



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : HOUITI Atallah et SAADI Amar

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

(SNV) FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES

Thème

Jury de soutenance:

Etude du seuil de la tolérance de trois variétés de Blé

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mme. MARFOUA Meriem	MCP	Président
Mr. HATTAB Mourad	MCA	Examineur
Mme. MALLEM Hamida	MCA	Rapporteur

Promotion : JUILLET 2022

Titre : Etude du seuil de la tolérance de trois variétés de Blé dur (*Triticum durum* Desf.) à la salinité au stade germination

Résumé:

L'objectif de ce travail est de comparer le comportement de trois variétés de blé dur *Triticum durum* sous stress salin, au stade germination, et ce pour voir le seuil de tolérance de chaque variété vis-à-vis du sel NaCl, et enfin de déterminer la meilleure variété qui peut être installée dans un milieu salin. L'essai a été réalisé dans des boîtes de Pétri, dans une étuve réglée à 20° C, trois variétés (Siméto, Vitron et Oued el Bared) ont été arrosé avec différentes doses de solutions NaCl (0g/l, 3g/l, 6g/l et 8g/l), durant 12 jours de suivi, nous avons calculé les paramètres de germination. Les résultats obtenus, nous ont permis de constater que au stade levée, la variété Vitron préfère le sel (8 g/l) plus que, O.Bared (6 g/l), et Siméto (3g/l). Les trois variétés étudiées réagissent bien dans un milieu salin (3g/l), mieux qu'un milieu non salin. Le taux moyen de germination des graines des 3 variétés a varié de 57,5 % à 87%, et n'a pas été influencé par la dose du sel. Donc nous pouvons conclure que la salinité jusqu'à 8 g/l, n'affecte pas la germination chez le blé dur.

Mots clés : Blé dur, salinité, germination, Simeto, Oued el bared, Vitron

Title : Study of the tolerance threshold of three varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) to salinity, at the germination stage

Abstract :

The objective of this work is to compare the behavior of three varieties of *Triticum durum* durum wheat under salt stress, at the germination stage, to see the tolerance threshold of each variety with respect to NaCl salt, and finally to determine the best variety that can be installed in a saline environment. The test was carried out in Petri dishes, in an oven set at 20°C, three varieties (Simeto, Vitron and Oued el Bared) were irrigated with different doses of NaCl (0g/l, 3g/l, 6g /l and 8g/l), during 12 days of follow-up, we calculated the germination parameters. The results obtained allowed us to observe that at the emergence stage, the Vitron variety prefers salt (8 g/l) more than O.Bared (6 g/l), and Siméto (3 g/l). The three varieties studied react well in a saline environment (3g/l), better than a non-saline environment. The average seed germination rate of the 3 varieties varied from 57.5% to 87%, and was not influenced by the dose of salt. So we can conclude that salinity up to 8 g/l does not affect germination in durum wheat.

Keywords: Durum wheat, salinity, germination, Simeto, Oued el bared, Vitron

العنوان: دراسة عتبة تحمل ثلاثة أنواع من القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) للملوحة في مرحلة الإنبات

Triticum durum

سلوك ثلاثة أنواع من القمح الصلب

الملخص: الهدف من

هذا العمل هو مقارنة

تحت ضغط الملح ، في مرحلة الإنبات ، لمعرفة عتبة التحمل لكل صنف فيما يتعلق بملح NaCl ، وأخيّرًا تحديد أفضل صنف يمكن زراعته في بيئة مالحة. تم إجراء الاختبار في أطباق بتري ، في فرن تم ضبطه على 20 درجة مئوية ، تم ري ثلاثة أصناف (سيميتو ، فيترون ، واد الباراد) بجرعات مختلفة من محلول كلوريد الصوديوم (0 جم / لتر ، 3 جم / لتر ، 6 جم / لتر و 8 جم / لتر) ، خلال 12 يوم من المتابعة ، حسبنا معلمات الإنبات. سمحت لنا النتائج التي تم الحصول عليها بملاحظة أنه في مرحلة النمو ، يفضل صنف Vitron الملح (8 جم / لتر) أكثر من (6 O.Bared جم / لتر) و (3 Siméto جم / لتر). تتفاعل الأصناف الثلاثة المدروسة جيّدًا في بيئة مالحة (3 جم / لتر) ، أفضل من البيئة غير المالحة. تراوح معدل إنبات البذور في الأصناف الثلاثة من 57.5% إلى 87% ولم يتأثر بجرعة الملح. لذلك يمكننا أن نستنتج أن الملوحة التي تصل إلى 8 جم / لتر تؤثر على إنبات القمح الصلب.

الكلمات المفتاحية: قمح صلب ، ملوحة ، إنبات ، سميتو ، واد الباراد ، فيترون

Remerciements

Nous remercions avant tout ALLAH tout puissant, de nous avoir guidé durant toutes nos années d'étude et nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Nous adressons l'expression de nos très vives gratitudee et respects à notre encadreur, Mme. Dr. MALLEM Hamida pour son soutien, pour ses conseils utiles et sa gentillesse et pour ses appréciations sur ce travail.

Nous remercions beaucoup les membres du jury Dr. HATTAB Mourad et Dr. MARFOUA Meriem, qui nous ont fait l'honneur de participer et de juger notre mémoire. Nous remercions tous les enseignants du département des sciences agronomiques, pour leurs aides et encouragements au cours de nos études.

Nous tenons enfin à remercier notre entourage pour leur encouragement, à toute personne qui a participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail.

Atallah et Amar

Dédicaces

Je dédis se modeste travail à :

*Ma très chère mère Khadra et à mon défunt
Tahar père et à toutes ma familles HOUITI et
tous mes amis*

Atallah

*Ma chère mère Yamina, et à mon cher père
Ali et toute la familles Saadi grand et petit et
aussi a tous mes amis .*

mar

Sommaire

Résumé	
Remerciements	
Dédicaces	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	

Introduction	1
---------------------	---

Chapitre 1. Généralité sur le blé dur

1.1. Origine du blé	3
1.2. Classification du blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.)	3
1.2.1. Classification botanique	4
1.3. Composition histologique du grain de blé dur	5
1.4. Le cycle de développement de blé dur	6
La période végétative	6
Stade de germination – levée	6
1.4.1.2. Stade de tallage	6
1.4.1.3. Stade de montaison	6
La période reproductrice	6
Stade d'épiaison	6
1.4.2.2. Stade de floraison	6
1.4.3. La période de maturation	7
.Stade de formation et de remplissage du grain	7
.Stade de maturation	7
1.5. Importance du blé dur	8
1.5.1. Dans le monde	8
1.5.1.1. Répartition géographique	8
1.5.1.2. Production	8
1.5.2.2. Dans Algérie	8
1.5.2.2. Production	8

Chapitre 2. la salinité

2.1. Définition	10
2.2. Origine de la salinité	10
2.2.1. La roche mère	11
La nappe phréatique	11
La minéralisation de la matière organique	11

2.2.4. Les engrais minéraux	11
2.2.5. Le sel apporté par l'eau d'irrigation	12
Salinité des sols	12
Type de salinité	13
2.4.1. La salinité primaire (ou Naturelle)	13
2.4.2. La salinité secondaire (ou d'origine humaine)	14
Salinisation des eaux	14
Situation de la salinité dans le monde et en Algérie	14
2.6.1. Dans le monde	14
2.7. Effet des sels sur la plante	16
2.7.1. Effet de la salinité sur la germination	17
2.7.2. L'effet de la salinité sur la croissance et le développement	17

Chapitre 3: Matériel et Méthodes

3.1 Objectif	19
3.2 Matériel végétal	19
3.3 Conditions expérimentales	19
3.3.1.Lieu de l'expérimentation	19
3.3.2.Protocol expérimental	19
3.3 Dispositif expérimental de l'essai de la germination	20
3.4 Les paramètres mesurés dans l'essai de la germination	21
3.5 Analyses statistiques	23

Chapitre 4: résultats et discussion

4.1 Résultats	24
4.1.1 Effet des doses de NaCl sur les paramètres de germination des graines de Blé dur des trois variétés étudiées (Oued elbared, Siméto, Vitron)	24
4.1.1.1.Effet sur la cinétique de germination des graines	24
4.1.1.2.Effet sur le pourcentage de germination des graines	26
4.1.1.3 Durée médiane	27
4.1.1.4 Longueur de la radicule (cm)	28
4.1.1.5Longueur des coléoptiles	29
4.1.1.6.l'indice de vigueur	30
4.2 Discussion	32
Conclusion	36
Référence bibliographiques	38
Annexe	43

Liste de tableaux

Tableau 01: Evaluation de la production mondiale de blé en millions de tonne (Anonyme, 2010 in Ouazan, 2000).	8
--	---

Liste des figures

Figure 1: coupe d'un grain de blé (Spedona,2017).	5
Figure 2:Le cycle de développement du blé (vilain, 1987).	7
Figure 3: Origine de la salinisation (IPTRID, 2006).	12
Figure 4 : Le mécanisme du phénomène de salinisation des sols (Ramade, 2008).	13
Figure 5 : Superficie affectée par la salinité dans les différentes régions du monde (FAO, 2006)	15
Figure 6 : Répartition des sols salins du Nord de l'Algérie (INSID, 2008).	16
Figure 7 : Les graines des variétés du Blé dur testées (originale,2022).	19
Figure 8 : Schéma du dispositif expérimental adopté.	20
Figure 9 : Photo du dispositif expérimental.	21
Figure 10 : mesure de la longueur de la racine et la longueur du coléoptile après 10 (jours de germination des graines (originale, 2022).	23
Figure 11: La cinétique de germination des graines des trois variétés de Blé sous l'effet (de différentes concentrations du NaCl (a :siméto, b : vitron, c O.el bared).	25
Figure 12 : le taux de germination des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl.	26
Figure 13: durée moyenne de la germination des graines des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl.	27
Figure 14 :Longueur de la radicule(cm) des graines des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl.	28
Figure 15 : Longueur des coléoptiles (cm) des graines germées des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl.	29
Figure 16 : Indice de vigueur des graines germées des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl.	31

Introduction

Introduction générale

Introduction

Les céréales représentent une part essentielle de l'alimentation humaine et animale, notamment le blé dur (*Triticum durum* Desf.) qui compte parmi les espèces les plus anciennes. Il a été également considéré comme l'une des céréales les plus employées dans l'alimentation des populations mondiales (Karakas et al., 2011).

En Algérie, les céréales en général, le blé en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour le consommateur. Le secteur des céréales occupe une place vitale en termes socio-économiques et parfois politique. Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales en particulier le blé du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population, Cette particularité témoigne d'une maîtrise insuffisante de cette culture et de l'indice des aléas climatiques. Cette production est conduite en extensif et elle est à caractère essentiellement pluvial (Benseddik et Benabdelli, 2000).

Le blé dur constitue la première ressource en alimentation humaine et la principale source de protéines, il fournit également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles. Le blé dur prend mondialement, la cinquième place après le blé tendre, le riz, le maïs et l'orge avec une production de plus de 30 millions de tonnes (Amokrane, 2001).

La production nationale de blé dur (*Triticum durum* Desf.) est faible, ne permettant de satisfaire les besoins d'une population sans cesse croissante. Le pays figure parmi les plus grands importateurs mondiaux de blé dur, et s'accapare chaque année jusqu'à 50 % de l'offre mondiale de blé dur. La faiblesse des performances de la céréaliculture algérienne a plusieurs origines dont le manque d'eau est le principal facteur limitant (Laala et al., 2009). Le déficit hydrique est l'un des facteurs limitants de la production. Dans les hautes plaines semi-arides de l'Algérie, la sécheresse est souvent un problème sérieux de la production du blé (Larbi et al., 2000). Il est à l'origine d'importantes variations locales et inter-annuelles de rendement chez le blé dur (Hafsi et al., 2001).

Les critères de résistance à la salinité restent largement incompris et les recherches les concernant ne sont qu'à leur tout début. Leur connaissance serait

Introduction générale

évidemment d'un grand intérêt. À peine amorcés, ils pourraient servir de base pour la sélection de la résistance des plantes au stress salin. ' En réponse à la salinité, la plante réagit de différentes manières; pour cela les paramètres et les fonctions physiologiques étudiés sont divers. Concernant la nutrition minérale, plusieurs auteurs rapportent que le rapport K^+/Na^+ serait un critère possible de résistance au stress salin (Driouich et Rachida, 1995).

La réponse au stress salin se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur les caractères morphologiques (Munns *et al.*, 1995). Cette réponse varie considérablement en fonction de l'espèce, de génotype et même de l'écotype ou de la variété (Kingsbury *et al.*, 1984 ; Cramer *et al.*, 1994) . La diminution de la croissance et le développement est une réponse à la déshydratation ; elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (Binzel *et al.*, 1988).

L'objectif de ce travail est de comparer le comportement de trois variétés de blé dur *Triticum durum* sous stress salin, au stade germination, et ce pour voir le seuil de tolérance de chaque variété vis-à-vis du sel NaCl, et enfin de déterminer la meilleure variété qui peut être installée dans un milieu salin.

Ce mémoire est structuré en quatre grandes parties, à savoir,

- Le Chapitre 1, est une synthèse bibliographique sur le blé dur
- Le chapitre 2, est réservé à énumérer les effets de la salinité sur les plantes et son origine
- Le Chapitre 3, est l'ensemble du matériel et des méthodes utilisés pendant notre expérimentation;
- Le Chapitre 4, est l'ensemble des différents résultats et discussions des paramètres étudiés.
- Et enfin nous terminerons par une conclusion générale et perspectives.

Chapitre 1 :
Généralités sur le Blé dur

Origine du blé

Depuis la naissance de l'agriculture, le blé est la base de la nourriture de l'homme (Ruel, 2006), c'est une espèce connue depuis la plus haute antiquité, dont il constitue la base alimentaire des populations du globe (Yves et Buyer, 2000).

La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie, de l'Iraq, et la bordure Ouest de l'Iran (Mouellef, 2010). C'était à une époque où l'homme pratiquait déjà la cueillette et faisait ses débuts comme agriculteur. Cette période coïncidait avec une épisode climatique sec, aboutissant à l'arrêt du mode de vie de 'chasseur-cueilleur', et engendrant la domestication progressive des plantes, associée à la création des premières communautés villageoises (Wadley et Martin, 1993 in Ouazar, 2012).

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité. La saga du blé accompagne celle de l'homme et de l'agriculture, sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans. La plus ancienne culture semble être le blé dur dans le croissant fertile de la Mésopotamie (Feillet, 2000). Léon Ducellier (1878- 1937) en particulier, parcourant le blé fit au début du siècle le recensement d'une flore mal connue. Il découvrit et analysé les nombreuses variétés, qui peuplaient les champs cultivés, recueillit les échantillons les plus caractérisés, les plus productifs, les plus résistants à la sécheresse ou à quelques maladies. Les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs (Henry et Buyser, 2001).

Classification du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Le blé appartient à la famille des graminées (Gramineae = Poaceae), qui comprend plus 10000 espèces différentes (Mac Key, 2005). Plusieurs espèces de ploïdie différentes sont regroupées dans le genre *Triticum* qui est un exemple classique d'allo polyploïdie, dont les génomes homéologues dérivent de l'hybridation inter espèces appartenant à la même famille (Levy et Feldman, 2002). Le Blé dur (*T. turgidum* ssp. *durum* Desf.) est un allo tétraploïde ($2n = 28$, AABB) qui a pour origine l'hybridation suivie d'un doublement chromosomique entre *Triticum* Urartu (génome AA) et une espèce voisine, *Aegilops speltoides* (génome BB) (Huang et al., 2002).

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

L'allo polyploïdie se caractérise par un appariement bivalent et une transmission disomique. En effet, selon Mac Key (2005), l'appariement à la méiose se produit entre les chromosomes véritablement homologues et très rarement entre les homoéologues. L'appariement bivalent est déterminé principalement par un gène suppresseur majeur, Ph1, situé sur le chromosome 5BL (Kimber et Sears, 1987). Les blés tétraploïdes forment deux groupes, le groupe de l'amidonnier (*Triticum turgidum* ssp. *Dicoccoides*, génome AABB, $2n = 28$) et le groupe Timopheevi ($2n = 28$, AAGG), dont la culture est actuellement limitée à l'Arménie et la Transcaucasie (Bozzini, 1988).

La domestication du blé diploïde s'est produite dans le nord du croissant fertile au Proche Orient. Le blé tétraploïde a été domestiqué dans du bassin du Jourdain, plus au sud (Levy et Feldman, 2002). D'autres centres de diversité du blé tétraploïde sont représentés par le plateau éthiopien, le bassin méditerranéen et le Transcaucasie (Feldman, 2001). L'Ethiopie a été considérée par Vavilov (1951) comme étant le centre d'origine de blé tétraploïde, alors que Feldman la considère comme un centre de diversité.

La taille du génome diffère pour les membres de la famille des graminées, de 450 Mb pour le riz à 13000 Mb pour le blé tétraploïde (Arumuganathan et Earle, 1991). Cette variation est due en partie aux différences dans la ploïdie et à la quantité d'ADN no codon. En effet, la taille du génome de blé dur est près de cinq fois plus grande que le génome humain (Keller et al, 2005).

Classification botanique

Selon Prats (1960), Crête (1965), Bonjean et Picar (1990) et Feillet (2000), le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille, qui sont caractérisée par des critères morphologiques particuliers. Le blé dur est une monocotylédone qui obéit à la classification suivante :

Embranchement : Spermaphytes

S/Embranchement : Angiospermes

Classe : Monocotylédones

Super Ordre : Commeliniflorales

Ordre : Poales

Famille : Graminacée

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

Tribu : Triticeae

Sous tribu : Triticinae

Genre : *Triticum*

Espèce : *Triticum durum* Desf.

Composition histologique du grain de blé dur :

Un grain de blé est formé de trois régions (figure1) :

-L'albumen, constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80-85% du grain);

-Les enveloppes de la graine et du fruit, formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminale ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (13-17%);

-Le germe (3%), composé d'un embryon (lui-même formé de la coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum (Feuillet, 2000).

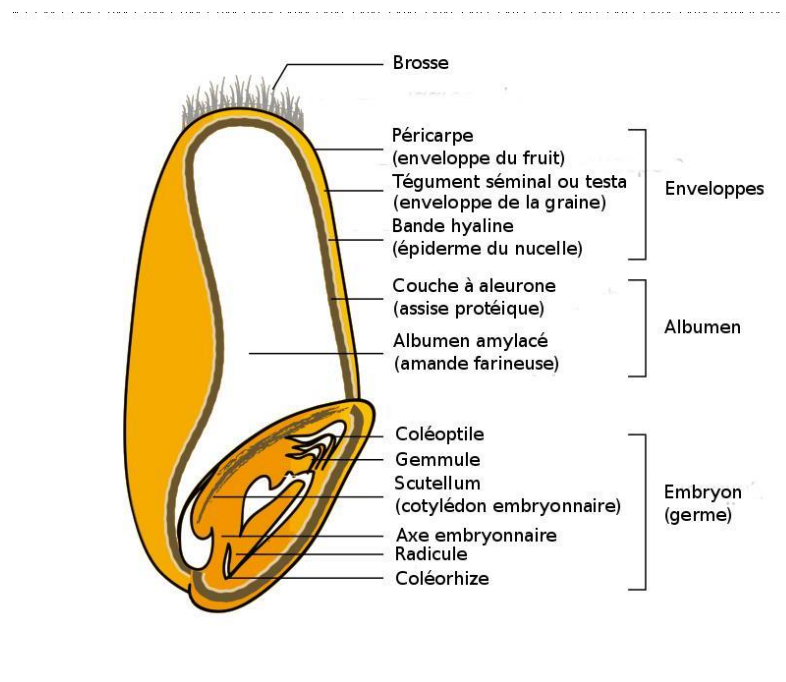


Figure 1: coupe d'un grain de blé (Spedona ,2017)

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=54818503>

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

Le cycle de développement de blé dur

La période végétative

Stade de germination – levée

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et du coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol. Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles. Durant la phase semis levée, l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine (Gate, 1995).

Stade de tallage

Dès que la troisième feuille est émise, on aura le pré tallage (figure 2), la première observation qu'on peut faire durant cette période est le développement et la croissance des tiges latérales, ce stade est caractérisé par: la formation du plateau de tallage, l'émission des talles et la sortie des nouvelles racines (boyldieu,1997).

Stade de montaison

La montaison se manifeste à partir du stade épi à 1 cm par l'élongation du première entre- noeud, il se produit un développement de la plante par l'arrêt du tallage et la formation des ébauches d'épillets dans le tiers inférieur du futur épi. La montaison est la phase la plus sensible au stress hydrique et ce la influence le nombre d'épillets formés (Rorat,2006).

La période reproductrice

Stade d'épiaison

Ce stade recouvre la période des épis, depuis l'apparition des premières épis jusqu'à la sortie complète de tous les épis hors de la gaine de la dernière feuille (Gillet,1980)..

Stade de floraison

C'est l'apparition des étamines hors des épillets. A ce stade, la croissance des tiges est terminée, la fécondation à déjà en lieu et le nombre de grains maximum est donc fixé (Ropert,1993).

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

Cette durée correspond en moyenne entre 6 à 8 jours. On remarque dans ce stade deux étapes, la première est le début floraison (quelques étamines sorties), et le deuxième est la fin floraison (toutes les étamines sont sorties) (Robert, et al, 1993).

La période de maturation

Stade de formation et de remplissage du grain

Cette période comprend deux stades:

- Grain laiteux: les enveloppes du grain sont formées, la taille potentielle du grain est déterminée.
- Grain pâteux: il est atteint, lorsque la couleur du jaune vert, donc il y'a remplissage des enveloppes (Gate, 1993).

Stade de maturation

Obtenu après la dessiccation du grain entre les stades laiteux, la quantité d'eau contenue dans le grain est stable (Maciejewski, 1991).

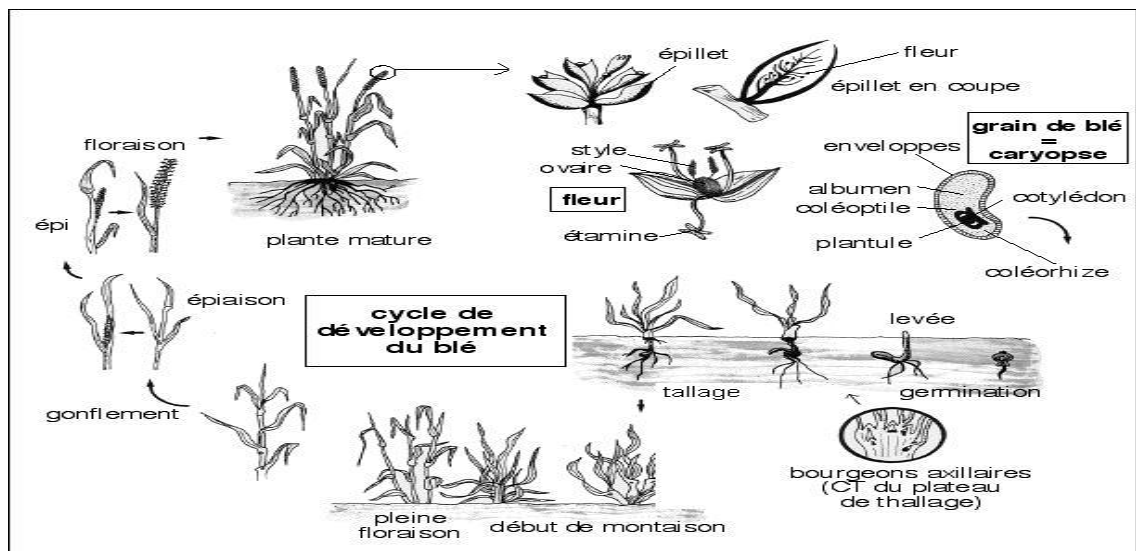


Figure 2: Le cycle de développement du blé (vilain, 1987).

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

Importance du blé dur

Dans le monde

Répartition géographique

Les principaux pays producteurs sont : La Chine, L'Inde, les Etats Unies Américaines, Fédération de Russie, Canada et France (Anonyme, 2010 in Ouazar, 2012).

Production

La production mondiale des blés est environ 677 millions de tonnes durant la campagne 2009-2010. Par contre la consommation mondiale de blé est de 648 millions de tonnes (Anonyme, 2010 in Ouazar, 2012) (Tableau 01).

Tableau 01: Evaluation de la production mondiale de blé en millions de tonne (Anonyme, 2010 in Ouazan, 2000).

Campagne agricole	2006 / 2007	2007 / 2008	2008 / 2009	2009 / 2010	2010 / 2011
Blé	598	609	686	677	647.5

Dans Algérie

Les céréales d'hivers, en partie le blé dur, demeurent l'aliment de base des régimes alimentaires algériennes et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale ; de ce fait, elles occupent une place privilégiée dans l'agriculture algérienne (Boulai et *al.*, 2007).

Djaout (1995) note que les zones céréalières sont en général caractérisées par des précipitations de l'ordre de 350 à 600 mm. Dans cet intervalle on cite : Alger, Annaba Constantine, Guelma, Médéa, Mostaganem, Saida, Sétif et Tiaret.

1.5.2.2. Production

L'Algérie est la 5ème dans le classement mondial de consommation des céréales (Djermoun, 2009). La consommation alimentaire humaine des céréales occupe 60% de la

Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur

ration alimentaire moyenne en Algérie elle est évaluée à 200 kg équivalent grain/ an/ hab. (Bencharif et al, 2009).

En 2003, le blé dur représentait environ 47% des intrants de la filière et le blé tendre 53%, ce qui traduit par une mutation dans la structure de la consommation alimentaire (Bencharif et al, 2007).

La culture des céréales et plus particulièrement celle du blé dur, est l'activité principale de l'agriculture algérienne. Avec une surface agricole utile de 8423340 ha (Madr, 2009), le blé dur a occupé près de 18% de cette surface en 2008 et qui a augmenté en 2009 à 37.7%.

Chapitre 02 : La salinité

Chapitre 2 : La salinité

Définition

La salinisation est défini par Servant (1975), comme étant l'ensemble des mécanismes suivant lesquels le sol s'enrichit en sels solubles et acquiert, à un degré plus ou moins fort, le caractère salé. Cherbuy (1991) a ajouté qu'il s'agit d'un processus résultant de la migration des sels à travers le profil du sol et de leur accumulation, par précipitation en profondeur.

La salinisation est phénomène d'accumulation des sels solubles (en particulier le sodium) à la surface du sol et dans la zone racinaire, occasionne des effets nocifs sur les végétaux qui vont induire une diminution des rendements et une stérilisation du sol. Mermoud (2001).

Ramade (2008), a actualisé la définition de la salinisation comme étant un phénomène par lequel un sol devient sur salé. La salinisation résulte le plus souvent de l'irrigation de sols mal drainés sous climat aride. La stagnation de l'eau dans les couches superficielles du sol par défaut de drainage se traduit par une accumulation de sels dans les horizons les plus superficiels, car les mouvements ascendants, liés à la forte évaporation due au climat chaud et aride, excèdent de beaucoup l'infiltration et donc le lessivage.

En revanche, La salinité découle de la présence des solutés minéraux majeurs dissouts dans les eaux ou dans les sols. C'est la mesure de la totalité des sels dissouts (Slama, 2004).

Le terme de salinité se rapporte à la présence des principaux solutés inorganiques dissouts (essentiellement des ions Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- et CO_3^{2-}) dans des échantillons aqueux. La salinité est quantifiée en termes de la concentration totale de ces sels solubles, ou plus concrètement, en termes de conductivité électrique de la solution, parce que les deux sont étroitement liés. La salinisation est l'accumulation des sels solubles (plus solubles que le gypse) à la surface du sol et dans la zone racinaire (Mermoud, 2006).

Origine de la salinité

La salinisation des sols est un processus anthropogénique, alors que la salinité du sol est un élément naturel et un facteur écologique constitué par la teneur en sel (NaCl : représente un facteur limitant de première importance car, au-delà d'environ 5 pour 1 000, il interdit le développement des plantes) des eaux ou des sols. C'est un facteur limitant de nombreux écosystèmes. L'excès de sel dans les sols empêche le développement d'une végétation normale, seules quelques plantes halophiles pouvant y croître. À l'opposé, la

Chapitre 2 : La salinité

carence en sel des sols peut entraver le développement de certaines populations animales. On a ainsi pu mettre en évidence que la déficience en chlorure de sodium édaphique s'accompagnait de très faibles densités de population de campagnols dans les prairies naturelles (Ramade 2008).

La salinisation est contrôlée par un ensemble de facteurs liés aux conditions environnementales (climat, hydrologie), l'approvisionnement en eau et aux systèmes de contrôle (irrigation, drainage), et aux pratiques culturales (type et la densité du couvert végétal et les caractéristiques d'enracinement). Ces facteurs influent sur l'équilibre en eau du sol et donc le mouvement et l'accumulation de sels dans le sol. La salinité a plusieurs origines (figure 3), nous citons les suivantes :

La roche mère

Le sel peut s'être formé pendant la désagrégation de la roche mère (Haj Najib, 2007); l'altération de la roche mère peut libérer les éléments nécessaires à la formation des sels solubles (altération de minéraux primaires riches en sodium, de roches volcaniques, des produits de l'hydrothermalisme riches en soufre et en chlore) (Boualla et *al.*, 2012).

La nappe phréatique

D'après Slama (2004), la nappe phréatique salée et peu profonde provoque une salinisation de l'horizon de surface du sol par la remontée capillaire. L'aptitude du sol à transmettre l'eau et les solutés vers la surface dépend de la texture, l'homogénéité verticale du profil et de l'horizon de surface s'il est travaillé ou non. Le fort pouvoir évaporent de climats semi-aride, en été, influence sensiblement l'ampleur de la remonté capillaire.

La minéralisation de la matière organique

Comme tout amendement organique, le fumier, lors de son application, peut augmenter la salinité du sol. La quantité de fumier et son pouvoir salinisant varient avec l'espèce animale (Slama ,2004).

Les engrais minéraux

Utilisation des engrais minéraux, en particulier quand les terres soumises à une agriculture intensive ont une faible perméabilité et des possibilités limitées de lessivage

Chapitre 2 : La salinité

influencent la salinité du sol par l'action spécifique de chacun de leurs ions, ainsi que par les quantités solubilisées (Slama, 2004).

Le sel apporté par l'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation contient toujours une certaine quantité de sel et des méthodes incorrectes d'irrigation peuvent mener à l'accumulation de ce sel. Pendant l'invasion par l'eau s'évapore encore en profondeur et le sel transporté se précipite (Haj Najib, 2007).

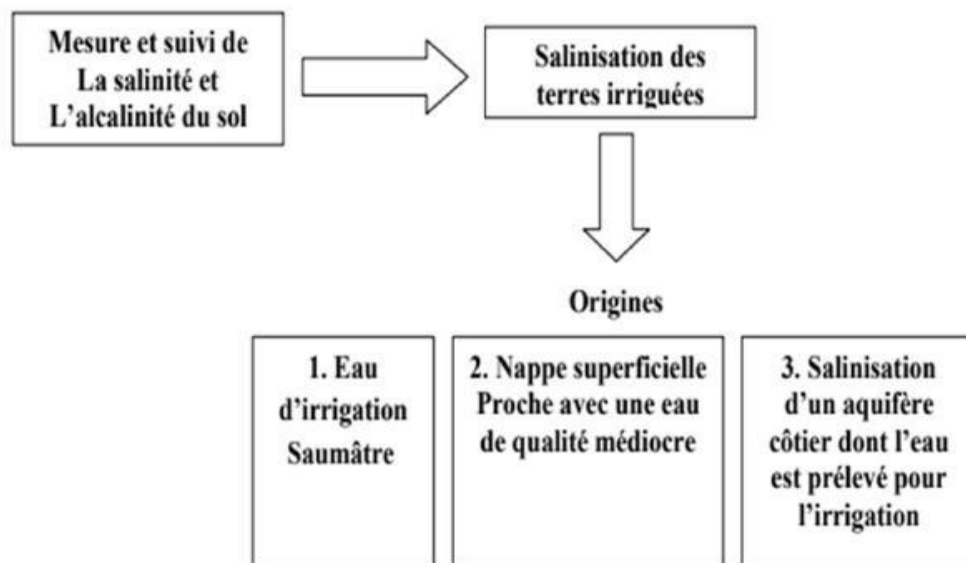


Figure 3: Origine de la salinisation (IPTRID, 2006)

Salinité des sols

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme la présence d'une Concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation. La salinisation joue un rôle majeur dans la dégradation des sols et elle menace à court terme une partie non négligeable des superficies cultivables du globe. Ce phénomène correspond à l'accumulation excessive des sels très solubles dans la parties superficielle des sols ce qui se traduit par une diminution de la fertilité du sol (Souguir et *al .*, 2013).

Chapitre 2 : La salinité

La salinisation peut aussi être définie comme un processus d'accumulation des sels solubles à la surface du sol et dans les zones racinaires en quantité suffisante pour affecter ses aptitudes agronomiques (Marmoud, 2006).

La salinité des sols a été mesurée par la résistivité des extraits de sol, qui permet de calculer leur teneur en sels solubles. Cette salinité s'exprime en conductivité spécifique à 25 °C, de la solution obtenue à partir du sol en siemens S ou mhos/m sachant que $1 \text{ S/m} = 1 \text{ mhos/m}$ (Lallemand, 1980).

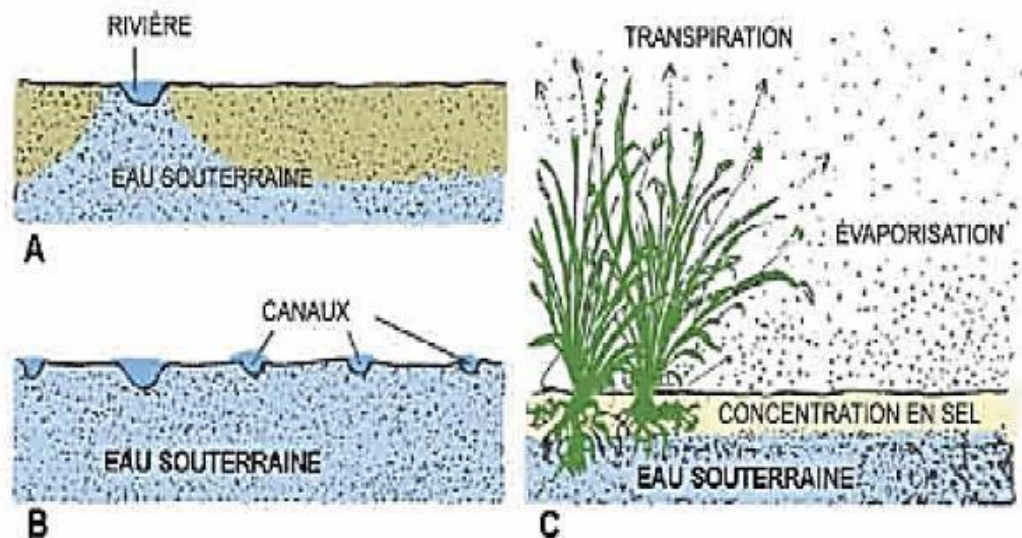


Figure 4 : Le mécanisme du phénomène de salinisation des sols (Ramade, 2008).

La figure 4 de Ramade (2008), mettant en évidence le mécanisme du phénomène de salinisation des sols. L'irrigation (A) entraîne une stagnation de l'eau dans les sols (B) due au manque de drainage d'où résulte l'accumulation des sels en surface suite à l'évaporation (C).

Type de salinité

Bien que l'altération des roches et les minéraux primaires soit la principale source de tous les sels, les sols salés sont rarement formés par accumulation des sels. Plusieurs causes sont à l'origine de ce phénomène (Maillard, 2001).

La salinité primaire (ou Naturelle)

Près de 80% des terres salinisées ont une origine naturelle (édaphique), on qualifie alors la salinisation de (primaire). Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes:

Chapitre 2 : La salinité

*Dans la région côtière, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basse.

*Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.

*Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (Mermoud, 2006). ce type de sol est très fréquent dans les zones arides dû à une évapotranspiration potentielle qui dépasse largement la quantité d'eau arrivée au sol (Antipolis, 2003).

La salinité secondaire (ou d'origine humaine)

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique : sont qualifiées de (secondaires) dus principalement à l'irrigation des terres avec une eau de mauvaise qualité (eau saline).un lessivage insuffisant et un drainage défaillant (Goupil, 1974).

Salinisation des eaux

Toutes les eaux naturelles utilisées pour l'irrigation contiennent des sels minéraux en solution qui proviennent des roches ou des matières solides à travers lesquelles elles ont filtré. Les matières dissoutes les plus communes sont les chlorures, les sulfates, les bicarbonates de calcium, de magnésium, de sodium, et c'est la concentration et la proportion de ces sels qui déterminent la possibilité d'utiliser une eau pour l'irrigation. D'autres constituants comme le bore, qui a un effet toxique sur les végétaux, peuvent se trouver en moindres quantités dans l'eau d'irrigation. Si l'eau utilisée pour l'irrigation contient les constituants désignés ci-dessus en quantités excessives, la croissance des végétaux peut affectée (Haywa, 1957).

Situation de la salinité dans le monde et en Algérie

Dans le monde

Les zones arides et semi-arides constituent environ les deux tiers de la surface du globe terrestre. Dans ces zones souvent marquées par des périodes sévères de sécheresse, la salinisation des sols est considérée comme l'un des principaux facteurs limitant le développement des plantes. A l'échelle mondiale, il est estimé que presque 800 millions d'hectares de terres sont affectés par le sel, que ce soit par la salinité (397 millions d'ha) ou par les conditions de sodisation associées aux teneurs en sodium (434 millions ha). En effet, la salinité s'étend sur plus de 6 % de la superficie totale de la planète, dont 3.8 % sont situés en Afrique. 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 (Benidire *et al.*, 2015).

Chapitre 2 : La salinité

La salinisation des terres doit être considérée comme un risque majeur susceptible d'affecter environ 25% des superficies irriguées ou 10% de la production alimentaire mondiale. Au-delà du processus de dégradation des ressources en sol et en eau, il met plus généralement en péril la viabilité des exploitations agricoles et la durabilité des systèmes d'irrigation. Ce risque est particulièrement élevé dans certains pays arides pour lesquels l'irrigation représente la principale source de développement agricole et de satisfaction des besoins alimentaires (Marlet et Job, 2006).

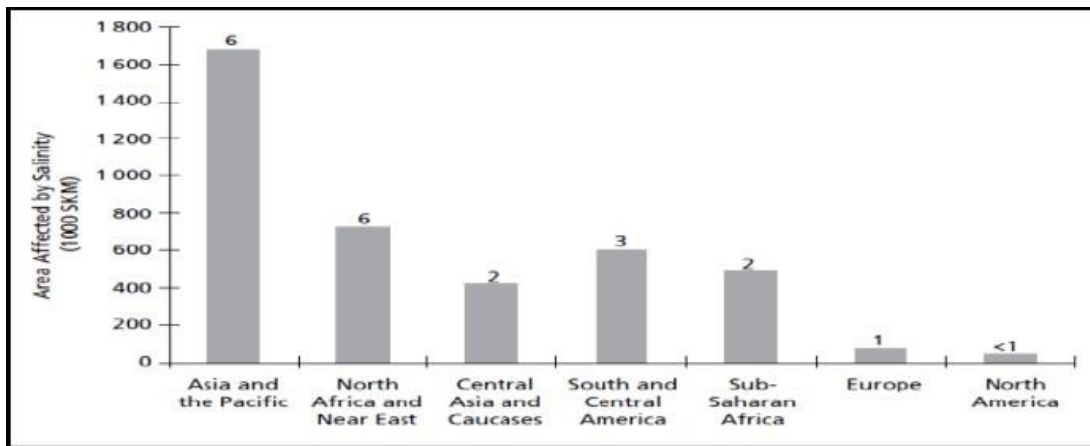


Figure 5 : Superficie affectée par la salinité dans les différentes régions du monde (FAO, 2006).

En Algérie

Les sols salins, qui contiennent ou ont contenu aux premiers stades de leur évolution un excès de sels solubles, sont très répandus dans le Tell algérien (où la salinité des sols est le principal problème de la mise en valeur) et dans les Hautes Plaines où ils forment de vastes placages aux alentours des chotts. Ce sont surtout des solontchak où les chlorures de sodium sont en quantités telles (plus de 0,2 %) que la végétation naturelle de la région laisse place à une végétation halophile qui disparaît elle-même lorsque la proportion de sels augmente trop (Benchetrit, 1956).

Les sols d'Algérie sont caractérisés en général par une conductivité électrique supérieure à 7 dS/m et un pourcentage de sodium échangeable qui varie de 5 à 60 % de la C.E.C (Aubert, 1975).

Chapitre 2 : La salinité

Daoud et Halitim (1994) notent qu'en Algérie la salinisation secondaire à la suite de l'irrigation avec des eaux diversement minéralisées a entraîné une extension de la salure dans de nombreux périmètre irrigués.

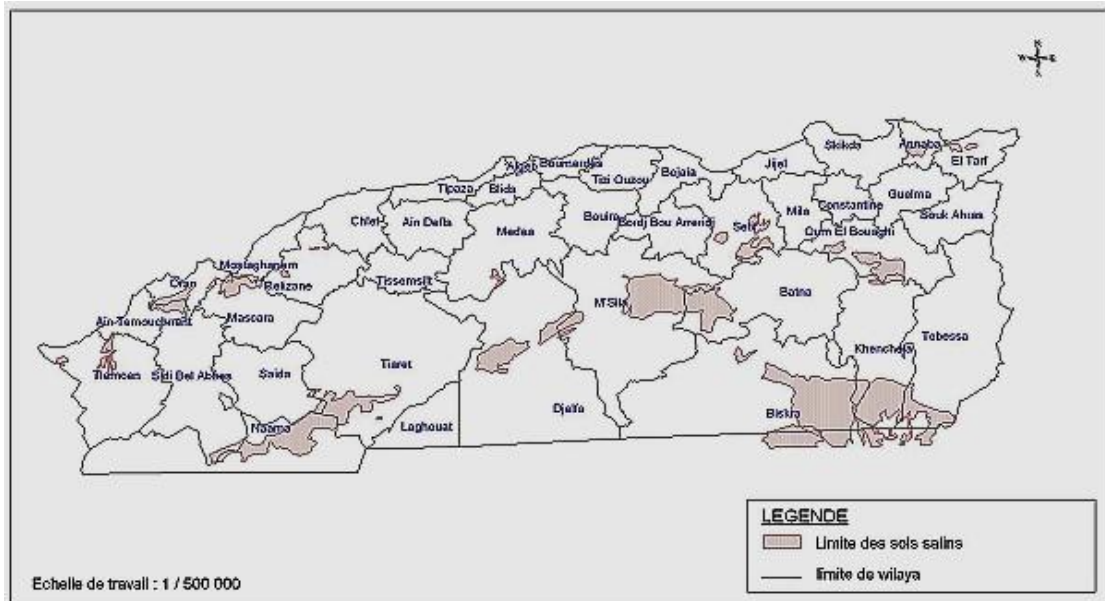


Figure6 . Répartition des sols salins du Nord de l'Algérie (INSID, 2008).

Effet des sels sur la plante

La présence de sels solubles en forte concentration dans le sol, affecte les mécanismes physiologiques de la plante, et constitue un facteur limitant majeur de la production végétale. Ainsi, la tolérance des plantes cultivées demeure limitée, compte tenu de la complexité des mécanismes impliqués dans la tolérance des plantes au sel (Bissati, 2011).

Parida et Das (2005) Les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois Types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

***Le stress hydrique :** une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique.

D'après XIONG et al (2002). Le stress osmotique dans les racines se produit quand il y a une forte pression osmotique de la solution autour des racines, en menant à une baisse du potentiel hydrique externe, dans ce cas , l'effet du stress hydrique résultant est attribuable aux

Chapitre 2 : La salinité

fortes concentrations de sel à l'extérieur de la plante plutôt que dans la plante elle-même, qui peut inhiber l'alimentation en eau ou même, en causant la déshydratation de la plante et finalement une réduction de la turgescence et la croissance. Donc limitation de la disponibilité de l'eau cause la réduction du niveau photosynthétique.

***Le stress ionique :** en dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique (Parida et Das, 2005).

***Le stress nutritionnel :** des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale. En particulier, vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires, le Sodium entre en compétition avec le Potassium et le Calcium, les chlorures avec le nitrate, le phosphate et le sulfate (Parida et Das, 2005).

Effet de la salinité sur la germination

La germination est considérée comme une étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet, elle conditionne l'installation de la plantule, son branchement sur le milieu, et probablement sa productivité ultérieure. La salinité il diminue la vitesse de germination et réduit le pouvoir germinatif. Cet effet dépend de la nature de l'espèce, de l'intensité du stress salin. La réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination (Hajlaoui et *al.*, 2007).

L'effet de la salinité sur la croissance et le développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (Bouaouina et *al.*, 2000).

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente. Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines. De même le sel diminue la croissance de l'appareil végétatif par la réduction du nombre des feuilles, réduit la surface foliaire (Ben khaled et *al.*, 2007).

La salinité diminue la croissance des glycophytes en modifiant l'équilibre hydrique et ionique des tissus, Au niveau des feuilles, ce phénomène est associé à une baisse de

Chapitre 2 : La salinité

turgescence, suite à une diminution du gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu. La compartimentation des ions entre les organes (racines/parties aériennes), les tissus (épiderme/mésophylle), ou encore entre les compartiments cellulaires (vacuole/cytoplasme) est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte saline (Ouerghi et *al.*, 2000).

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (Levigneron et *al.*, 1995).

Chapitre 03:
Matériel et méthodes

Objectif

Le but de notre essai a été d'étudier l'effet du stress salin, représenté par le chlorure de sodium (NaCl), sur la germination des graines de trois variétés de blé dur .

• 3.2 Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) , récolté en année 2020 de la région d'El Menea et procuré et Par l'OAIC de la ville de Laghouat . Le nom et l'origine des variétés testées sont donnés dans la figure 7 :

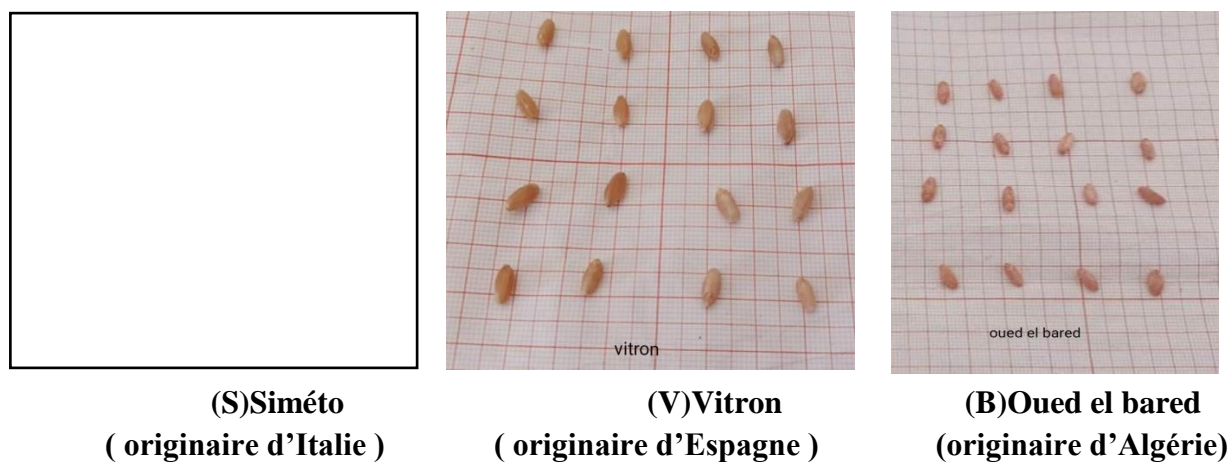


Figure7 : Les graines des variétés du Blé dur testées (originale,2022).

Conditions expérimentales

Lieu de l'expérimentation

Notre essai a été réalisé dans une étuve (réglée à $T = 20^{\circ}\text{C}$) au niveau du laboratoire du département d'Agronomie de l'université de Laghouat .

Protocole expérimental

Les graines de chacune des variétés (Siméto, Vitron, Oued el bared) ont été mises à germer dans des boîtes de pétri sous différentes doses de NaCl : 0, 3, 6 et 8 g/l de NaCl, soit 0, 50, 100 et 137 mM, respectivement. Les différentes concentrations utilisées ont été choisies en se

Chapitre 3: Matériel et méthodes

référant aux données bibliographiques (Benderradji et al., 2010 ; Adjel et al., 2013 ; Fellahi et al., 2019).

Dispositif expérimental de l'essai de la germination

Le dispositif expérimental adopté est une randomisation totale à deux facteurs étudiés : le premier facteur est le facteur variété à 3 niveaux (V1 :Simeto, V 2: Vitron, V 3 : oued el bared) et le second facteur est le facteur Doses NaCl à 4 niveaux (0g/l, 3g/l , 6g/l et 8 g/l).Chaque niveau est répété 4 fois (fig.8 et 9). Nous avons mis 10 graines dans chaque boite de Petri , 40 graines par dose et par variété , soit 160 graines par variété , soit au total 480 graines.

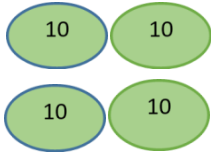
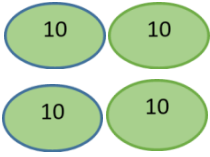
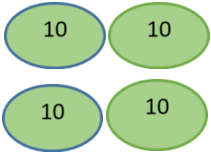
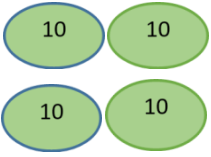
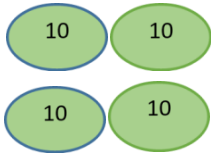
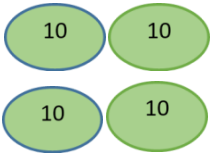
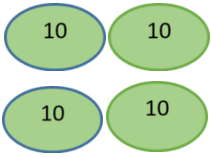
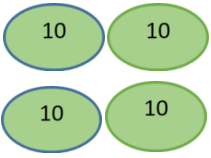
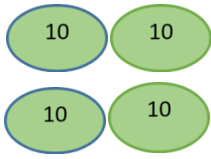
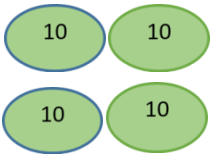
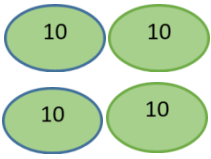
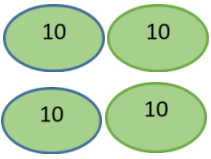
Doses NaCl Variété	0g/l	3g/l	6g/l	8g/l
Siméto				
Vitron				
Oued El bared				

Fig.8 : Schéma du dispositif expérimental adopté

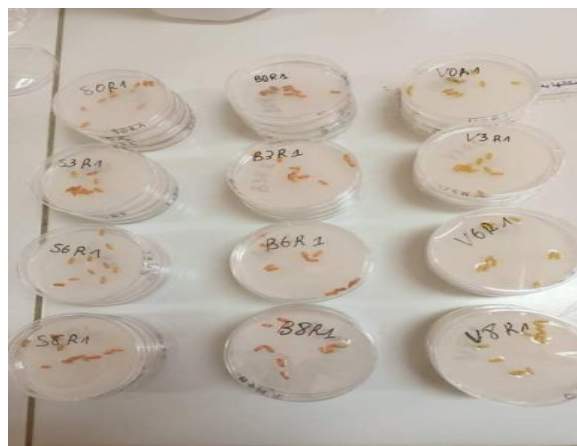


Fig .9 : Photo du dispositif expérimental

Les paramètres mesurés dans l'essai de la germination

Les paramètres retenus pour évaluer le comportement des graines au cours de la germination ont été :

a) Estimation de la faculté de germination (FG)

Après 10 jours, l'expérience a été arrêtée, et le pourcentage de germination des graines germées a été calculé. Le taux de germination est exprimé par le rapport nombre de graine germée sur le nombre totale de graine (Come 1970). le pourcentage de germination des graines pour chaque boîte de Pétri est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{FG (\%)} = (\text{Nombre de graines germées} / \text{Nombre totale de graines}) * 100$$

Où :

FG : Faculté de la germination.

b) La Cinétique de la germination

Elle correspond à la courbe de l'évolution du taux quotidien cumulé de germination pendant une période de 10 jours calculé sur la base du nombre des graines nouvellement germées à chaque observation (Hajlaoui et *al.*, 2007).

c) La durée médiane de la germination

Cette durée peut être calculé par le temps moyen de germination (le temps au bout du quel on atteint 50% des graines germées) (Côme, 1970).

$$\text{Durée médiane} = T_1 + (0.5 - G_1) / (G_2 - G_1) \times (T_2 - T_1)$$

Avec :

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

T1 = le nombre de jours correspondant a G1

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

T2 = le nombre de jours correspondant a G

d) L'indice de vigueur de semis (SVI)

Après 10 jours nous avons mesuré la longueur de la partie aérienne et la partie racinaire à l'aide d'une feuille millimétré. ces données ont été utilisées pour calculer l'indice de vigueur.

Selon Abdul-Baki (1973), l'indice de vigueur de semis est calculé par la formule suivante :

$$\text{L'indice de vigueur de semis (SVI)} = (L_r + L_s) \times GP$$

Avec :

L_r : la longueur de racine (cm).

L_s : la longueur de la pousse (cm).

GP : pourcentage de germination des graines.

Chapitre 3: Matériel et méthodes

Dans la figure 10, nous avons présenté la méthode pour mesurer la longueur des racines et des parties aériennes (coléoptile).

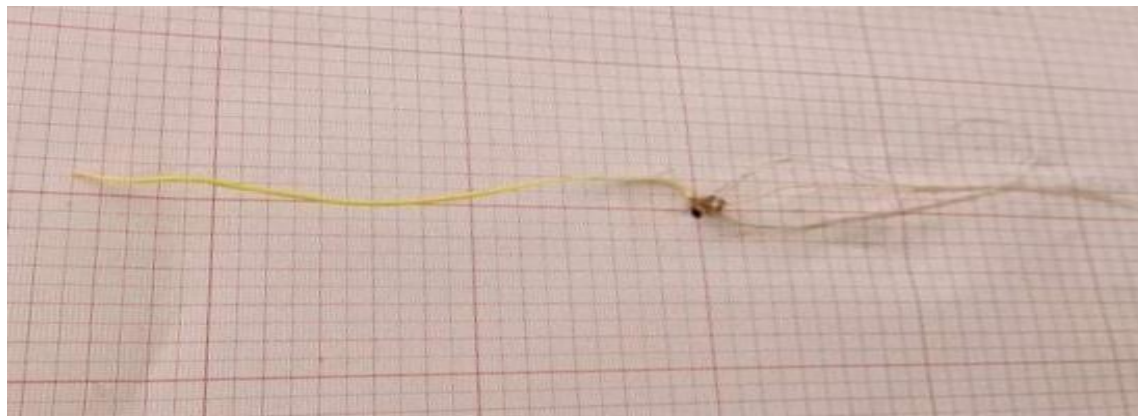


Figure10 : mesure de la longueur de la racine et la longueur du coléoptile après 10 jours de germination des graines (originale, 2021)

Analyses statistiques

Nous avons traité les données enregistrées avec le Logiciel XLSAT (version 2016) , nous avons réalisé le test ANOVA à deux facteurs étudiés (effet de la variété et effet du stress salin), au seuil de 5%, pour faire une comparaison entre les moyennes . Le test Tukey a été réalisé pour déterminer les groupements statistiques. Et puisque les répétitions sont inférieures à 30, Nous avons testé la normalité avec le test non paramétrique de Shapiro-Wilk.

Chapitre 04:
Résultats et discussion

4.1 Résultats

4.1.1 Effet des doses de NaCl sur les paramètres de germination des graines de Blé dur des trois variétés étudiées (Oued elbared, Siméto, Vitron)

Effet sur la cinétique de germination des graines

Les résultats de l'Effet des doses de NaCl sur la cinétique de germination des graines de Blé dur des trois variétés étudiées (Oued elbared, Siméto, Vitron) par jours sont présentés dans la fig. 11.

Nous avons constaté que la cinétique de germination des graines des trois variétés du blé dur (Siméto, vitron et O.bared) a été semblable sous la dose 3g/l de NaCl , cette dose a été favorable à la germination, mieux que celle du témoin à 0 g/l de NaCl pour la variété Vitron et O.Bared c'est derniers ont atteint leur maximum de germination à 6 jours .

Par ailleurs nous avons constaté aussi que la variété Vitron réagit bien sous la dose de 8g/l de NaCl mieux que les autres variété et mieux que celle du témoin à 0g/l . La variété O.Bared réagit bien sous la dose de 6 g/l mieux que celle du témoin. Cette dernière a atteint son maximum de germination à 7 jours.

Nous pouvons dire que la variété Vitron préfère le sel (8 g/l) plus que que, O.Bared (6 g/l), et Siméto (3g/l). les trois variétés étudiées réagissant bien dans un milieu salin mieux qu'un milieu non salin, se sont des variétés halophytes marginales.

Chapitre 4 : Résultats et discussions

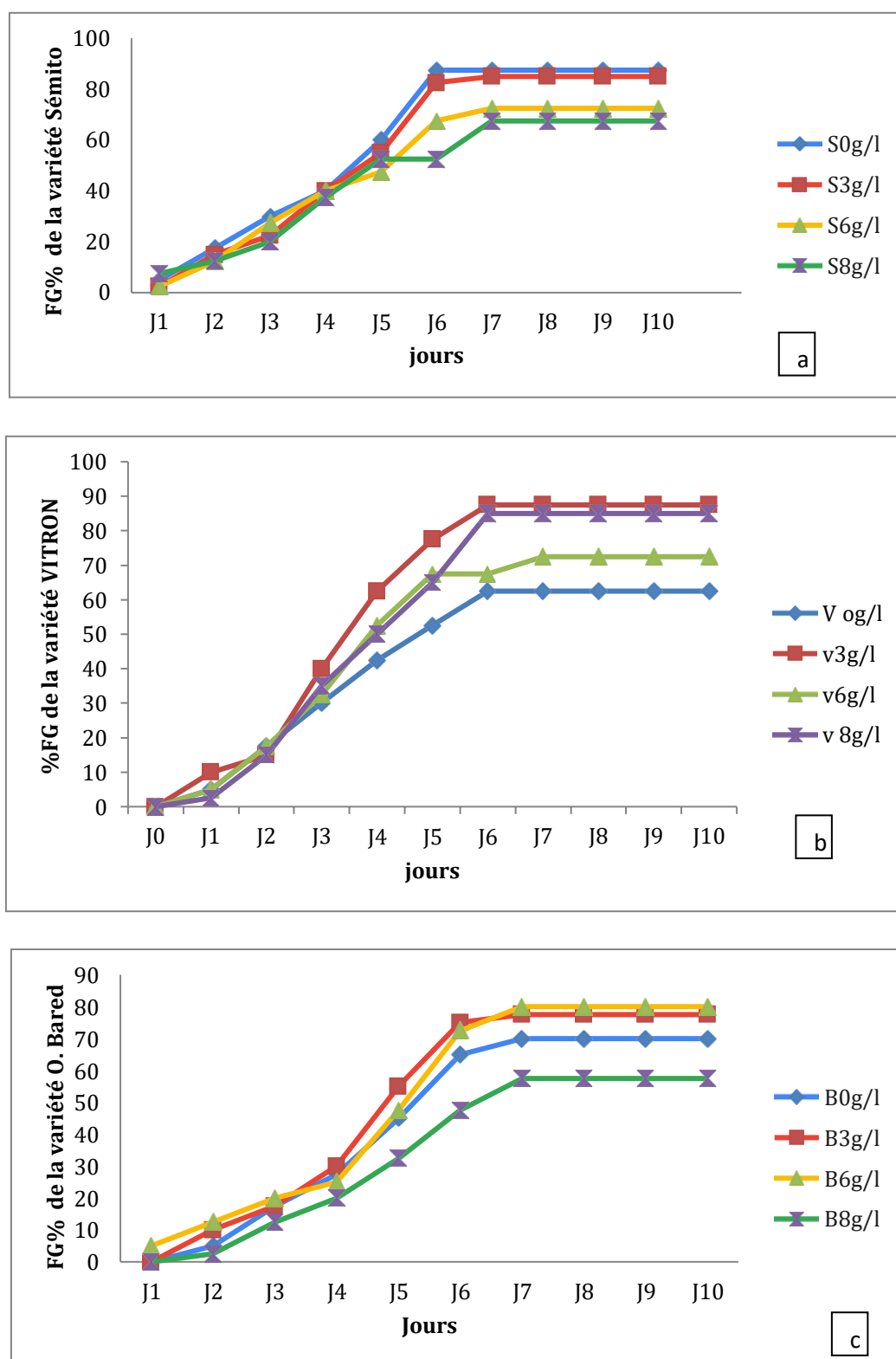


Fig 11: La cinétique de germination des graines des trois variétés de Blé sous l'effet de différentes concentrations du NaCl (a :siméto, b : vitron, c O.el bared)

Effet sur le pourcentage de germination des graines

Selon les résultats présentés dans la figure 12 , et l'analyse statistique présentée en annexe 1, nous avons constaté que l'effet de la dose de sel NaCl n'a pas été significative sur le taux de germination des trois variétés. La valeur P de l'ANOVA a été supérieure à 0.05. Les 3 variétés de blé dur ont été statistiquement non différentes et ont été présentées dans le même groupe statistique (a).

le taux moyen de germination des graines des 3 variétés a varié de 57,5 % à 87,5%

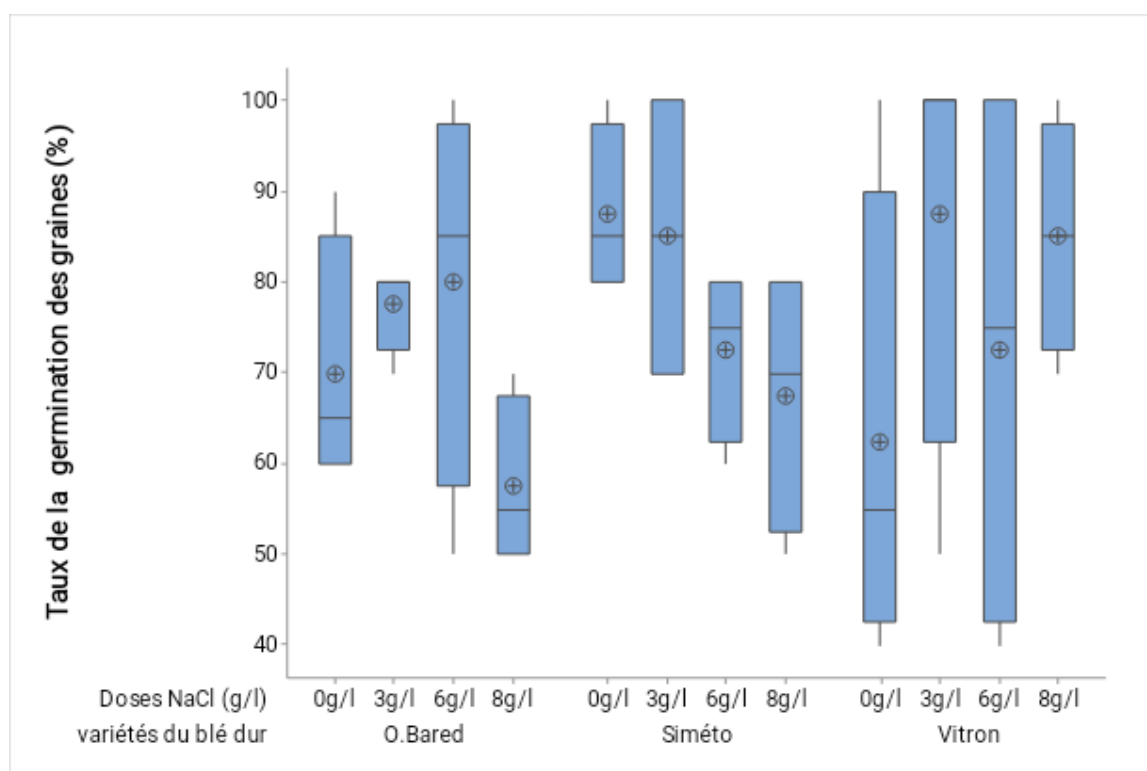
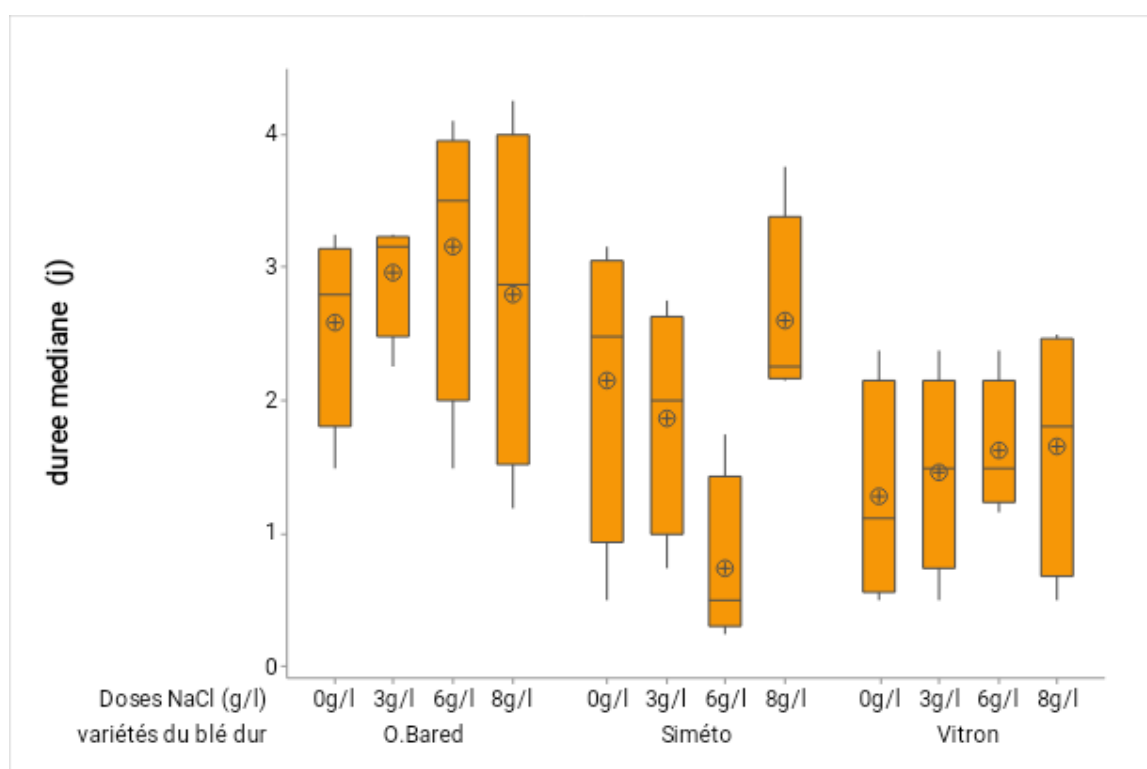


figure 12 : le taux de germination des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl

Chapitre 4 : Résultats et discussions

4.1.1.3 Durée médiane

Figure 13: durée moyenne de la germination des graines des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl



Selon les résultats présentés dans la figure 13 , et l'analyse statistique présenté en annexe 1 , nous avons constaté que l'effet de la dose de sel NaCl n'a pas été significative sur le durée médiane de germination des trois variétés la valeur P de l'ANOVA a été supérieur à 0.05. les moyennes ont oscillées entre 0.75 jour à 3.15 jours. Par ailleurs l'effet du facteur variété a été très hautement significative ($P=0.0003$) ; Les 2 variétés du blé dur (siméto et vitron) ont été statistiquement non différentes et ont été présentées dans le même groupe statistique (a) avec des moyennes de 1.51 jours et 1.84 jours successivement , elles ont été

Chapitre 4 : Résultats et discussions

rapides à germer que la variété O.el bared qui a présenté une durée médiane de 2.87 jours classée statistiquement en un seul groupe statistique (B) .

Longueur de la racine (cm)

Selon les résultats présentés dans la figure 14 , et l'analyse statistique présentée en annexe 1 , nous avons constaté que l'effet de la dose de sel NaCl a été très hautement significative sur la longueur des racines des graines germées ($P=0.000$), selon le test tukey les doses 6g/l et 8 g/l ont présenté des longueurs plus faibles des racines (2.42 et 4.17 cm respectivement) ; et elles ont été classées en un seul groupe statistique (A) , la dose 3 g/l a réagit de même avec le témoin 0g/l , classé dans le même groupe statistique B avec des moyenne de 9.49 cm et 11.5 cm respectivement.

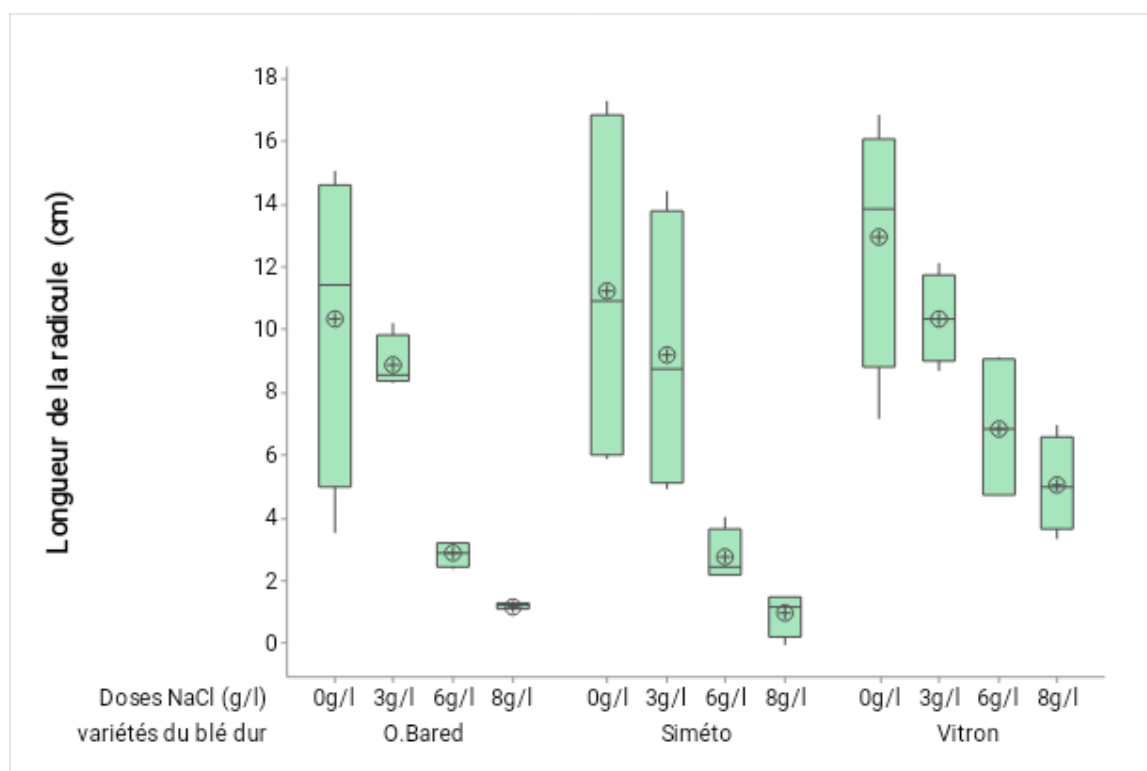


Figure14 :Longueur de la racine(cm) des graines des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl

,Nous avons aussi observé que, l'effet facteur variété a été hautement significative sur la longueur des racines des graines germées ($P=0.01$), selon le test tukey les variétés

Chapitre 4 : Résultats et discussions

O.Bared et Siméto ont présenté des longueurs des radicules plus faibles (5.83 et 6.05 cm respectivement) ; et elles ont été classées en un seul groupe statistique (A), la variété Vitron a mieux réagit avec une moyenne de 8.8 cm , elle a été classé dans un seul groupe statistique B . la variété Vitron réagit mieux dans un milieu salin 6g/l et 8 g/l .

Longueur des coléoptiles

Selon les résultats présentés dans la figure 15 , et l'analyse statistique présenté en annexe 1 , nous avons constaté que l'effet du facteur dose de sel NaCl a été très hautement significative sur la longueur des coléoptiles des graines germées ($P=0.000$), selon le test tukey les doses 6g/l et 8 g/l ont présenté des longueurs plus faibles coléoptiles (4.18 et 6.67 cm respectivement) ; et elles ont été classées en deux groupes statistiques (A et B successivement) , la dose 3 g/l a réagit de même avec le témoin 0g/l , classé dans le même groupe statistique C avec des moyenne de 10.45 cm et 11,47 cm respectivement.

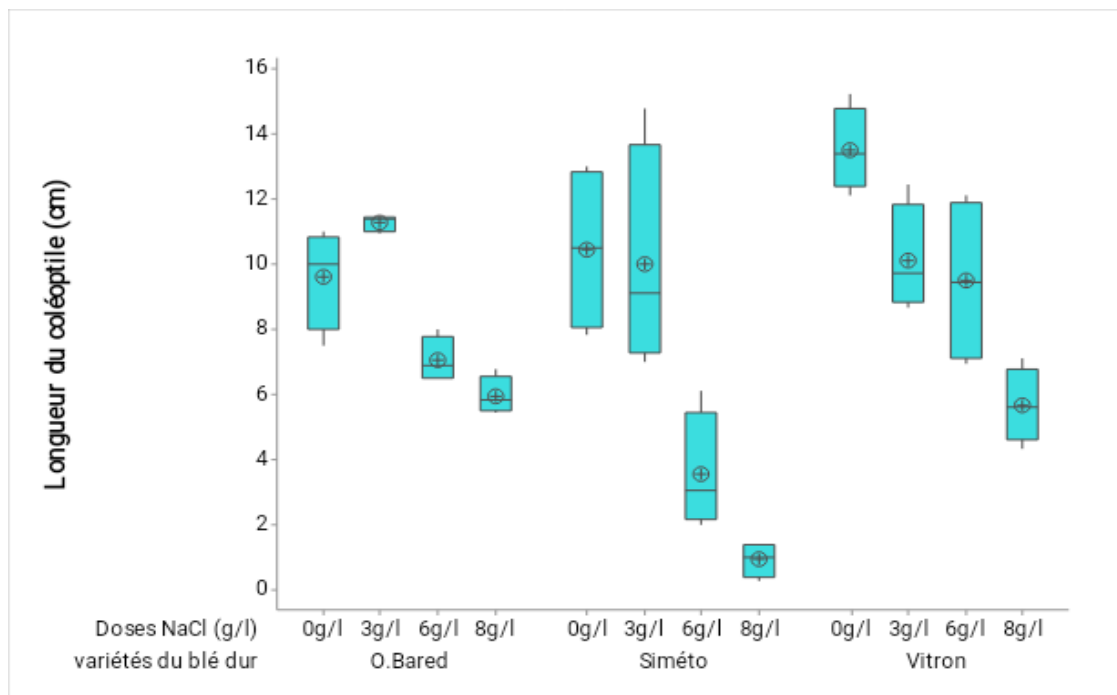


Figure15 : Longueur des coléoptiles (cm) des graines germées des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl

Chapitre 4 : Résultats et discussions

Nous avons aussi observé que, l'effet facteur variété a été hautement significative sur la longueur des coléoptiles des graines germées ($P=0.000$), selon le test tukey, la variété Siméto a présenté des longueurs des coléoptiles plus faibles (6.22 cm) ; et elle a été classée en un seul groupe statistique (A), les variétés Vitron et O. Bared ont mieux réagit avec des moyennes de 8.46 et 9.68 cm , elles ont été classées dans un seul groupe statistique B .

Le test ANOVA de L'interaction des deux facteurs doses NaCl et variété du blé dur dans ce paramètre à été hautement significative ($P=0.004$) ; les doses 8 g/l et 6g/l de NaCl ont présenté les plus basses moyennes de la longueur des coléoptiles chez la variété Siméto (0.93 cm et 3.53 cm respectivement) classé statistiquement en groupe A et Ab) , les variétés Vitron et Oued el Bared ont présenté des moyennes de 5.65 cm et 5.95 cm sous la dose 8 g/l et la dose 6g/l (groupe D) . La dose de NaCl de 3 g/l chez les trois variétés a agit de même que chez le témoin 0 g/l, en partageant la même lettre du groupement statistique F, avec des moyennes de 9.64 cm -13.49 cm.

l'indice de vigueur

Pour ce paramètre l'effet dose NaCl a été très et hautement significative ($P=0.000$), en annexe 1, les doses 8 g/l et 6 g/l ont présenté les plus bas indices (4.87-8.06) , groupés statistiquement en A , le groupe homogène b a regroupé les doses 0g/l et 3 g/l et qui ont présenté des moyennes de 16.72 et 16.81 respectivement.

La figure 16 de l'interaction entre la dose et la variété montre nettement cette classification.

Chapitre 4 : Résultats et discussions

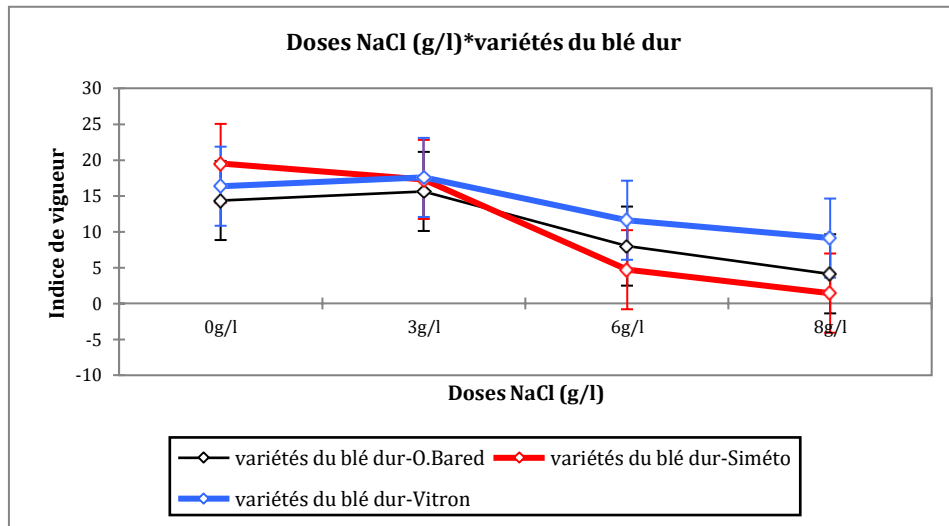


Figure16 : Indice de vigueur des graines germées des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl

Chapitre 4 : Résultats et discussions

4.2 Discussion

Selon les résultats obtenus dans cette étude, nous pouvons dire que la salinité étudiée au seuil des doses testées n'a pas influencé sur la cinétique de germination des graines ; la durée médiane, et le taux de germination final .

Cependant, en observant les résultats de la Cinétique de germination, nous pouvons dire que la variété Vitron préfère le sel (8 g/l) plus que : O.Bared (6 g/l) et Siméto (3g/l). Les trois variétés étudiées réagissant bien dans un milieu salin mieux qu'un milieu non salin.

Pour le taux de germination final, nous avons constaté que l'effet de la dose de sel NaCl n'a pas été significatif sur le taux de germination des trois variétés sous les doses étudiées 3g/l , 6g/l et 8g/l (soit 51 mM, 102mM, et 136mM de NaCl).

Dans la littérature, plusieurs auteurs ont constaté que les différences de tolérance à la salinité existent, pas seulement entre les différentes espèces, mais également à l'intérieur de l'espèce, entre les cultivars et populations (Dura *et al.*, 2011 ; Munns et Gilliam, 2015 ; Djerah et Oudjehih, 2016 ; Fellahi *et al.*, 2019 ; Zörb *et al.*, 2019).

Cependant, nos résultats montrent l'effet dépressif du sel sur les différents paramètres de croissance et non pas de germination . Ces résultats concordent avec ceux de Zaman-Allah *et al.* (2009) et Fellahi *et al.* (2019) qui ont montré que la croissance est significativement diminuée quand la salinité dépasse 4 g/l.

D'après Rehman *et al.* (2000), la plupart des plantes sont sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée. Le ralentissement de la vitesse de germination pourrait être attribué au temps nécessaire aux graines pour déclencher les mécanismes nécessaires pour ajuster leur pression osmotique (Jaouadi *et al.*, 2010).

Les résultats obtenus confirment ceux d'études antérieures mettant en évidence l'action dépressif du sel sur la capacité germinative des graines de blé (Adjel et Bouzerzour, 2004 ; Gholamin et Khayatnezhad, 2011 ; Mahmoodzadeh *et al.*, 2013 ; Charushahi *et al.*, 2015 ; Borlu *et al.*, 2018). Ces auteurs notent un faible pourcentage de germination à 160 mM/ NaCl et l'arrêt du développement après quelques jours.. cependant Bentouati et safsaf (2019) ont noté que , le taux de germination chez le blé dur reste moins affecté sous la dose

Chapitre 4 : Résultats et discussions

100mM , ce qui est conformes a nos résultats ou la dose de 102 Mm de NaCl qui n'a pas affecté le taux de germination chez les trois variétés étudié (Siméto, Vitron et O.Bared) .

D'après Rehman et al., (2000), la plupart des plantes sont sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée, car le stress salin les affecte . Des résultats similaires ont été observés respectivement par Lopes et Reynolds, (2012), il a été démontré que le sel exerce un effet dépressif sur la plante et son intensité dépend de la concentration utilisée et selon Amouchas et Zennadi, (2018), le stress salin affecte le taux de germination de manière dépressive chez la vesce et le trèfle, en plus de selon Le Mokeddem et Debbache, (2014) et Debez et al., (2001),le stress salin affecté sur la germination de blé dur de manière dépressive.

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

Selon Dassa, (2019), l'augmentation de la concentration en NaCl provoque une diminution de la durée médiane de germination. En plus de Atiat-Allah et al., (2019), ont précisé que, plus la concentration en NaCl est élevée, plus la durée médiane de germination du blé dur est affecté , cette constatation a été observé sous la dose 10g/l et 12 g/l . Des résultats similaires ont été rapportés chez le pois par Okcu et al.,(2005).

Pour la longueur des racines la salinité a diminuée la longueur des racines, la variété Vitron a réagit mieux dans un milieu salin 6g/l et 8 g/l que les variétés Siméto et O.Bared.

Concernent la longueur des racines (LR), les résultats de Bentouati et Safsaf (2019), montrent que les variétés du Ble dur : Boutaleb, Megress, Waha, Ofanto, Simeto et Guemgoum Rkhem sont des variétés tolérantes à la dose D2 = 50 mM en exprimant une meilleure capacité d'élongation racinaire, ceci a été conforme à nos resultats ou les 3 variétés testées Simeto , Vitron , et O ;bared ont toléré la dose de 3 g/l (51mM) .

Les auteurs précités ont indiqué que la variété : Oued El Bared, MBB et Bousselam sont celles les plus sensibles Sous une dose de sel modérée (100 mM), au contraire Simeto a été classée moyennement sensibles sous cette dose. Sous une forte dose de NaCl (150 mM), Waha est la seule variété qualifiée comme tolérante. Ofanto est moyennement sensible.

Chapitre 4 : Résultats et discussions

Par ailleurs, Nos résultats ont démontré que la variété Vitron a présenté les plus longues racines que ceux de Siméto et O.Bared.

Le sel affecte le développement du système racinaire Neumann, (1995), il est évident que plus la salinité est élevée, une diminution significative de la biomasse des racines, et le nombre des racines par plante, la longueur des racines et la surface racinaire de plante . Des résultats similaires ont été observés par Ouhammad et mouhssine, (2015), chez le blé La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, induit une rapide réduction de la croissance du système racinaire (Zhao et al.,2007). Chez l'orge, une diminution de l'élongation du système racinaire a été observée à des concentrations élevées de NaCl 100 à 200 mM Suhayda et al., (1992).

Gasmi et Dehiri, (2018), ont constaté une diminution de la longueur et nombre des racines en parallèle à l'augmentation du stress. Selon Benderradji, (2016), la durée de l'application du stress salin a provoqué une diminution importante dans la longueur et le nombre des racines. Cette diminution est due probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine Fraser et al., (1990). Selon Bakht et al., (2011), des concentrations élevées de salinité avaient pour effet de réduire de la longueur de feuille et de racine.

Pour la longueur du coléoptile, nous avons constaté que les doses 8 g/l et 6g/l de NaCl ont présenté les plus basses moyennes chez la variété Siméto, les variétés Vitron et Oued el Bared ont présenté des longueurs plus élevées . La dose de NaCl de 3 g/l chez les trois variétés a agit de même que chez le témoin 0 g/l,

Selon Fellahi et al., (2019), la salinité engendre un retard de germination et affecte négativement la longueur de la coléoptile et le développement du système racinaire. La conséquence est une mauvaise levée des plantules, ceci est démontré par la conclusion de Kadri et al., (2009), l'effet de la concentration de NaCl sur la longueur de la coléoptile paraît évident ; plus la concentration de NaCl augmente, plus la longueur de coléoptile diminue. Des résultats similaires ont été observés par Lahouel, (2014), chez l'orge et Bentouati et Safsaf, (2019) et Lemekeddem et Debbache, (2014), chez le blé dur.

BenHebireche, (2011), confirme ces résultats en utilisant d'autres concentrations de NaCl et d'autre variétés de blé dur (vitron), la longueur de la coléoptile dans le témoin non

Chapitre 4 : Résultats et discussions

traité (0g/l de NaCl) à montré des valeurs de (4.78 et 5.94 cm) t. Par contre dans le concentration 6g/l de NaCl, il a été enregistré des valeurs de longueur de coléoptile d'environ 0.62 et 1.85 cm et dans la concentration 12g/l de NaCl, il a été enregistré 0.02 - 0.28 cm . Selon Moud et Maghsoudi, (2008), un faible taux de croissance de la coléoptile est associé à une faible aptitude à l'osmorégulation. De même qu'un stress sévère peut aussi entraîner un arrêt total du développement foliaire.

Les effets néfastes des sels sont plus perceptibles sur les coléoptiles, selon Gomes et al.,(1983), une réduction régulière et de la taille de la coléoptile et la racine sous l'effet des concentrations croissantes de NaCl. Le taux de réduction diffère selon le degré de stress salin, l'organe et les variétés. En effet, d'après Bentouati et Safsaf, (2019), il existe des variétés de blé dur (Oued El bared, Simeto) tolérantes aux doses moyennes (concentration =50 mM) et modérée (concentration =100 mM).

La réduction de la croissance aérienne observée au niveau des plantules de blé dur peut être expliquée, sur le plan physiologique, par des augmentations des taux de certains régulateurs de croissance, notamment l'acide abscissique et les cytokinines induites par le sel (Benmaahioul *et al.*, 2009). Le stress salin inhibe l'absorption des éléments nutritifs essentiels comme le P et K ce qui affecte la croissance et le développement de la plante (Munns *et al.*, 2006). Selon Bakht *et al.* (2011) des concentrations élevées de salinité avaient pour effet de réduire de la longueur de feuille et de racine. Ces dommages sont associés à l'accumulation de l'ion Na⁺ dans les tissus foliaires.

L'accumulation, à des niveaux toxiques, des ions Na⁺ et Cl⁻, dans les parties aériennes de la plante affecte négativement le métabolisme. Selon Zhu (2001), la réduction de croissance des parties aériennes est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique. La tolérance du blé à la salinité semble se limiter au stade germination et émergence.

Nos résultats sur l'indice de vigueur , nous ont permis de voir la capacité d'une variété donnée à répondre à l'effet de sel , nous avons pu observer que, les doses 6g/l et 8 g/l ont diminué la levée chez les trois variétés, nous constatons que la tolérance au sel par ordre est la variété vitron suivie de O.Bared et en fin Siméto . la dose 3 g/l a été favorable pour les 3 variétés , alors que la variété vitron semble moins indifférente au sel à la limite de 8g/l

Conclusion générale

Conclusion

Conclusion

Le blé dur est connu depuis longtemps et considéré comme l'une des céréales les plus consommées au monde. La plupart des blés dur cultivés ont une origine génétique tétraploïdes et possèdent une certaine tolérance au stress salin. Cependant, les niveaux élevés de salinité dans les terres irriguées affectent gravement la productivité et la croissance du blé. Le stress salin provoque des dégâts néfastes sur les plantes.

Le but de notre essai a été d'étudier l'effet du stress salin, représenté par le chlorure de sodium (NaCl), sur la germination des graines de trois variétés de blé dur, et ce sous différentes doses de NaCl (0 g/l, 3g/l, 6g/l et 8 g/l) .

Les résultats de l'effet des doses de NaCl sur la cinétique de germination des graines de Blé dur des trois variétés étudiées (Oued elbared, Siméto et Vitron) par jour ,Nous pouvons dire que la variété Vitron préfère le sel (8 g/l) plus que, O.Bared (6 g/l), et Siméto (3g/l) . Les trois variétés étudiées réagissent bien dans un milieu salin (3g/l), mieux qu'un milieu non salin, ce qui nous mène à conclure que le blé dur peut être classé parmi les halophytes marginales.

Nous avons constaté que l'effet de la dose de sel NaCl n'a pas été significatif sur le taux de germination chez les trois variétés étudiées, le taux moyen de germination des graines des 3 variétés a varié de 57,5 % à 87%. Donc nous pouvons conclure que la salinité jusqu'à 8 g/l, n'affecte pas la germination chez le blé dur.

Nous avons aussi constaté que l'effet de la dose de sel NaCl n'a pas affecté sur la durée médiane de germination des trois variétés, les moyennes ont oscillé entre 0.75 jour à 3.15 jours.

Cependant nous avons aussi observé que, l'effet facteur variété a été hautement significative sur la longueur des racelles des graines germées, les variétés O.Bared et Siméto ont présenté des longueurs des radicules plus faibles (5.83 et 6.05 cm respectivement), la variété Vitron a mieux réagi avec une moyenne de 8.8 cm . La variété Vitron a mieux réagi dans un milieu salin 6g/l et 8 g/l.

Par ailleurs nous avons aussi observé que, l'effet facteur variété a été hautement significatif sur la longueur des coléoptiles des graines germées, la variété Siméto a présenté des longueurs des coléoptiles plus faibles (6.22 cm) ; les variétés Vitron et O. Bared ont mieux réagi avec des moyennes de 8.46 et 9.68 cm respectivement .

Nos résultats sur l'indice de vigueur, nous ont permis de voir la capacité d'une variété

Conclusion

donnée à répondre à l'effet de sel, nous avons pu observer que, les doses 6g/l et 8 g/l ont diminué la levée chez les trois variétés, nous constatons que la tolérance au sel par ordre est: la variété vitron suivie de O.Bared et en fin Siméto . la dose 3 g/l a été favorable pour les 3 variétés, alors que la variété vitron semble moins indifférente au sel à la limite de 8g/l.

Enfin comme perspective, nous souhaitons refaire l'essai chez d'autres stades du cycle végétatifs du blé dur, et ce afin de voir l'effet du sel sur la croissance et le rendement du blé chez les trois variétés étudiées.

Il serait aussi souhaitable de doser le sodium dans les différentes parties de la plante, afin de voir le caractère exclusif ou *includer* du blé vis à vis du sel.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdul-Baki, AA et Anderson, JD (1973)** Détermination de la vigueur dans les semences de soja par critères multiples. *Crop Science*, 13, 630-633.
- Adjal ,F.&BouzerzourH.(2004).**Etudedelavariabilitéderéponsesdesplantulesdeblédur(*Triticum durum* Desf.) à la salinité. *Céréaliculture* 42(2), 5-13.
- Amokrane A. (2001).** Evaluation et utilisations de trois sources de germoplasme de blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse de Magister, Institut d'Agronomie, 7. Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, 80P.
- Amouchas M., Zennadi Z. (2018).** Contribution à l'étude de l'effet du stress salin et du glyphosate sur la germination et la croissance de deux légumineuses : la Vesce (*Vicia sativa* L.) et le Trèfle (*Trifolium resupinatum* L.). Mémoire de Master. Algérie : Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou.
- Atiet-Allah Dalila et Saidani Nour-Elhouda . (2019)** .Effets du stress salin sur la germination de quelques variétés introduites du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) et évaluation de certains indicateurs biochimiques de stress. Master biochimie appliquée. Sciences biologiques. Université Mohamed Khider de Biskra. Sciences exactes et Sciences de la nature et de vie. Biskra.:p: 5.
- Aubert G., (1975).** Les sols sodiques en Afrique du nord. *Annal de l'INA ; Algérie*. PP 185-195.
- Bakht J., Shafi M., Jamal Y. & Sher H. (2011).** Response of maize (*Zea mays* L.) to seed priming with NaCl and salinity stress. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(1), 252-261.
- Ben Hebireche N. (2011).** Effet du stress salin sur l'accumulation de la chlorophylle chez le blé dur, 9p.
- Ben khaled L., Ouarraqi E. M., Ezzedine zid., (2007).** Impact du NaCl sur la croissance et la nutrition de la variété de blé dur Massa cultivée en milieu hydroponique. *Acta Botanica Gallica*. PP 101-116.
- Bencharif A., Rastoin J. L., (2007).** Concepts et méthodes de l'analyse de filières agroalimentaires : application par la chaîne globale de valeur au cas des blés en Algérie. Montpellier (France): UMR MOISA. 24 p. Working Paper; n. 7.
- Bencharif A., Tozanli S., Lemeillieur S., (2009).** Dynamique des acteurs dans les filières agronomiques et agroalimentaires. *Options Méditerranéennes*, B 64, Perspectives des politiques agricoles en Afrique du Nord ; pp 94-142.
- Benchetrit M., (1956).** Les sols d'Algérie. *Revue de géographie alpin*. Tome 44 N°4. PP 749-761.
- Benderradji L., Hadji N., Kellou K., Benniou R. & Brini F. (2016).** Effet du NaCl et PEG 6000 sur le comportement morpho-physiologique et biochimique des variétés de blé dur et tendre cultivées in vitro en milieu hydroponique. *Revue Agriculture*, Numéro spécial 1, 278-286.
- Benidire L., Daoui K., Fatemi Z A., Achouak W., Bouarab L., Oufdou K., (2015).** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (3). PP 840-851.
- Benidire L., Daoui K., Fatemi Z.A. Achouak W., Bouarab L. & Oufdou K. (2015).** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. *Journal of Materials and Environmental Science* 6 (3), 840-851.
- Benmahioul B., Daguin F. & Kaid Harche M. (2009).** Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du Pistachier (*Pistacia vera* L.) *Comptes Rendus Biologies* 332(8), 752-758.

Références bibliographiques

- Benseddik, B., Benabdelli K. (2000).** Impact du risque climatique sur le rendement du blé dur en zone semi-aride. Approche éco-physiologique, Sécheresse, Vol. 11, N° 1, (2000), pp. 45-51.
- Bentouati I., Safsaf H. (2019).** Effet du chlorure de sodium (NaCl) sur la germination et les paramètres de croissance du blé (*Triticum sp.*). Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A, 17-34 p.
- Binzel M.L., F.D. Hess, R. Bressan, P.M. Hasegawa.(1988).** Intracellular compartmentation of ions in salt adapted tobacco cells, *Plant Physiol.* 86 (1988) 607-61
- Borlu H. O., Celiktas V., Duzenli S., Hossain A. & El Sabagh A. (2018).** Germination and Early Seedling Growth of Five Durum Wheat Cultivars (*Triticum durum* Desf.) Is Affected by Different Levels of Salinity. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(11), 7746-7757.
- Boualla N., Benziane A., Derrich Z., (2012).** Origine de la salinisation des sols de la plaine de M'léta (bordure sud du bassin sebkha Oran). *Journal of Applied Biosciences* 53: PP 3787 – 3796.
- Bouatrous Y. (2013).** Effet du stress salin et l'haplodiploïdisation chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Master. Algérie : Université Mentouri de Constantine.
- Boyardieu, J. (1997).** Blé tendre. Techniques agricoles, Editions Techniques Techniques agricoles. Fascicule
- Bozzini, A.,(1988).** Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In: Fabiani, G., & Lintas, C. (eds.). *Durum - Chemistry and technology.* American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA, pp. 1- 16.
- Charushahi V., Bargali K. & Bargali, S. S. (2015).** Influence of seed size and salt stress on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 85(9), 1134-1137.
- Cherbuy. B., (1991).** Les sols salés et leur réhabilitation. Etude bibliographique. CEMAGREF, école. Nat. Rennes, 170p.
- Ciamporova, M., Gasparikova, O., Barlow, P.W.),** Kluwer Academic publishers, Dordrecht, Netherlands, 299-304 .
- Come, D. (1970)** Les obstacles à la germination. Monographies de Physiologie Végétale n° 6, Masson, Paris.
- Cramer, G.R., Alberico, G.J. et Schmidt, C. (1994).** Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Aust. J. Plant Physiol.*, 21: 675-692.
- Daoud Y., Halitim A., (1994).** Irrigation et salinisation au Sahara Algérienne. *Sécheresse* Vol 5, N°3. PP 151-160.
- Dassa M., (2019).** L'effet de stress salin sur la germination de quelques variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed Khider de Biskra.
- Debez A., Chaibi W. & Bouzid S. (2001).** Effet of NaCl and growth regulators on germination of (*Atriplex halimus* L) Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones Agricultures (France).
- Djerah A. & Oudjehih B. (2016).** Effet du stress salin sur la germination de seize variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Courrier du Savoir* 20, 47-56.
- Djermoun A., (2009).** La Production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques.

Références bibliographiques

- Driouich A. , Rachida A. (1995).** Effet du traitement salin sur la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) Actes Inst. Agron. Veto (Maroc) 1996, Vol. 16 (1): 33 - 40.
- Feillet P., (2000).** Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.
- Fellahi Z., Zaghdoudi H., Bensaadi H., Boutalbi W. & Hannachi A. (2019).** Assessment of salt stress effect on wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars at seedling stage. *Agriculturae Conspectus Scientificus* (in press).
- Fraser TE., Silk W.K. & Rost T.L. (1990).** Effect of low water potential on cortical cell length in growing region of maize roots. *Plant Physiology* 93, 648-651
- Gasmi W., Dehiri A. (2019).** Effet de stress salin sur la germination et la croissance des deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf). Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
- Gate P. (1995) :** Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris. P : 419.
- Gillet, H., 1980.** Observations of the causes of devastation of ligneous plants in the Sahel and their resistance to destruction. In: Browse in Africa, the current state of knowledge. H. N. Le Houérou (ed.), ILCA, Addis Ababa, Ethiopia
- 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.v
- Haywar H E., (1957).** La croissance des plantes en milieu salin. Recherches sur lazone aride - utilisation des eaux salines : compte rendu de recherches. UNESCO. PP38-75.
- Huang, S., Sirikhachornkit, A., Su, X., Faris, J., Gill, B., Haselkorn, R., Gornicki, P., (2002).** Genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase and 3-phosphoglycerate kinase of the *Triticum/Aegilops* complex and the evolutionary history of polyploid wheat. *Proceedings of the national academy of science of the USA* 99: 8133-8138.
- IPTRID. (2006).** Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation: 2-11.
- Jaouadi W., Hamrouni L., Souayeh N. & Larbi M. K. (2010).** Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 14(4), 643-652.
- Kadri K., Maalam S., Cheikh MH., Ben abdallah 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.
- Karakas O. Gurel F. & Uncuoglu A (2011).** Assessment of genetic diversity of wheat genotypes by resistance gene analog-est markers. *Genetics and Molecular Research* 10:1098-1110.
- Keller, B., Feuillet, C., Yahiaoui, N., (2005).** Map-based isolation of disease resistance genes from bread wheat: cloning in a super size genome. *Genetical research (Camb)* 85: 93-100.
- Kingsbury, R.W., Epstein, E. et Percy, R.W. (1984).** Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Plant Physiol.*, 74: 417-423.
- Lahouel H. (2014).** Contribution à l'étude de l'influence de salinité sur le rendement des céréales (cas de l'orge) dans la région de Hemadna à Relizane. Mémoire de Master. Algérie : Université d'Abou- Bekrbelkaid Tlemcen 18-30 p.
- Lallemand A., (1980).** Aménagement des sols salés, irrigation avec des eaux salées. Etude documentaire. PP 1-31.

Références bibliographiques

- Läuchli et Epstein. (1990).** Saline culture of crops. A genetic approach, *Science* 2310, 399-404.
- Lemekeddem., Debbach H. (2014).** Synthèse bibliographique sur l'effet du stress sur la germination de blé. Mémoire de Master. Algérie : Université Kasdi Merbah, Ouargla, 23-28.
- Levigneron A., Lopez F., Varisuyt G., Berthomien P., CasseDelbar T., (1995).** Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture*.4. PP 263-273.
- Levy, A.A., and Feldman, M., (2002).** The impact of polyploidy on grassgenomeevolution.*Plant physiology* 130: 1587-1593.
- Lopes M. S., Reynolds M. P. (2012).** The yield correlations of selectable physiological traits in a population of advanced spring wheat lines grown in warm and drought environments. *Field Crops Research* 128, 129-136
- Mac Key, J., (2005).**Wheat: Its concept, evolution, and taxonomy. In: *Conxita*.
- Maciejewski J ,1991.**SEMENCES ET PLANTS . Ed:tec doc, p233.
- Madr., (2009).** Statistiques Agricoles Série B 09.
- Maillard J.,(2001).** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. *Handicap International*, 35p.
- Mermoud. A., (2001).** Cours de physique du sol : Maitrise de la salinité du sol. Version provisoire : 14 p. Ecole Fédérale de Lausanne.
- Moud A.M., Maghsoudi K. (2008).** Salt stress effects on respiration and growth of germinated seeds of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *World J. Agric. Sci* 4 (3), 351-358.
- Mouellef A., (2010).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*T. durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire magister Université Constantine 82pages.
- Mrani Alaouil M., El Jourmi1 L., Ouarzane1 O., Lazar1 S., El Antri1 S., Zahouily M.,Hmyene1 A.(2013).** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé (Effect of salt stress on germination and growth of six Moroccan wheat varieties). *J. Mater. Environ. Sci*, 4(6) 997-1004
- Munns R, Schachtman DP, Condon AG.(1995).** The significance of a two-phase growthresponse to salinity in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology*22, 561–569.
- Munns R. (1993).** Physiological processes limiting plant growth in Saline soils: Some dogmas and hypotheses. *Plant, cell & environment* 16(1), 15-24
- Neumann P. M. (1995).** Inhibition of root growth by salinity stress : Toxicity or an adaptive biophysical Response, In : *structure and function of roots. Developments in plant and soil sciences* (eds. Baluska, F.Caimporova,M.,Gasparikova, O.,Barlow, P.W.), *Klurwer Academic publishers, Dordrecht, Netherlands*,299-304.
- Nicholas Boulais, Ulysse Pereira, Nicolas Lebonvallet, Laurent Misery , 2007.**The whole epidermis as the forefront of the sensory system.*Experimental dermatology* 16 (8), 634-635.
- Mohammad M., Shibli R., Adjouni M. & Nimri L. (1998).** Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutr* 21,1667-1680.
- Okçu G, Kaya MD, Atak M. (2005).** Effects of Salt and Drought Stresses on Germination and Seedling Growth of Pea (*Pisum sativum* L.). *Turk J Agric. VOL(29) : 237-242.*

Références bibliographiques

- Ouerghi Z., Zid E., Hajji M, Soltani A., (2000).** Comportement physiologique du blé dur (*Triticum durum* L.) en milieu salé. CIHEAM – Options Méditerranéennes. PP 209-313.
- Ouhaddach M., Mouhssine F., Ech-Caddadi S., Lakalai F., Elyacoubi H., Hmouni D., Douaik A., Zidane L. & Rochdi A. (2015).** Morpho-Physiological Response to Salt Stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) at the Germination Stage. *European Journal of Scientific Research* 133 (3), 240-252.
- Parida, A.K. and Das, A.B. (2005)** Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: A Review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349
- 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.
- Rehman S., Harris P. J. C., Bourne W. F. & Wilkin J. (2000).** The relationship between ions, vigour and salinity tolerance of *Acacia* seeds. *Plant Soil* 220, 229- 233.
- Robert (1993)** Les quatre mondes du Tiers-Monde. Paris, Masson, 234 p. (ISBN 2-225-84370-8)
- Robert D ; Gates P.(1993),** des stades du blé . Éd .paris ITCF .28 P
- Ruel T., (2006),** Document sur la culture du blé, édition Educagri. Yves et Buyer, 2000
- Servant. J., (1975).** Contribution à l'étude pédologique des terrains halomorphes. L'exemple des sols salés du sud et du sud-ouest de la France. Thèse de DoctScnat, ENSA, France, 194p.
- Slama. F., (2004).** La salinité et la production végétale. Centre de publication universitaire. Tunis : 151p.
- Souguir D., Jouzdan O., Khouja M L., Hachicha M., (2013).** Suivi de la croissance d'*Aloevera* en milieu salin : Parcelle de Kalaat Landelous (Tunisie). Etude et Gestion des Sols. Vol 20. PP 19-26.
- Spedona (2017) :** coupe d'une graine de blé, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=54818503> , consulté le 12 juin 2022
- Suhayda C.G., Wang X.Y. & Redmann R.E. (1992).** Identification of physiological ecotypes in *Hordeum jubatum* based on responses to salinity stress. *Canadian journal of botany* 70 (6), 1123- 1130
- Vilain M. (1987) :** La production végétale. Vol 1. Les composantes de la production. ED. Baillière. France. 416p.
- Wadley G., Martin A., (1993).** The Origins of Agriculture? A Biological Perspective and New Hypothesis. *Australian Biologist* 6: 96-105.
- Zaman-Allah M., Sifi B., L'Taief B. & El Aouni M. H. (2009).** Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 13(1), 113-119.
- Zhao J., Ren W., Zhi D., Wang L. & Xia G. (2007).** *Arabidopsis* DREB1A/CBF3 bestowed transgenic tall fescue increased tolerance to drought stress. *Plant Cell Reports* 26(9), 1521-1528.
- Zhu J. K. (2001).** Plant salt tolerance. *Trends in plant science* 6(2), 66-71.
- Zörb C., Geilfus C. M. & Dietz K.J. (2019).** Salinity and crop yield. *Plant Biology* 21, 31-38.

Annexe

Annexes

Annexe 1: Résultats du Test ANOVA à 2 facteurs contrôlés (Doses NaCl et Variété)

1.1 Faculté germinative

Analyse Type III Sum of Squares (FG **%) :					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
variétés du blé dur	2	429,1667	214,5833	0,6437	0,5313
Doses NaCl (g/l)	3	1158,3333	386,1111	1,1583	0,3390
variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	2804,1667	467,3611	1,4021	0,2407
variétés du blé dur / Tukey (HSD) / à 95% (FG **%) :					
Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes		
O.Bared	71,2500	4,5644	A		
Vitron	76,8750	4,5644	A		
Siméto	78,1250	4,5644	A		
Doses NaCl (g/l) / Tukey (HSD) / 95% (FG **%) :					
Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes		
8g/l	70,0000	5,2705	A		
0g/l	73,3333	5,2705	A		
6g/l	75,0000	5,2705	A		
3g/l	83,3333	5,2705	A		

la durée médiane (j)

Analyse Type II Sum of Squares (duree mediane (j)) :					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
variétés du blé dur	2	16,1095	8,0548	10,3384	0,0003
Doses NaCl (g/l)	3	1,6210	0,5403	0,6935	0,5620
variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	6,9050	1,1508	1,4771	0,2137
variétés du blé dur / Tukey (HSD) / duree mediane (j) :					
Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes		
Vitron	1,5100	0,2207	A		
Siméto	1,8456	0,2207	A		
O.Bared	2,8719	0,2207	B		
Doses NaCl (g/l) / Tukey (HSD) / (duree mediane (j)) :					
Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Groupes
6g/l	1,8446	0,2548	1,3278	2,3614	A
0g/l	2,0071	0,2548	1,4903	2,5239	A
3g/l	2,0996	0,2548	1,5828	2,6164	A
8g/l	2,3521	0,2548	1,8353	2,8689	A

Annexes

Longueur des racines (cm)

Analyse Type III Sum of Squares (L racine (cm)) :					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
variétés du blé dur	2	87,8999	43,9499	4,7165	0,0152
Doses NaCl (g/l)	3	663,5986	221,1995	23,7381	< 0,0001
variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	16,8426	2,8071	0,3012	0,9322
variétés du blé dur / Tukey (HSD) / (L racine (cm)) :					
Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes		
O.Bared	5,8313	0,7631	A		
Siméto	6,0556	0,7631	A		
Vitron	8,8075	0,7631		B	
Doses NaCl (g/l) / Tukey (HSD) / (L racine (cm)) :					
Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes		
8g/l	2,4267	0,8812	A		
6g/l	4,1758	0,8812	A		
3g/l	9,4900	0,8812		B	
0g/l	11,5000	0,8812		B	

Annexes

Longueur des glumelles (cm)

Analyse Type III Sum of Squares (L glumelle (cm)) :								
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F			
variétés du blé dur	2	98,5404	49,2702	15,8431	< 0,0001			
Doses NaCl (g/l)	3	388,0743	129,3581	41,5959	< 0,0001			
variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	73,5108	12,2518	3,9396	< 0,004			
variétés du blé dur / Tukey (HSD) / L glumelle (cm) :								
Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes					
Siméto	6,2213	0,4409	A					
O.Bared	8,4606	0,4409	B					
Vitron	9,6813	0,4409	B					
Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes					
8g/l	4,1842	0,5091	A					
6g/l	6,6750	0,5091	B					
3g/l	10,4508	0,5091	C					
0g/l	11,1742	0,5091	C					
variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l) / (L glumelle (cm)) :								
Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes					
variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-8g/l	0,9375	0,8817	A					
variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-6g/l	3,5350	0,8817	A	B				
variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-8g/l	5,6600	0,8817	B					
variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-8g/l	5,9550	0,8817	B	C	D			
variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-6g/l	7,0300	0,8817	B	C	D	E		
variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-6g/l	9,4600	0,8817			C	D	E	F
variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-0g/l	9,5975	0,8817			C	D	E	F
variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-3g/l	9,9825	0,8817			C	D	E	F
variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-3g/l	10,1100	0,8817			C	D	E	F
variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-0g/l	10,4300	0,8817				E	F	
variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-3g/l	11,2600	0,8817				E	F	
variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-0g/l	13,4950	0,8817				F		

Annexes

L'indice de vigueur

Analyse Type III Sum of Squares (IV) :					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
variétés du blé dur	2	99,1680	49,5840	1,6761	0,2014
Doses NaCl (g/l)	3	1332,1648	444,0549	15,0105	< 0,0001
variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	181,7331	30,2889	1,0239	0,4257
variétés du blé dur / Tukey (HSD) / (IV) :					
Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Groupes
O.Bared	10,5028	1,3598	7,7451	13,2605	A
Siméto	10,7219	1,3598	7,9642	13,4797	A
Vitron	13,6556	1,3598	10,8978	16,4133	A

Doses NaCl (g/l) / Tukey (HSD) / IV					
Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes		
8g/l	4,8740	1,5701	A		
6g/l	8,0921	1,5701	A		
0g/l	16,7263	1,5701			B
3g/l	16,8147	1,5701			B