



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 : BEN KOUIDER Khadidja

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES

Thème

Etude des réponses physiologiques et de germination de trois variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*) vis-à-vis du sel NaCl

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr. AMARA Yacine	MCB	Président
Mme. MARFOUA Meriem	MCB	Examineur
Mme. MALLEM Hamida	MCA	Rapporteur

Promotion : JUIN 2023

Titre : Etude des réponses physiologiques et de germination de trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) vis à vis du sel NaCl

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 au stade levée, 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 25° C, trois variétés (Siméto, Vitron et Oued el Bared) ont été irriguées avec différentes doses de solutions NaCl (0g/l, 3g/l, 6g/l et 8g/l), durant 7 jours de suivi, nous avons calculé les paramètres de germination. Nous avons fait un autre essai sous une serre dans des pots jusqu'à 47 jours après semis nous avons dosé la chlorophylle et la proline. Les résultats obtenus, nous ont permis de constater que l'effet de la dose de sel NaCl n'a pas été significatif sur le taux de germination chez les trois variétés, au stade levée Les trois variétés étudiées réagissent bien dans un milieu salin, mieux qu'un milieu non salin. Donc nous pouvons conclure que la salinité jusqu'à 8 g/l, n'affecte pas la germination chez le blé dur. D'autre part, Le dosage de la proline chez les trois variétés montre que la variété Vitron est indifférente aux doses de NaCl ; la variété O.bared est la plus sensible, alors que la variété Siméto aime le sel, ceci peut attribuer à cette dernière le caractère halophyte marginale.

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

Title : Study of the physiological and germination responses of three durum wheat varieties (*Triticum durum* Desf.) opposite NaCl salt

Abstract :

The objective of this work is to compare the behavior of three varieties of durum wheat *Triticum durum* under salt stress, at the germination stage and at the emergence stage, in order 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 25°C, three varieties (Siméto, Vitron and Oued el Bared) were irrigated with different doses of NaCl solutions (0g/l, 3g/l, 6g/l and 8g/l), during 7 days of monitoring, we calculated the germination parameters. We did another test in a greenhouse in pots up to 47 days after sowing, we measured chlorophyll and proline. The results obtained allowed us to observe that the effect of the dose of NaCl salt was not significant on the germination rate in the three varieties, at the emergence stage. The three varieties studied react well in a saline medium better than a non-saline environment. So we can conclude that salinity up to 8 g/l does not affect germination in durum wheat. On the other hand, the dosage of proline in the three varieties shows that the Vitron variety is indifferent to NaCl doses; the O.bared variety is the most sensitive, while the Simeto variety likes salt, this can attribute to the latter the marginal halophyte character.

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

العنوان: دراسة الاستجابات الفسيولوجية والإنباتية لثلاثة أصناف من القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) تحت تأثير ملح كلوريد الصوديوم

الملخص:

الهدف من هذا العمل هو مقارنة سلوك ثلاثة أنواع من القمح الصلب *Triticum durum* تحت تأثير ملح كلوريد الصوديوم ، في مرحلة الإنبات ومرحلة النمو ، من أجل رؤية عتبة التحمل لكل صنف فيما يتعلق بملح كلوريد الصوديوم. أخيراً لتحديد أفضل صنف يمكن تثبيته في بيئة مالحة. تم إجراء الاختبار في أطباق بتري ، في حاضنة ضبطت عند 25 درجة مئوية ، وتم ري ثلاثة أصناف (سيميتو ، وفيترون ، ووادي البارد) بجرعات مختلفة من محاليل كلوريد الصوديوم (0 ج / لتر ، 3 غ / لتر ، 6 غ / لتر و 8 غ / لتر) ، خلال 7 أيام من المراقبة ، قمنا بحساب مؤشرات الإنبات. أجرينا اختباراً آخر في د في بيت بلاستيكي لمدة تصل إلى 47 يوماً بعد البذر ، وقمنا بقياس الكلوروفيل والبرولين. سمحت لنا النتائج التي تم الحصول عليها بملاحظة أن تأثير جرعة ملح كلوريد الصوديوم لم يكن له تأثير معنوياً على معدل الإنتاج على الأصناف الثلاثة ، في مرحلة البروز ، حيث تتفاعل الأنواع الثلاثة المدروسة جيداً في وسط ملحي ، أفضل من غير الملحي. لذلك يمكننا أن نستنتج أن الملوحة التي تصل إلى 8 غ / لتر لا تؤثر على إنبات الأصناف المدروسة من القمح الصلب. من ناحية أخرى ، تظهر نسبة البرولين في الأصناف الثلاثة أن صنف فيترون لا يتأثر بجرعات كلوريد الصوديوم ؛ الصنف واد البارد هو الأكثر حساسية ، في حين أن صنف سيميتو يحب الملح ، وهذا يمكن أن ينسب إلى الأخير الطابع الملحي الهامشي.

الكلمات المفتاحية: قمح صلب ، ملوحة ، إنبات ، سيميتو ، واد البارد ، فيترون ، برولين ، كلوروفيل

Remerciements

« La connaissance est la seule chose qui s'accroît lorsqu'on la partage »

Et Parce que personne ne vient seul :

Avant tout, je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné la santé et la force de la volonté
Courage et patience pour faire le travail.

Tout d'abord, je voudrais exprimer mes sincères remerciements à mon professeur, Mme Hamida Mallem, pour l'honneur d'être parmi vos élèves Et profitez de votre éducation. Votre compétence, votre encadrement et vos conseils m'ont toujours profondément impressionné
Respect.

Je tiens à vous remercier de m'avoir permis de réaliser ce travail sous votre direction.

Je tiens également à remercier les membres du jury qui nous ont honorés Pour examiner ce
travail :

Mme. MARFOUA Meriem et Mr. Amara Yacine.

Je remercie Mme. Taibi Halima pour l'aide qu'elle m'a apportée.

Je remercie sincèrement tous mes professeurs.

Un grand merci également au personnel du laboratoire et Département d'agriculture,
Université de Laghouat.

Merci à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire, que
ce soit par son amitié, ses conseils ou son soutien moral.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos parents et mes frères et mes
sœurs pour leur soutien et leur patience, qui nous ont toujours encouragés au cours de la
réalisation de ce mémoire et toute ma carrière universitaire.

Dédicaces

Dieu merci , Nous avons pu réaliser ce travail que nous dédions A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas, le bonheur et la joie de ma vie, a ceux qui m'ont appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour leur patience, sacrifices, soutiens, conseils et encouragements A mes très chers parents : maman et papa.

Ma gratitude à mon professeur, Mme. Hamida Mallem

A mes chers frères : Bachir, Youcef et Mes sœurs : Iman, Samia.

A tous les professeurs sans exception qui nous ont bien guidés au cours de notre cursus universitaire.

A tous nos meilleurs amies.

À toute la promo 2023.

Sommaire

Titre	
Résumé	
Remerciements	
Dédicaces	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	01
Chapitre 1 : Généralités sur le blé dur	
1.1 Historique des céréales	03
1.2 Origine du blé dur	03
1.2.1 Origine géographique	03
1.2.2 Origine génétique	04
1.3 Importance économique des céréales	04
1.3.1 Au niveau mondial	04
1.3.2 Au niveau national	05
1.4 Importance de culture de blé dur	06
1.4.1 Dans le monde	06
1.4.2 En Algérie	07
1.5 classification systématique du blé dur	07
1.6 Biologie du blé dur	08
1.6.1 Description	08
1.6.2 Caractéristiques morphologiques	09
1.6.2.1 Racines	09
1.6.2.1.1 Racines primaires ou séminales	09
1.6.2.1.2 Système racinaire fasciculé	09
1.6.2.2 Tiges	09
1.6.2.3 Feuilles	09
1.6.2.4 Appareil reproducteur (épi)	10
1.6.2.5 Grain	11
1.7 Exigences de la culture du blé dur	12
1.7.1 Eau	12
1.7.2 Lumière	12
1.7.3 Sol	12

Chapitre 02 : Généralité sur la salinité

2.1 Salinité	13
2.1.1 Définition	13
2.1.2 Types et origines de la salinité	13
2.1.2.1 La salinité primaire ou naturelle	13
2.1.2.2 La salinité secondaire ou d'origine humaine	14
2.2 Définition du Stress	14
2.2.1 Plantes et stress	15
2.3 Effets du stress salin sur les plantes	15
2.3.1 Sur la germination	16
2.3.2 Sur la photosynthèse	16
2.3.3 Sur la biochimie des plantes	16
2.3.4 Sur la nutrition minérale des plantes	17
2.3.5 sur la croissance et le développement	17
2.4 Réponses des plantes au stress salin	18
2.4.1 Mécanismes d'adaptation et de tolérance des plantes au stress salin	18
2.4.1.1 Principes généraux d'adaptation des plantes et de résistance au sel	18
2.4.1.2 Tolérance au sel des céréales	19
2.4.1.3 Mécanismes de résistance à la salinité	19
2.4.1.3.1 Exclusion	19
2.4.1.3.2 Inclusion	19
2.4.1.3.3 La réexcrétion	20
2.4.1.4 Mécanismes d'adaptation à la salinité	21
2.4.1.4.1 Ajustement osmotique	21
2.4.1.4.2 Accumulation des sucres solubles	21
2.4.1.4.3 Accumulation de proline	22

Chapitre 03 : Matériel et méthodes

3.1 Objectif de travail	23
3.2 Matériel d'étude	23
3.3 Conditions expérimentales	23
3.3.1 Lieu de l'expérimentation de la phase germination	23
3.3.2 Protocole expérimental	24
3.4 Dispositif expérimental de l'essai de la germination	24
3.4.1 Les paramètres mesurés dans L'essai de la germination	25
3.4.1.1 La Faculté de germination	25
3.4.1.2 La cénitique de la germination	26

3.4.1.3 La durée médiane de la germination	26
3.4.1.4 L'indice de vigueur de semis (SVI)	26
3.5 Dispositif expérimental de l'essai de la phase croissance	27
3.5.1 Paramètres étudiés	29
3.5.1.1 Dosage de la chlorophylle	29
3.5.1.2 Dosage de la proline	30

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1 Effet des stress salin sur les Paramètres de germination	32
4.1.1 Effet des NaCl sur la cinétique de germination (CG, %)	32
4.1.1.1 Effet du NaCl sur la cinétique de germination de la variété Oued El Bared	32
4.1.1.2 Effet du NaCl sur la cinétique de germination de la variété Vitron	33
4.1.1.3 Effet du NaCl sur la cinétique de germination de variété Siméto	34
4.1.2 Effet des doses NaCl sur le taux de la germination des graines du blé dur	35
4.1.3 Durée médiane	35
4.1.4 Longueur de la racine (LR)	36
4.1.5 Longueur du coléoptile (LC)	37
4.1.6 l'indice de vigueur	38
4.2 Effet des stress salin sur les Paramètres physiologiques	39
4.2.1 La chlorophylle	39
4.2.2 La proline	40
4.3 Discussion	42
Conclusion	47
Références bibliographiques	49
Annexes	57

Liste des figures

Figure 01 : La production et l'utilisation et les stocks mondiales des céréales durant les 10 dernières années (FAO, 2020)	05
Figure 02 : Carte schématique représentant les zones céréalières de l'Algérie Source (Belaid, 1986)	06
Figure 03 : Structure d'un épi et d'un épillet du blé dur (Oudjani, 2009)	10
Figure 04 : Grain du blé dur et ses composants (Aknouche et Laib, 2017).	11
Figure 05 : Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes inclure ou exclure (LEVIGNERON et al, 1995).	20
Figure 06 : Les graines des trois variétés du blé dur utilisées (a : <i>Oued el Bared</i> , b : <i>Vitron</i> , c : <i>siméto</i>).	23
Figure 07 : Schéma du dispositif expérimental adopté	24
Figure 08 : photo du dispositif expérimental	25
Figure 09 : Des mesures de la longueur de la racine et longueur de la pousse après 7 jours de germination des graines (photo Originale, 2023)	27
Figure 10 : Aspect des plants de blé avant l'application de stress salin ((a) : oued el bared, (b) : vitron, (c) : siméto).	28
Figure 11 : Aspect des plants de blé après 35 jours d'irrigation avec les solutions de NaCl ((A): <i>Oued EL Bared</i> , (B): <i>Vitron</i> , (C): <i>Siméto</i>).	28
Figure 12 : Dosage des pigments chlorophylliens (a) : mesurer les feuilles sur la balance, (b) : ajouter acétone sur les feuilles, après Filtrer le broyat sur papier filtre, (d) : faire la lecture sur spectrophotomètre.	29
Figure 13 : Les étapes du dosage de la proline.	31
Figure 14 : Effet de NaCl sur la cinétique de germination de la variété Oued El Bared.	32
Figure 15 : Effet de NaCl sur la cinétique de germination de la variété du vitron	33
Figure 16 : Effet de NaCl sur la cinétique de germination de la variété du siméto.	34
Figure 17 : Le taux de germination des trois variétés de blé dur sous quatre niveaux de NaCl	35
Figure 18 : Durée moyenne de la germination des graines des trois variétés de blé dur sous différentes doses de NaCl	36
Figure 19 : Longueur de la racine (cm) des graines des trois variétés de blé dur sous différentes doses de NaCl	37
Figure 20 : Longueur des coléoptiles (cm) des graines germées des trois variétés de blé	38

dur sous différentes doses de NaCl

Figure 21 : Indice de vigueur des graines germées des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl 39

Figure 22 : Variation de la teneur en chlorophylle sous différentes doses de NaCl chez les trois variétés du blé dur étudiées. 40

Figure 23 : Variation de la teneur en proline sous différentes doses de NaCl chez les trois variétés du blé dur étudiées 41

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification botanique du blé dur *Triticum durum Desf* (LOUNES; 2010). 08

Liste des abréviations

% : Pour cent

av. J.-C : Avant Jésus-Christ.

Chl (a+b) : Chlorophylles(a+b)

Chl a : Chlorophylles (a)

Chl b : Chlorophylles (b)

Cl- : Chlore.

Cm : Centimètre.

DO : Densité optique

FAO : Food and agriculture organisation

FG : Faculté de germination.

G/l : Gramme par litre.

K : Potasse

LC : Longueur du coléptile

L'OAIC : L'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales

LR : Longueur des racines

MF : Matière fraîche

ml : Mili litre.

mM : milli Mole.

Na : Sodium.

NaCl : Chlorure sodium

P : Phosphore

SVI : L'indice de vigueur de semis

V : Variété

Introduction

Introduction

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal (Karakas et Al, 2011 In Bouakez et Hamadouche, 2015). Parmi elles, le blé dur (*Triticum durum* Desf), une des céréales les plus anciennes, est la plus cultivée dans le monde avec plus de 700 millions d'hectares en 2018. Il représente le plus grand marché d'importation dans le bassin méditerranéen, du fait de sa grande consommation et de son adaptation à des environnements arides et semi-arides (Mostefaoui et Mohamadi, 2019).

En Algérie, le blé dur occupe une place primordiale dans le système agricole voir plus de 2 millions d'hectares (FAO, 2018). Les caractéristiques climatiques des zones céréalières d'Algérie font que la culture du blé se trouve en générale exposée aux différents stress environnementaux défavorables (Boumdouha et Krim, 2019) notamment la salinité et le stress hydrique. La salinité est un problème majeur à l'échelle mondiale. D'après la FAO (2000), 77 millions d'hectares, dont 45 millions en zones irriguées et 32 millions en zones non irriguées, sont touchés par une salinisation d'origine anthropique (Dehni, 2018).

L'Algérie, où une grande partie des régions agricoles se caractérise par un climat aride et semi-aride, est touchée par le processus de salinisation des sols dont près de 3,2 millions d'hectares sont affectés (Benmahiol et *al.*, 2009). La salinité constitue une contrainte majeure à la productivité agricole (Abdel latef, 2010).

L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par des changements morphologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance et la productivité végétale (Ashraf et Harris 2004 in Lahouel, 2014). Elle affecte la croissance des végétaux à travers de nombreux mécanismes du métabolisme cellulaire (Hemmami et Ben Ali, 2018).

Vue l'importance de ce phénomène, de nombreux travaux ont étudié la salinité des sols d'Algérie (Halitim, 1973 ; Daoud, 1983 ; Djili, 2000 ; Touaf, 2002). Il ressort de ces travaux que la salinité en Algérie est d'origine primaire. la connaissance de la tolérance à la salinité au moment de la germination révèle la capacité de l'espèce à pousser sur des sols très salins (Jaouadi et *al.*, 2010).

Notre travail a pour objectif d'étudier quelques paramètres physiologiques et de germination chez trois variétés de blé dur (Oued El Bared, Siméto Et Vitron) cultivées sous différentes doses de NaCl, et ce afin de savoir le seuil de tolérance du Blé dur à la salinité au stade germination et au stade croissance, il s'agit aussi de savoir qu'elle est la variété la plus tolérante au sel et la mieux conseillée pour les agriculteurs, en ce qui concerne l'adaptation à la salinité et à la sécheresse.

Pour réaliser notre étude, nous avons partagé le document en quatre chapitres : dans le Chapitre 1 ; nous présentons des généralités sur le blé dur, le Chapitre 2 porte sur la contrainte abiotique étudiée, c'est-à-dire le stress salin, ses effets et les réponses physiologiques des plantes. Dans le Chapitre 3 ; la méthodologie du travail, le matériel utilisé, les méthodes suivies sont présentés, un dernier Chapitre (4) est consacré aux résultats obtenus et leurs discussions. L'étude est clôturée par une conclusion générale.

Chapitre 1 :

Généralités sur le blé dur

1.1 Historique des céréales

L'histoire de la culture des céréales est un élément majeur de l'histoire alimentaire mondiale aux conséquences économiques, sociales et politiques très importantes. Fondement de l'alimentation dans la majorité des sociétés, les céréales, leurs provenances, la difficulté de leurs cultures, leurs pénuries ou leurs abondances sont des enjeux essentiels de l'existence humaine. Des émeutes frumentaires aux réformes agraires, les céréales ont joué un rôle central dans certains grands épisodes de l'histoire. Au cours du développement de la civilisation indo-européenne, le blé est devenu la céréale de base des Occidentaux dans les climats tempérés (Henry et De Buyser, 2001).

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'être humain. L'épopée du blé s'accompagne de l'épopée de l'homme et de l'agriculture, sa culture précède l'histoire et est caractéristique de l'agriculture néolithique née en Europe il y a 8 000 ans. La culture la plus ancienne semble être le blé dur du Croissant fertile de Mésopotamie (Feillet, 2000). Le blé tendre apparaît entre 5000-6000 av. J.-C. dans le Croissant Fertile, puis de La Grèce en Europe (Doussinault et *al.*, 1992). C'est de cette zone que provient le blé, sa diffusion en Afrique, en Asie et en Europe. Distribuer le grain du blé au Maghreb vient de la péninsule italienne et de la Sicile (Bonjean, 2001 Boulal et *al.*, 2007).

En Algérie, Léon Ducellier (1878-1937), notamment lors de ses déplacements dans le pays, fut dès le début un recensement d'une flore méconnue du siècle. Il a découvert et analysé de nombreux spécimens les plus caractéristiques ont été collectés sur les cultivars plantés en pleine terre arable, Plus productif et plus résistant à la sécheresse ou à certaines maladies. Le blé tendre est Inconnu en Afrique du Nord avant l'arrivée des Français (Lery, 1982). Le blé a d'abord Évolué en dehors de l'intervention humaine, puis dans les premiers agriculteurs (Henry et de Buyser, 2001).

1.2 Origine du blé dur

1.2.1 Origine géographique

Le blé sauvage tétraploïde est répandu au Proche-Orient et les humains ont commencé à le récolter dans la nature (Amrouche et Mesbah, 2017). La plupart des études archéologiques confirment que l'origine du blé se situe dans la région du Croissant fertile (Amrouche et Mesbah, 2017) plus précisément dans le sud de l'Anatolie et le nord de la Syrie. C'est de cette

région que le blé était distribué en Afrique, en Asie et en Europe. Les routes les plus anciennes pour la distribution des céréales vers les pays du Maghreb provenaient de la péninsule italienne et de la Sicile (Amrouche et Mesbah, 2017). Certains auteurs affirment que le monde romain a largement facilité la diffusion des céréales du bassin méditerranéen vers l'Europe centrale et occidentale.

1.2.2 Origine génétique

Le blé a été sauvage dès le Néolithique, puis cultivé dans le Croissant Fertile, où il a été remplacé jusqu'à nos jours (Sali et Ben Riche, 2018).

Il y a des millions d'années, la première hybridation entre le blé sauvage : *Triticum monococcum* et l'herbe sauvage *Aegilops sepaloides* a donné naissance au blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum* ssp. *dicocoides*), qui a progressivement évolué en *T. turgidum* ssp. *dicoccum* puis *T. durum* (blé dur cultivé) (Hamel, 2010). Le blé tendre cultivé (AA BB DD) sera issu d'un croisement entre *T. Turgidum* ssp, également indigène. *Diplococcus* (AA BB) et *Goatweed* (DD) (Aouragh et Megrerouche, 2016).

1.3 Importance économique des céréales

1.3.1 Au niveau mondial

Le blé occupe la première place dans la production céréalière, représentant environ un tiers de la production totale mondiale, et l'orge occupe la quatrième place après le blé, le riz et le maïs, dont 60 % sont produits en Europe (Simon et al., 1989). Les pays exportateurs produisent des excédents de céréales et tendent à réduire leurs excédents. D'autre part, les pays d'Afrique du Nord dépendent et importent des céréales, du blé et de la farine, dont la demande s'accélère en raison de la croissance démographique, en particulier au cours de la période 1980-2000. Les céréales d'aujourd'hui sont considérées comme du beurre comme mesure de la dépendance alimentaire dans les pays du tiers monde (Cleays, 1984).

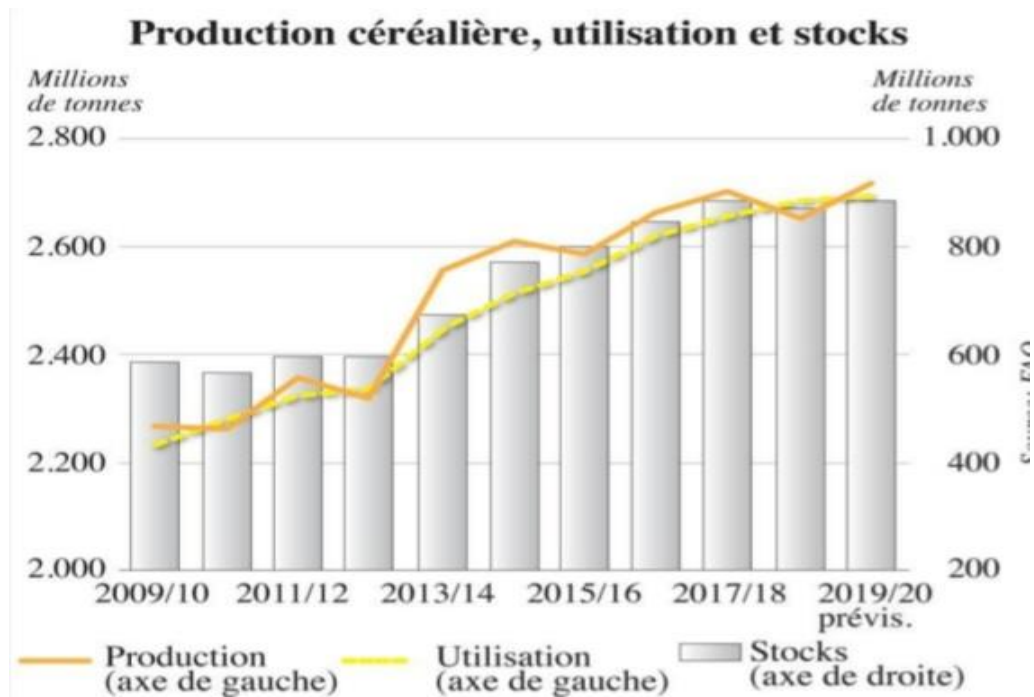


Figure 1 : La production et l'utilisation et les stocks mondiaux des céréales durant les 10 dernières années (FAO, 2020).

La hausse de la production de blé, de maïs et d'orge a expliqué une grande partie du rebond. L'augmentation d'une année sur l'autre de la production céréalière mondiale reflète une production accrue de blé et d'orge, tandis que le niveau de la production mondiale de riz devrait rester plus ou moins proche du niveau record de l'année 2018.

1.3.2 Au niveau national

Les céréales constituent la base alimentaire des Algériens ; l'essentiel des calories provient principalement des 207 kg de blé que chaque Algérien consomme en moyenne par an sous diverses formes : le pain. Couscous, pâtes... (Cimmyt, 1991). La culture céréalière semble toujours occuper une grande surface territoriale en Algérie, c'est à dire la superficie totale des céréales, 3 à 3,5 millions d'hectares sont semés par an, le reste étant mis en jachère. Quant à la production, elle est encore très faible, ne pouvant répondre à la demande estimée à 100 millions de quintaux en 2000 (Belaid, 1986 ; Feliachi, 2002 ; Ben Belkacem, 2003). En effet, les céréales sont la principale composante de la production végétale en Algérie, elles couvrent près de 80% de la surface agricole disponible (SAU), touchent la quasi-totalité 300 à

450 mm) et de vastes étendues de plaines intérieures côtières et quasi côtières ; pluviométrie égale de 450 à 600 mm/an (Figure 2).

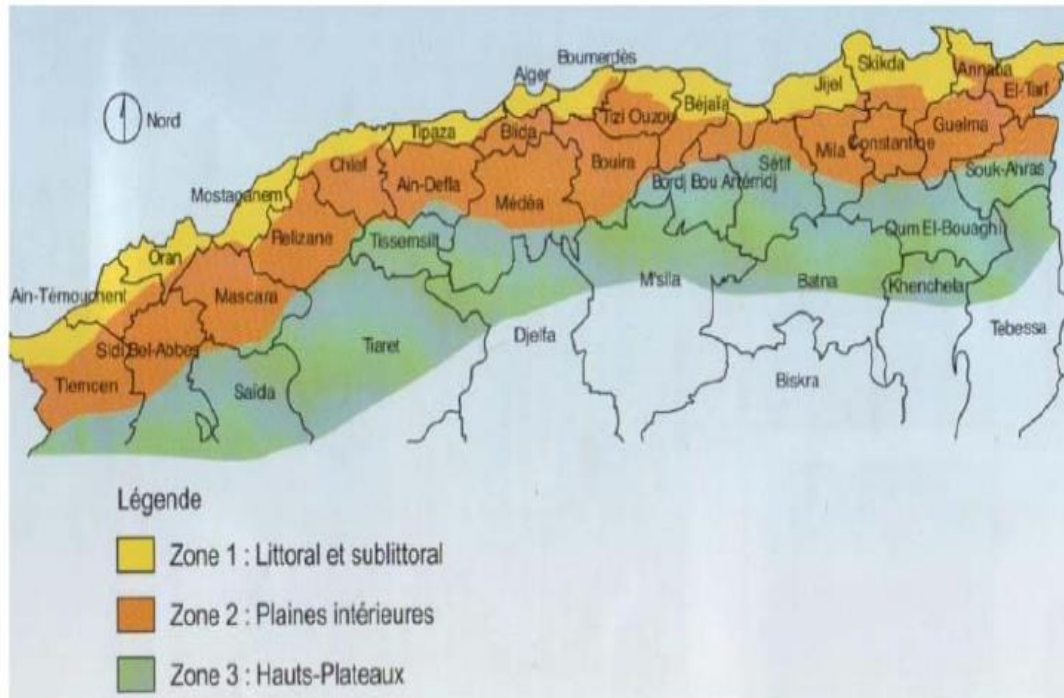


Figure 2 : Localisation des aires de production des céréales en Algérie (Belaid, 1986)

1.4 Importance de culture de blé dur

1.4.1 Dans le monde

Le blé dur est produit en quantités relativement faibles dans le monde. La production mondiale de blé dur n'a représenté en moyenne qu'environ 5 % de la production mondiale au cours de la dernière décennie, 20 % de la production de blé dur étant principalement utilisés pour le commerce mondial (Kellou, 2008). Les estimations actuelles de la superficie mondiale de blé dur varient de 15 à 20 millions d'hectares, dont plus de la moitié est concentrée autour du bassin méditerranéen et dans les pays du Moyen-Orient (Anonyme, 2002). A noter que la zone méditerranéenne dans son ensemble consomme 62 % du blé dur mondial et est la principale zone importatrice.

La production mondiale de blé dur a atteint 40 millions de tonnes en 2009, en 2010 elle a connu une baisse avec une production de 34,4 millions de tonnes. L'Europe, hors communautés des états indépendants (CEI), a produit en moyenne au cours des 10 dernières années 26 % de la production mondiale, viennent ensuite l'Amérique du nord et centrale (24%), le Moyen-Orient, avec en particulier la Turquie et la Syrie (18 %) et l'Afrique du Nord (11 %). Alors le Canada est le premier exportateur mondial de blé dur et l'Algérie est le premier importateur (Anonyme, 2010). La consommation mondiale a été actualisée à 36 millions de tonnes en 2010, selon le Conseil international des céréales (ICC). La forte croissance de la consommation mondiale s'est produite entre 2015/2016 et 2016/2017 (+28 Mt). Aussi curieux est le chiffre de la consommation mondiale 2017/2018 présenté par l'USDA, qui est de 735 millions de tonnes. Cela semble être un peu sous-estimé étant donné que la production en 2016/2017 était de 740 millions de tonnes. Selon les données de la FAO (2019), la production mondiale de blé a atteint 758 millions de tonnes en 2018, à 24,04 tonnes par seconde, établissant un record historique pour la production mondiale de blé.

1.4.2 En Algérie

Les céréales d'hiver, en partie le blé dur, restent un aliment de base de l'alimentation algérienne et revêtent une importance stratégique dans l'alimentation humaine et animale. Il est consommé sous de nombreuses formes, principalement du couscous, des pâtes, du pain et de frik (Anonyme, 2003). Les céréales occupent une place particulière dans l'agriculture algérienne (Boulay et *al.*, 2007). L'importance économique est évaluée par trois paramètres principaux : la production, la consommation et les importations (Anonyme, 1999).

1.5 classification systématique du blé dur

Le blé dur suit la classification présentée dans le tableau01

Tableau n°01 : Classification botanique du blé dur *Triticum durum Desf* (Lounes; 2010).

<i>Règne</i>	Plantae
<i>Sous-règne</i>	Cormophyte
<i>Embranchement</i>	Spermaphytes
<i>Sous-embranchement</i>	Angiospermes
<i>Classe</i>	Monocotyledones
<i>Ordre</i>	Poales
<i>Super-ordre</i>	Commeliniflorales
<i>Famille</i>	Poaceae
<i>Genre</i>	<u>Triticum</u>
<i>Espèces</i>	<u>Triticum Durum Desf</u>

1.6 Biologie du blé dur

1.6.1 Description

Le blé est une plante herbacée appartenant à la famille des Poaceae Monocotylédones (Lemekddem et Debbache, 2014). C'est une espèce adaptée à différents sols et climats. Les principales caractéristiques de l'espèce de blé que l'homme s'efforce de sélectionner sont : l'épi est solide et ne peut pas être cassé lors de la récolte, le tégument est facile à séparer, le grain est gros et le grain est dense. Oreilles (plus maniables que les oreilles lâches), plus productivité et résistance au froid ou aux maladies (Siou, 2013). Le principal représentant du blé nu tétraploïde : le blé dur, est une plante au climat chaud et sec. Selon les espèces, il peut atteindre une hauteur moyenne de 1,5 m (Bozzini, 1988, Boumdouha et Krim, 2019). Les épis ont généralement de longues arêtes et une section transversale carrée ou comprimée. Les épillets ont 2 à 5 fleurs. Glumes sans arêtes. Les particules nues sont translucides et très dures (Aknouche et Laib, 2017).

1.6.2 Caractéristiques morphologiques

1.6.2.1 Racines

Les racines sont de deux sortes selon Sadouki et Boutouchent (2017)

1.6.2.1.1 Racines primaires ou séminales

Elles proviennent de la graine qui se développe lors de sa germination : la radicule qui ouvre la première paire de racines et les première et deuxième paires de racines qui vont pousser simultanément. Ces racines, constituées uniquement de tissus primaires, vont nourrir les plantules jusqu'au stade du tallage.

1.6.2.1.2 Système racinaire fasciculé

Assez bien développé (racines adventices ou de la couronne), ce type de racine résulte du développement de nouvelles talles. Ils peuvent atteindre jusqu'à 1m50.

1.6.2.2 Tiges

Elles consistent en une tige, de forme cylindrique, généralement creuse en raison de l'absorption de la moelle centrale, mais chez le blé dur, elle est complète. Ils ressemblent à des tubes cannelés avec de nombreux longs faisceaux conducteurs de sève. Ces faisceaux se croisent régulièrement et contiennent des fibres à parois épaisses qui assurent la robustesse de la structure. Les chaumes sont interrompus par des nœuds qui sont une succession de zones d'où émerge une longue feuille (Lounes et Guerfi, 2010).

1.6.2.3 Feuilles

Les feuilles s'enroulent autour de la tige, puis s'allongent en lames étroites à nervures parallèles lancéolées. La gaine est un cylindre qui attache le membre au nœud le plus bas. Il agit comme la chlorophylle et protège l'eau et l'air. Ainsi, tant que le timon est allongé, le fourreau protège le sommet du cercle concentrique avec la plate-forme du timon. Les oreillettes ou stipules sont des organes membraneux dépourvus de chlorophylle dont le rôle n'est pas clairement défini (ils forment des articulations et empêchent notamment la pluie ou la rosée de pénétrer dans la gaine). La ligule est un organe membraneux formé à la jonction entre le limbe et la gaine (Lounes et Guerfi, 2010). Chez toutes les graminées, la présence et

la forme de l'oreillette ou stipule et de la ligule permettent de déterminer l'espèce avant l'apparition de la panicule (Soltner, 1990).

1.6.2.4 Appareil reproducteur (épi)

L'inflorescence du blé dur est un épi à rachis dont les épillets sont séparés par de courts nœuds (Fig. 03). Chaque épillet a deux glumes (bractées) et deux à cinq (généralement trois) fleurs en distiques sur l'hypocotyle (Ouared, 2016). Chaque fleur n'a pas de pétales et est entourée de deux glumes (écailles incolores). Il contient trois étamines en forme de x (parties mâles) et un ovaire avec deux styles plumeux bissectés (parties femelles). Les fleurs de blé sont appelées cryptogames (Prats, 1966). C'est-à-dire que le pollen est généralement libéré avant que les étamines n'émergent de la fleur. Il s'attache ensuite au stigmate où la fécondation peut avoir lieu.

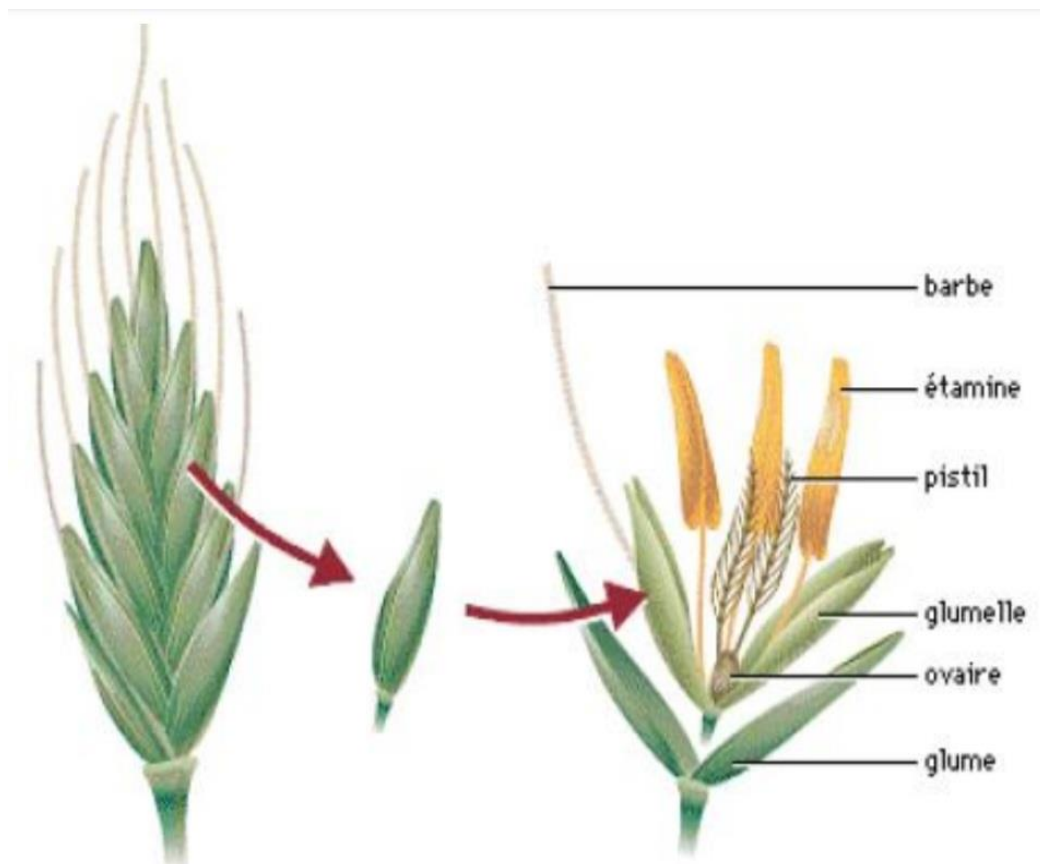


Figure 03 : Structure d'un épi et d'un épillet du blé dur (Oudjani, 2009)

Du fait de la cryptogamie des fleurs, l'autofécondation est le mode de reproduction le plus courant chez le blé : les sporozoïtes du pollen fécondent l'oosphère et la cellule centrale du sac embryonnaire floral. Même fleur (les cellules sexuelles femelles sont protégées dans un sac embryonnaire fermé à l'intérieur de l'œuf) (Aknouche et Laib, 2017).

1.6.2.5 Grain

Un grain de blé est constitué de trois parties principales : le germe, l'endosperme et la capsule (Fig.04). Il est principalement composé d'amidon, représentant 70% de la matière sèche du grain, situé dans l'albumen. Les protéines représentent 10 à 15 % de la matière sèche et sont présentes dans tous les tissus du grain de blé (Boumdouha et Krim, 2019).

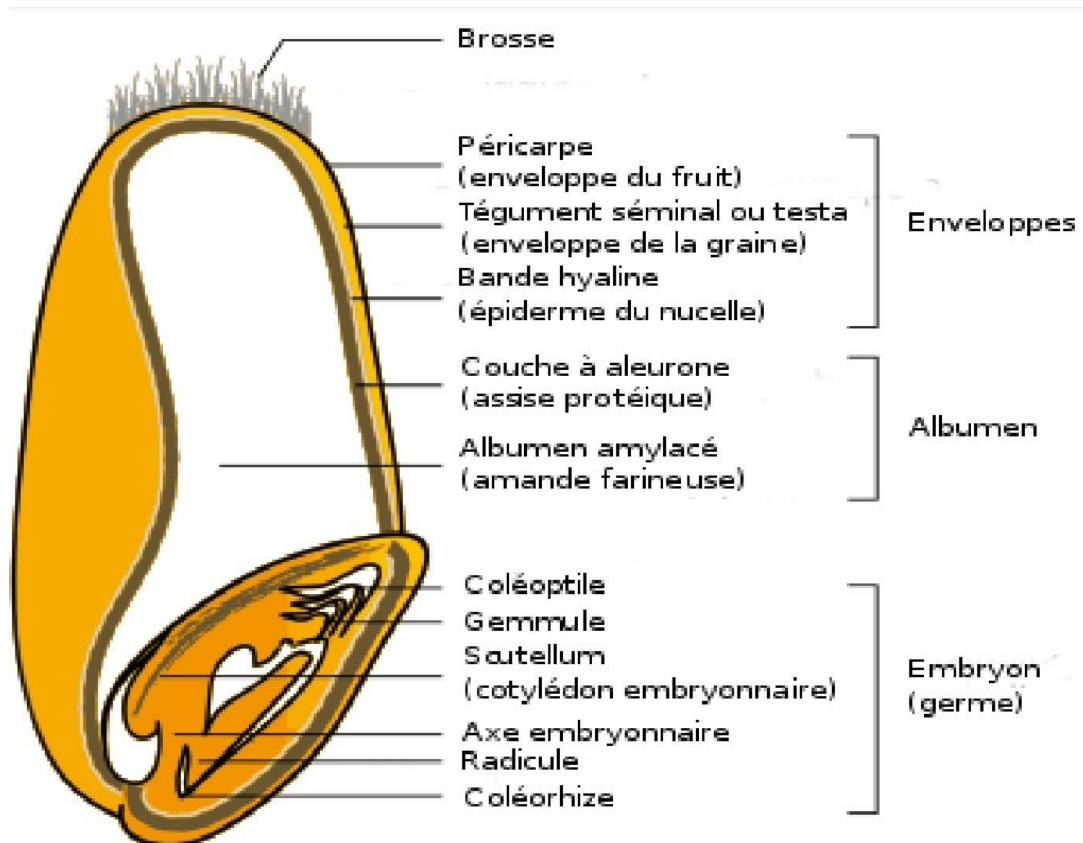


Figure 04 : Grain du blé dur et ses composants (Aknouche et Laib, 2017)

1.7 Exigences de la culture du blé dur

Le blé dur a des exigences différentes de celles du blé tendre. Il a un fort besoin d'ensoleillement et une faible résistance au froid et à l'humidité (Ferras, 2015). Il peut être cultivé dans toutes les régions, mais de fortes pluies pendant la maturation peuvent affecter la qualité du grain. Il a besoin d'un sol bien drainé mais pas trop hydrique, surtout pendant les périodes d'accumulation des stocks de céréales (Ferras, 2015).

La culture de blé dur sur des sols appauvris en mâles favorise l'infestation de maladies cryptogamétiques telles que la pourriture et la brûlure (Ferras, 2015). Les principaux facteurs affectant la culture et le développement du blé sont la température, la lumière, l'eau et le sol (Ferras, 2015).

1.7.1 Eau

L'humidité est le facteur limitant de la croissance du blé. Ces derniers nécessitent une humidité constante tout au long du cycle de développement. Aux différents stades de son cycle de vie, le blé a besoin de 600 à 1 500 mm d'eau par an, et surtout, elle est bien répartie. Compte tenu des conditions climatiques défavorables, la demande est plus élevée (Amrouche et Mesbah, 2017).

1.7.2 Lumière

La lumière est un facteur qui affecte directement le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. Un bon tallage est garanti si le blé est conservé dans des conditions de luminosité optimales (Soltner, 1988).

1.7.3 Sol

Le meilleur sol pour la culture du blé est un sol profond et bien drainé. Sol fertile argilo-calcaire, argilo-siliceux aux éléments fins. La culture du blé dur est sensible au calcaire et à la salinité. Un pH compris entre 6,5 et 7,5 semble favoriser l'assimilation de l'azote (Mihoub, 2009).

Chapitre 2 :

Généralités sur la salinité

2.1. Salinité

2.1.1. Définition

Selon Mermoud (2006), la salinité est l'accumulation de sel à la surface du sol et la zone racinaire avec des effets néfastes sur les plantes et le sol ; il s'ensuit Les rendements sont réduits et, à la longue, le sol est stérilisé.

Par conséquent, d'après Marlet et Job (2006), la salinisation est un terme général utilisé pour décrire Sous l'influence de la concentration croissante de sel dans le sol irrigation saline, climat sec ou conditions hydrologiques spécifiques (Lessivage insuffisant, proximité de la nappe phréatique, etc.). Solution de sol de cette concentration Cela conduit à la précipitation continue des minéraux, modifiant ainsi leur composition et Différentes voies d'évolution du sol en fonction de l'abondance relative Différents ions majeurs dans la solution de départ. Ces ions majeurs sont le calcium, Magnésium, sodium, potassium, chlorure, sulfate et carbonate.

2.1.2 Types et origines de la salinité

2.1.2.1 La salinité primaire ou naturelle

La salinité intrinsèque peut s'expliquer par l'accumulation de sel dans le sol ou l'eau

Se perpétue sous terre grâce à deux processus naturels :

➤ Altération avec un matériau de base soluble : roche Se décompose en libérant divers types de sels solubles, principalement Les chlorures de sodium, de calcium et de magnésium, et dans une moindre mesure les chlorures, sulfates et carbonates. Le chlorure de sodium est le sel le plus soluble.

➤ Dépôt de sel marin par le vent et la pluie : sels annulaires sel de mer transporté par le vent et déposé par la pluie, et sont Principalement du chlorure de sodium. Accumulation de chlorure de sodium dans le corps Pendant des milliers d'années, le sol sera conséquent. Quantité stockée dans le sol varie selon le type de sol, faible en sols sableux et élevé en sols sableux parce que le sol contient une forte proportion de minéraux argileux. Il varie aussi inversement avec la pluviométrie (Noomene, 2011).

2.1.2.2 La salinité secondaire ou d'origine humaine

Salinisation secondaire est le résultat de changements dans les activités humaines Bilan hydrologique du sol entre l'eau apportée (irrigation ou pluie) et l'eau utilisée par culture (Noomene, 2011). Il est défini comme un processus riche la salinité soluble dans le sol, en particulier en raison de la disponibilité de l'eau d'irrigation et formant ainsi un sol salin. Cette salinisation est le processus de dégradation la qualité du sol est plus rapide dans les zones agricoles irriguées (Dilmi et Marhoune, 2019).

L'irrigation modifie l'équilibre hydrique du sol en créant un approvisionnement en eau supplémentaire. Cet apport est toujours associé à l'apport du sel. En effet, même l'eau les bonbons de meilleure qualité contiennent du sel dissous, si la quantité de sel résultante l'eau peut sembler négligeable, et la quantité d'eau ajoutée au fil du temps peut conduire à le dépôt cumulatif de sel dans le sol peut être considérable. Échange de cations entre le sol et l'eau d'irrigation se trouve le début de la salinisation du sol (Bouzid, 2009).

Les principales causes de salinisation secondaire sont :

- ❖ Défaillance du système de drainage/sanitaire ;
- ❖ Augmentation des niveaux d'eau salée et forte évapotranspiration ;
- ❖ Utilisation d'eau à haut risque de salinisation et de calcification pour l'irrigation, et n'ont pas d'exutoire naturel pour le drainage excessif, et santé (Badraoui et *al.*, 2000).

2.2 Définition du Stress

D'une part, la notion de stress implique une déviation plus ou moins brutale de d'autre part est la réponse sensible de l'individu par rapport aux conditions normales de la plante dans différents aspects de sa physiologie, soit en s'adaptant à de nouvelles situations, ou une dégradation aux conséquences fatales à la limite (Selami et Meddour, 2016).

Ainsi, le stress est un groupe de conditions qui provoquent des changements dans les processus physiologiques pouvant entraîner des dommages, des dommages, des blessures, des inhibitions grandir ou se développer.

Le stress réduit la productivité les usines sont passées de 65 % à plus de 87% (Shilpi et Narendra, 2005).

2.2.1 Plantes et stress

La vie quotidienne des plantes n'est pas facile. En fait, la croissance est dans l'ensemble instantanément, affecté par de multiples pressions environnementales. Réglage de la plante leurs propres mécanismes pour percevoir et faire face à divers facteurs de stress facteurs environnementaux tels que déshydratation, basse température, haute température, pression blessure ou infection causée par des machines, comme le toucher ou le vent, espèces pour lesquelles ils sont pathogènes. Ainsi, tous ces facteurs de stress environnementaux sont perçus Stimulé par les plantes grâce à des phénomènes de transduction du signal interne les cellules végétales, à leur tour, induisent tout un ensemble de réactions biochimiques, Moléculaire (expression ou répression de certains gènes) ou physiologique (Tafforeau, 2002). Ainsi, depuis la vie embryonnaire, le développement de la plante est non seulement en fonction de l'information génétique qu'ils portent chaque personne a aussi les caractéristiques de l'environnement. Ces plantes sont constamment soumis à différents changements environnementaux et à diverses pressions vivant et/ou non vivant. De plus, les usines ont développé des stratégies d'évitement et tolérance à ces changements, leur permettant de s'adapter et de s'adapter à leur environnement différentes modifications pour la survie (Elmsehli, 2009).

L'étude des plantes placées dans ces conditions, appelée physiologie du stress, est une il s'agit d'un aspect important de l'écophysiologie végétale pour trois raisons. Plantes Faire face au stress, souvent en modifiant la physiologie et le métabolisme normaux ; eh bien, la recherche sur la physiologie du stress aide à comprendre les facteurs qui affectent le stress limiter la diffusion des plantes ; enfin, en agriculture, la résistance des cultures aux maladies le stress est l'un des facteurs importants qui déterminent la performance.

2.3 Effets du stress salin sur les plantes

Le sel est un facteur limitant majeur pour la production végétale en raison de sa forte les concentrations dans le sol affectent les mécanismes physiologiques des plantes (Tahraoui, 2015). Les plantes reconnaissent le stress lors qu'il est ressenti au niveau cellulaire, et s'étendre à toute la plante. Les changements qui en résultent dans l'expression des gènes modifient la croissance et le développement, et affectent la capacité de reproduction des plantes (Shilpi et Narendra, 2005). Le stress salin perturbe le développement des plantes en

limitant assimilation des nutriments et diminution de la qualité de l'eau disponible racine. Des niveaux élevés de salinité du sol provoquent le flétrissement des plantes en raison de l'augmentation de la pression osmotique et des effets toxiques du sel. Cela affecte le métabolisme des organismes du sol, entraînant une baisse significative de la fertilité du sol (Kadri et Midoun, 2015).

2.3.1 Sur la germination

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée. Le stade de germination se montre le plus sensible que les autres stades. Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade de germination. Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Bouchoukh, 2010 in Mahrouz, 2013).

2.3.2 Sur la photosynthèse

Le développement des plantes est le résultat de l'intégration et de la réglementation processus physiologiques, dont le plus important est la photosynthèse. La croissance des plantes tout comme la production de biomasse est une mesure de la photosynthèse nette le stress environnemental affecte la croissance et donc la photosynthèse. Le stress salin peut avoir des effets à long terme et à court terme sur la photosynthèse.

La diminution du taux de photosynthèse est due à plusieurs facteurs : Déshydratation les membranes cellulaires réduisent leur perméabilité au CO₂, la toxicité saline, l'apport de CO₂ diminue en raison de la fermeture par hydratation des stomates, la sénescence accrue induite par la salinité et les modifications de l'activité enzymatique provoquent par des modifications de la structure cytoplasmique (Marweni, 2015).

2.3.3 Sur la biochimie des plantes

Le stress salin interfère avec la formation de lipides et de protéines au niveau de la membrane cellulaire, il affecte sa stabilité. Ce qui signifie dans les modèles d'expression génique changent dans des conditions salines provoquer des changements qualitatifs et quantitatifs combinés (Alem et Amri, 2005).

2.3.4 Sur la nutrition minérale des plantes

Le sel peut affecter l'équilibre nutritif des plantes, s'il est présent dans le rapport est trop élevé. La présence excessive d'ions sodium, d'ions chlorure et d'ions bore augmente le pH du sol, qui le rend incapable d'absorber les ions dont il a besoin pour se développer plantes (Boukourt, 2016).

Selon Haouala et al (2007), l'accumulation d'ions Na^+ dans les usines limite l'absorption des cations essentiels tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aura de la concurrence Sodium^+ et Ca^{2+} pour le même site de liaison extra plasmique. Par conséquent, augmentez Na^+ concentration accompagné de diminutions des concentrations de Mg, N et P usine. Ce déséquilibre nutritionnel peut être responsable du ralentissement de la croissance des animaux la présence de sel.

2.3.5 sur la croissance et le développement

Les effets du stress salin se manifestent généralement dans la plupart des plantes cultivées. Inhibe la croissance et le développement (Lemekeddem et Debbache, 2014). Comparaison de plantes vivantes dans des milieux non protégés. Sel et sel dans les environnements salins, indiquant des concentrations élevées de sels solubles. L'environnement racinaire conduit à la formation de plantes naines (Ayed et Tiaiba, 2017).

Parmi les changements morphologiques observés chez les plantes soumises à un stress salin, il y a Mauvaise ramification, réduction de la longueur, du diamètre et du poids sec des tiges et des racines, raccourcissement des entre-nœuds, réduction du nombre de nœuds, a le nombre de feuilles et la surface foliaire diminuent (Lemekeddem et Debbache, 2014).

Les racines semblent être la partie la plus à risque de la plante parce qu'elles Directement exposés au sel ou au sol sec, ils sont pourtant incroyablement puissants. Leur la croissance n'est pas affectée comme le taux de croissance des bourgeons. Leurs capacités les ions n'augmentent pas avec le temps comme il de sodium et de chlore sont inférieures à la solution externe (Munns, 2002).

2.4 Réponses des plantes au stress salin

Les plantes peuvent répondre aux stress de diverses façons :

- Ils grandissent pendant les périodes moins stressantes
- Sinon, vous ne supportez pas d'être blessé
- Ou, avoir des modifications spécifiques de leur métabolisme évitez ou tolérez les effets du stress.

Les plantes réagissent aux effets de la salinité en déclenchant des biomes mécanisme de résistance. La quantité de sel dans le sol que les plantes peuvent tolérer, varie selon la famille, le genre et l'espèce, mais aussi selon la variété considérée (Elmeddah et Kassous, 2016).

2.4.1 Mécanismes d'adaptation et de tolérance des plantes au stress salin

2.4.1.1 Principes généraux d'adaptation des plantes et de résistance au sel

Normalement, dans des conditions salines, les voies de transduction du signal le stress commence par la perception de ce signal au niveau de la membrane végétale, suivi par en produisant des seconds messagers et des facteurs de transcription. De ces facteurs contrôle la transcription de l'expression des gènes impliqués dans la réponse au stress, y compris modifications morphologiques, biochimiques et physiologiques (Levitt, 1980).

La tolérance au sel est décrite comme la croissance et le métabolisme normal peut être maintenu dans des conditions non optimales environnement salin (Yeo et flowers, 1983). Partager des stratégies d'adaptation communes Stress salin nécessitant un changement plutôt qu'un ordre physique : réduction Hydratation cellulaire, réduction du volume cellulaire, modifications du module élastique augmentation de la paroi cellulaire et de la conductivité hydraulique (Yeo, 1983) (Levitt, 1980), Le terme « tolérance au sel » est utilisé au sens large pour inclure : la tolérance, lorsque les plantes réagissent à la salinité en compartimentant le sel dans des vacuoles ou en l'excrétant ces sels traversent des cellules spécialisées (glandes à sel) et sont évités lorsque les plantes évitent répondre au stress salin en diluant ou en maintenant une concentration constante de sel dans les cellules éliminez le sel.

2.4.1.2 Tolérance au sel des céréales

Selon (Munns et *al.*, 2006), la tolérance des céréales à la salinité dépend de la variabilité la génétique rend certaines espèces plus résistantes à ce type de stress abiotique que d'autres. En particulier, l'effet toxique du sel était moins prononcé sur le blé tendre que sur le blé dur. Ce elle se caractérise par la présence de *Kna1*, une protéine responsable de l'exclusion de sodium.

2.4.1.3 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 limiter le stress salin (Fig. 05), variable selon les classes végétales (Berthomieu et *al.*, 2003).

Dans les plantes sensibles au NaCl, Na⁺ accumuler à la racine, puis expulser feuilles, ces plantes sont appelées "exclusives". En revanche, les plantes tolérantes au NaCl sont dites "inclure", car leurs feuilles contiennent généralement plus de Na⁺ commencé quand ils étaient cultivés en présence de sel (Haouala et *al.*, 2007) (Fig. 5).

2.4.1.3.1 Exclusion

La plante empêche le sel de la sève de remonter jusqu'aux feuilles. La présence endoderme dans les racines et transport sélectif leur permettant d'absorber les ions nutritifs Ions Na⁺ utiles et réexcrétés (Genoux et *al.*, 1991). Certains halophytes empêchent absorption excessive du sel par exclusion du sel à la racine et aux niveaux inférieurs tige. Dans ce contexte, la libération de Na⁺ Gaines Xylème en échange d'entrée K⁺ cellules de parenchyme du xylème et du parenchyme environnant, jouer important dans les tiges et les racines (LUTTGE et *al.*, 2002).

2.4.1.3.2 Inclusion

La plante retient 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 pompes moléculaires. Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants

cellulaires vitaux (Berthomieu et *al*, 2003), ou excrété par des glandes vers l'extérieur (Alem Et Amri, 2005).

2.4.1.3.3 La réexcrétion

La plante a la capacité de réexpédier aussitôt l'excès de sel parvenu jusqu'au 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).

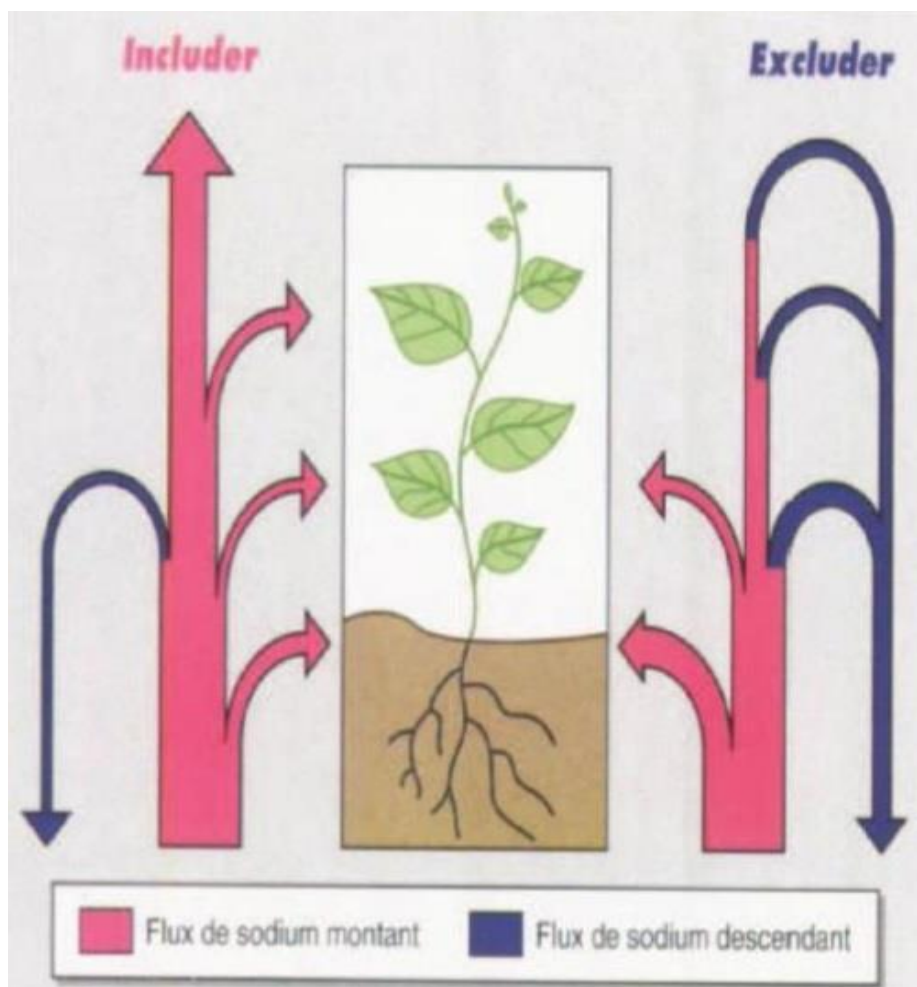


Figure 05 : Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes incluser ou excluser (Levigneron et *al*, 1995).

2.4.1.4 Mécanismes d'adaptation à la salinité

2.4.1.4.1 Ajustement osmotique

L'osmorégulation est définie comme la réduction du potentiel osmotique par les solutés organiques s'accumulent dans les cellules en réponse au stress salin. Il semble aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation qui peut intervenir à toutes les étapes développement et sa nature inductible suggèrent qu'il est rendement potentiel (Kara et Bellkhiri, 2011) c'est en résistance ou tolérance des plantes au stress. Les plantes peuvent souffrir de déficits les eaux produites par le stress salin, en ajustant plus ou moins rapidement leur potentiel imprégner de milieu externe pour maintenir le gradient de potentiel l'eau entre les plantes et les milieux salins (Chamekh, 2010). Cela peut être synthétisé par les solutés organiques (sucres solubles, proline...) permettent de moduler le potentiel eau cellulaire (Belfakih et *al.*, 2013).

2.4.1.4.2 Accumulation des sucres solubles

Les sucres solubles jouent un rôle essentiel dans le développement et la fonction cellules vivantes. Ils sont la source d'énergie et de carbone préférée des cellules eucaryotes. Chez les plantes, les sucres participent à la régulation les processus de développement tels que le développement des embryons et des graines (Ramel, 2009), l'organogenèse post-embryonnaire (Ramel, 2009) et processus de vieillissement (Ramel, 2009).

Le stress salin entraîne une accumulation massive de sucres solubles, généralement expliquée par en tant que réponse adaptative (Ramel, 2009), le sucre joue un rôle dans solutés compatibles, impliqués dans la stabilisation des protéines et des membranes (Ramel, 2009). On pense généralement que l'accumulation de sucres solubles peut provenir de l'hydrolyse des réserves, ou de métabolisme du carbone, dégradation et réduction de l'utilisation des polysaccharides et une réduction de l'utilisation de glucides plus importants que la réduction de la photosynthèse (Salmi, 2015). Glucides contribue à plus de 50% à l'osmorégulation des plantes sucrières conditions de salinité (Farissi et *al.*, 2014).

2.4.1.4.3 Accumulation de proline

L'accumulation de proline est l'une des manifestations les plus notables des plantes soumises à un stress salin. C'est un véritable mécanisme de tolérance au sel, et de pénurie d'eau (Slama, 2000, Bouatrous, 2013). Cette collecte vise à réguler la pression osmotique du cytoplasme, maintenir et améliorer la stabilité des membranes cellulaires (Tadrent, 2017). L'augmentation des niveaux de proline se produit rapidement chez de nombreux monocotylédones ou dicotylédones soumis au stress salin (Khouildat et Benzahi, 2014). L'augmentation de la concentration de proline est stimulée par le cytoplasme et sa synthèse est continue en raison du grand nombre de messagers qui convertissent le glutamate semialdéhyde en enzyme proline. Il existe deux voies de biosynthèse de la proline chez les plantes, la voie de l'ornithine et le glutamate. Cette dernière semble être prédominante sous conditions de stress (Khouildat et Benzahi, 2014).

Chapitre 3 :

Matériel et Méthodes

3.1 Objectif de travail

L'objectif de ce travail est de d'étudier l'effet du stress salin, représenté par le chlorure de sodium (NaCl), premièrement sur la germination et la deuxième partie sur l'étude de la réponse physiologique de trois variétés de blé dur, L'expérimentation a été conduite au niveau des laboratoires de la Faculté des Sciences de Nature et de la Vie Département d'agronomie l'Université Amar Telidji de Laghouat.

3.1 Matériel d'étude

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 par l'OAIC de la ville de Laghouat. Le nom et l'origine des variétés testées sont donnés dans la figure 6.



(a) Algerie

(b) Italie

(c) Espagne

Figure 6 : Les graines des trois variétés du blé dur utilisées

(**a** : *Oued el Bared*, **b** : *Vitron*, **C** : *sémito*).

3.3 Conditions expérimentales

3.3.1 Lieu de l'expérimentation de la phase germination

Notre essai a été réalisé dans une étuve (reglée à 20°C) au niveau du laboratoire du département d'Agronomie de l'université de Laghouat.

3.3.2 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 référant aux données bibliographiques (Benderradji et al., 2010 ; Adjel et al., 2013 ; Alaoui et al., 2013 ; Abdi et al., 2016 ; Fellahi et al., 2019).

3.4 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, V2 : Vitron, V3 : 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 (figure7). Nous avons mis 10 graines dans chaque boîte de Petri, 40 graines par dose et par variété, soit 160 graines par variété, soit au total 480 graines.

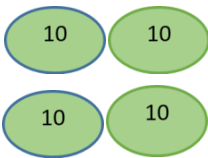
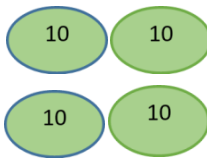
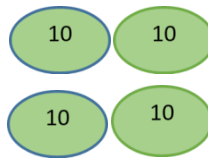
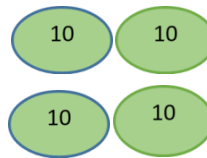
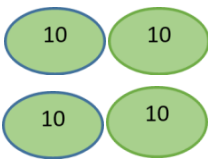
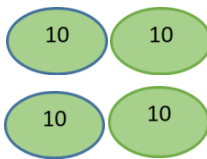
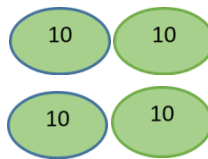
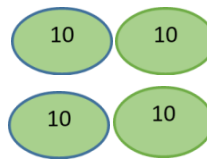
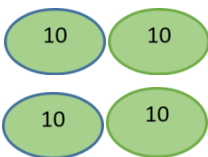
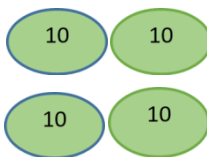


Doses NaCl Variété	0g/l	3g/l	6g/l	8g/l
Siméto				
Vitron				
Oued El bared				

Figure 7 : Schéma du dispositif expérimental adopté

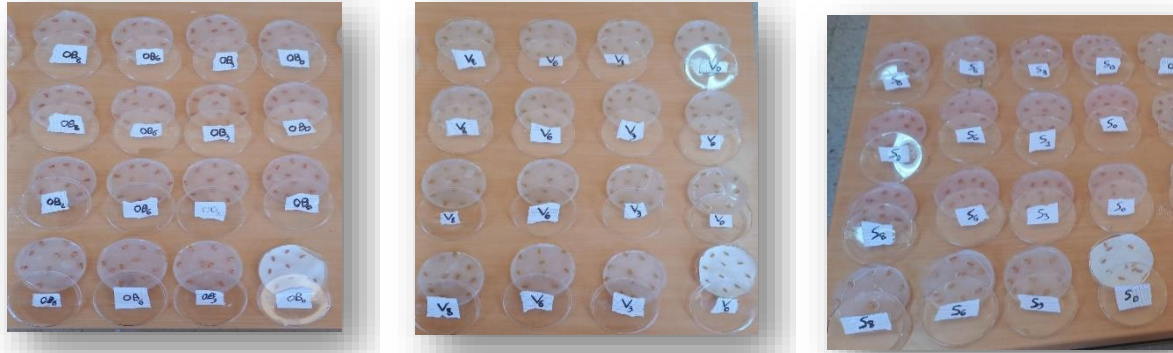


Figure 8 : photo du dispositif experimental

3.4.1 Les paramètres mesurés dans L'essai de la germination

3.4.1.1 La Faculté de germination

La Faculté de germination final, ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines. Il est exprimé par le rapport de nombre des graines germées dans un chaque boite sur le nombre total des graines.

Le taux de germination final a été déterminé à la fin des 7 jours d'après la formule suivante

$$FG \% = (\text{Nombre de graines germées} / 10) * 100$$

Avec :

FG% : Faculté de la germination.

NGG : Nombre des graines germés.

3.4.1.2 La cinétique de la germination

Elle correspond à la courbe de l'évolution du taux quotidien cumulé de germination pendant une période de 7 jours, calculée sur la base du nombre des graines nouvellement germées à chaque observation (Hajlaoui et al., 2007).

3.4.1.3 La durée médiane de la germination

Cette durée peut être calculée par le temps moyen de germination (le temps au bout duquel on atteint 50% des graines germées), il est donné selon la formule suivante (Côme, 1970).

$$\text{DURÉE MÉDIANE} = T1 + (0,5 - G1) / (G2 - G1) \times (T2 - T1)$$

Avec :

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

T1 = le nombre de jours correspondent à G1.

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

T2 = le nombre de jours correspondent à G2.

3.4.1.4 L'indice de vigueur de semis (SVI)

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

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

Avec :

L_r : la longueur de racine (Cm).

L_s : la longueur de la pousse (Cm).

GP : pourcentage de germination des graines.

SVI : L'indice de vigueur de semis.

Dans la figure 9 nous avons présenté la méthode pour mesurer la longueur des racines et des partie aériennes.

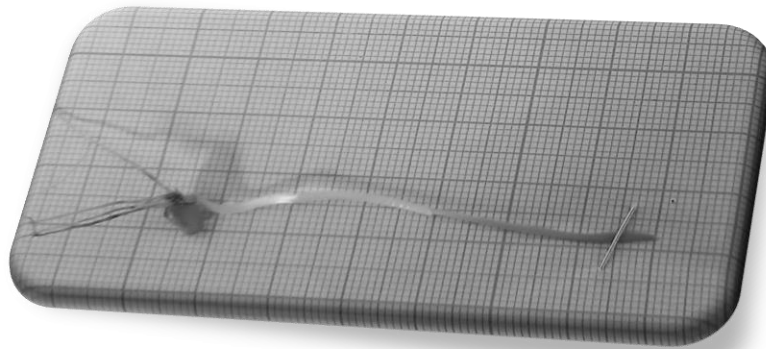


Figure 9 : Des mesures de la longueur de la racine et longueur de la pousse après 7 jours de germination des graines (photo Originale, 2023)

3.5 Dispositif expérimental de l'essai de la phase croissance

Afin d'étudier l'effet du sel sur la physiologie du Blé en phase croissance, nous avons semé les graines des trois variétés avec une densité de 2graines /pot, dans des pots en plastique contenant un sol formé du sable (1/2) et de terreau (1/2). L'ensemble des pots sont placés sous une serre à la température (15°C), dans un endroit présentant une bonne intensité lumineuse. Afin de maintenir une levée homogène, nous avons procédé à un arrosage régulier avec de l'eau distillée jusqu'au moment de l'application du stress salin.

Le dispositif expérimental adopté est une randomisation totale à deux facteurs étudiés : le premier facteur est le facteur variété à 3 niveaux (V1 : Simeto, V2 : Vitron, V3 : 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 6 fois.

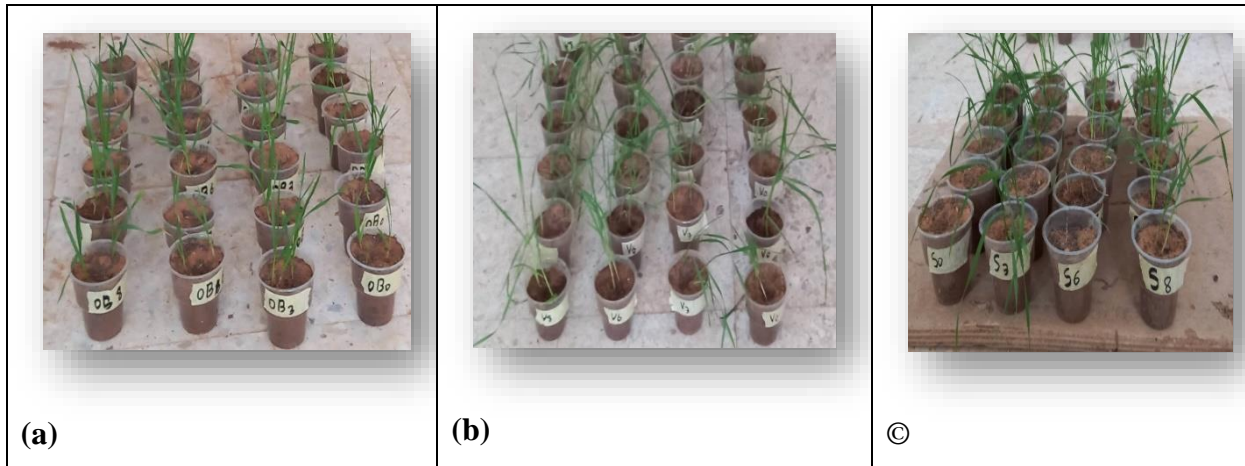


Figure 10 : Aspect des plants de blé avant l'application de stress salin

((a) : oued el bared, (b) : vitro, (c) : sémito).

Après, 47 jours de semis, l'irrigation par les solutions NaCl a été régulière et appliquée 2 fois par semaine. Dès que un jaunissement est apparu dans la concentration en sel la plus élevée (8g/l) : nous avons arrêté l'expérience pour doser les paramètres physiologiques au laboratoire en réponse au stress salin tel que la proline et la chlorophylle

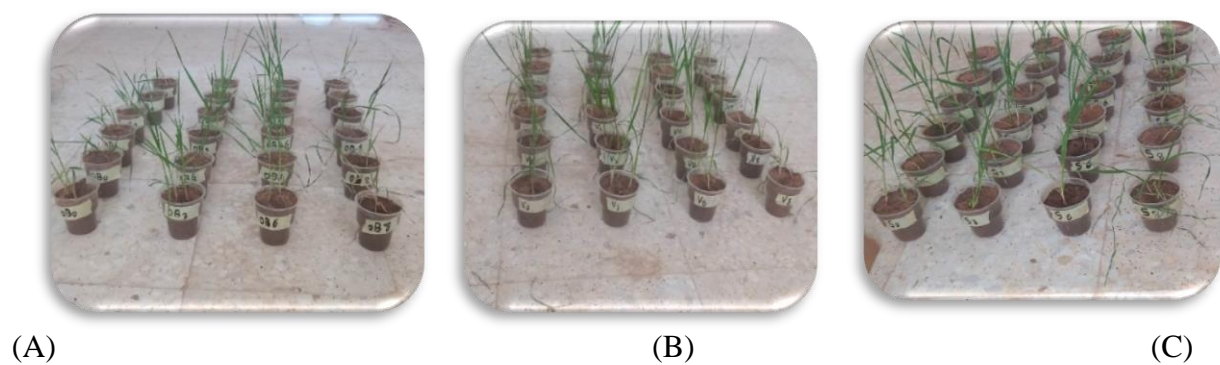


Figure 11 : Aspect des plants de blé après 35 jours d'irrigation avec les solutions du NaCl

((A): *Oued EL Bared*, (B): *Vitro*, (C): *Sémito*)

3.5.1 Paramètres étudiés

- *Paramètres biochimiques*

3.5.1.1 Dosage de la chlorophylle

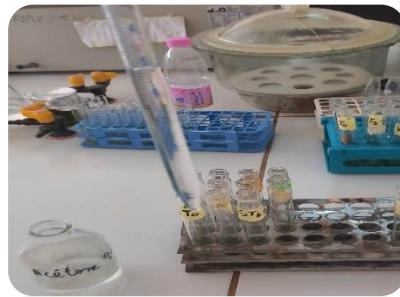
La méthode utilisée est celle de Mckinney (1941). Dans des tubes à essais on ajoute sur 100 mg d'échantillon frais, Coupé en petits fragments, 5 ml d'acétone à 80% dilué à 40 ml d'eau distillée et 160 ml d'acétone, pendant 24 heures, les concentrations de la chlorophylle a, la chlorophylle b sont déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre à des densités optiques respectivement de 663 nm et 645 nm.

Le calcul de la qualité de la chlorophylle est obtenu par les formules suivant :

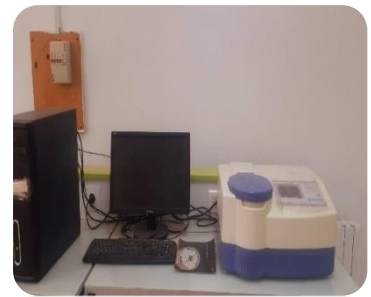
Chlorophylle totale (mg/gMF): 8,02 (DO 645) + 20,20 (DO 663)



(a)



(b)



(c)

Figure 12 : Dosage des pigments chlorophylliens

(a) : mesurer les feuilles sur la balance, (b) : ajouter acétone sur les feuilles, après Filtrer le broyat sur papier filtre, (c) : faire la lecture sur spectrophotomètre.

3.5.1.2 Dosage de la proline

La proline, acide pyrimidine 2-carboxylique, est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tricetohydrindene. C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires (El Jaafati, 1993). La méthode suivie est celle de Trolls et Lindsley, (1955), simplifiée et mise au point par (Rasio et al, 1987). Elle consiste à prendre 100mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2ml de méthanol à 40%. Le tout est chauffé à 85°C dans bain-marie pendant 60 mn. (Les tubes sont recouverts de papier aluminium pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool). Après refroidissement ; on prélève 1 ml d'extrait auquel il faut ajouter : 1 ml d'acide acétique (CH₃COOH) ; 25 mg de ninhydrine (C₆H₆O₄) ; 1ml de mélange contenant : 120 ml d'eau distillée ; 300 ml d'acide acétique ; 80 ml d'acide Ortho-phosphorique (H₃PO₄. D =1,7). La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C, la solution vire au rouge, après refroidissement, 5 ml de toluène sont ajoutés à la contient la proline, et une phase inférieure transparente sans proline). Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée et déshydratée par l'ajout d'une spatule de sulfate de sodium Na₂SO₄ anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient). Nous déterminons la densité optique (DO) à l'aide d'un spectrophotomètre sur une longueur d'onde de 528 nm. Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline par le biais d'une courbe d'étalonnage préalablement établie à partir d'une série de solution de concentration en proline connue. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes. L'équation de la droite de régression de la gamme étalon nous a permis de multiplier la densité optique par 0.62 selon la formule suivante :

$$\text{Proline (ug/g mf): } DO_{528} * 0,62$$

Le protocole suivi pour cette opération est démontré dans la figure 13.

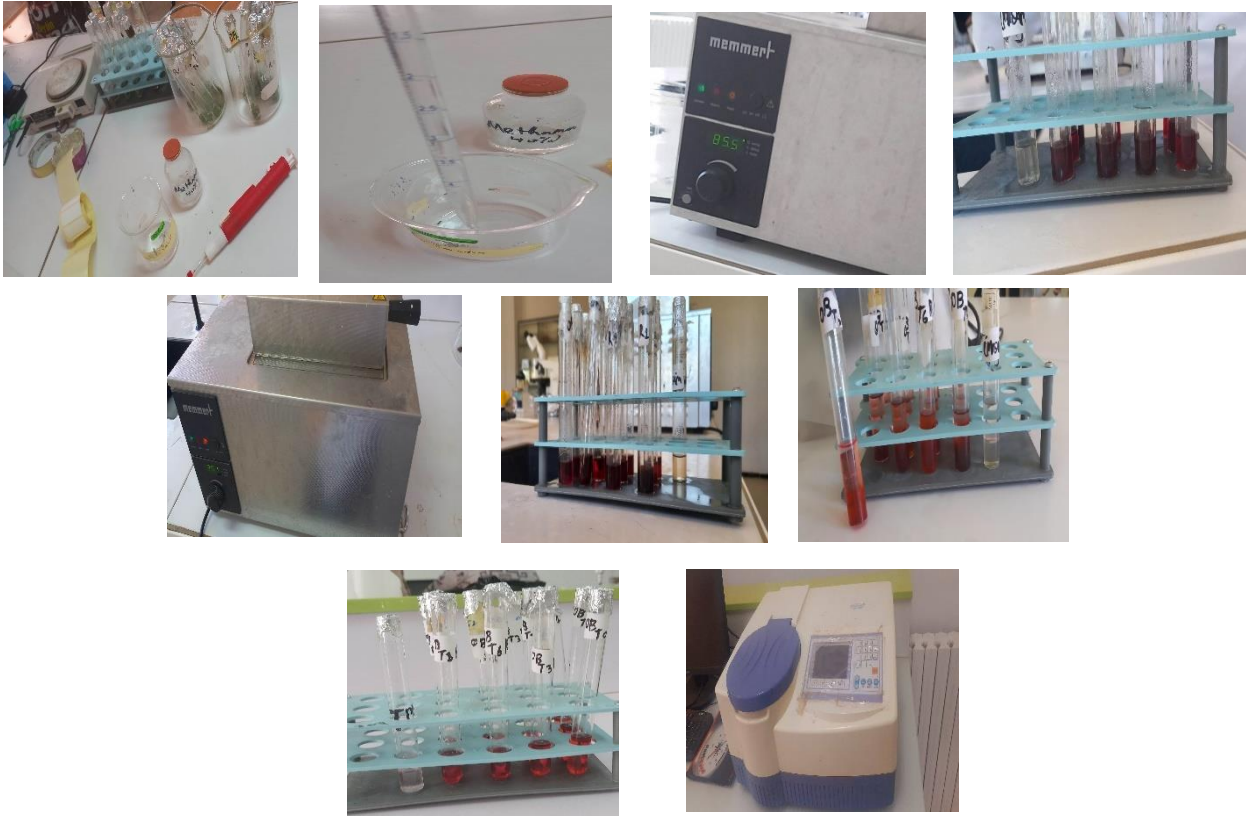


Figure 13 : Les étapes du dosage du proline.

3.6 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 4 :

Résultats et discussion

4.1 Effet du stress salin sur les Paramètres de germination

4.1.1 Effet des doses NaCl sur la cinétique de germination (CG, %)

Pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif des variétés étudiées, le nombre de graines germées a été compté quotidiennement jusqu'au 7^{ème} jour de l'expérience.

4.1.1.1 Effet du NaCl sur la cinétique de germination de la variété Oued El Bared.

- Les résultats sont présentés dans la Figure 14 :

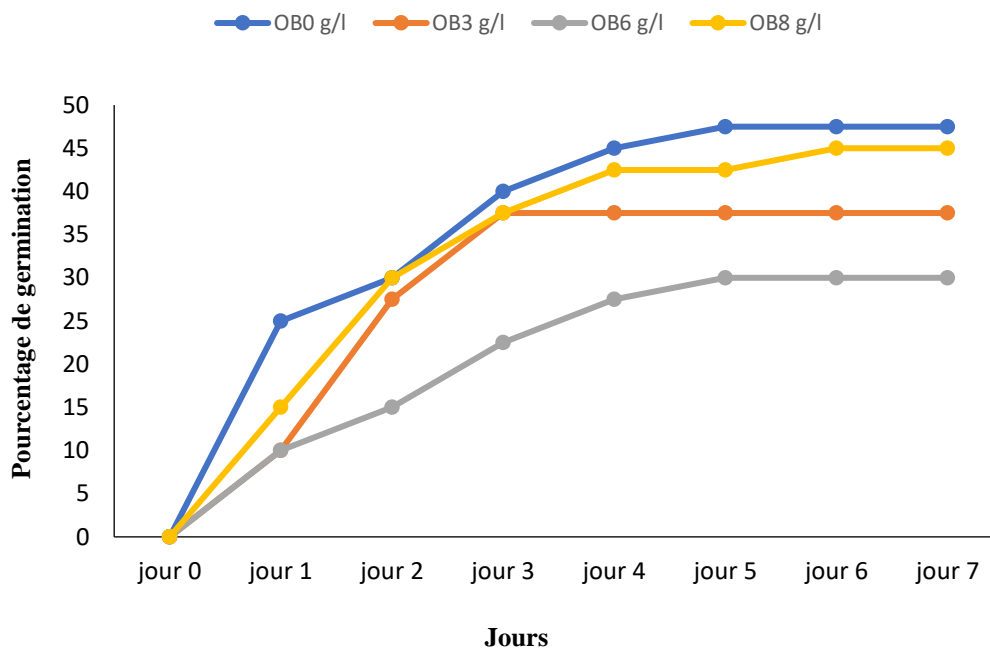


Figure 14 : Effet des doses de NaCl sur la cinétique de germination des graines de la variété Oued El Bared.

Sous toutes les concentrations de NaCl utilisées pour cette étude, les graines ont atteint leur germination maximale après 5 jours. Une cinétique de germination lente a été observée à 6g/l de chlorure de sodium qui a donné 30% de germination à 5 jours, de plus, la cinétique de germination a été enregistrée à une concentration maximale de 0g/l de NaCl après 5 jours (FG=47.5%), et il a été noté que la cinétique de germination à 8g/l a presque convergé vers le maximum (Fg=45% à 6 jours). Pour la dose 3 g/litre de chlorure de sodium, on a observé que la cinétique de germination était relativement moyenne, elle était croissante, puis au troisième jour, on a observé une stabilité dans le pourcentage de germination équivalent à 37,5%.

4.1.1.2 Effet du NaCl sur la cinétique de germination de la variété Vitron

- Les résultats sont présentés dans la Figure 15 :

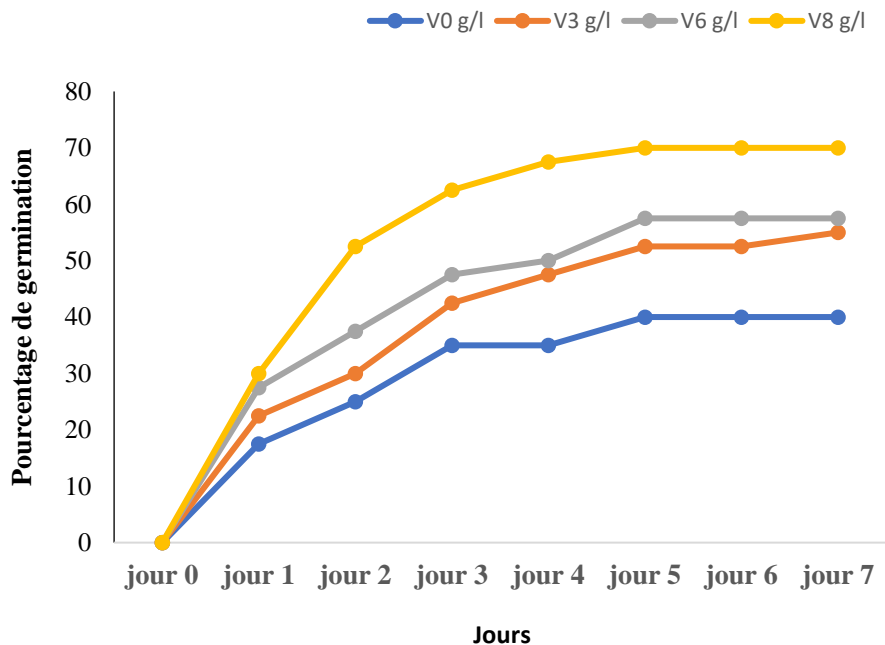


Figure 15 : Effet du NaCl sur la cinétique de germination des graines de la variété vitron.

Selon toutes les concentrations de chlorure de sodium utilisées, on remarque que les graines ont atteint la germination maximale après 5 jours. Les résultats ont enregistré une augmentation significative de la cinétique de germination à une concentration de 8 g/litre de chlorure de sodium, et atteint la germination maximale après 5 jours de 70%, par rapport à une concentration de 0 g/litre, on note donc la cinétique da germination qui est lente et a atteint 40% au bout de 5 jours. Quant aux concentrations de 3 g/l et 6 g/l, on note qu'il y a une convergence relative moyenne de la cinétique de germination.

4.1.1.3 Effet du NaCl sur la cinétique de germination de la variété Siméto .

- Les résultats sont présentés dans la Figure 16 :

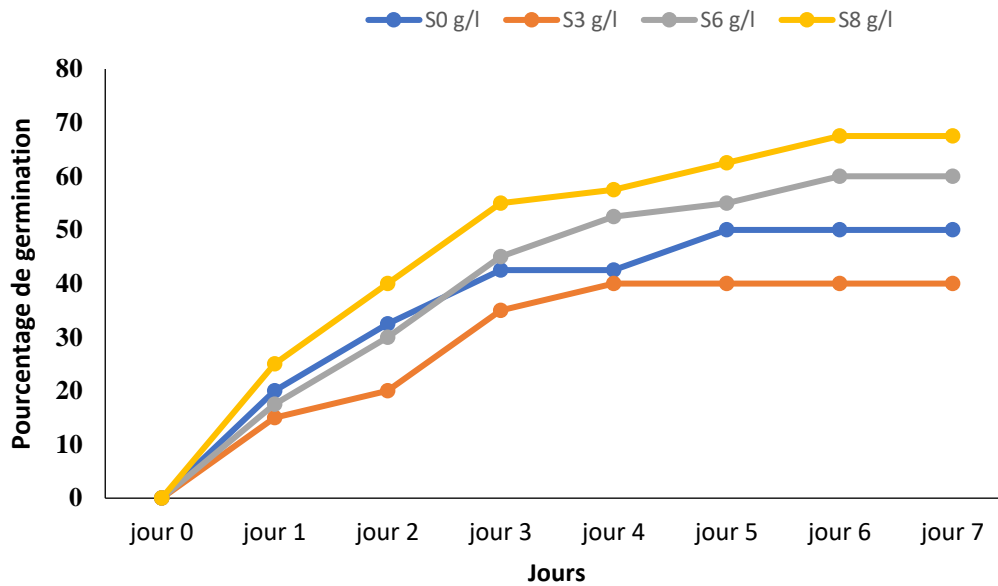


Figure 16 : Effet du NaCl sur la cinétique de germination des graines de la variété Siméto.

Pour toutes les concentrations étudiées, les graines ont atteint le niveau de germination le plus élevé après 5 à 6 jours, et on constate une augmentation successive de la cinétique de germination à une concentration de 8 g/l de chlorure de sodium vers 3 jours (FG%=55%), et il a été constaté que la cinétique de germination était stable vers le sixième jour de 67,5%, et on constate une faible cinétique de germination à une concentration de 3 g/litre qui a atteint un maximum d'environ 40% après le quatrième jour après on constate une stabilité, et pour la concentration 0 g/litre et 6 g/ litre on a observé des cinétiques de germination intermédiaire entre 8g/l et 3g/l .

4.1.2 Effet des doses NaCl sur Taux de la germination Final des graines du blé dur

Selon la figure17, et selon l'analyse statistique présentée en annexe, L'ANOVA a révélé une différence non Significative ($P=0,15$) pour la dose NaCl. Nous avons constaté que la plus haute valeur de la Faculté germinative a été observé chez le Vitron sous la dose 8 g/l (72.5%) statistiquement elle a présenté le même groupe statistique (A) avec les autres doses, la dose 6 g/l a présenté le pourcentage le plus bas chez la variété Oued el Bared, avec une moyenne de germination de 30%.

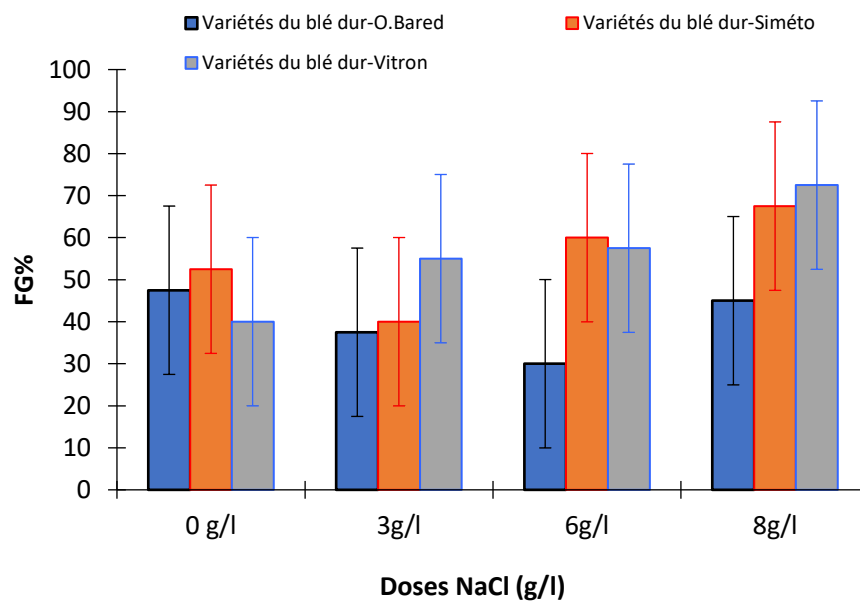


Figure 17 : Le taux de germination des trois variétés du blé dur sous quatre doses de NaCl

4.1.3 Durée médiane

Selon la figure 18, et selon l'analyse statistique présenté en annexe, L'ANOVA a révélé une différence hautement significative ($P=0,0002$) pour le facteur dose NaCl. Nous avons constaté que la plus haute valeur de la durée médiane à été observé chez Oued el Bared sous la dose 6 g/l (5,6 jours) statistiquement elle a présenté un seul groupe statistique (C).

Par ailleurs la durée médiane la plus basse a été observée chez la variété vitron sous la dose 0 g/l présentant un seul groupe statistique (A) avec une moyenne (1,3jours).

La variété siméto a présenté des moyennes intermédiaires sous les doses entre 0 g/l et 8 g/l les doses 0 g/l à 8 g/l ont aussi présenté un effet intermédiaire pour les trois variétés présentant des groupes statistique (A B C). Donc la variété Vitron est la plus rapise à germer sous les doses NaCl et la variété O.elBared a été la plus lente .

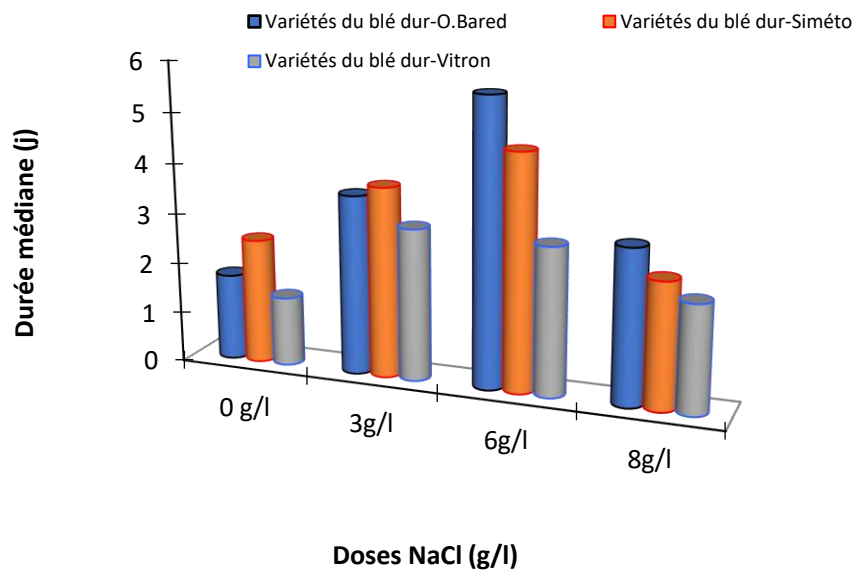


Figure 18 : Durée moyenne de la germination des graines des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl

4.1.3 Longueur de la racine (cm)

Selon la figure 19, et selon l'analyse statistique présentée en annexe, L'ANOVA a révélé une différence Non significative ($P=0,2314$) pour la dose NaCl mais significative pour l'interaction sel et variété . Nous avons constaté que la plus haute longueur de la racine a été observée chez le vitron sous la dose 6 g/l (3,61cm) statistiquement elle a présenté un seul groupe statistique (B). Selon le test tukey la variété siméto de la dose 3 g/l a présenté des longueurs de racine plus basses (0,72 cm), présentant un seul groupe statistique (A). La variété Oued el bared a présenté des moyennes intermédiaires entre 0g/l et 3g/l et plus basses entre 6g/l et 8g/l de NaCl classée statistiquement dans des groupes statistiques (A B).

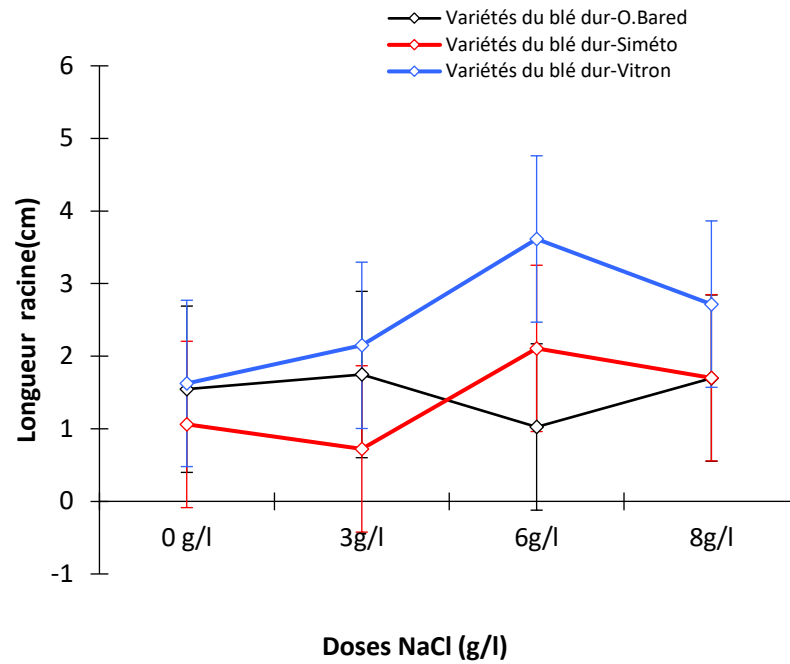


Figure 19 : Longueur de la racine (cm) des graines des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl.

4.1.5 Longueur du coléoptile (cm)

Selon les résultats présentés dans la figure 20, et selon l'analyse statistique présentée en annexe, L'ANOVA a révélé une différence non significative ($P=0,1275$) pour le facteur dose NaCl. Nous avons constaté que la plus haute longueur du coléoptile a été observée chez le vitron sous la dose 6 g/l (3,91cm) statistiquement elle a présente un seul groupe statistique (A) avec les autres doses. Par ailleurs la longueur du coléoptile la plus basse a été observée chez la variété Siméto avec la dose 8 g/l avec une moyenne (0,81 cm). Une longueur moyenne du coléoptile a été observée chez Oued el bared sous la dose 3 g/l (1,68cm).

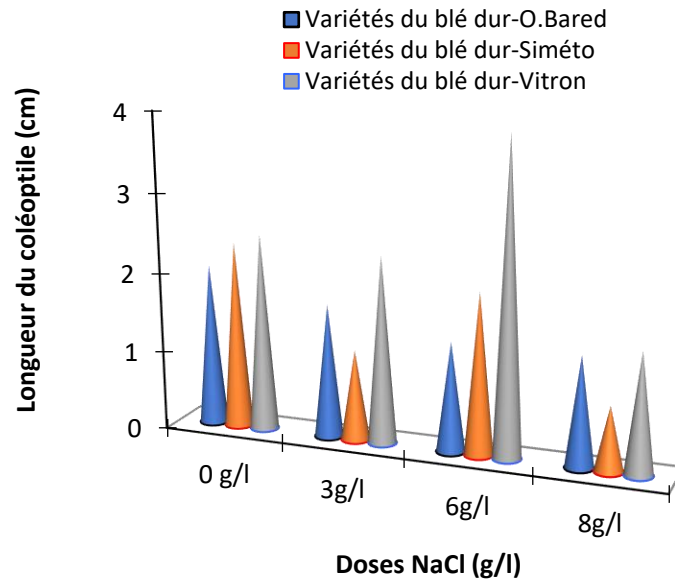


Figure 20 : Longueur des coléoptiles (cm) des graines germées des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl.

4.1.6 L'indice de vigueur

Selon la figure 21, et selon l'analyse statistique présentée en annexe, L'ANOVA a révélé une différence non significative ($P=0,5988$) pour la dose NaCl. Nous avons constaté que la plus haute valeur de l'indice de vigueur a été observé chez le vitron sous la dose 6 g/l (4,28) qui a été présentée dans le même groupe statistique (A) avec les autres doses, les doses 6 g/l et 3 g/l ont présenté les plus bas indices (1,11 - 1,13).

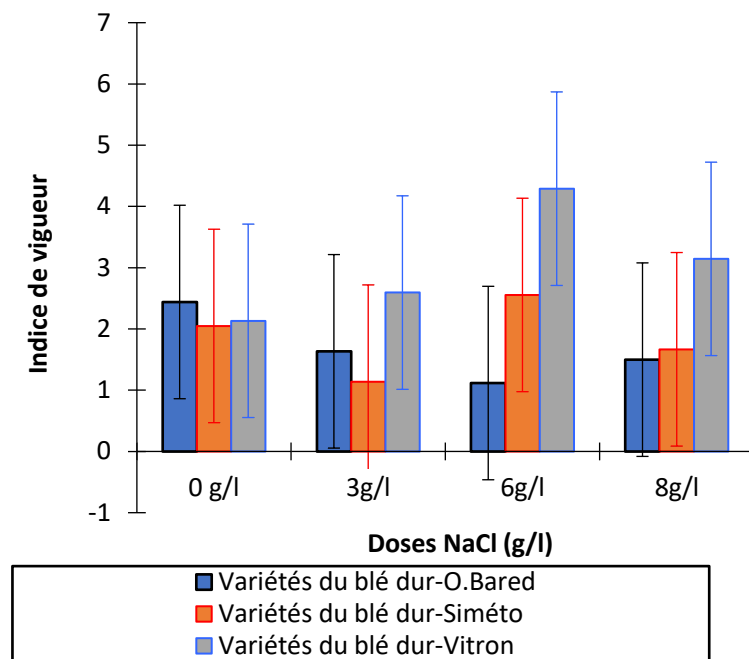


Figure 21 : Indice de vigueur des graines germées des trois variétés du blé dur sous différentes doses de NaCl.

4.2 Effet des stress salin sur les Paramètres physiologiques

4.2.1 La chlorophylle

Selon la figure 22, et selon l'analyse statistique présentée en annexe, L'ANOVA a révélé une différence non significative ($P=0,6978$) pour la dose NaCl. Nous avons constaté que la valeur maximum de la chlorophylle a été observée chez le vitron sous les doses 0 g/l et 6 g/l (15,50 mg/g MF et 15,48 mg/g MF) qui a présenté les trois variétés dans le même groupe statistique (A), et des valeurs minimales marquées sous la dose 6 g/l chez la variété siméto (3,39 mg/g MF), la variété Oued el Bared a présenté une réponse intermédiaire sous les doses 0 g/l à 8 g/l.

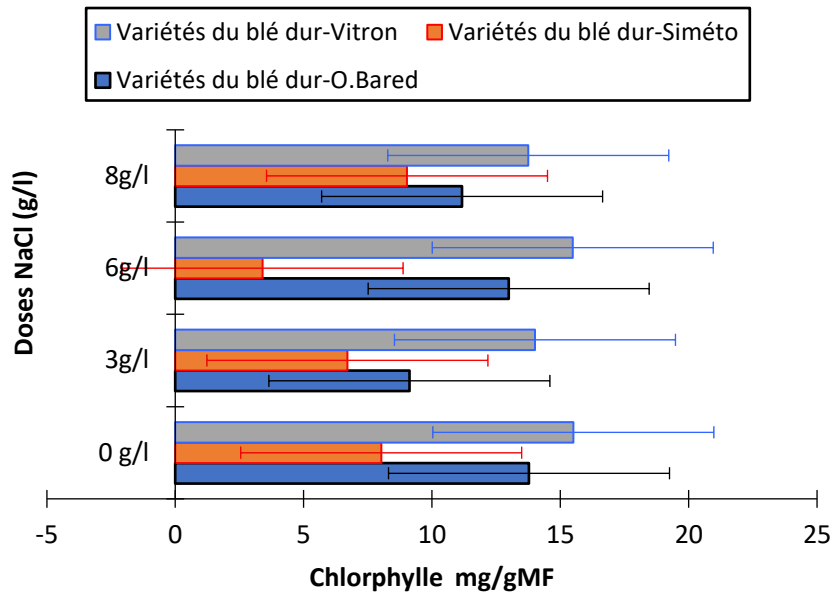


Figure 22 : Variation de la teneur en chlorophylle sous différentes doses de NaCl chez les trois variétés du blé dur étudiées.

4.2.2 La proline

Selon la figure 23, et selon l'analyse statistique présentée en annexe, L'ANOVA a révélé une différence, significative ($P=0,0554$) pour la dose NaCl. Nous avons constaté que la valeur maximum de la proline a été observée chez le vitron sous les doses 8g/l, 6g/l et 3g/l et oued el bared sous la dose 8g/l (2,48 ug/g MF) statistiquement elle a présenté un seul groupe statistique (C), Par ailleurs la proline minimale marquée sous les doses 3 g/l, 6 g/l et 8 g/l chez la variété siméto (0,09 ug/g MF), présentant un seul groupe statistique (A), la variété Oued el Bared a présenté des moyennes intermédiaires sous les doses entre 0 g/l à 6 g/l ont aussi présenté un effet intermédiaire pour les trois variétés présentant des groupes statistiques (A B C).

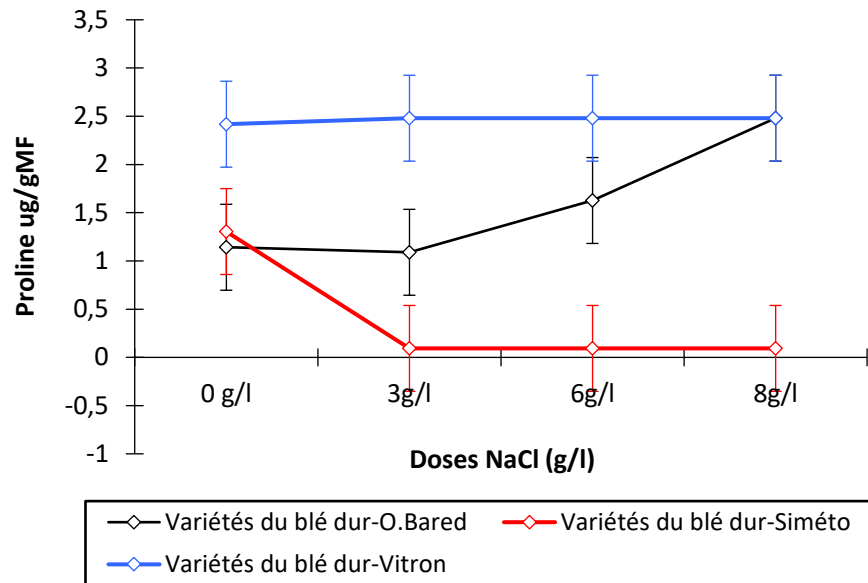


Figure 23 : Variation de la teneur en proline sous différentes doses de NaCl chez les trois variétés du blé dur étudiées.

Il apparait que la variété Viron est indifférente au doses de NaCl ; la variété O.bared est la plus sensible , alors que la variété Siméto aime le sel .

4.3 Discussion

La salinité affecte différents mécanismes physiologiques, y compris Modifications de l'équilibre ionique, perturbations de l'activité enzymatique et Modifications de la conformation de la membrane et d'autres macromolécules. Résister et/ou l'adaptation des plantes à la salinité dépendra de leur capacité à maintenir la salinité Vivre dans des conditions défavorables en évitant ou en tolérant le stress. La tolérance dépend de la sévérité, de la variété et de la durée du stress exposition En général, les plantes traitées avec des doses croissantes de nacl avaient Affecte la croissance en longueur des plantes et est impliqué dans le nanisme, ces phénomènes ont été Plus fréquemment rapporté pour expliquer ces effets du NaCl (Seregin et Ivanov, 2001 ; Malkowski et *al.*, 2002 ; Patra et *al.*, 2004 ; Kopittke et *al.*, 2007). C'est déjà Hammett (1929) l'a souligné il y a 84 ans.

Nos résultats obtenus dans cette étude, montrent 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, les résultats ont révélé que la variété Vitron et Siméto préfère le sel (8 g/l) plus que : O.el Bared (0 g/l). Les trois variétés étudiées ont mieux répondu en milieu salin qu'en milieu non salin.

Pour le taux de germination final, nous avons constaté que l'effet de la dose de sel NaCl, non significatif sur le taux de germination des trois variétés sous les doses étudiées 3g/l, 6g/l et 8g/l (soit 50mM, 100mM, et 137mM de NaCl). (Norlyn ,1980), in Zid et (Shannon et *al.*,1993), considèrent qu'il n'y a pas de corrélation entre le rendement au stade adulte et la résistance au stress salin en phase de germination. Cependant, (Khan et Rizvi, 1994), signalent que la germination est un facteur déterminant pour la réussite de la croissance des plantes en milieux salés.

Selon plusieurs auteurs, il existe des différences de tolérance à la salinité, non seulement entre les différentes espèces mais aussi au sein des espèces. Nos résultats montrent l'effet du sel sur les différents paramètres de croissance et non sur la germination Ces résultats sont cohérents avec les résultats de Zaman-Allah et *al.*, (2009) et Fellahi et *al.*, (2019) qui ont montré que la croissance diminue significativement lorsque la salinité dépasse une concentration de 4 g/l.

BEN NACEUR *et al.*, (2001) ont étudié les effets du stress salin sur six cultivars de blé Sélectionné par les programmes nationaux des trois pays du Maghreb : Algérie, Maroc et Tunisie. La recherche a été menée en laboratoire et sur le terrain et a pu mettre en évidence l'influence d'un facteur. Taux de salinité variable pour différents paramètres caractéristiques : taux de germination, longueur Hypocotyle, longueur des racines et rendement. Il est donc possible de choisir des variétés Les terres salines ou les zones ne disposant que de ressources en eau saumâtre pourraient être mieux utilisées. Lorsqu'elles sont irriguées avec une solution saline élevée (8 g/l), toutes les variétés ont subi une chute de croissance par rapport au témoin.L'augmentation de la hauteur et de la surface foliaire a été affectée par Chlorure de sodium. Pour le rendement, le stress salin a Résultant en une réduction du nombre d'épis par unité de surface. Cette réduction varie selon la race. L'autre, d'une intensité à l'autre (Ben naceur *et al.*, 2001).

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 ont noté un faible taux de germination à une concentration de 160 mM/NaCl, et au bout de quelques jours, le développement s'est arrêté. Cependant, Bentoati et Safsaf (2019) ont indiqué que le taux de germination chez le blé dur est encore moins affecté sous la dose de 100 mmol, cela est cohérent avec nos résultats sous la même dose de 100 mmol de chlorure de sodium, qui n'affectait pas la germination chez les variétés étudiés (Vitron et siméto).

Selon 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 aux nôtres ont été rapportés, mais sous une dose de 8g/l.

Pour la longueur des racines la salinité a diminué la longueur des racines, Mais les variétés Vitron et Siméto ont réagit mieux dans un milieu salin 6g/l et 3 g/l que la variété O.Bared. Les auteurs précités ont indiqué que la variété : Oued El Bared sont les plus sensibles Sous une dose de sel modérée (100 mM), Dans nos résultats le même résultat à la même dose avec Oued El-Bared. Nos résultats ont démontré que la variété Vitron a présenté les plus longues racines que ceux de Siméto et O.el Bared. L'augmentation de la salinité s'est accompagnée d'une diminution marquée de la biomasse racinaire, entraînant une réduction

rapide de la croissance racinaire (Zhao et *al.*, 2007). Chez l'orge, une diminution de l'allongement des racines a été observée à des concentrations élevées de 100 à 200 mM de NaCl (Suhayda et *al.*, 1992). Et que dans nos résultats, les deux variétés Vitron et Siméto ont montré une diminution de l'allongement de leur système racinaire avec des concentrations élevées de NaCl de 100 à 137 mM.

Pour la longueur du coléoptile, nous avons constaté que les doses 8 g/l et 3g/l de NaCl ont présenté les plus basses moyennes chez la variété Siméto, la variété Vitron ont présenté des longueurs plus élevées. Par la conclusion de Kadri et *al.*, (2009) ;(Ines et *al.*, 2014), 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.

La réduction observée de la croissance aérienne chez les semis de blé dur peut s'expliquer physiologiquement par des niveaux accrus 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 nutriments essentiels tels que P et K qui affectent la croissance et le développement des plantes (Munns et *al.*, 2006). Selon Bakht et *al.*, 2011) Des concentrations élevées de salinité ont pour effet de réduire la longueur des feuilles et des racines. Ces dommages sont associés à l'accumulation d'ions Na⁺ dans les tissus foliaires. L'accumulation d'ions Na⁺ et Cl⁻ à des niveaux toxiques dans les parties aériennes des plantes peut affecter négativement le métabolisme. Selon Zhu (2001), la croissance réduite des parties aériennes est une adaptation nécessaire pour que les plantes survivent sous un stress abiotique. La tolérance à la salinité du blé semble se limiter aux stades de germination et .émergence

Nos résultats sur l'indice de vigueur nous ont permis de voir la capacité d'une variété donné à répondre à l'effet sel, nous avons pu observer que la dose 3g/L réduisaient la levée de trois variétés, nous L'ordre de tolérance au sel s'est avérée le Vitron, suivie par Siméto et enfin O.el-Bared.

Les stress abiotiques sont responsables d'une perte de rendement pour les cultures les plus réponsives (BRAY et *al.*, 2000 in VINCENT, 2006). Ils constituent donc des facteurs limitant non négligeables. Ces stress se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la

plante et sa productivité (BEN NACEUR et *al.*, 1994, 1997, 1998, 2001 ; SEMMADI et RAHMOUNE, 1995 ; WANGET *al.*, 2001).

Concernant les paramètres physiologiques, en fonction de l'intensité du stress salin chez les trois variétés *Triticum durum* Desf (teneur en chlorophylles, et la proline). Nos résultats ont montré que la chlorophylle se détériorait chez trois variétés à la dose de 3g/L, tandis qu'à la dose de 6g/L, la tolérance augmentait significativement pour les deux variétés, Oued El-Bared et Vitron, mais le variété Siméto être sensible à la dégradation de la chlorophylle. Et à la dose de 8 g / litre, la différence, contrairement à ce qui s'est passé à la dose de 6 g / litre, montre qu'à Oued El-Bared et Vitron il y a eu une diminution indiquant la sensibilité aux deux variétés, et Siméto apparaît préférer et résister à ce stress salin. Malgré cela, le variété Vitron reste le premier résistant au stress salin, suivi par Oued El-Bared puis Siméto. Ceci a été confirmé par les travaux RAJ et *al.*, (1993) qui ont examiné la pertinence d'utiliser les cinétiques de la fluorescence de la chlorophylle (a) comme marqueur fiable pour le tamisage in vivo de variétés tolérantes au sel (sulfate de sodium) et ce, en comparant deux variétés de blé (*Triticum aestivum*L.) ils se sont intéressés à l'effet de la salinité sur la teneur en chlorophylles (a),(b) et totale des plantes : une variété sensible et une autre tolérante aux sels. Ils ont constaté que les taux de la chlorophylle (a), mesurés sur des sections de feuilles, diminuent significativement chez la variété sensible, comparativement à la variété résistante, au fur et à mesure que la concentration en sel augmente. Le contenu total en chlorophylle de la variété tolérante augmente significativement suite au stress salin, avec une augmentation de la chlorophylle (a) aussi bien que de la chlorophylle (b), alors que chez la variété sensible, il n'y a pas de variations significatives. Nos résultats suggèrent que la teneur en chlorophylle (a+b) ne varie pas en fonction des traitements de NaCl, ces variétés ne tolèrent pas une forte intensité de stress salin en élaborant une diminution de l'activité photosynthétique et la production de la matière organique.

L'accumulation de la proline est l'une des manifestations les plus remarquables chez les plantes pour limiter les effets du stress salin et hydrique afin de réaliser l'ajustement du potentiel osmotique dans le cytoplasme (Sannadaet *al.*, 1995 ; Belkhodja et Benkabilia, 2000). Et comme il l'a dit L'accumulation de proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (osmotiques, hydriques, thermiques) (Blum, 1996). Plus le niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent plus marquées (Savouré et *al.*, 1995). Nos résultats indiquent que ce que les auteurs ont dit a été confirmé

dans le variété Oued El-Bared, car la teneur en proline augmente lors de l'augmentation de l'application du stress salin. Il indique que la teneur en proline ne diffère pas selon les différents traitements au chlorure de sodium chez Vitron et Siméto.

Il apparaît que la variété Viron est indifférente au doses de Nacl ; la variété O.elbared est la plus sensible , alors que la variété Siméto aime le sel .

Conclusion

Conclusion

Notre travail a porté sur l'analyse de l'effet de différentes concentrations de NaCl sur la germination et la physiologie de trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) afin de préciser leurs limites de tolérance à la salinité. Ces analyses réalisées par une étude des paramètres biométriques (longueur de la partie aérienne, longueur des racines...) au stade germination et aussi aux caractères physiologiques (l'accumulation des pigments chlorophylliens et l'accumulation des prolines) a 45 jours après semis.

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 30% à 72.5%. Donc nous pouvons conclure que la salinité jusqu'à 8 g/l, n'affecte pas la germination chez le blé dur.

D'une façon globale, les résultats indiquent clairement l'influence de la salinité sur les paramètres biométriques (longueur racinaire), révélant des longueurs plus élevées chez vitron suivie de Simeto et enfin Oued el bared; par ailleurs nous avons constaté que la dose de 6 g/l a présenté les plus hautes moyennes.

Concernant les paramètres physiologiques, les résultats obtenus montrent clairement une nette évidence de l'influence du stress salin uniquement sur la proline. Au niveau de la chlorophylle, ces traitements n'ont pas influencé la synthèse chlorophyllienne, généralement l'augmentation de cette synthèse semble jouer un rôle important dans l'homéostasie cellulaire contre le NaCl.

Les mécanismes de réponse aux stress font intervenir un certain nombre de réactions au sein du processus physiologiques de la résistance au sel. La diversité des effets du sel offre une gamme étendue de critères éco-physiologiques et morphologiques qui peuvent être à la base de tests rapides, utilisables pour une très grande échelle.

D'après ce qu'on a remarqué dans notre étude c'est la variété Oued el bared qui a accumulé plus de proline dans le milieu plus stressé (50 mM et 100mM et 137mM de NaCl) par rapport aux autres variétés.

D'autre part, La comparaison des résultats obtenus pour les trois variétés (Vitron et Oued el bared et Siméto) montre que la variété Vitron est indifférente au doses de NaCl ; la variété O.bared est la plus sensible, alors que la variété Siméto aime le sel ,ceci peut attribuer à cette dernière le caractère halophyte marginale.

Les résultats aux quelles nous nous somme parvenu demeurent partielle mais contribuent forcement a l'enrichissement des travaux visant à créer un matériel végétal à capacité de tolérance au stress salin plus prononcé.

Enfin comme perspective, nous souhaitons refaire l'essai chez d'autre 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.

Pour mener à bien cette étude, il serait intéressant d'élargir l'investigation à d'autres méthodes d'analyse et aux autres marqueurs de stress salin (dosage des anthocyanes, dosage de polyphénol,.....).

Références bibliographiques

- Abdel Latef Aa (2010)** Changes of antioxidative enzymes in salinity tolerance among different wheat cultivars. *Cereal Res Comm* 38:43–55
- Abdi N., Wasti S., Salem M. B., El Faleh M. & Mallek–Maalej E. (2016).** Study on Germination of seven Barley Cultivars (*Hordeum vulgare* L.) under Salt Stress. *Journal of Agricultural Science* 8(8), 88-97.
- Abdul-Baki, AA Et Anderson, JD (1973)** Détermination de la vigueur dans les semences de soja par critères multiples. *Crop Science*, 13, 630-633.
- 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.
- Aknouche D Et Laib R, 2017-** Amélioration de la production du blé dur : cas de la zone sud de Constantine. Mémoire de Master. Université Constantine, 95p.
- Alaoui M. M., Jourmi L., El Ouarzane A., Lazar S., Antri S., El Zahouily M. & Hmyene A. (2013).** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *Journal of Materials and Environmental Science* 4(6), 997-1004.
- Alem C Et Amri A, 2005-** Importance de la stabilité des membranes cellulaires tolérance à la salinité chez l'orge. *Maroc. 4* : 20-32.
- Amrouche I Et Mesbah E, 2017-** Effet du stress abiotique sur l'accumulation des protéines, totales chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Master. Université Constantine, 57p.
- Anonyme, 1999.** ITGC, Analyse des contraintes liées à la céréaliculture. Programme de développement de la filière céréale, pp8-10.
- Anonyme, 2002.** ITDAS bilan de activité.
- Anonyme, 2003.** Le blé dur : qualité, importance et utilisation dans la région des hauts plateaux (Tiaret et Tissemsilt), ITGC. 7p Boulai H., Zaghouane O., El Mourid M. et Rezgui S., 2007 : Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb (Algérie,
- Aouragh K et Megrrouche A, 2016-** Estimation de la variabilité génétique du blé dur et du blé tendre par des marqueurs biochimiques. Mémoire de Master. Université Constantine, 44p.
- Ayed K Et Tiaiba E, 2017-** Variabilité intra et interspécifique des réponses au stress salin chez le genre *Artemisia*. Mémoire de Master. Université M'sila, 58p.

- Badraoui M., Agbani M., Souidi B., 2000.** Evolution de la qualité des sols sous mise en valeur intensive au Maroc. Séminaire 'Intensification agricole et qualité des sols et des eaux', Rabat. 11P.
- Bahloul A. 1989.** La fertilisation azotée raisonnée des céréales. (20) : 15-19.
- Belaid, D., 1986** - Aspect de la céréaliculture algérienne, Ed- O.P.U, 217p.
- Belfakih M, Mohammed I Et Abdelmjid Z, 2013-** Effet de la salinité sur la paramètres morpho-physiologiques de deux variétés de bananier « grande naine » et « petite naine » et leur nutrition minérale au Maroc. Journal of Applied Biosciences 63 : 4689 – 4702.
- Benderradji L., Bouzerzour H., Kellou K., Ykhlef N., Brini F., Masmoudi K. & Djekoun A. (2010).** Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) soumises à un stress salin. Sciences & Technologie C (32), 23-30.
- Benmahioul 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 322 : 752-758.
- Berthomieu P., Conejero G., Nublat A., Brachenbury W.J., Lambert C., Savio C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Simonneau T., Essah P.A., Tester M., Very A.A., Sentenac H., Casse F., 2003** : Functional analysis of *Athkt1* in *Arabidopsis* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. EMBO Journal.
- Berthomieu P., Conejero G., Nublat A., Brachenbury W.J., Lambert C., Savio C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Simonneau T., Essah P.A., Tester M., Very A.A., Sentenac H., Casse F., 2003** : Functional analysis of *Athkt1* in *Arabidopsis* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. EMBO Journal.
- Biosgontier D., 1999.** Etude des effets de l'agriculture de conservation par rapport à l'agriculture traditionnelle, à compléter, revue, pp : 12-14.
- Bonjean., 2001 Boulal. 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, p 176.
- Bouakez D Et Hamadouche I, 2015** - Effet du stress hydrique au stade de germination sur la croissance de quelque génotype du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Master. Université Constantine, 47p.

- Bouatrous Y, 2013-** Effet du stress salin et l'haplo diploïdisation chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Doctorat. Université Rennes 1, 129p.
- Boukortt Y, 2016-** Effet de la salinité sur les caractéristiques physico-chimiques d'un sol du périmètre du bas cheliff et sur le comportement écophysologique de la courgette (*Cucurbita pepo*). Mémoire de Magister. Université Mostaganem, 81p.
- Boundouha S Et Krim K, 2019-** Quelques caractères physiologique et morphologique de tolérance de blé dur (*Triticum durum* Desf.) de deux génotypes (Waha et GTA) à la salinité Mémoire de Master. Université M'sila, 48p.
- Bouzi S, 2009-** Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L). Mémoire de Magistère, Université Constantine, 178p.
- Buyser J. (2001)** L'origine des blés. In : Belin. Pour la science. (eds) De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris : 69-72.
- Chamekh Z, 2010-** Analyse de la réponse des quelques génotypes de blé dur (*Triticum turgidum ssp durum*) à la contrainte saline dans trois Gouvernorats du centre de la Tunisie. Mémoire de Master, Université Tunisie, 58p.
- Côme D. (1970).** Les obstacles à la germination. Masson et Cie ,162 p. Côme D., Ed. Masson et Cie, Paris, 162p.
- Dehni A, 2018-** Télédétection de la salinité des sols à l'aide des techniques de traitement d'image satellitaires – Application à la région d'Oran. Thèse de Doctorat. Université d'Oran, 196p.
- Dilmi K et Marhoune S, 2019-** Effet de la salinité sur la Germination et la croissance des quelques variétés de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) introduites et cultivées en Algérie. Mémoire de Master. Université M'sila, 73p.
- Djili K., 2000.** Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie : Création d'une banque des données informatises et l'utilisation d'un système d'information géographique pour la spatialisation et la vectorisations des données pédologique. Thèse doc. INA. Alger. 384p.
- Doussinault Et Auriou., 1992.** Les céréales à paille : présentation générale. In : Gallais A. et Bannerot H. (Ed), Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris, pp.13-21.

- El Jaafari S, 1993.** Contribution à l'étude des mécanismes biophysiques et biochimiques de résistance à la sécheresse chez le blé. Thèse de doctorat. Univ Gembloux. Belgique : 214p.
- Elmeddah N Et Kassous A, 2016** - Effet du stress salin sur la croissance et la solubilisation du phosphate par des rhizobactéries. Mémoire de Master. Université Mostaganem, 70p.
- Elmsehli, S., 2009.** Les plantes et la perception des changements environnementaux. Compte rendu de la session 4 : Biotic and abiotic stresses. 8ème Colloque National de la SFBV, Strasbourg, France, pp. 20-25.
- Elouail D Et Bachar L, 2017-** Lutte contre le stress salin chez 7 variétés de blé (dur et tendre) par intrant microbien : cas d'une souche (*Bacillus* sp.). Mémoire de Master., Université Djelfa, 71p.
- FAO (2018).** Statistical database of the food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org>.
- FAO State 2020.** Données statistiques de la FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) www.FAOstate.com.
- FAO, 2020.** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Farissi F, Aghire M, Bouizgaren A, Bargaz A, Makoudi B Et Ghoulam C, 2014-** Growth, nutrients concentrations and enzymes involved in plants nutrition of alfalfa populations under saline conditions. J. Agr. Sci. Tech. (2014)16 :301-314.
- Feillet P., 2000.** Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308p.
- Fellahi Z., Zaghoudi 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).
- Ferras K, 2015-** L'efficience d'utilisation de l'eau pluviale chez des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en environnement semi-aride. Mémoire de Magister. Université Sétif, 80p.
- Genoux C., Putzola F., Maurin G., 1991** : Thème général : la lagune méditerranéenne, TPE: Les plantes halophytes.
- Hajlaouil H., Denden M. & Bouslama M. (2007).** Etude de la variabilité interspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura* 25(3), 168-173.

- Halitim A., 1973.** Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3eme cycle. Univ de Renne, 176 p.
- Hamel L, 2010** - Appréciation de la variabilité génétique des blés durs et des blés apparentés par les marqueurs biochimiques. Mémoire de Magister. Université Constantine, 70p.
- Haouala F, Ferjani H et Hadj S B, 2007-** Effet la salinité sur la répartition cation (Na⁺, K⁺, Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. Biotechnol. Agron. Soc. Envir. 11 : 235-244.
- Hemmami I Et Ben Ali H, 2018-** La culture du quinoa dans la région d'Oued Souf vis-à-vis le problème de la salinité d'étude morpho physiologique. Mémoire de Master. Université El Oued, 83p.
- Henry Y. et De Buyser J. (2001)** L'origine des blés. In : Belin. Pour la science. (eds) De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris : 69-72.
- Jaouadi W, Hamrouni L, Souayah N, Khouja Ml. 2010.** Étude de la germination des graines d'Acacia tortilis subsp. Raddiana sous différentes contraintes abiotiques. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 14(4) : 643-652. DOI : http://dx.doi.org/10.15666/aer/1504_35_5368
- Kadri A Et Midoun N, 2015** - Effet du stress salin sur quelques paramètres biochimiques de la luzerne cultivée (*Medicago sativa* L.). Mémoire de Master. Université Ouargla, 71p.
- Kara Y Et Bellkhiri C, 2011-** Etude des caractères d'adaptation au déficit hydrique des quelques variétés de blé dur et d'espèces sauvages apparentées : intérêt potentiel de ces variétés pour l'amélioration de la production. Courrier du savoir, 11 : 119- 126.
- Kellou Rym 2008.** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée. (Master of Science, IAMM, 2008, Série Thèses & Masters n°93).
- Khouildat A Et Benzahi A, 2014-** Dosage de la proline pour une espèce halophyte dans deux biotopes différents. Mémoire de Licence. Université Ouargla, 17p.
- Lahouel H, 2014** - Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur le rendement des céréales (cas de l'orge) dans la région de Hemadna à Relizane. Mémoire de Master. Université Tlemcen, 104p.
- Lemekeddem H Et Debbache, 2014-** Synthèse bibliographique sur l'effet du stress salin sur la germination de blé. Mémoire de Licence. Université Ourgala, 32p.

- Lemekeddem H Et Debbache, 2014-** Synthèse bibliographique sur l'effet du stress salin sur la germination de blé. Mémoire de Licence. Université Ourgala, 32p.
- Lery., 1982.** L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed.
- Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., Casse-Delbart F., 1995 :** Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures.
- Levitt J., 1980 :** Responses of Plants to Environmental Stresses : Water, Radiation, Salt, and other stresses, Academic Press, New York, pp. 365-488.
- Lounes Y Et Guerfi A, 2010-** Contribution à l'étude du comportement agronomique de 27 nouvelles variétés de blé dur en vue de leur inscription au catalogue officiel national. Mémoire d'ingénieur d'Etat. Université Tizi Ouzou, 92p.
- Luttge U., Kluge M., Bauer G., 2002 :** Botanique. 3ème édition, Tec et Doc-Lavoisier, Paris.
- Mackey J., 1966.** Species relation ship in *Triticum*. Proc. 2nd Int. Wheat Genet. Symp., Lund 1965. Hereditas, suppl ; 2 : 237-276.
- Mackinney (G.), 1941. –** Absorption of light by chlorophyll solutions. J. Biol Chem., 140 (2) : 315-322.
- Mahrouz F, 2013 -** Effet du stress salin sur la croissance et la composition chimique de l'*Atriplex canescens*. Mémoire d'ingénieur d'Etat. Université d'Ouargla, 57p.
- Marlet S Et Jop J.O, 2006-** Processus et gestion de la salinité des sols. In : Traité d'irrigation Seconde édition. Ed : Tiercelin J.R. et Vidal A, Tec & Doc Lavoisier.
- Marweni H, 2015-** Effet de l'irrigation par l'eau magnétisée sur la tomate. Mémoire de Licence. Université Sfax, 38p.
- Mermoud A, 2006-** Cours de physique du sol. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. 30p.
- Mihoub A, 2009-** Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*Triticum durum L. var. carioca*) (dans la région d'El- Goléa-Ghardaia). Mémoire d'Ingénieur d'Etat. Université Ourgla, 91p.
- Mostefaoui W Et Mohamadi A, 2019-** Etude de la diversité morphologique des quelques variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*). Mémoire de Master. Université M'sila, 37p.

- Munns R et al., 2006** : Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57(5) : 1025-1043.
- Munns R. 2002-** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25 : 239-250.
- Noomene H, 2011-** Etude de la salinité des sols par méthode de détection électromagnétique dans le périmètre irrigué de kalaçât Landalous en Tunisie : cas d'une parcelle de courge. Mémoire de Master, Université Manouba, Tunisie.
- Oudjani W, 2009** - Diversité de 25 géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des caractères de production et d'adaptation. Mémoire de Magister. Université Constantine, 131p.
- Piri K., Anceau C., El Jaafari S., Lepoivre P., Semal J., 1994** : Sélection in vitro de plantes androgénétiques de blé tendre résistantes à la salinité. L'amélioration des Plantes. Ed. AUPELF-UREF, Paris.
- Prats j., 1966** : les céréales. ED. Bailliere. 332p.
- Ramel F, 2009-** Implication des sucres solubles dans les réponses aux stress xénobiotique et oxydatif chez *Arabidopsis thaliana*. Thèse de Doctorat. Université Constantine, 199p.
- Rio C, 1993.** L'eau et la production végétale. *Sécheresse*. 4 : 75-83.
- Sadouki M Et Boutouchent Y, 2017-** Etude de la variabilité morpho-physiologique du blé dur (*Triticum durum Desf*) dans les conditions climatiques du haut Chélif. Mémoire de Master. Université Khemis Miliana, 46p.
- Sali Y Et Ben Riche C, 2018-** Etude comparative des quelques variétés de blé tendre oasisien sous système traditionnel. Mémoire de Master. Université Adrar, 58p.
- Selami F Et Meddour Z, 2016-** Effet du stress salin sur la germination des graines de quelques plantes spontanées sahariennes (*Retama retam*, *Genista saharae* *Asphodelus tenuifolius* et *Oudneya africana*). Mémoire de Master. Université Ouargla, 57p.
- Shilpi M Et Narendra T, 2005-** Cold, salinity and drought stresses : an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 444 (2) : 139-158.
- Siou D, 2013-** Développement épidémique de la fusariose des épis de blé et conséquences des interactions entre espèces du complexe fusarien. Thèse de Doctorat. Université Paris, 153p.

- Soltner D., 1988** Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées-prairies 16èmeEd, collection sciences techniques agricoles. P :466-229.
- Soltner, 1990-** Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées-prairies 16èmeEd, collection sciences techniques agricoles. 464p.
- Tadrent F, 2017-** Dosage de la proline et la glycine bêtaïne chez quatre variétés de lentille (*Lens culinaris*. L) sous stress salin. Mémoire de Master. Université Constantine, 34p.
- Tafforeau M., 2002.** Etude des phases précoces de la transduction des signaux environnementaux chez le lin : une approche protéomique. Thèse de doctorat en Biochimie végétale. Université de Rouen. France. 255p.
- Tahraoui S, 2015-** Effet des sels solubles sur la production de la biomasse et l'absorption des éléments minéraux chez l'orge (*Hordium vulgare*) et le blé dur (*Triticum durum*). Mémoire de Magister. Université Biskra, 150p.
- Touaf L., 2002.** Evaluation du niveau de salinité des sols du Nord de l'Algérie. Mémoires de magister, INA, Alger, 71 p.
- Troll, W., & Lindsley, J. (1955).** A photometric method for the determination of proline. Journal of biological chemistry, 215(2), 655-660.
- Yeo A., 1983 :** Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. Journal of Experimental Botany pp915- 929.

Annexe

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

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	2616,6667	1308,3333	3,3523	0,0462
Doses NaCl (g/l)	3	2175,0000	725,0000	1,8577	0,1543
Variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	2350,0000	391,6667	1,0036	0,4382

Test tukey au seuil de 5%

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupe s
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-6g/l	30,0000	9,8777	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-3g/l	37,5000	9,8777	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-3g/l	40,0000	9,8777	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	40,0000	9,8777	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-8g/l	45,0000	9,8777	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	47,5000	9,8777	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	52,5000	9,8777	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-3g/l	55,0000	9,8777	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-6g/l	57,5000	9,8777	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-6g/l	60,0000	9,8777	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-8g/l	67,5000	9,8777	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-8g/l	72,5000	9,8777	A

La durée médiane (j)

Analyse Type III Sum of Squares (Durée médiane (j)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variétés du blé dur	2	12,0293	6,0147	3,496	0,040
Doses NaCl (g/l)	3	43,5700	14,5233	8	0,000
Variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	8,4895	1,4149	0,822	0,559

Test Turkey/ Durée médiane (j) :

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	1,3650	0,6558	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	1,7075	0,6558	A B
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-8g/l	2,1225	0,6558	A B
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	2,4750	0,6558	A B C
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-8g/l	2,4775	0,6558	A B C
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-6g/l	2,9150	0,6558	A B C
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-3g/l	3,0000	0,6558	A B C
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-8g/l	3,0400	0,6558	A B C
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-3g/l	3,5400	0,6558	A B C
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-3g/l	3,7500	0,6558	A B C
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-6g/l	4,6250	0,6558	B C
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-6g/l	5,6250	0,6558	C

Longueur des racines (cm)

Analyse Type III Sum of Squares (Longueur racine(cm)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variétés du blé dur	2	12,4374	6,2187	4,8715	0,0134
Doses NaCl (g/l)	3	5,7394	1,9131	1,4987	0,2314
Variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	8,9417	1,4903	1,1674	0,3451

Test Turkey/Longueur des racines (cm) :

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-3g/l	0,7225	0,5649	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-6g/l	1,0250	0,5649	A B
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	1,0600	0,5649	A B
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	1,5450	0,5649	A B
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	1,6250	0,5649	A B
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-8g/l	1,6975	0,5649	A B
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-8g/l	1,7025	0,5649	A B
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-3g/l	1,7475	0,5649	A B
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-6g/l	2,1075	0,5649	A B
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-3g/l	2,1500	0,5649	A B
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-8g/l	2,7175	0,5649	A B

Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-6g/l	3,6150	0,5649	B
--	--------	--------	---

Longueur des coléoptiles (cm)

Analyse Type III Sum of Squares (Longueur du coléoptile (cm)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variétés du blé dur	2	9,8982	4,9491	2,7305	0,0787
Doses NaCl (g/l)	3	11,0201	3,6734	2,0267	0,1275
Variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	8,4500	1,4083	0,7770	0,5933

Test Turkey/Longueur des coléoptiles (cm) :

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-8g/l	0,8100	0,6732	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-3g/l	1,1450	0,6732	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-6g/l	1,3750	0,6732	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-8g/l	1,3800	0,6732	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-8g/l	1,5075	0,6732	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-3g/l	1,6825	0,6732	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-6g/l	2,0275	0,6732	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	2,0425	0,6732	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	2,3550	0,6732	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-3g/l	2,3550	0,6732	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	2,4850	0,6732	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-6g/l	3,9125	0,6732	A

L'indice de vigueur

Analyse Type III Sum of Squares (Indice de vigueur) :

Source	DD L	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variétés du blé dur	2	17,6663	8,8331	3,641	0,036
Doses NaCl (g/l)	3	4,6039	1,5346	0,632	0,598
Variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	13,7960	2,2993	0,947	0,473
				8	7

Test Turkey/L'indice de vigueur :

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-6g/l	1,1165	0,7788	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-3g/l	1,1388	0,7788	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-8g/l	1,4983	0,7788	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-3g/l	1,6348	0,7788	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-8g/l	1,6678	0,7788	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	2,0490	0,7788	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	2,1330	0,7788	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	2,4400	0,7788	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-6g/l	2,5550	0,7788	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-3g/l	2,5933	0,7788	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-8g/l	3,1440	0,7788	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-6g/l	4,2895	0,7788	A

La chlorophylle

Analyse Type III Sum of Squares (Chlorophylle mg/gMF) :

Source	DD L	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Variétés du blé dur	2	382,8884	191,4442	9,0748	0,0012
Doses NaCl (g/l)	3	30,5117	10,1706	0,4821	0,6978
Variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	70,1466	11,6911	0,5542	0,7620

Test Turkey/ La chlorophylle

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-6g/l	3,3996	2,6518	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-3g/l	6,7083	2,6518	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	8,0216	2,6518	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-8g/l	9,0270	2,6518	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-3g/l	9,1214	2,6518	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-8g/l	11,1741	2,6518	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-6g/l	12,9867	2,6518	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-8g/l	13,7522	2,6518	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	13,7800	2,6518	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-3g/l	14,0119	2,6518	A
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-6g/l	15,4828	2,6518	A

Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	15,5095	2,6518	A
---	---------	--------	---

La proline

Analyse Type III Sum of Squares (Proline ug/gMF) :

Source	DD L	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
				92,591	<
Variétés du blé dur	2	25,8632	12,9316	9	0,0001
Doses NaCl (g/l)	3	1,2175	0,4058	2,9058	0,0554
Variétés du blé dur*Doses NaCl (g/l)	6	5,8284	0,9714	6,9553	0,0002

Test Turkey/ La proline

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-3g/l	0,0930	0,2158	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-6g/l	0,0930	0,2158	A
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-8g/l	0,0930	0,2158	A
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-3g/l	1,0898	0,2158	A B
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	1,1416	0,2158	A B
Variétés du blé dur-Siméto*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	1,3047	0,2158	B
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-6g/l	1,6265	0,2158	B C
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-0 g/l	2,4178	0,2158	C
Variétés du blé dur-O.Bared*Doses NaCl (g/l)-8g/l	2,4800	0,2158	C
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-3g/l	2,4800	0,2158	C
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-6g/l	2,4800	0,2158	C
Variétés du blé dur-Vitron*Doses NaCl (g/l)-8g/l	2,4800	0,2158	C