des traitements. Les résultats montrent que les courbes relatives aux taux de germination des graines traitées (stressées) sont situées au-dessous de celles des courbes témoins et se diminuent au fur et à mesure que la dose de NaCl augmente.

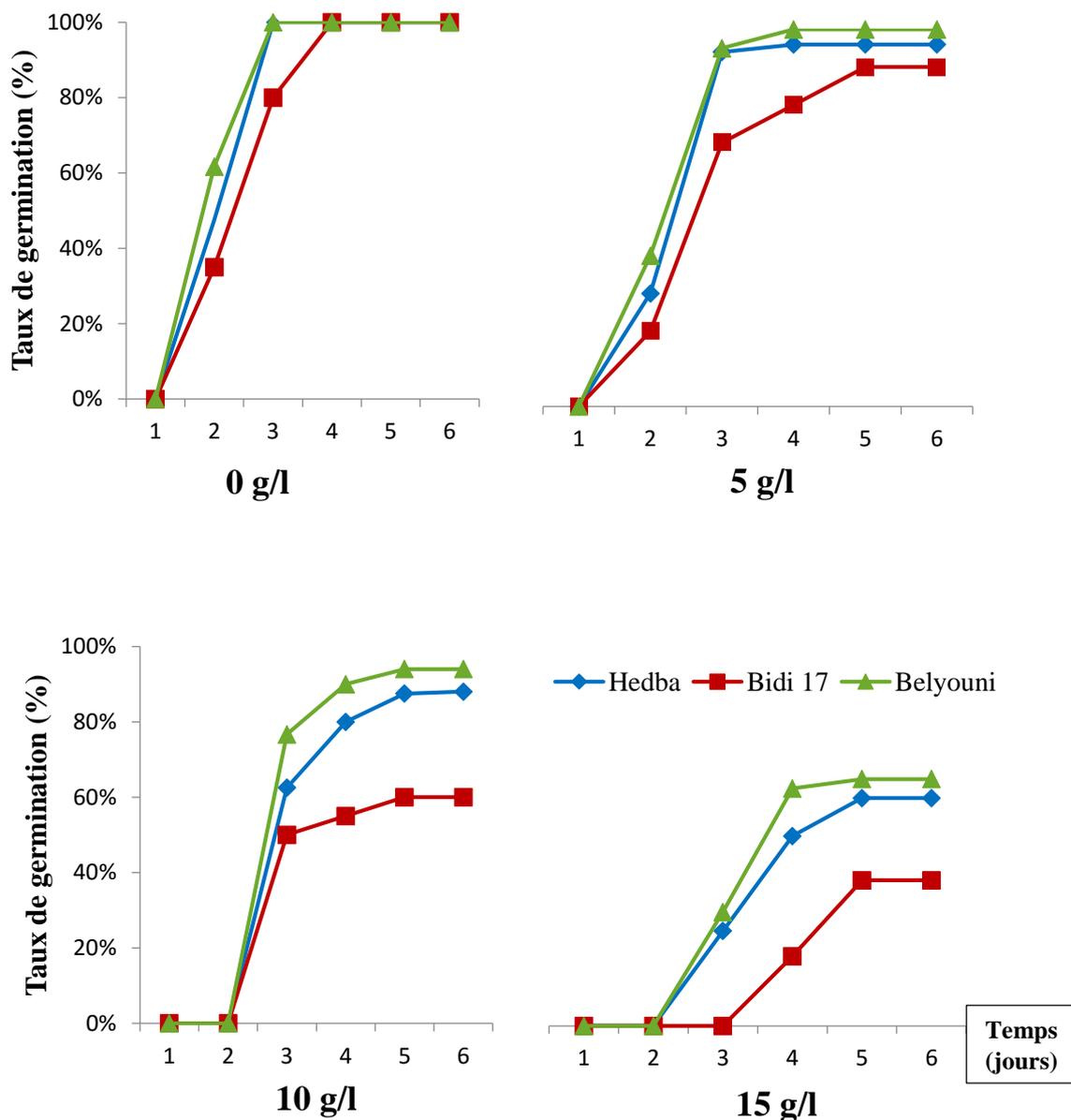


Figure 5: Effets des différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination des trois variétés de blé dur.

Les courbes de germination permettent de distinguer 3 phases :

- une phase de latence, nécessaire à l'apparition des premières germinations, au cours de laquelle le taux de germination reste faible. La durée de cette phase est variable selon la concentration de NaCl. Elle est courte (1 jour) chez les graines témoins et celles irriguées par une concentration de 5 g/L de NaCl. Mais, elle devient plus au moins longue, surtout chez les plantules soumises aux traitements de 10 g/l et 15 g/L de NaCl pour lesquelles cette phase peut aller jusqu'à 3 jours chez la variété Bidi 17.

- une phase sensiblement linéaire, correspondant à une augmentation rapide du taux de germination qui évolue proportionnellement au temps, du moins pour les graines témoins. Les graines soumises à une concentration de 5 g/L sont légèrement affectées. Pour la concentration de 10 g/l, cette phase commence à diminuer progressivement par rapport au témoin et ceci est la preuve du début de l'effet du sel sur la germination. Pour la concentration de 15 g/L, cette phase est courte, ce qui explique le taux de germination réduit dû à l'effet inhibiteur du sel sur la germination.

- une troisième phase correspondant à un palier représentant le pourcentage final de germination et traduisant la capacité germinative de chaque variété pour chaque concentration. Il paraît que cette capacité germinative diminue pour toutes les variétés étudiées mais avec des degrés différents, selon la variété et le stress appliqué.

Par voie de comparaison entre les variétés étudiées, il paraît que la variété Belyouni est la plus tolérante au sel et évolue plus rapidement que les autres variétés, alors que la variété la plus sensible et lente c'est Bidi 17. La variété Hedba a un comportement intermédiaire.

4.1.3. Taux moyens de germination journalière et le temps moyen de germination (t₅₀) des graines

4.1.3.1. Temps moyen de germination (t₅₀)

La figure 06 présente la vitesse de la germination des trois variétés de blé dur exprimée par le temps moyen de germination (TMG) correspond à la germination de 50 % du lot de graines en présence des différentes concentrations de NaCl. L'effet de NaCl se traduit par une augmentation du t₅₀, accompagnée d'une diminution de la vitesse de germination.

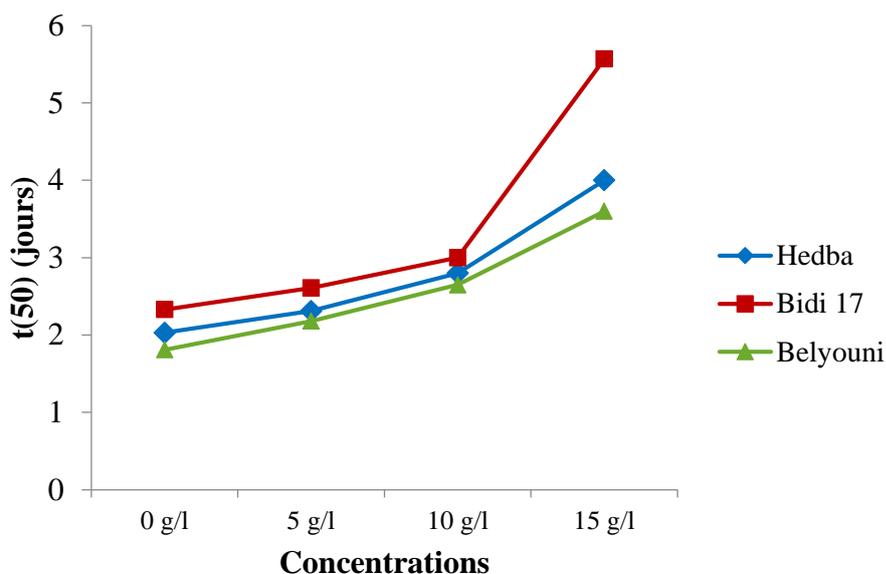


Figure 6: Effets des différentes concentrations de NaCl sur le temps moyen de germination des variétés de blé dur étudiées.

Il apparaît de la figure 06 que le TMG quel que soit les variétés étudiés (Hedba, Bidi 17, Belyouni) augmente et conduit à une diminution de la vitesse de germination proportionnelle à l'augmentation de la concentration en NaCl. Des Différences sont observées entre les trois variétés en fonction des différentes concentrations (5g/l, 10g/l, 15g/l) par rapport aux témoins. Pour les témoins et les graines soumises à une concentration saline de 5g/l, le t50 est peu modifié et il ne dépasse pas les 3 jours. Cependant, pour les concentrations plus élevées de 10g/l et 15g/l, le t50 augmente considérablement et atteint jusqu'à 6 jours pour Bidi 17.

Ainsi l'augmentation de la concentration de NaCl ralentit la vitesse de germination des graines des trois variétés, cependant ce ralentissement varie d'une variété à une autre. Exceptionnellement, la variété Belyouni ressort comme ayant les premières germinations (précoces) rapidement en présence comme en absence de sel.

4.1.3.2. Taux moyens de germination journalière (MDG)

Selon Hajlaoui *et al.* (2007) la diminution de la vitesse de germination des graines en présence de chlorure de sodium (figure 07) se répercute négativement sur les moyennes de germination journalière des génotypes.

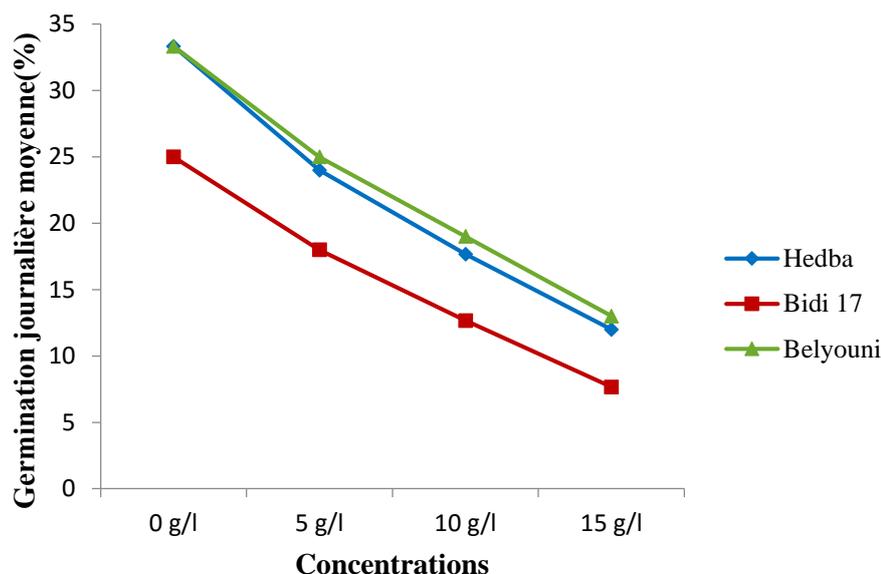


Figure 7: Effets des différentes concentrations de NaCl sur la moyenne journalière de germination des variétés de blé dur étudiées.

En effet, les résultats de notre travail qui sont illustrés dans le tableau 06 et la Figure 07 montrent l'existence d'un effet hautement significatif de la salinité sur le taux de germination journalière quel que soit le génotype étudié, celui-ci est déjà confirmé par l'analyse de la variance à deux facteurs contrôlés et aussi par les groupes homogènes (Annexe 3).

Tableau 6: Variation du taux de germination journalière moyenne des trois variétés de blé dur en fonction de la concentration en NaCl.

Variétés	Concentrations (g/l)			
	0 g/l (n=3)	5 g/l (n=3)	10 g/l (n=3)	15 g/l (n=3)
Hedba	33,33 ± 0,267 a	24,13 ± 0,267 b	17,67 ± 0,267 d	12 ± 0,267 f
Bidi 17	25,0 ± 0,267 b	18,0 ± 0,267 d	12,67 ± 0,267 ef	7,67 ± 0,267 g
Belyouni	33,33 ± 0,267 a	25,0 ± 0,267 b	19,0 ± 0,267 c	13,0 ± 0,267 e

Les valeurs dans la même colonne avec des lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0.05$).

Il apparaît de la figure 07 et la lecture du tableau 06 que les taux moyens de germination journalière (MDG) quel que soit les variétés étudiés (Hedba, Bidi 17, Belyouni) diminuent significativement avec l'augmentation de la concentration en NaCl d'une façon différente entre les variétés par rapport aux témoins (33.33%, 25%, 33.33% respectivement) surtout pour la concentration de 15 g/l, l'effet de stress salin sur le MDG s'avère remarquable (12%, 7.67%, 13% respectivement).

Il est à signaler qu'à la concentration 15g/L la variété Belyouni présente le MDG le plus élevé (13%) par rapport aux autres variétés.

Tableau 7: Classification des concentrations de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «MDG».

Doses	Moyenne estimée (MDG%)	Groupes homogènes
0 g/l	30,553	A
5 g/l	22,338	B
10 g/l	16,444	C
15 g/l	10,889	D

Il apparaît de la lecture du tableau 07 que la moyenne de la MDG du témoin est significativement la meilleure et la plus élevée, comparativement aux autres concentrations, vient ensuite la concentration 5 g/l qui constitue une classe homogène différente et moins élevée par rapport au témoin, puis la concentration 10 g/l représentée par une moyenne faible par rapport concentrations précédentes. La moyenne du MDG de la concentration 15g/l quant à elle, se montre la plus faible que les autres groupes.

Tableau 8: Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «MDG».

Variétés	Moyenne estimée (MDG%)	Groupes homogènes
Belyouni	22,583	A
Hedba	21,783	B
Bidi 17	15,833	C

Il apparaît de la lecture du tableau 08 que la variété Belyouni est significativement la meilleure, comparativement aux deux autres variétés, vient ensuite la variété Hedba qui constitue une classe homogène différente par rapport à la variété précédente. La variété Bidi 17 quant à elle se montre la plus sensible au stress salin.

4.1.4. Longueur de la racicule

Suite aux résultats obtenus ; nous avons trouvé que la concentration de NaCl dans les milieux influe sur la longueur de la racicule des 03 variétés étudiées.

Selon les résultats de notre travail qui sont illustrés dans la Figure 08, nous avons constaté l'existence d'un effet hautement significatif de la salinité sur La longueur de la racicule quel

que soit la variété étudiée, celui-ci est déjà confirmé par l'analyse de variance à deux facteurs contrôlés et aussi par les groupes homogènes (Annexe 4).

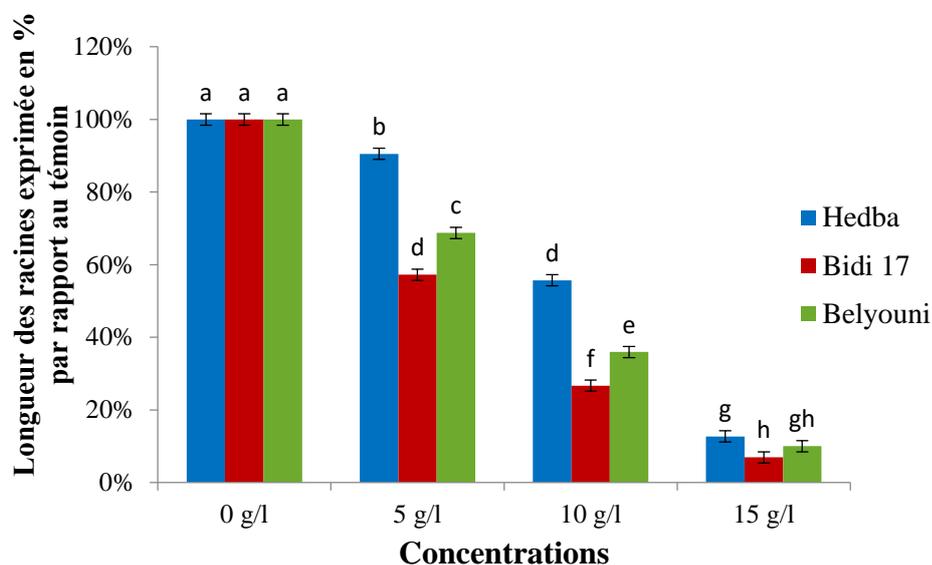


Figure 8 : Longueur des racines chez les graines des trois variétés du blé dur soumises à différentes concentrations en NaCl (Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes : $p < 0.05$).

En effet la figure 08 montre que, quel que soit le niveau du stress salin appliqué (5 g/l, 10 g/l ou 15 g/l), pour toutes les variétés étudiées (Hedba, Bidi 17, Belyouni) un effet significatif par rapport aux témoins est enregistré surtout pour la concentration de 15 g/l où l'effet du stress salin est très remarquable (12.7%, 6,94%, 10.01% respectivement).

Il est à signaler que la variété Hedba est la plus résistante au stress salin, elle présente une longueur de la racine de 12.1% sous conditions de stress les plus sévères (15g/l).

Tableau 9: Classification des concentrations de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Longueur des racines».

Doses	Moyenne estimée (Longueur des racines%)	Groupes homogènes
0 g/l	100,000	A
5 g/l	73,014	B
10 g/l	39,732	C
15 g/l	9,536	D

Il apparaît de la lecture du tableau 09 que la moyenne de la longueur des racines du témoin est significativement la meilleure et la plus élevée, comparativement aux autres concentrations,

vient ensuite la concentration de 5 g/l qui constitue une classe homogène différente et moins élevée par rapport au témoin, puis la concentration de 10 g/l représentée par une moyenne faible que les concentrations précédentes. La concentration de 15 g/l quant à elle est de loin la plus faible et forme un groupe à part.

Tableau 10: Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Longueur des racines».

Variétés	Moyenne estimée (Longueur des racines%)	Groupes homogènes
Hedba	64,681	A
Belyouni	53,694	B
Bidi 17	48,337	C

Il apparaît de la lecture du tableau 10 que la variété Hedba est significativement la meilleure, comparativement aux deux autres variétés, vient ensuite la variété Belyouni qui constitue une classe homogène. La variété Bidi 17 quant à elle se montre la plus sensible au stress salin.

4.1.5. Longueur de l'épicotyle

Suite aux résultats obtenus ; nous avons montré que la concentration de NaCl dans les milieux influe sur la longueur de l'épicotyle des 03 variétés étudiées.

En effet, les résultats de la présente étude qui sont illustrés dans la figure 09montrent l'existence d'un effet hautement significatif de la salinité sur la longueur de l'épicotyle quel que soit la variété étudiée, celui-ci est déjà confirmé par l'analyse de la variance à deux facteurs contrôlés et aussi par les groupes homogènes (Annexe 5).

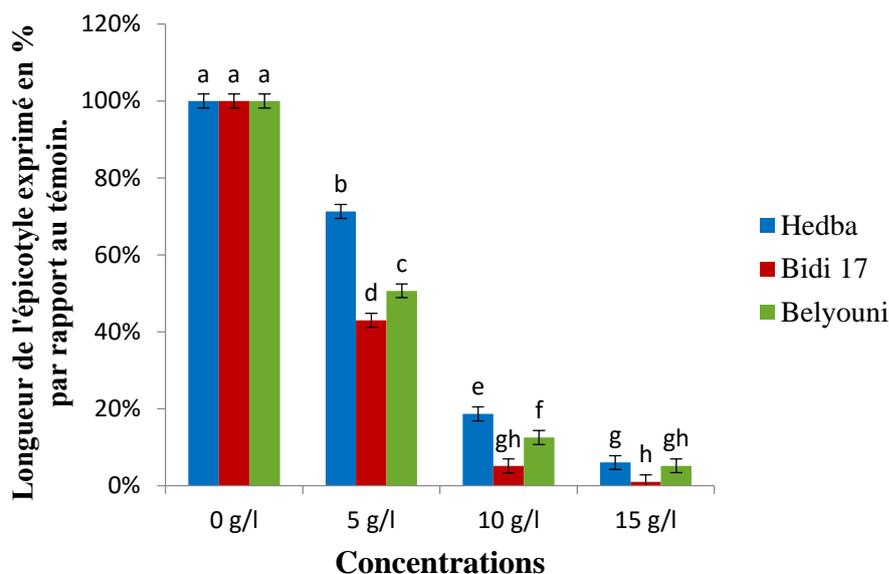


Figure 9: Longueur de l'épicotyle chez les graines des trois variétés du blé dur soumises à différentes concentrations en NaCl (Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes : $p < 0.05$).

En effet la figure 09 montre que, quel que soit le stress salin appliqué (5 g/l, 10 g/l ou 15 g/l), pour toutes les variétés étudiées (Hedba, Bidi 17, Belyouni) un effet significatif par rapport aux témoins est enregistré pour la concentration de 15 g/l l'effet de stress salin sévère très pénalisant (6,00%, 0,98%, 5,16% respectivement).

Il est à signaler que la variété Hedba est la plus résistante au stress salin vu qu'elle montre une longueur de la racicule de 6,00% en conditions de stress les plus sévères (15g/l).

Tableau 11 : Classification des concentrations de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Longueur de l'épicotyle».

Doses	Moyenne estimée (Longueur de l'épicotyle %)	Groupes homogènes
0 g/l	100,000	A
5 g/l	55,090	B
10 g/l	12,090	C
15 g/l	3,907	D

Il apparait de la lecture du tableau 11 que la moyenne de la longueur de l'épicotyle du témoin est significativement la meilleure et la plus élevée, comparativement aux autres concentrations, vient ensuite la concentration 5 g/l qui constitue une classe homogène différente et moins élevée par rapport au témoin, puis la concentration 10 g/l représentée par une moyenne

faible par rapport concentrations précédentes. La moyenne de la longueur de l'épicotyle de la concentration 15g/l quant à elle, se montre la plus faible que les autres groupes.

Tableau 12 : Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Longueur de l'épicotyle».

Variétés	Moyenne estimée (Longueur de l'épicotyle %)	Groupes homogènes
Hedba	48,888	A
Belyouni	42,083	B
Bidi 17	37,621	C

Il apparait de la lecture du tableau 12 que la variété Hedba est significativement la meilleure, comparativement aux deux autres variétés, vient ensuite la variété Belyouni qui constitue une classe homogène différente par rapport à la variété précédente. La variété Bidi 17 quant à elle se montre la plus sensible au stress salin.

4.1.6. Réversibilité de l'effet du NaCl

Les paramètres étudiés précédemment ont montré que le sel exerce, à fortes doses, un effet dépressif sur la germination des graines des variétés de blé étudiées. Cette inhibition peut être osmotique et/ou toxique. Dans la mesure où elle est d'origine osmotique, on devrait s'attendre à une reprise de la germination après levée de cette contrainte. Par contre, si des phénomènes de toxicité ionique interviennent, on peut prévoir l'absence de cette reprise de germination (Hajlaoui, 2007).

Selon les résultats de notre travail qui sont illustrés dans la figure (10) nous avons constaté l'existence d'un effet hautement significatif de la salinité sur la réversibilité quel que soit la variété étudiée, celui-ci est déjà confirmé par l'analyse de la variance à deux facteurs contrôlés et aussi par les groupes homogènes (Annexe 6).

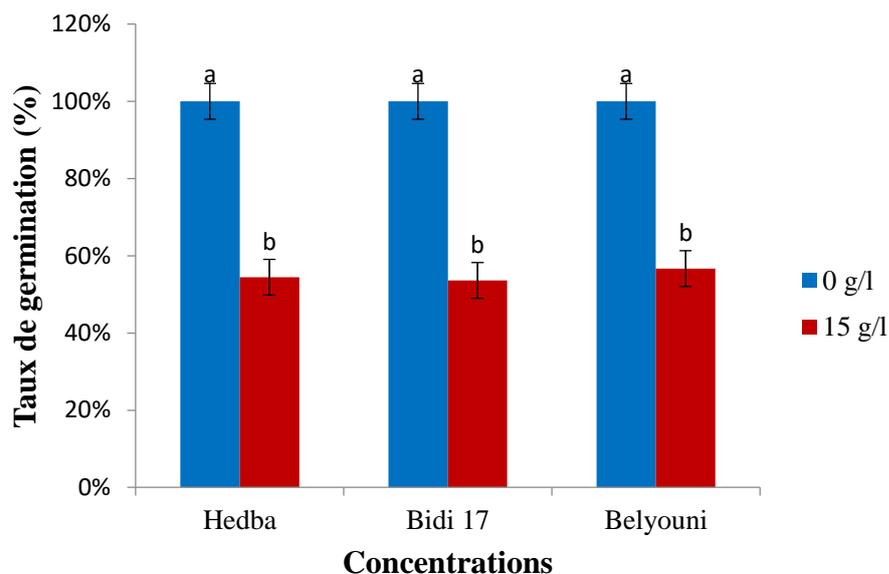


Figure 10: Effet de la réversibilité de l'effet de NaCl sur le taux de germination final chez les graines des trois variétés de blé dur après le prétraitement des graines par 15 g/l de NaCl (graines germées dans un milieu salé) en comparaison avec le milieu témoin (graines germées dans un milieu non salé). (Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes : $p < 0.05$).

En effet, la figure 10 montre que, quel que soit les variétés étudiées (Belyouni, Hedba, Bidi 17) toutes les graines prétraitées par la concentration élevée (15 g/l) de NaCl et le transfert de ces graines après 4 jours dans l'eau distillée est suivi d'une reprise de la germination, mais la capacité germinative reste plus faible (56.71%, 54.44%, 56.71%) que celle obtenue chez les graines mises directement sur milieu témoin (100%). Ceci indique que toutes les variétés ont montré une certaine irréversibilité de l'effet dépressif de NaCl, ce qui révèle probablement des effets d'ordre osmotique et toxique au niveau cellulaire tout au moins durant la période de germination prise en compte, soit 4 jours et pour les doses de salinité testées.

Tableau 13: Classification des concentrations de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Réversibilité».

Doses	Moyenne estimée (Réversibilité %)	Groupes homogènes
0 g/l	100,000	A
15 g/l	54,941	B

Il apparaît de la lecture du tableau 13 que le témoin est significativement meilleur et plus élevé, cependant la concentration de 15 g/l constitue une classe homogène différente et sensiblement égale à la moitié de la moyenne du témoin.

Tableau 14: Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Réversibilité».

Variétés	Moyenne estimée (Longueurs des radicules%)	Groupes homogènes
Hedba	78,357	A
Belyouni	77,222	A
Bidi 17	76,833	A

Il apparaît de la lecture du tableau 14 que toutes les variétés ne sont pas significativement différentes entre elles et elles appartiennent toutes au même groupe.

4.1.7. La mobilisation des réserves

La mobilisation des réserves est une étape essentielle au cours de laquelle il y a dégradation des réserves après l'imbibition de la graine qui conduit à un ensemble de processus d'activités métaboliques se déclenchant par l'expression des gènes et la synthèse d'enzymes qui hydrolysent les réserves nutritives destinée, pour soutenir les premiers stades de croissance des plantules et estimée indirectement par la mesure de la matière sèche résiduelle au niveau des graines.

Selon les résultats de notre travail qui sont illustrés dans la figure (11) nous avons constaté l'existence d'un effet hautement significatif de la salinité sur la mobilisation des réserves quel que soit la variété étudiée, celui-ci est déjà confirmé par l'analyse de variance à deux facteurs contrôlés et aussi par les groupes homogènes (Annexe 7).

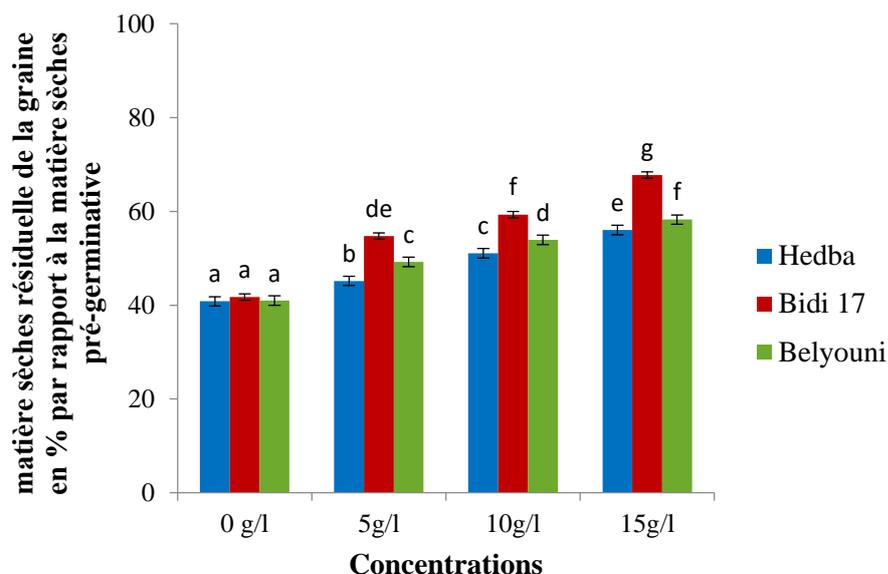


Figure 11: la mobilisation des réserves chez les graines de trois variétés du blé dur soumises à différentes concentrations en NaCl (Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes : $p < 0.05$).

En effet la figure 11 montre que les matières sèches résiduelles pour le témoin (0 g/l) ne sont pas significativement différentes pour les trois variétés étudiées (Hedba, Bidi 17, Belyouni).

Les masses sèches résiduelles des graines Hedba, Bidi 17, Belyouni augmentent significativement avec l'augmentation de la concentration en NaCl d'une façon différente entre les variétés. Ce qui suggère que pour ces variétés le sel exerce un effet dépressif sur la mobilisation des réserves vers les plantules.

Il est à signaler que la variété Hedba est la plus résistante au stress salin, elle montre une masse sèche résiduelle la plus faible (56,04%) par rapport aux autres variétés en condition de stress les plus sévères (15g/l).

Tableau 15: Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Poids résiduelles».

Doses	Moyenne estimée (Poids résiduelles%)	Groupes homogènes
0 g/l	41,200	A
5 g/l	49,737	B
10 g/l	54,785	C
15 g/l	60,681	D

Il apparaît de la lecture du tableau 15 que la moyenne de la mobilisation des réserves du témoin est significativement la meilleure et la plus élevée, comparativement aux autres concentrations, vient ensuite la concentration 5 g/l qui constitue une classe homogène différente et moins élevée par rapport au témoin, puis la concentration 10 g/l représentée par une moyenne faible par rapport concentrations précédentes. La moyenne de la mobilisation des réserves de la concentration 15g/l quant à elle, se montre la plus faible que les autres groupes.

Tableau 16: Classification des variétés de blé dur étudiées en groupes homogènes, selon le test Fisher, pour le paramètre «Poids résiduelles».

Variétés	Moyenne estimée (Poids résiduel %)	Groupes homogènes
Hedba	48,888	A
Belyouni	42,083	B
Bidi 17	37,621	C

Il apparaît de la lecture du tableau 16 que la variété Hedba est significativement la meilleure, comparativement aux deux autres variétés, vient ensuite la variété Belyouni qui constitue une classe homogène différente par rapport à la variété précédente. La variété Bidi 17 quant à elle se montre la plus sensible au stress salin.

4.2. Discussion

Pendant la germination, l'émergence de la radicule serait contrôlée par l'osmolarité du milieu, alors que la croissance ultérieure de la plantule serait limitée par la mobilisation et le transport des réserves vers l'axe embryonnaire (Gomes et *al.*, 1983).

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

Suite aux résultats obtenus ; nous avons montré que la concentration de NaCl dans les milieux influe le comportement germinatif et se traduit par une augmentation du temps de latence et de mobilisation des réserves et aussi une diminution de la vitesse, du taux de germination, de la longueur des racines et celle de l'épicotyle, et de la réversibilité. Nos résultats sont comparables à ceux rapportés par d'autres auteurs ayant travaillé sur du blé et sur certaines légumineuses.

En effet, selon l'étude de Bouatrous (2013) sur l'effet de l'augmentation de la concentration de sel (NaCl) sur la germination des quelques variétés du blé dur qui montre qu'il y'a un effet dépressif du sel sur le taux de germination des graines, les mêmes résultats ont été trouvés par Chetmi (2009) chez différentes variétés du blé dur, Alaoui et *al.* (2013) chez différentes variétés du blé (dur et tendre), du blé dur tunisiennes (Ines et *al.*, 2014), variétés du blé maghrébines (Ben Naceur et *al.*, 2001) toutes ces études sont en accord avec nos résultats (figure 04).

Des résultats similaires comparables ont été abordés aussi chez différents auteurs sur l'orge (Soltani et *al.*, 1990 ; Kadri et *al.*, 2009 ; Adjel et *al.*, 2013) sur les petits pois (Okçu et *al.*, 2005) sur différentes variétés d'haricot (Kaymakanova, 2009 ; Cokkizgin, 2012) sur le pois chiche (Hajlaoui et *al.*, 2007) la fève (Chadli et *al.*, 2007 ; Benidire et *al.*, 2014) les lentilles (El-Monem et Sharaf, 2008) les graines d'Atriplex (Bajji et *al.*, 1998 ; Belkhodja et *al.*, 2004 ; Bouda et Haddioui, 2011) et sur d'autres légumineuses fourragères (Nichols et *al.*, 2009 ; Wu et *al.*, 2011 ; Camara et *al.*, 2018).

En général la salinité occasionne une diminution de l'absorption d'eau des graines à cause de stress osmotique créé par les concentrations élevées de NaCl dans les milieux de germination.

Selon Groomes (1991) cité par Hajlaoui (2007) la diminution du taux de germination final correspond soit à une augmentation de la pression osmotique externe, ce qui affecte l'absorption de l'eau par les graines. D'après El- Sayed et EL-Haak (1991) et Huang Redman (1995) et Roza et Khayatnezhad (2011) cité par Bouatrous (2013) montre que cet effet de stress salin n'est pas permanent, par ce que le sel a l'inverse des autres substrats osmotiques peut de pénétrer à l'intérieur de tissus de la graine, et/ou bien à une accumulation des ions Na^+ et Cl^- dans l'embryon installant une inhibition osmotique (Bliss et *al.*, 1986). Cette toxicité serait influencée directement par le Na^+ (El-neimi et *al.*, 1992) ou conséquente à une carence minérale comme K^+ (Guerrier, 1984) et au caractère hormonal de l'inhibition (Ackrson, 1984) par exemple l'acide abscissique composé du métabolise sous l'action de Na^+ , a propriété identique à celle du NaCl . Cet ABA inhibe notamment la synthèse des enzymes (ou d'acide nucléiques) spécifiques de la germination (Black, 1983), limite l'absorption d'eau et contrôle la régulation de la pression osmotique cellulaire (Lepage-Degivry et Bulard, 1988). D'après Bourdu (1983) cité par Bouatrous (2013) montre que, ces remaniements ioniques et hormonales présument que l'embryon à l'état de quiescence, exprime une incapacité à déclencher des fonctions métaboliques en présence des hautes concentrations en sels pour utiliser les produits de dégradation venant des réserves de l'albumen. Ces métabolites, en priorité des composés glucidiques et azotes fonctionneraient comme des régulateurs osmotiques potentiels lors d'un stress salin (Kayani et *al.*, 1990 ; Wu et *al.*, 2011). Ce fonctionnement marquant les premières manifestations embryonnaires, suite à une entrée d'eau impliquerait le passage d'un développement embryonnaire à celui germinatif (Misra et *al.*, 1984) et le contrôle des mécanismes cellulaires et membranaire mis en jeu dans la germination.

En plus de la réduction du taux de germination, le sel retarde également la germination traduit par une augmentation du temps de latence. Ceci corrobore les résultats de l'étude d'Alaoui et *al.* (2013) portée sur six variétés marocaines de blé et qui ont noté un ralentissement du processus de germination en fonction du stress salin. Le même résultat a été trouvé par Amouri et Lameche (2012) portée sur six écotypes d'espèces annuelles de *Medicago*. Ces résultats sont également en accord avec nos résultats (figure 05).

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.

D'autres études ont montré également que l'augmentation de la concentration du sel retarde la germination (Othman *et al.*, 2006 ; Askri *et al.*, 2007 ; Hajlaoui *et al.*, 2007 ; El Arbi *et al.*, 2012 ; Yousofinia *et al.*, 2012 ; Beniedire *et al.*, 2014 ; El Goumi, 2014 ; Camara *et al.*, 2018).

Selon Grouzis *et al.* (1976) cité par Bouatrous (2013) en outre, le déroulement de la germination montre que la vitesse des graines à germer est d'autant plus lente que la salinité du milieu est augmentée. La plupart des auteurs admettent l'existence de cette relation chez les halophytes et les glycophytes et concluent que la durée de processus de germination est grandement affectée.

Ceci corrobore les résultats de l'étude d'Alaoui *et al.* (2013) qui ont trouvé 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. Nos résultats sont comparables à ceux rapportés par d'autres auteurs ayant travaillé sur d'autres légumineuses. Les travaux de Bayuelo-Jiménez *et al.* (2002) sur *Phaseolus* et ceux d'Okçu *et al.* (2005) sur des cultivars de petits pois, de Hajlaoui *et al.* (2007) sur le pois chiche, Benidire *et al.* (2014) sur le Fève, de Camara *et al.* (2018) sur différent légumineuse.

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 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).

Selon Marambe et Ando (1995) et Johanna (2006) cité par Bouatrous (2013), L'accumulation des sels notamment le NaCl entraîne une toxicité des tissus et celle-ci empêche la sortie de radicule indispensable pour l'approvisionnement en eau nécessaire à la croissance. Pour cette raison on a observé dans notre travail que la longueur de la radicule et de l'épicotyle est affectée d'une façon significative dans les hautes concentrations en sel.

Pour ce qui concerne les longueurs des racines et des épicotyles, les résultats de la croissance indique que la salinité a affecté négativement la croissance de l'appareil végétatif. Les mêmes résultats obtenus par Alaoui *et al.* (2013) sur la croissance des plantules du blé soumises à un stress salin. Des effets similaires ont été remarqués sur la croissance des

plantules de pistachier soumises à un stress salin en conditions in vitro (Benmahioul et *al.*, 2009). D'une façon générale, nous avons constaté d'une part que la croissance en longueur diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress conformément à ce que plusieurs auteurs ont remarqué chez le petit pois (Okçu et *al.*, 2005). Des résultats similaires ont été observés sur les plantules d'arganier (Réda et *al.*, 2001), jojoba (Benzioni et *al.*, 1992 et Boulghalagh et *al.*, 2008), pois chiche (Hajlaoui et *al.*, 2007) diffèrent légumineuse (Camara et *al.*, 2018).

Cette diminution de la croissance est le résultat au niveau cellulaire d'une baisse du nombre de divisions cellulaires lors des stress abiotiques (stress salin et hydrique). La réduction de la croissance aérienne observée au niveau des plantules peut aussi s'expliquer par des augmentations des taux de certains régulateurs de croissance, notamment l'acide abscissique et les cytokinines induites par le sel (Rochdi et *al.*, 2005 ; Benmahioul et *al.*, 2009). De même, Liu et *al.* (1998) ont rapporté qu'une baisse de la quantité de cytokinines a été enregistrée chez *Pinus sylvestris*, *Pinus koraiensis* et *Abies holophylla* soumis à un stress salin. Selon Zhu (2001) la réduction de croissance de l'appareil végétatif aérien est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique. En effet, ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles.

Les expériences de transfert sur milieu témoin de graines après prétraitement avec du NaCl sont conduites pour préciser le mode d'action du sel sur la germination. Dans notre travail, les grains ont germés, mais pas d'une façon complète, pour cette raison on peut conclure, que l'effet de sel sur la germination des grains de blé dur est basé en majoritairement sur l'effet osmotique car celui-ci abaisse le potentiel osmotique du milieu de germination (à cause de la concentration élevée en sel). Cependant, au moins une partie des effets de stress salin a été occasionné par la toxicité ionique due à l'accumulation des ions Na⁺ et Cl⁻, même après le retour à un milieu ne contenant pas de NaCl.

Ainsi Bouatrous (2013) a rapporté qu'un prétraitement par des doses élevées de NaCl et le transfert des graines de blé dur dans l'eau distillée est suivi d'une reprise de la germination. Néanmoins, la capacité germinative reste plus faible que celle obtenue chez les graines mises directement sur milieu témoin (0 g/l), ce qui probablement dénote des effets d'ordre osmotique et toxique au niveau cellulaire. La réversibilité de la réponse au sel a été démontrée dans plusieurs travaux et chez plusieurs espèces. Elle s'observe aussi chez le blé (dure et tendre)

(Alaoui, 2013) l'orge (Bliss, 1986) citrus (Zakri, 1993) légumineuse (Esaïe, 1995) pois chiche (Hajlaoui et *al.*, 2007).

La mobilisation des réserves (exprimée par la matière sèche résiduelle) dépend de l'activation des enzymes hydrolytiques. Ces réserves sont majoritairement de nature glucidique (Khemiri et *al.*, 2004) sont hydrolysées par l' α -amylase en sucres solubles et sont soumises à la plantule pour les besoins de sa croissance (Groome et *al.*, 1991) L'effet de NaCl peut s'exercer sur l'activité enzymatique elle-même (Gomes et *al.*, 1983) comme sur le transport des produits de l'hydrolyse des réserves vers l'embryon. Cet effet dépressif du sel sur la mobilisation des réserves a déjà été signalé chez le petit pois (Okçu et *al.*, 2005), la fève (Gal et *al.*, 2004 ; Benidire et *al.*, 2014) ,le blé (Soltani et *al.*, 2004) et pois chiche (Hajlaoui et *al.*, 2007).

CONCLUSION

Conclusion

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la germination, la croissance et le développement des plantes surtout dans les régions arides et semi-arides qui souffrent des problèmes de la salinisation des sols.

La germination des graines est un ensemble de processus métaboliques aboutissent à l'émergence de la radicule. Ce stade de développement est considéré comme une étape critique dans l'établissement des semis et ainsi la détermination d'une production agricole réussie.

Dans ce travail on a comparé la réponse de trois variétés de blé dur (Hedba, Bidi17, Belyouni) à différents niveaux de salinité (0g/l, 5g/l, 10g/l, 15g/l).

Ainsi, nos résultats montrent que la salinité affecte la totalité des paramètres de germination examinés chez les variétés du blé dur étudiées.

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce travail, il nous a été possible de tirer les points suivants :

La réponse au stress salin chez les trois variétés du blé dur : Hedba, Bidi17 et Belyouni testées révèle l'existence d'une grande variabilité pour tous les paramètres mesurés : le taux de germination, la cinétique de germination, taux moyen journalière, vitesse de germination, longueur des racines et d'épicotyle, réversibilité et mobilisation des réserves.

Ces résultats nous ont permis de classer les variétés étudiées en trois groupes significativement différents : Le premier groupe est formé de Belyouni qui est la variété la plus tolérante au sel. Le deuxième groupe représente la variété moyennement tolérante à savoir Hedba. Enfin, le troisième groupe contient la variété Bidi 17 qui est la plus sensible au stress salin.

La capacité germinative et la vitesse de germination des variétés étudiées sont, en effet, fortement touchées et elles diminuent avec l'augmentation de la concentration en NaCl.

Concernant la croissance de la partie aérienne et la partie radiculaire sont liées avec la mobilisation, on remarque un effet négatif du sel en fonction des variétés et du stress appliqué et on classer les variétés étudiées en trois groupes significativement différents : Le premier groupe est formé de Hedba. Le deuxième groupe de Belyouni et enfin, le troisième groupe représente la variété Bidi 17 qui est la plus sensible au stress salin quant à ces paramètres

Ainsi, l'effet dépressif du sel peut être toxique et/ou osmotique. En effet, les variétés de blé dur testées sont affectées par une dépression osmotique et toxique.

Cette étude devrait être complétée par des expérimentations sur le champ afin de confirmer la tolérance de ces variétés sans pénaliser le rendement.

BIBLIOGRAPHIE

-
- Ackerson. RC .1984. Abscissic acid and precocious germination in soybeans .*j. exp. Bot*, 35: 414-421.
 - Adjel F., Bouzerzour H., & Benmahammed A. 2013. Salt Stress Effects on Seed Germination and Seedling Growth of Barley (*Hordeum Vulgare* L.) Genotypes. *Journal of Agriculture and Sustainability*, 3(2): 223-237.
 - Alaoui M., El Jourmi L., Ouarzane A., Lazar S., El Antri S., Zahouily M., Hmyene A. 2013. Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *J. Mater. Environ. Sci*, 4 (6) : 997-1004.
 - Amouri A.A., et Lameche F.Z.F. 2012. Analyse comparative de la tolérance à la salinité du gaméphyte mâle et du sporophyte chez *Medicago* au stade germination. *Acta botánica*
 - Anonyme .1987. Agriculture 2. Les céréales, p7-8
 - Arbaoui M., Benkhelifa M. et Belkhodja M.2001. Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. *CIHEAM – Options Méditerranéennes*.267-269.
 - Askri H., Rejeb S., Jebari H., Nahdi H. et Rejeb M.N. 2007. Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines de trois variétés de pastèque (*Citrus lanatus* L.). *Sécheresse* 18 (1):51-55.
 - Bajji M. 1999. Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variantes somaclonales sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Université Louva
 - Bajji M., Kinet JM., Lutts S. 1998. Salt stress effect on root and leaves of *Atriplex halimus* L. and their corresponding callus cultures. *Plant. Sci.* 137 : 42-131.
 - Bayuelo-Jimenez J.S., Craig R., Lynch, J.P. 2002. Salinity tolerance of species during germination and early seedling growth. *Crop Science*, 42(5) :1584-1594.
 - Beaugrand J. 2004. bases cytologiques et moléculaires de la dégradation enzymatique du son blé tendre. Thèse doctorat. Univ de reims champagne_Ardenne. Coll. IRNA.
 - Belaid D.1986.Aspects de la céréaliculture Algérienne. OPU, Alger, 207p.
 - Belkhodja M., Bidai Y. 2004. Réponse de la germination des graines d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin. *Sécheresse*, N°4, vol.15, 331-335.

-
- Bellinger Y, Bensaoud A, Larher F.1991. Physiological significance of proline accumulation, a trait of use to breeding for stress tolerance. Colloque Physiology-Breeding of winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments, Montpellier (France), 3-6 July 1989. Les colloques N°55. Paris: Inra éditions.
 - Ben Naceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Meddahi ML. Et Selmi M. 2001. Effet du stress salin sur la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse*, 12 : 167-174.
 - Benbrahim K. F., Ismaili M., Benbrahim S. F., Tribak A. 2004. *Sci. Chang. Planétaires Sécheresse*15: p.307.
 - Benidire L., Daoui Z., Fatemi Z.A., Achouak W., Bouarab L., Oufdou K. 2014. Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. (Effect of salt stress on germination and seedling of *Vicia faba* L.). *Journal of Materials and Environmental Science* 6(3) :840-851.
 - Benmahiou B., Daguin F., et Kaid-Harche M. 2009. Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.). *C.R. Biologies* 332(8) : 752-758.
 - Ben-miled, D., Boussaid M., Abdelkefi A., Cherif 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. Nombre de pages ?
 - Benzioni A., Nerd A., Rosengartner Y. et Mills D., 1992. Effect on NaCl salinity on growth and development of jojoba clones I. Young plants. *J. Plant Physiol.*, 139: 731-736.
 - Bergareche C., Llusia J., Febrero A., Bort J., Araus JL .1993. Effect of water stress on proline and nitrate content of barley relationships with osmotic potential, carbon isotope ratio and grain yield. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale, Montpellier (France), 15-17 décembre 1992. Les colloques, n°64. Paris : Inraéditions.
 - Berthomieu P., Conéjéro G., Nublat A., Brackenbury W.J., Lambert C., Savio C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Simonneau T., Essah PA., Tester M., Véry A.A., Sentenac H., Casse F.2000. Functional analysis of AtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na (+) recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance, *EMBO J.* 22 (9): 2004 14.
 - Black M .1983. Abscissic acid in seed germination and dormancy. In : abscissic acid . f. t. addicot ed. Praeger Publis. New-york, p 333-363.

- Bliss. R D, Platt. A., Thomson. WW .1986. The inhibition effect on NaCl on barley germination. *Plant. Cell. Envir.* 9 : 727-733.
- Bonjean A. 2001. Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticumaestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, 21: 29-37.
- Bouatrous Y.2013. Effet du stress salin et l'haplodiploïdisation chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de doctorat, Université Mentouri de Constantine, Algérie, Pp17-72.
- Bouda S., Haddioui A. 2011. Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Nature & Technologie.* 05 : 72-79.
- Boufenar O., Zaghouane F., Zaghouane O. 2006. Guide des principales variétés des céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et l'avoine) I.T.G.C première édition. Pp.23-29.
- Boulghalagh J., Berrichi A., El Halouani H. et Kouddane N.E. 2008. Impact de la salinité sur la germination et la croissance in vitro du Jojoba (*Simmondsia chinensis* [Link] Schneider). *Cahiers UAE* (23): 25-30.
- Bourdu R.1983. Les diverses fonctions du scutellum des graminees, *bul, soc, bot, fr*, 34 P 33- 49.
- Bressan R.A., N.K. Singh, A.K. Handa, A. Konowicz, P.M Hasegawa. 1985. Stable and unstable tolerance to NaCl in cultured tobacco cells, in: M. Freeling (Ed.), *UCLA Symposium on plant genetics*, A.R. Liss, New York, 1985: 755-779.
- Camara B., Sanogo S., Cherif M., Kone Daouda. 2018. Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*). *Journal of Applied Biosciences* 124 : 2424-12432.
- Chadli R. & Belkhodja M. 2007. Réponses Minérales Chez la Fève (*Vicia faba* L.) au stress salin. *European Journal of Scientific Research* Vol.18. n°4, 645- 654.
- Cherfia R.2010. Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Magister, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie et Ecologie. Université Mentouri, Constantine. 77p
- Chetmi D. 2009 : Etude comparative de quelque variété de blé dur (T.D.desf) et analyse diallèle de leurs hybride F1, Thèse. mag. Agro. ITAS, Ouargla, 119p.

-
- Clement G., Prats. 1971. Les céréales. Ed.J.B. Bailliers et Fils, 20-360p
 - Cokkizgin A. 2012. Salinity Stress in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seed Germination Not Bot Horti Agrobo, 40 (1): 177-182.
 - Côme D. 1970. Les obstacles à la germination. Masson et Cie.162 pp.
 - El Goumi Y., Fakiri M., Lamsaouri O. et Benchekroun M. 2014. Salt stress effect on seed germination and some physiological traits in three Moroccan barleys (*Hordeum vulgare* L.) cultivars J. Mater. Environ. Sci. 5 (2) : 625-632.
 - El- Sayed H ; El- Haak .1991. Induced seed germination and seedling growth by proline under water or salt stress. *Stress biochemistry in plant. Proc. Of joint meeting*, p 137-146.
 - El-Monem, A. et Sharaf, M. 2008. Tolerance of five genotypes of lentil to NaCl-salinity stress. NY Sci J, 1:70-80.
 - El-neimi.TS, William.FC and Rumaugh.D .1992. Response of alfalfa cultivars to salinity during germination *growth.crop. sci*, 32: 976-980.
 - Esaïe T.1995. Effet du sel sur la germination de graines de légumineuses. Cahiers Agricultures 4 : 207-209.
 - FAO (Food and Agricultural Organization). 2001 – La fresterie urbaine et peri-urbaine.
 - Feillet. 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.
 - Gal T., Shahal A., Uzi K., Ewald S. 2004.Influence of nitrate and sodium chloride on concentration and internal distribution of mineral elements in broad bean (*Vicia faba* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.). Landbauforschung Völkenrode, 4, 54:189-197.
 - Gate P. H. (1995). Ecophysiologie du blé ; Technique et documentation Lavoisier, Paris, 429 p.
 - Ghrib C. D., Gharbi F., Rejeb S., Khoudja L. et Rejeb M.N. 2011. Tolérance à la salinité de trois espèces d 'Eucalyptus aux stades germinatif et plantule. European Journal of Scientific Research. 50(2):208 – 217
 - Gomes F.E., Prisco J.T., Campos F.A.P. & Filho E.J. 1983. Effects of NaCl salinity *in vivo* and *in vitro* ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* cotyledons during germination. Plant Physiol. 59: 183-188.

- Groome M.C., Axler S. & Gfford D.J.1991, Hydrolysis of lipid and protein reserves in lobolly pine seeds in relation to protein electrophoretic patterns following imbibition. *Physiol. Plant*, 83: 99-106.
- Grouzis Jp .1973. Relation Entre Phosphorylation Cyclique et Absorption Du Calcium Dans Les Chloroplaste Vol (11 4) : 643 - 654.
- Guerrier G .1983. Variation des teneurs en Na⁺ et Ca⁺ d'embryons et de jeunes plantes lors de la germination en milieu sale *OYTON*,43 (2) : 141-152.
- Hajlaoui H., Denden M. et Bouslama M.2007. Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*, 25(3) : 168–173.
- Hamadache, A. 2013. Eléments de phytotechnie générale : Grandes Culture-Tom I : Le blé. 1ère édition. Mohamed Amrani. 49-69.Henri Poincaré -Nancy 1.
- Hayek T., Abdely C. 2004. Revue des Régions Arides, Tome 1, No. Spécial: 273-284.
- Hopkins W. G.2003. Physiologie végétale.Ed.Révision scientifique de Charles. Marie Evard. 23-453.
- Huang J et Redmann R .1995. Salt tolerance of Hordeum and Brassica species during germination and early seedling growth. *Can J. Plant Science*, 75: 817- 819.
- Ines J., Yosra S. & Mohamed E. G. (2014). Effects of salt stress on growth seedlings of two landrace varieties of durum wheat from the Tunisian centre (*Triticum durum*). *African Journal of Agricultural Research*, 9(33): 2528-2539.
- INSID (Institut National Des Sols, de L'Irrigation et du Drainage).2008. Ministère De L'Agriculture et du Développement Rural. Sols salins en Algérie, p1
- Jabnونة M.2008 : Adaptation des plantes au stress salin, caractérisation de transporteur de sodium et de potassium de la famille HKT chez le riz-université Montpellier.
- Kadri K., Maalam S., Cheikh M.H., Benabdallah A., Rahmoune C. & Ben Naceur M. 2009. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions Tunisiennes d'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Science and Technologie* 29 :72-79.
- Kameli A, Lösel D .1998. Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *J Plant Physiol*1995 ; 145 : 363-366.

- Kameli A., Lösel D.M. 1995. Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *J. Plant Physiol.* 145: 363-366.
- Karou M. R., El hanfid D., Smith H., Samir K. 1998. Physiological attributes associated with early season drought resistance in spring durum wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 78 : 227-237.
- Katembe X.J., Ungar I.A., Mitchell J.P. 1998. Effect of salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex* species (chenopodiacees), *Ann bot* 82, p (75, 165).
- Kayani SA, Narvi HH and Ting I .1990. Salinity effects on germination and mobilization of reserves in jojoba seed. *Crop.sc.* 30: 704-708.
- Kaymakanova M. 2009. Effect of salinity on germination and seed physiology in Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). XI Anniversary Scientific Conference, 326-329.
- Lepage-Degivery. MT et Bulard. C .1988. L'acid abscissique dans la regulation du developpement embryonnaire et de la germination. *Bull Soc. Bot. Fr.* 4, p 19-32.
- Levent T. A., Cengiz K , David H., Bernardo M.A., Salih A., Ali R. G .2007. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants, *Environmental and Experimental Botany Elsevier.* 121: 1- 7.
- Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., Casse Delbart F. 1995. Les plantes face au stress salin. *Cah Agric* (4) : 263-73.
- Levy A., Feldman M. 2002. The impact of polyploidy on grass genome evolution. *Plant Physiol.* 130. p1587-1593.
- Liu G.F., Liu G.J., Yang C.P., Wang H.M., 1998. The analysis of hormonal change and salt resistant ability of tree species under salt stress, *J. Northeast for Univ.* 26 ; 1-4.
- Mallek-Maalej E., Boulasnem F., Ben Salem M. 2004. *Cahiers Agriculture* 12:153-156.
- Marambe B., Ando T. 1995. Physiological basis of salinity tolerance of sorghum seeds during germination. *J. Agron. Crop Sci* 174(5) : 291- 296.
- Masmoudi. 2011. Effet de salinité des eaux et la fréquence d'irrigation sur le sol et les végétaux. *Courrière du savoir* 11:61-70.
- Mekliche A. 1988. Irrigation de complément du blé. Séminaire national sur l'intensification cérélière. Alger.

-
- Mekliche, A., Boukecha, D., & Hanifi-Mekliche, L. 2003. Etude de la tolérance a la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) .I. Effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologiques, 24 (1, 2) : 97-110.
 - Meyer S., Reeb C., Bosdeveix R.2008. Botanique : biologie et physiologie végétales. 2^{ème}édition, Collection sciences fondamentales, Maloine, Paris, 57-416.
 - Ministère de l'Agriculture et de la Réforme agraire.1974. Principales caractéristiques Des variétés de céréales cultivées en Algérie, p26-27.
 - Missra S., Kemode A., Bewley Jd .1984. Maturation Drying As The Switch That Terminates Seed Development and Promotes Germination In Molecular Form And Function Of The Plant Genome. Plenum New York Van Volten Dating Croot and Hall Edi p113 128.
 - Mnif L., Chaieb M. 2004. Revue des Régions Arides, Tome 1, No spécial : 252-257
 - Morgan JM .1984. Osmoregulation and waterin higher plants. Wheat conference 2-9 May, Rabat, Marocco. Annu Rev Plant Physiol 1984 ; 35 : 299-319.
 - Morgan JM .1984.Osmoregulation and waterin higher plants. Wheat conference 2-9 May, Rabat, Marocco. Annu Rev Plant Physiol1984 ; 35 : 299-319.
 - Mouellef A.2010.Caractères physiologique et biochimique de tolerance du blé dur (*triticum durum* Desf.) au stress hydrique. These de magistère en biotechnologies végétales. 2cole doctorale, Constantine p15
 - N'Dri A.A.N., Vroh-Bi I., Kouamé P.L., Zoro Bi I. 2013. *Sci. Nat.* 8: 119.
 - Nichols P.G.H., Malik A.I., Stockdale M., Colmer T.D. 2009. *Plant Soil* 315: 241.
 - Nichols P.G.H., Malik A.I., Stockdale M., Colmer T.D. 2009. Salt tolerance and avoidance mécanismes at germination of annual pasture legumes: importance for adaptation to saline environments. *Plant and Soil*, 315 (1-2):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.). *Turk J. Agric For* 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, Vol. 1, pp. 323-338. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers. 521 pp

- Outhman Y., Al-Karaki G., Al-Tawaha A.R., AlHorani A. 2006. Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity conditions. *World J. Agric. Sci.* 2: 11-15.
- Piri K., Anceau C., El jaafari S., Lepoivre P., Semal J., 1994: Sélection in vitro de plantes andro génétiques de blé tendre résistantes à la salinité. *L'amélioration des Plantes*. Ed. AUPELF-UREF, Paris : 311-320.
- Prado F.E., Boero C., Gallardo M., Gonzalez J.A. 2000. Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 41:27-34.
- Ramage RT., eds. Genetic engineering of osmoregulation, New York: Plenum, (1980), 311-318.
- Reda-Tazi M., Berrichi A., Haloui B. 2001. Germination et croissance in vitro de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snasse (Maroc oriental) à différentes concentrations en NaCl. *Actes, int Agron.Vet (Maroc)* 3(21) : 163-168
- Rejili M., Vadel M.A., Neffatp M., 2006. Comportements germinatifs de deux populations de *lotus creticus* (L.) en présence de NaCl. *Revue des Régions Arides*, Vol. 17, N° 1 : 65-78
- Rezgui M., Bizid E., Ben Mechlia N. 2004. *Revue des Régions Arides*, Tome 1, No spécial : 258-265.
- Rochdi J., Lemsellek A., Bousarhal A., Rachidai. 2005. Evaluation sous serre de la tolérance à la salinité de quelques portegreffes d'agrumes: *Citrus aurantium* et deux hybrides de *Poncirus trifoliata* (*Poncirus* × *Citrus sinensis* et *Poncirus* × *Mandarinier sunki*), *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 9 (1) 65–73.
- Roza G. and Khayatnezhad M. 2011. The Effects of water and salt stresses on germination in two bread wheat genotypes *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(77), pp.17805-17811, 5 December, 2011
- Ruel, T. 2006. Document sur la culture du blé, édition Educagri.
- Sayar R., Bchini H., Mosbahi M. et Khemira H. 2010. *Czech J. Genet. Plant Breed* 46 (2): 54–63.

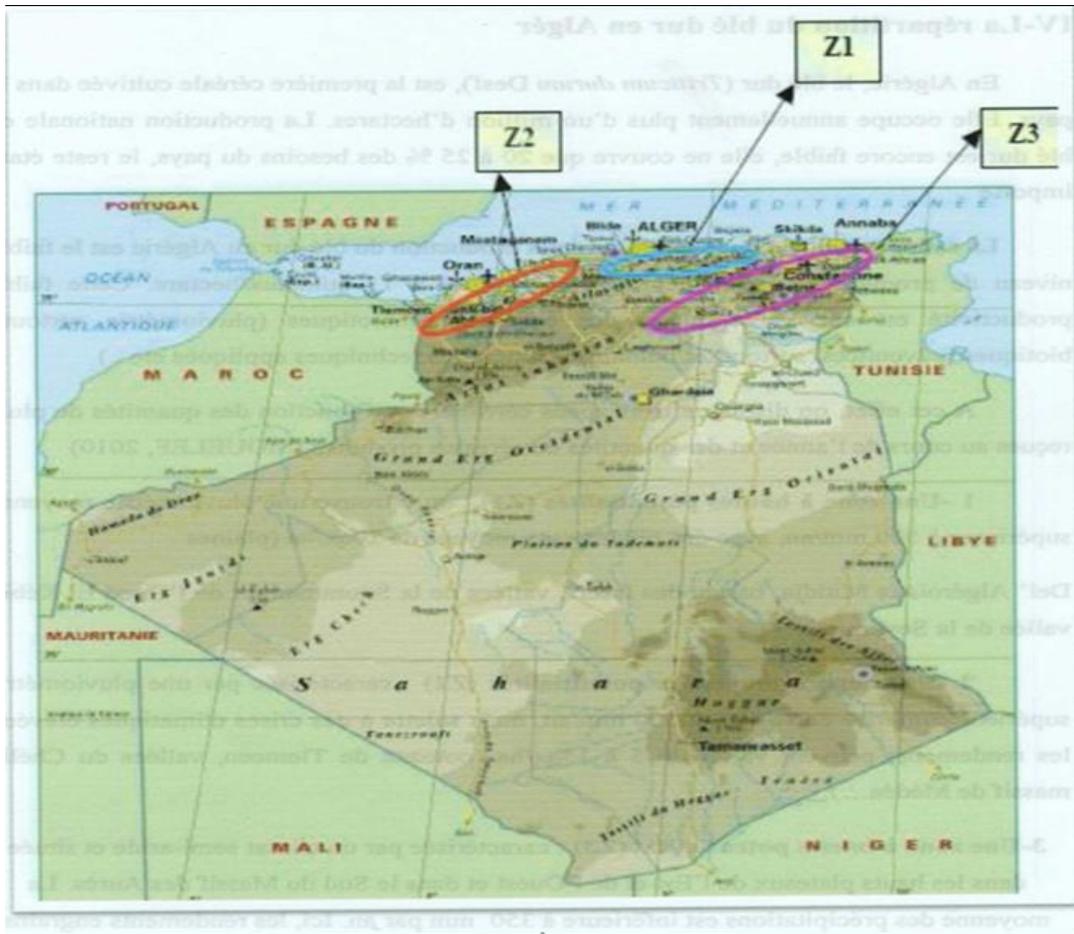
- Slama A .2002. Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie, faculté des sciences de Tunis.
- Slama A, Ben Salem M, Zid .2004. La proline est-elle un osmorégulateur chez le blé dur. Communication aux 15es Journées biologiques, 18-21 mars 2004, Forum des sciences biologiques, Association tunisienne des sciences biologiques.
- Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. et Zid E. D. 2005. Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse* (16) 3: 225-9
- Slama F.2004. La salinité et la production végétale. Centre de publication universitaire, Tunis : 5-198.
- Soltani A., Gholipoor M., Zeinali E.2004. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental and experimental botany*, (article in press).
- Soltani A., Hajji M., Grignon C. 1990. Recherche de facteurs limitant la nutrition minérale de l'orge en milieu sale. *Agronomie, EDP Sciences*, 10 (10): 857-866.
- Soltner D. 1990. *Phytotechnie spéciale, Les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées, prairies. Sciences et Technique Agricoles éd.*
- Soltner D. 1998. *Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.*
- Soltner D. 2005. *Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricoles. 472p.*
- Wang X.2002. Phospholipase D in hormonal and stress signaling. *Curr. Opin. Plant biol*, 5: 408-14: p13.
- Wu, C., Wang, Q., Xie, B., Wang, Z., Cui, J., et Hu, T.2011. Effects of drought and salt stress on seed germination of three leguminous species. *African Journal of Biotechnology*, 10(78): 17954-17961.
- Yousofinia M., Ghassemian A., Sofalian O., Khomari S., 2012. Effects of salinity stress on barley (*Hordeum vulgare*,L.) Germination and seedling growth. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. Vol. 4, 1353-1357.

- Zeitoun R. 2011. Procédés de fractionnement de la matière végétale-application à la production des polysaccharides du son et de paille de blé. Doctorat de Sciences des Agro-ressources, Université de Toulouse, p.291.
- Zekri M., 1993, Osmotic and toxic ion effects on seedling emergence and nutrition of Citrus root stocks. J. Plant Nutr. 16, 2013-2028.
- Zhu J.K. 2001. Plant salt tolerance, Trends Plant Sci 6: 66–71.

ANNEXES

Annexes

Annexe 1



La carte de la répartition de blé dur en Algérie. (Moullef , 2010).

Annexes 2**Taux de germination**

Analyse de la variance (TX GER) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	14585,417	1325,947	238,670	< 0,0001
Erreur	24	133,333	5,556		
Total corrigé	35	14718,750			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Dose sel / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (TX GER) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr >Diff	Significatif
D0 vs D3	46,111	41,500	2,064	< 0,0001	Oui
D0 vs D2	17,778	16,000	2,064	< 0,0001	Oui
D0 vs D1	4,444	4,000	2,064	0,001	Oui
D1 vs D3	41,667	37,500	2,064	< 0,0001	Oui
D1 vs D2	13,333	12,000	2,064	< 0,0001	Oui
D2 vs D3	28,333	25,500	2,064	< 0,0001	Oui

Variété / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (TX GER) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr >Diff	Significatif
V3 vs V2	16,667	17,321	2,064	< 0,0001	Oui
V3 vs V1	3,333	3,464	2,064	0,002	Oui
V1 vs V2	13,333	13,856	2,064	< 0,0001	Oui

Dose sel*Variété / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (TX GER) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
D1*V3 vs D3*V2	61,667	32,043	3,606	< 0,0001	Oui
D1*V3 vs D3*V1	40,000	20,785	3,544	< 0,0001	Oui
D1*V3 vs D3*V3	36,667	19,053	3,476	< 0,0001	Oui
D1*V3 vs D2*V2	36,667	19,053	3,399	< 0,0001	Oui
D1*V3 vs D2*V1	11,667	6,062	3,312	< 0,0001	Oui
D1*V3 vs D1*V2	10,000	5,196	3,211	0,000	Oui
D1*V3 vs D2*V3	5,000	2,598	3,092	0,136	Non
D1*V3 vs D1*V1	3,333	1,732	2,946	0,434	Non
D1*V3 vs D0*V2	0,000	0,000	2,759	1,000	Non
D1*V3 vs D0*V3	0,000	0,000	2,064	1,000	Non
D1*V3 vs D0*V1	0,000	0,000	2,497	1,000	Non
D0*V3 vs D3*V2	61,667	32,043	3,544	< 0,0001	Oui
D0*V3 vs D3*V1	40,000	20,785	3,476	< 0,0001	Oui
D0*V3 vs D3*V3	36,667	19,053	3,399	< 0,0001	Oui
D0*V3 vs D2*V2	36,667	19,053	3,312	< 0,0001	Oui
D0*V3 vs D2*V1	11,667	6,062	3,211	< 0,0001	Oui
D0*V3 vs D1*V2	10,000	5,196	3,092	0,000	Oui
D0*V3 vs D2*V3	5,000	2,598	2,946	0,102	Non
D0*V3 vs D1*V1	3,333	1,732	2,759	0,330	Non
D0*V3 vs D0*V2	0,000	0,000	2,497	1,000	Non
D0*V3 vs D0*V1	0,000	0,000	2,064	1,000	Non
D0*V1 vs D3*V2	61,667	32,043	3,476	< 0,0001	Oui
D0*V1 vs D3*V1	40,000	20,785	3,399	< 0,0001	Oui
D0*V1 vs D3*V3	36,667	19,053	3,312	< 0,0001	Oui
D0*V1 vs D2*V2	36,667	19,053	3,211	< 0,0001	Oui
D0*V1 vs D2*V1	11,667	6,062	3,092	< 0,0001	Oui
D0*V1 vs D1*V2	10,000	5,196	2,946	0,000	Oui
-D0*V1 vs D2*V3	5,000	2,598	2,759	0,070	Non
D0*V1 vs D1*V1	3,333	1,732	2,497	0,214	Non
D0*V1 vs D0*V2	0,000	0,000	2,064	1,000	Non
D0*V2 vs D3*2	61,667	32,043	3,399	< 0,0001	Oui
D0*V2 vs D3*V1	40,000	20,785	3,312	< 0,0001	Oui
D0*V2 vs D3*V3	36,667	19,053	3,211	< 0,0001	Oui
D0*V2 vs D2*V2	36,667	19,053	3,092	< 0,0001	Oui
D0*V2 vs D2*V1	11,667	6,062	2,946	< 0,0001	Oui
D0*V2 vs D1*V2	10,000	5,196	2,759	0,000	Oui
D0*V2 vs D2*V3	5,000	2,598	2,497	0,040	Non
D0*V2 vs D1*V1	3,333	1,732	2,064	0,096	Non
D1*V1 vs D3*V2	58,333	30,311	3,312	< 0,0001	Oui
D1*V1 vs D3*V1	36,667	19,053	3,211	< 0,0001	Oui
D1*V1 vs D3*V3	33,333	17,321	3,092	< 0,0001	Oui
D1*V1 vs D2*V2	33,333	17,321	2,946	< 0,0001	Oui
D1*V1 vs D2*V1	8,333	4,330	2,759	0,001	Oui
D1*V1 vs D1*V2	6,667	3,464	2,497	0,006	Oui
D1*V1 vs D2*V3	1,667	0,866	2,064	0,395	Non
D2*V3 vs D3*V2	56,667	29,445	3,211	< 0,0001	Oui
D2*V3 vs D3*V1	35,000	18,187	3,092	< 0,0001	Oui
D2*V3 vs D3*V3	31,667	16,454	2,946	< 0,0001	Oui
D2*V3 vs D2*V2	31,667	16,454	2,759	< 0,0001	Oui
D2*V3 vs D2*V1	6,667	3,464	2,497	0,006	Oui
D2*V3 vs D1*V2	5,000	2,598	2,064	0,016	Oui
D1*V2 vs D3*V2	51,667	26,847	3,092	< 0,0001	Oui
D1*V2 vs D3*V1	30,000	15,588	2,946	< 0,0001	Oui
D1*V2 vs D3*V3	26,667	13,856	2,759	< 0,0001	Oui
D1*V2 vs D2*V2	26,667	13,856	2,497	< 0,0001	Oui
D1*V2 vs D2*V1	1,667	0,866	2,064	0,395	Non
D2*V1 vs D3*V2	50,000	25,981	2,946	< 0,0001	Oui
D2*V1 vs D3*V1	28,333	14,722	2,759	< 0,0001	Oui
D2*V1 vs D3*V3	25,000	12,990	2,497	< 0,0001	Oui
D2*V1 vs D2*V2	25,000	12,990	2,064	< 0,0001	Oui
D2*V1 vs D3*V2	25,000	12,990	2,759	< 0,0001	Oui
D2*V2 vs D3*V1	3,333	1,732	2,497	0,214	Non
D2*V2 vs D3*V3	0,000	0,000	2,064	1,000	Non
D3*V3 vs D3*V2	25,000	12,990	2,497	< 0,0001	Oui
D3*V3 vs D3*V1	3,333	1,732	2,064	0,096	Non
D3*V1 vs D3*V2	21,667	11,258	2,064	< 0,0001	Oui

Annexes 3**Taux moyens de germination journalière**

Analyse de la variance (MOY JOUR)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	2255,229	205,021	959,786	< 0,0001
Erreur	24	5,127	0,214		
Total corrigé	35	2260,356			

Calculé contre le modèle Y=Moyenne(Y)

Dose sel / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (MOY JOUR) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr >Diff	Significatif
D0 vs D3	19,664	90,256	2,064	< 0,0001	Oui
D0 vs D2	14,109	64,757	2,064	< 0,0001	Oui
D0 vs D1	8,176	37,524	2,064	< 0,0001	Oui
D1 vs D3	11,489	52,732	2,064	< 0,0001	Oui
D1 vs D2	5,933	27,233	2,064	< 0,0001	Oui
D2 vs D3	5,556	25,499	2,064	< 0,0001	Oui

Variété / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (MOY JOUR) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr >Diff	Significatif
V3 vs V2	6,749	35,770	2,064	< 0,0001	Oui
V3 vs V1	0,800	4,240	2,064	0,000	Oui
V1 vs V2	5,949	31,530	2,064	< 0,0001	Oui

Dose sel*Variété / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (MOY JOUR)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	25,663	68,006	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	21,330	56,523	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	20,663	54,756	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	20,330	53,873	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V1	15,663	41,507	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V2	15,330	40,623	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V3	14,330	37,973	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V1	9,197	24,370	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D0*Variété-V2	8,330	22,074	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V3	8,330	22,074	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D0*Variété-V1	0,000	0,000	2,064	1,000	Non
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	25,663	68,006	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	21,330	56,523	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	20,663	54,756	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	20,330	53,873	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V1	15,663	41,507	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V2	15,330	40,623	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V3	14,330	37,973	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V1	9,197	24,370	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D0*Variété-V2	8,330	22,074	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V3	8,330	22,074	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	17,333	45,932	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	13,000	34,449	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	12,333	32,682	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	12,000	31,799	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V1	7,333	19,433	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V2	7,000	18,549	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V3	6,000	15,900	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V1	0,867	2,297	2,064	0,031	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D0*Variété-V2	0,000	0,000	2,064	1,000	Non
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	17,333	45,932	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V1	13,000	34,449	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V2	12,333	32,682	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V3	12,000	31,799	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V1	7,333	19,433	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D1*Variété-V2	7,000	18,549	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V3	6,000	15,900	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D1*Variété-V1	0,867	2,297	2,064	0,031	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	16,467	43,635	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	12,133	32,152	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	11,467	30,386	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	11,133	29,503	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V1	6,467	17,136	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V2	6,133	16,253	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V3	5,133	13,603	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	11,333	30,032	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	7,000	18,549	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	6,333	16,783	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	6,000	15,900	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V1	1,333	3,533	2,064	0,002	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V2	1,000	2,650	2,064	0,014	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	10,333	27,383	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V1	6,000	15,900	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V2	5,333	14,133	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V3	5,000	13,250	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V1	0,333	0,883	2,064	0,386	Non
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	10,000	26,499	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	5,667	15,016	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	5,000	13,250	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	4,667	12,366	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D3*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	5,333	14,133	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D3*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	1,000	2,650	2,064	0,014	Oui
dose sel-D3*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	0,333	0,883	2,064	0,386	Non
dose sel-D2*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	5,000	13,250	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V1	0,667	1,767	2,064	0,090	Non
dose sel-D3*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	4,333	11,483	2,064	< 0,0001	Oui

Annexe 4**Longueur des racines**

Analyse de la variance (LONG R) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	44702,566	4063,870	412,763	< 0,0001
Erreur	24	236,293	9,846		
Total corrigé	35	44938,859			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Dose sel / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (LONG R) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr >Diff	Significatif
D0 vs D3	90,464	61,160	2,759	< 0,0001	Oui
D0 vs D2	60,268	40,745	2,759	< 0,0001	Oui
D0 vs D1	26,986	18,244	2,759	< 0,0001	Oui
D1 vs D3	63,479	42,916	2,759	< 0,0001	Oui
D1 vs D2	33,282	22,501	2,759	< 0,0001	Oui
D2 vs D3	30,197	20,415	2,759	< 0,0001	Oui

Variété / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (LONG R) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr >Diff	Significatif
V1 vs V2	16,344	12,759	2,064	< 0,0001	Oui
V1 vs V3	10,987	8,577	2,064	< 0,0001	Oui
V3 vs V2	5,358	4,182	2,064	0,000	Oui

Dose sel*Variété / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (MOY JOUR)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	93,107	36,342	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	90,617	35,370	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	87,670	34,220	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	73,140	28,548	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V3	63,367	24,734	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V1	44,297	17,290	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V2	40,407	15,772	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V3	31,240	12,194	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V1	9,310	3,634	3,606	0,047	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D0*Variété-V3	0,000	0,000	3,606	1,000	Non
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D0*Variété-V2	0,000	0,000	3,606	1,000	Non
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	93,107	36,342	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V3	90,617	35,370	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V1	87,670	34,220	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V2	73,140	28,548	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V3	63,367	24,734	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V1	44,297	17,290	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D1*Variété-V2	40,407	15,772	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D1*Variété-V3	31,240	12,194	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D1*Variété-V1	9,310	3,634	3,606	0,047	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D0*Variété-V3	0,000	0,000	3,606	1,000	Non
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	93,107	36,342	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	90,617	35,370	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	87,670	34,220	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	73,140	28,548	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V3	63,367	24,734	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V1	44,297	17,290	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V2	40,407	15,772	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V3	31,240	12,194	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V1	9,310	3,634	3,606	0,047	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	83,797	32,708	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	81,307	31,736	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	78,360	30,586	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	63,830	24,914	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V3	54,057	21,100	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V1	34,987	13,656	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V2	31,097	12,138	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V3	21,930	8,560	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	61,867	24,148	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	59,377	23,176	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	56,430	22,026	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	41,900	16,355	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V3	32,127	12,540	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V1	13,057	5,096	3,606	0,002	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V2	9,167	3,578	3,606	0,053	Non
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	52,700	20,570	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V3	50,210	19,598	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V1	47,263	18,448	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V2	32,733	12,777	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V3	22,960	8,962	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V1	3,890	1,518	3,606	0,921	Non
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	48,810	19,052	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	46,320	18,080	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	43,373	16,930	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	28,843	11,258	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V3	19,070	7,443	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	29,740	11,608	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	27,250	10,636	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	24,303	9,486	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	9,773	3,815	3,606	0,032	Oui
dose sel-D2*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	19,967	7,793	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V3	17,477	6,822	3,606	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V1	14,530	5,671	3,606	0,000	Oui
dose sel-D3*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	5,437	2,122	3,606	0,614	Non
dose sel-D3*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	2,947	1,150	3,606	0,988	Non
dose sel-D3*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	2,490	0,972	3,606	0,997	Non

Annexe 5**Longueur de l'épicotyles**

Analyse de la variance (LONG EP) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	54496,467	4954,224	690,318	< 0,0001
Erreur	24	172,241	7,177		
Total corrigé	35	54668,708			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Dose sel / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (LONG EP) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr >Diff	Significatif
D0 vs D3	96,093	76,092	2,064	< 0,0001	Oui
D0 vs D2	87,910	69,612	2,064	< 0,0001	Oui
D0 vs D1	44,540	35,269	2,064	< 0,0001	Oui
D1 vs D3	51,553	40,823	2,064	< 0,0001	Oui
D1 vs D2	43,370	34,343	2,064	< 0,0001	Oui
D2 vs D3	8,183	6,480	2,064	< 0,0001	Oui

Variété / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (LONG EP) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr >Diff	Significatif
V1 vs V2	11,268	10,302	2,064	< 0,0001	Oui
V1 vs V3	6,805	6,222	2,064	< 0,0001	Oui
V3 vs V2	4,463	4,080	2,064	0,000	Oui

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	99,020	45,269	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	94,893	43,383	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	94,840	43,358	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	94,420	43,166	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V3	87,493	40,000	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V1	81,343	37,188	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V2	55,603	25,420	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V3	49,333	22,554	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V1	28,683	13,113	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D0*Variété-V1	0,000	0,000	2,064	1,000	Non
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D0*Variété-V2	0,000	0,000	2,064	1,000	Non
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	99,020	45,269	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V2	94,893	43,383	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V3	94,840	43,358	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V1	94,420	43,166	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V3	87,493	40,000	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V1	81,343	37,188	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D1*Variété-V2	55,603	25,420	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D1*Variété-V3	49,333	22,554	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D1*Variété-V1	28,683	13,113	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D0*Variété-V1	0,000	0,000	2,064	1,000	Non
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	99,020	45,269	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	94,893	43,383	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	94,840	43,358	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	94,420	43,166	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V3	87,493	40,000	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V1	81,343	37,188	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V2	55,603	25,420	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V3	49,333	22,554	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V1	28,683	13,113	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	70,337	32,156	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	66,210	30,270	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	66,157	30,245	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	65,737	30,053	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V3	58,810	26,886	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V1	52,660	24,075	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V2	26,920	12,307	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V3	20,650	9,441	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	49,687	22,716	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	45,560	20,829	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	45,507	20,805	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	45,087	20,612	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V3	38,160	17,446	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V1	32,010	14,634	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V2	6,270	2,866	2,064	0,009	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	43,417	19,849	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V2	39,290	17,962	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V3	39,237	17,938	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V1	38,817	17,746	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V3	31,890	14,579	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V1	25,740	11,768	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	17,677	8,081	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	13,550	6,195	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	13,497	6,170	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	13,077	5,978	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V3	6,150	2,812	2,064	0,010	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	11,527	5,270	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	7,400	3,383	2,064	0,002	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	7,347	3,359	2,064	0,003	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	6,927	3,167	2,064	0,004	Oui
dose sel-D3*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	4,600	2,103	2,064	0,046	Oui
dose sel-D3*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	0,473	0,216	2,064	0,831	Non
dose sel-D3*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	0,420	0,192	2,064	0,849	Non
dose sel-D3*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	4,180	1,911	2,064	0,068	Non
dose sel-D3*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	0,053	0,024	2,064	0,981	Non
dose sel-D2*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	4,127	1,887	2,064	0,071	Non

Annexe 6

La réversibilité

Analyse de la variance (TX GR) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	12048,325	2409,665	40,320	< 0,0001
Erreur	12	717,154	59,763		
Total corrigé	17	12765,479			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

DOSE / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (TX GR) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
D0 vs D3	51,483	14,127	2,179	< 0,0001	Oui

Variété / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (TX GR) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
v3 vs v1	4,443	0,996	2,179	0,339	Non
v3 vs v2	2,777	0,622	2,179	0,546	Non
v2 vs v1	1,667	0,373	2,179	0,715	Non

DOSE*Variété / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (TX GR) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
DOSE-D0*Variété-v2 vs DOSE-D3*Variété-v1	55,557	8,802	3,359	< 0,0001	Oui
DOSE-D0*Variété-v2 vs DOSE-D3*Variété-v2	52,223	8,274	3,359	< 0,0001	Oui
DOSE-D0*Variété-v2 vs DOSE-D3*Variété-v3	46,670	7,394	3,359	< 0,0001	Oui
DOSE-D0*Variété-v2 vs DOSE-D0*Variété-v3	0,000	0,000	3,359	1,000	Non
DOSE-D0*Variété-v2 vs DOSE-D0*Variété-v1	0,000	0,000	3,359	1,000	Non
DOSE-D0*Variété-v1 vs DOSE-D3*Variété-v1	55,557	8,802	3,359	< 0,0001	Oui
DOSE-D0*Variété-v1 vs DOSE-D3*Variété-v2	52,223	8,274	3,359	< 0,0001	Oui
DOSE-D0*Variété-v1 vs DOSE-D3*Variété-v3	46,670	7,394	3,359	< 0,0001	Oui
DOSE-D0*Variété-v1 vs DOSE-D0*Variété-v3	0,000	0,000	3,359	1,000	Non
DOSE-D0*Variété-v3 vs DOSE-D3*Variété-v1	55,557	8,802	3,359	< 0,0001	Oui
DOSE-D0*Variété-v3 vs DOSE-D3*Variété-v2	52,223	8,274	3,359	< 0,0001	Oui
DOSE-D0*Variété-v3 vs DOSE-D3*Variété-v3	46,670	7,394	3,359	< 0,0001	Oui
DOSE-D3*Variété-v3 vs DOSE-D3*Variété-v1	8,887	1,408	3,359	0,722	Non
DOSE-D3*Variété-v3 vs DOSE-D3*Variété-v2	5,553	0,880	3,359	0,944	Non
DOSE-D3*Variété-v2 vs DOSE-D3*Variété-v1	3,333	0,528	3,359	0,994	Non

Annexe 7**La mobilisation des réserves**

Analyse de la variance (MOB)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	2316,106	210,555	152,050	< 0,0001
Erreur	24	33,235	1,385		
Total corrigé	35	2349,341			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Dose sel / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (MOB) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
D0 vs D3	-19,481	-35,119	2,064	< 0,0001	Oui
D0 vs D2	-13,585	-24,489	2,064	< 0,0001	Oui
D0 vs D1	-8,537	-15,389	2,064	< 0,0001	Oui
D1 vs D3	-10,945	-19,729	2,064	< 0,0001	Oui
D1 vs D2	-5,048	-9,100	2,064	< 0,0001	Oui
D2 vs D3	-5,896	-10,629	2,064	< 0,0001	Oui

Variété / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (MOB) :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
V1 vs V2	-7,623	-15,867	2,064	< 0,0001	Oui
V1 vs V3	-2,325	-4,839	2,064	< 0,0001	Oui
V3 vs V2	-5,298	-11,029	2,064	< 0,0001	Oui

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	-26,905	-28,002	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	-18,504	-19,258	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	-17,430	-18,141	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	-15,209	-15,829	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V2	-13,950	-14,519	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V3	-13,098	-13,632	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V1	-10,253	-10,671	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V3	-8,416	-8,759	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V1	-4,344	-4,521	2,064	0,000	Oui
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D0*Variété-V2	-0,939	-0,977	2,064	0,338	Non
dose sel-D0*Variété-V1 vs dose sel-D0*Variété-V3	-0,160	-0,167	2,064	0,869	Non
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	-26,744	-27,835	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	-18,343	-19,091	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	-17,270	-17,974	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	-15,049	-15,662	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V2	-13,790	-14,352	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	-12,938	-13,465	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V1	-10,092	-10,504	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V3	-8,255	-8,592	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V1	-4,184	-4,355	2,064	0,000	Oui
dose sel-D0*Variété-V3 vs dose sel-D0*Variété-V2	-0,779	-0,810	2,064	0,426	Non
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	-25,966	-27,024	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V2	-17,565	-18,281	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V3	-16,491	-17,163	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V1	-14,270	-14,852	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D1*Variété-V2	-13,011	-13,541	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V3	-12,159	-12,655	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V1	-9,314	-9,693	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D1*Variété-V3	-7,477	-7,782	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D0*Variété-V2 vs dose sel-D1*Variété-V1	-3,405	-3,544	2,064	0,002	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	-22,560	-23,480	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	-14,159	-14,737	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	-13,086	-13,619	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	-10,865	-11,308	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V2	-9,606	-9,997	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V3	-8,754	-9,111	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V1	-5,908	-6,149	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V3	-4,071	-4,237	2,064	0,000	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	-18,489	-19,243	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	-10,088	-10,499	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	-9,014	-9,382	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	-6,793	-7,070	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V2	-5,534	-5,760	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V3	-4,682	-4,873	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V1	-1,837	-1,912	2,064	0,068	Non
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	-16,652	-17,331	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	-8,251	-8,587	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	-7,177	-7,470	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V1	-4,956	-5,158	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D1*Variété-V2	-3,697	-3,848	2,064	0,001	Oui
dose sel-D2*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V3	-2,845	-2,961	2,064	0,007	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	-13,807	-14,370	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	-5,406	-5,626	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V3	-4,332	-4,509	2,064	0,000	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V1	-2,111	-2,197	2,064	0,038	Oui
dose sel-D2*Variété-V3 vs dose sel-D1*Variété-V2	-0,852	-0,887	2,064	0,384	Non
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	-12,955	-13,483	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D2*Variété-V2	-4,554	-4,739	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V3	-3,480	-3,622	2,064	0,001	Oui
dose sel-D1*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V1	-1,259	-1,310	2,064	0,202	Non
dose sel-D3*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V2	-11,696	-12,173	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D3*Variété-V1 vs dose sel-D2*Variété-V2	-3,295	-3,429	2,064	0,002	Oui
dose sel-D3*Variété-V1 vs dose sel-D3*Variété-V3	-2,221	-2,312	2,064	0,030	Oui
dose sel-D3*Variété-V3 vs dose sel-D3*Variété-V2	-9,475	-9,861	2,064	< 0,0001	Oui
dose sel-D3*Variété-V3 vs dose sel-D2*Variété-V2	-1,074	-1,117	2,064	0,275	Non
dose sel-D2*Variété-V2 vs dose sel-D3*Variété-V2	-8,401	-8,744	2,064	< 0,0001	Oui

ملخص

تعد الملوحة أحد العوامل الرئيسية المسؤولة عن تدهور الأراضي الزراعية وانخفاض إنتاجيتها في المناطق الجافة وشبه الجافة من خلال تركيز الملح الزائد، تشكل التربة المالحة بيئة غير مواتية لنمو عدة أصناف من نباتات الحبوب. ويرتبط عملنا بشكل عام بدراسة التأثير المقارن للملوحة على إنبات ثلاثة أنواع من القمح القاسي: هدبة، بيدي 17 وبيليوني. تنبت البذور في أطباق بتري التي تحتوي على تركيزات متزايدة من الملح (NaCl) 0 غ / لتر، 5 غ / لتر، 10 غ / لتر، 15 غ / لتر. أظهرت الدراسة أن الملح له تأثير سلبي على الإنبات المدروسة. كان نوع بيليوني أكثر الأنواع مقاومة للملوحة للإنبات التالية: معدل الإنبات، حركية الإنبات، معدل المتوسط للإنبات وسرعة الإنبات. بالنسبة لمعايير النمو وتعبئة الاحتياطيات، تبرز نوع الهدبة على أنها الأكثر تحملاً للإجهاد الملحي. ومع ذلك، فإن نوع البيدي 17 تظل الأكثر حساسية للإجهاد الملحي لجميع الإنبات التي تمت دراستها.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، الإجهاد الملحي للإنبات، كلورير الصوديوم.

Résumé

Dans les zones arides et semi-arides, la salinité est l'un des facteurs majeurs responsables de la détérioration des sols en les rendant impropres à l'agriculture. Par leur concentration excessive en sels, les sols salins constituent un environnement défavorable pour la croissance de la plupart des céréales. Notre travail s'inscrit de manière générale dans l'étude comparative de l'effet de la salinité sur la germination de trois variétés de blé dur : Hedba, Bidi 17 et Belyouni. Les graines sont mises à germer dans des boîtes de Pétri contenant des concentrations croissantes en sel (NaCl) allant de 0 g/L, 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L. L'étude a montré que le sel a un effet dépressif sur les paramètres étudiés. La variété Belyouni s'est montrée la plus tolérante au stress salin pour les paramètres suivants : Taux de germination, cinétique de germination, taux moyen de germination et vitesse de germination. Pour les paramètres des croissances et la mobilisation des réserves la variété Hedba ressort comme la plus tolérante au stress salin. Cependant, la variété Bidi 17 reste la plus sensible au stress salin pour tous les paramètres étudiés.

Mots Clés : Blé dur, stress salin, Germination, NaCl.

Abstract

In arid and semi-arid areas, salinity is one of the main factors responsible for the degradation and reduced productivity of agricultural lands. By their excessive salt concentration, the saline soils constitute an unfavourable environment for the growth of several bowls of cereal plants. Our work is generally related to the study of the comparative effect of salinity on the germination of three varieties of durum wheat: Hedba, Bidi 17 and Belyouni. The seeds are germinated in Petri dishes containing increasing concentrations of salt (NaCl) from 0 g / L, 5 g / L, 10 g / L, 15 g / L. The study showed that salt has a depressive effect on the studied parameters. The Belyouni variety was the most tolerant of salt stress for the following parameters : germination rate, germination kinetics, average germination rate and germination rate. For the growth parameters and the mobilization of the reserves, the Hedba variety stands out as the most tolerant of salt stress. However, the Bidi 17 variety remains the most sensitive to salt stress for all the parameters studied.

Key words: durum Wheat, Salt stress, Germination, NaCl.